

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Eficiencia de las macrofitas flotantes, *Pistia stratiotes* y
Eichhornia crassipes, en las propiedades físico-químicas
y microbiológicas de la PTAR del distrito de Huachac,
Chupaca, 2021**

Keylinn Sonia Garcia Campos
Beatriz Damaris Parejas Quincho

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

Estos agradecimientos van dirigidos a las personas que influyeron en la elaboración de esta tesis.

A nuestros padres y hermanos, por guiarnos y apoyarnos siempre, en las buenas y malas, hasta alcanzar nuestros objetivos.

A nuestra universidad, por ser institución de nuestra formación académica y por brindarnos la facilidad de uso de equipos e instrumentos para el desarrollo de la tesis.

A nuestros asesores, por brindarnos sus conocimientos, tiempo y paciencia para el desarrollo de la tesis.

A nuestros docentes de la universidad, por la enseñanza que nos brindaron durante los años académicos.

Al laboratorio Incalab del Perú S. A. C., por brindar sus servicios para el análisis de agua.

DEDICATORIA

A Dios por darnos la vida y poder conseguir nuestras metas y objetivos, a nuestros padres por la educación llena de valores y apoyo en nuestra formación académica.

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos.....	ii
Dedicatoria	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	ix
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
Introducción.....	xiii
CAPÍTULO I.....	15
PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO.....	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	15
1.1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.1.2. Formulación del problema	17
1.2. Objetivos	18
1.2.1. Objetivo general	18
1.2.2. Objetivos específicos.....	18
1.3. Justificación e importancia	18
1.3.1. Económica.....	18
1.3.2. Ambiental	19
1.3.3. Social.....	20
1.3.4. Teórico	20
1.4. Hipótesis y descripción de las variables	21
1.4.1. Hipótesis general.....	21
1.4.2. Hipótesis específicas.....	21
1.4.3. Hipótesis nula	21
1.5. Operacionalización de variables	22
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO	24
CAPÍTULO II.....	24
2.1. Antecedentes del problema.....	24
2.1.1. Antecedentes internacionales	24

2.1.2. Antecedentes nacionales	27
2.2. Bases teóricas	30
2.2.1. Principios básicos de la investigación	30
2.2.2. Principios metodológicos	55
2.3. Definición de términos básicos	58
CAPÍTULO III	59
METODOLOGÍA	59
CAPÍTULO III	59
3.1. Método y nivel de la investigación	59
3.1.1. Método de la investigación	59
3.1.2. Tipo de investigación	60
3.1.3. Nivel de la investigación	60
3.2. Diseño de la investigación	60
3.2.1. Investigación experimental	60
3.3. Área de estudio	61
3.3.1. Ubicación del área de estudio	61
3.3.2. Descripción del área de estudio	62
3.4. Población y muestra	45
3.4.1. Población	45
3.4.2. Muestra	45
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	46
3.5.1. Técnicas de recolección de datos	46
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos	54
CAPÍTULO IV	56
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información	56
4.1.1. Caracterización de las aguas residuales	56
4.1.2. Resultado de tratamiento respecto a <i>Eichhornia crassipes</i>	57
4.1.3. Resultado de tratamiento respecto a <i>Pistia stratiotes</i>	67
4.2. Prueba de hipótesis	77
4.2.1. Hipótesis específica de parámetros químicos	77
4.2.2. Segunda hipótesis específica	81
4.3. Discusión de resultados	82
Conclusiones	86

Recomendaciones.....	87
Lista de referencias.....	88
Anexo	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	22
Tabla 2. Niveles de tratamiento.....	36
Tabla 3. Características del humedal artificial del flujo subsuperficial según indicador.....	39
Tabla 4. Características del humedal artificial del flujo superficial según indicador.....	43
Tabla 5. Taxonomía de la macrofita <i>Eichhornia crassipes</i>	47
Tabla 6. Taxonomía de la macrofita <i>Pistia stratiotes</i>	48
Tabla 7. Clasificación de la fitodepuración	51
Tabla 8. Estaciones de muestreo del monitoreo inicial	46
Tabla 9. Procedimiento de recolección de muestras para el monitoreo inicial .	47
Tabla 10. Criterios de diseño de la planta piloto.....	48
Tabla 11. Datos para el cálculo de TRH.....	49
Tabla 12. Procedimiento de muestreo por parámetro	52
Tabla 13. Cronograma de muestreo.....	53
Tabla 14. Materiales para muestreo y armado de prototipo	54
Tabla 15. Métodos de análisis.....	54
Tabla 16. Resultados del análisis de laboratorio del agua residual al ingreso de los humedales de la PTAR.....	56
Tabla 17. Resultados del análisis de laboratorio del agua residual a la salida de la PTAR	57
Tabla 18. Resultados de la concentración de la DQO del <i>Eichhornia crassipes</i>	57
Tabla 19. Resultados de la concentración de la DBO del tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i>	59
Tabla 20. Resultados de concentración de coliformes fecales o termotolerantes del tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i>	61
Tabla 21. Resultados de pH del tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i>	63
Tabla 22. Resultados de la temperatura del tratamiento con <i>Eichhornia</i> <i>crassipes</i>	65

Tabla 23. Resultados de concentración de la DQO del tratamiento con Pistia stratiotes.....	68
Tabla 24. Resultados de concentración de la DBO del tratamiento con Pistia stratiotes.....	70
Tabla 25. Resultados de concentración de coliformes fecales o termotolerantes del tratamiento con Pistia stratiotes.....	72
Tabla 26. Resultados de pH del tratamiento con Pistia stratiotes	74
Tabla 27. Resultados de la temperatura del tratamiento con Pistia stratiotes..	76
Tabla 28. Prueba de normalidad (DQO- Eichhornia crassipes / Pistia stratoides)	78
Tabla 29. Diferencia de medias (DQO)	79
Tabla 30. Prueba de normalidad (DBO- Eichhornia crassipes / Pistia stratoides)	80
Tabla 31. Diferencia de medias (DBO).....	80
Tabla 32. Prueba de normalidad (coliformes fecales o termotolerantes - Eichhornia crassipes / Pistia stratoides)	81
Tabla 33. Diferencia de medias (coliformes fecales o termotolerantes)	82
Tabla 30. Matriz de consistencia	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de sólidos totales	33
Figura 2. Diseño de un humedal artificial de flujo subsuperficial	40
Figura 3. Humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal	41
Figura 4. Humedal artificial subsuperficial de flujo vertical	42
Figura 5. Humedal artificial superficial	43
Figura 6. Humedal artificial con macrofitas flotantes	45
Figura 7. Principales plantas acuáticas	46
Figura 8. Morfología de <i>Eichhornia crassipes</i>	47
Figura 9. Morfología de <i>Pistia stratiotes</i>	49
Figura 10. Proceso de remoción de la materia orgánica	53
Figura 11. Proceso de fitodepuración contaminantes por macrofitas flotantes	53
Figura 12. Proceso de remoción de patógenos	54
Figura 13. Diseño de planta piloto	56
Figura 14. Dimensiones de las peceras	57
Figura 15. Instalación de diseño piloto	57
Figura 16. Mapa de ubicación y localización de la PTAR de Huachac.....	44
Figura 17. Trabajo en campo	48
Figura 18. Diseño de prototipo	51
Figura 19. Trabajo en gabinete	53
Figura 20. Diagrama de barras de la concentración de la DQO con <i>Eichhornia crassipes</i>	58
Figura 21. Concentración de la DQO final respecto al ECA agua con <i>Eichhornia crassipes</i>	58
Figura 22. Diagrama de barras de la concentración de la DBO con <i>Eichhornia crassipes</i>	60
Figura 23. Concentración de la DBO final respecto al ECA agua con <i>Eichhornia crassipes</i>	61
Figura 24. Diagrama de barras de la concentración de coliformes fecales o termotolerantes con <i>Eichhornia crassipes</i>	62
Figura 25. Concentración de coliformes fecales o termotolerantes final respecto al ECA agua con <i>Eichhornia crassipes</i>	63
Figura 26. Diagrama de barras de variación de pH con <i>Eichhornia crassipes</i> .	64

Figura 27. Variación de pH final respecto al ECA agua con Eichhornia crassipes	65
Figura 28. Diagrama de barras de la variación de la Temperatura con Eichhornia crassipes	66
Figura 29. Variación de la temperatura final respecto al ECA agua con Eichhornia crassipes	67
Figura 30. Diagrama de barras de la concentración de DQO con Pistia stratiotes	68
Figura 31. Concentración de la DQO final respecto al ECA agua con Pistia stratiotes	69
Figura 32. Diagrama de barras de la concentración de DBO con Pistia Stratiotes	70
Figura 33. Concentración de la DBO final respecto al ECA agua con Pistia stratiotes	71
Figura 34. Diagrama de barras de la concentración de Coliformes fecales o termotolerantes con Pistia stratiotes	72
Figura 35. Concentración de Coliformes fecales o termotolerantes final respecto al ECA agua con Pistia stratiotes	73
Figura 36. Diagrama de barras de la variación de pH con Pistia Stratiotes	74
Figura 37. Variación de pH final respecto al ECA agua con Pistia stratiotes ...	75
Figura 38. Diagrama de barras respecto a la variación de Temperatura de la Pistia Stratiotes	76
Figura 39. Variación de la temperatura final respecto al ECA agua con Pistia stratiotes	77

RESUMEN

La siguiente investigación se realizó con el objetivo de determinar la eficiencia de las macrofitas flotantes, *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Huachac. La metodología que se aplicó fue mediante una planta piloto de humedales artificiales superficiales con macrofitas flotantes mencionadas con anterioridad; para este diseño se tuvo que considerar la concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno que ingresa a las lagunas de la planta de tratamiento de aguas residuales de Huachac, para así obtener el tiempo de retención y con ello las dimensiones de los recipientes. El funcionamiento consiste en que el afluente se distribuye por válvulas y llaves de paso a los recipientes, una que contiene *Eichhornia crassipes* y la otra *Pistia Stratiotes*, y la salida por reguladores de agua. El análisis para los parámetros designados se realizó en 3 días por el tiempo de retención. Como resultado se obtuvo que el porcentaje de remoción de la DQO alcanzó, con *Eichhornia crassipes*, un 81.29%; y con *Pistia Stratiotes*, un 74.34%, con respecto a la DBO alcanzó, con *Eichhornia crassipes*, un 83.91%; y con *Pistia Stratiotes*, un 75.10% y respecto a los coliformes termotolerantes alcanzó, con *Eichhornia crassipes*, un 82.35%; y con la *Pistia Stratiotes*, un 71.57%. En conclusión, según los resultados, sí hubo reducción de DQO, DBO y coliformes, además de resaltar que la macrofita *Eichhornia crassipes* es más eficiente que la macrofita *Pistia Stratiotes*.

Palabras claves: aguas residuales, estándar de calidad ambiental, humedales artificiales, macrofitas

ABSTRACT

The following investigation was carried out with the objective of experimentally determining the percentage of removal of COD, BOD and Thermotolerant Coliforms from the water on the lagoons of the Huachac Wastewater Treatment Plant located in the province of Chupaca; applying macrophytes such as *Eichhornia crassipes* (Water hyacinth) and *Pistia Stratiotes* (Water lettuce). The methodology that was applied was by means of a pilot plant of superficial artificial wetlands with floating macrophytes mentioned previously; For this design, it was necessary to consider the concentration of BOD that enters the lagoons of the Huachac WWTP to obtain the retention time and thus the dimensions of the containers. The operation consists in that the affluent is distributed by valves and stopcocks to the containers, one with *Eichhornia crassipes* and the other with *Pistia Stratiotes*, and the outlet through water regulators. Analysis for designated parameters was done on retention time days (3 days). As a result, it was obtained that the percentage of COD removal reached, with *Eichhornia crassipes*, 81.29%; and with *Pistia Stratiotes*, 74.34%, with respect to the BOD it reached, with *Eichhornia crassipes*, 83.91%; and with *Pistia Stratiotes*, 75.10% and with respect to thermotolerant coliforms it reached, with *Eichhornia crassipes*, 82.35%; and with the *Pistia Stratiotes*, 71.57%. In conclusion, according to the results, there was a reduction in COD, BOD, and coliforms, in addition to highlighting that the *Eichhornia crassipes* macrophyte is more efficient than the *Pistia Stratiotes* macrophyte.

Keywords: artificial wetland, environmental quality standard, macrophytes, sewage

INTRODUCCIÓN

El agua residual que proviene de una población después de haber sido utilizada en las actividades domésticas, se ha convertido en una fuente de contaminación a nivel mundial, lo que conlleva a un reto ecológico y económico para el tratamiento del afluente, siendo importante disponer agua de calidad sobre otro cuerpo receptor, después de su uso.

En la actualidad, el agua residual doméstica recibe tratamiento, pero con infraestructuras que no son evaluadas de acuerdo al tipo de afluente, generando problemas como malos olores, eutrofización, plagas; que conlleva a la contaminación del cuerpo receptor, y afectando la salud humana. En la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTAR) del distrito de Huachac , Chupaca, Junín no es ajena a la realidad, el sistema de tratamiento es mediante humedales artificiales usando la macrofita *Hydrocotyle bonariensis* (redondita de agua) en ella se evidenció que dicha macrofita se encuentra en descomposición, provocando la ineficiencia en el tratamiento, generando malos olores y presencia de plagas, la calidad del agua fue comprobada mediante un análisis del agua tratada de la PTAR. Las aguas tratadas de esta PTAR son vertidas a un canal de riego que abastece agua con fines agrícolas, pero incumple el Estándar de Calidad Ambiental de Agua Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. En esta investigación se plantea utilizar las macrofitas flotantes, “*Pistia stratiotes* (lechuga de agua) y *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua)”, con el propósito de alcanzar máxima eficiencia en la remoción de contaminantes, para el cumplimiento del ECA para agua - categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales); teniendo en cuenta el mismo sistema de tratamiento que tiene la PTAR del distrito de Huachac, Chupaca, Junín; logrando que alcance la calidad de agua para su reutilización.

La investigación está estructurada de la siguiente manera:

- Capítulo I: planteamiento de estudio
- Capítulo II: marco teórico
- Capítulo III: metodología

- Capítulo IV: resultados y discusión
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Lista de referencias

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La contaminación del recurso hídrico por el agua residual es el problema más identificado a escala mundial, que ha generado problemas sociales, económicos y ambientales; el agua residual doméstica sin tratamiento y semitratada es vertida a diferentes cuerpos de agua y a la cobertura vegetal, generando repercusión en la calidad ambiental. Siendo así que solo el 8% de las aguas residuales, incluyendo las domésticas, son tratadas, según la Unesco (1).

El agua residual doméstica genera alteración en el ecosistema donde son descargados, por no contar con tratamientos eficientes y completos, generan deterioro del suelo, índices de contaminación hídrica, extinción de flora y fauna, proliferación de insectos y enfermedades con efectos directos e indirectos a la salud de las personas.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece en su guía “*Who guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*” (2) la importancia de la disposición final de las aguas residuales y fangos residuales, para que las personas no puedan contraer enfermedades ocasionadas por patógenos, bacterias y virus (2). Por ello, establece que

se deberían usar tecnologías que reduzcan y alcancen mínimas concentraciones de los contaminantes; y más si las aguas y fangos residuales son reusadas con fines agrícolas.

La contaminación por las aguas residuales domésticas e industriales que ya son tratadas, también afecta a los cuerpos receptores como ríos, lagunas e incluso canales de riego. A nivel mundial existe por lo menos 50 países que tienen cierto uso de agua residual para cultivos, dando como resultado un aproximado del 10% a zonas de tierras agrícolas (1), trayendo consigo gérmenes y patógenos presentes en los sembríos, generando problemas a la salud de las personas. Según la ONU, “el 80% de las aguas residuales a nivel mundial no se tratan antes de su vertimiento o reúso, lo que ocasiona, no solo la contaminación de la flora y fauna, sino también enfermedades y muertes prematuras” (3). Además, el tratamiento que se da a estos efluentes, en muchas ocasiones, no son los suficientes para remover los contaminantes y alcanzar los límites que establece la OMS.

En el Perú, la falta de infraestructuras genera la escasez de tratamiento de aguas residuales domésticos, formando focos infecciosos y la generación de malos olores (4). Además, “existe insuficiencia en la selección de alternativas para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que no consideran sus características físicas, químicas y biológicas” (5). A esto, el Ministerio del Ambiente indicó que existe un déficit en el tratamiento de aguas residuales descargándose a los cuerpos de agua, deteriorando la calidad del recurso hídrico; detalló también que la meta al 2021 del Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA Perú) logre el 100% que las aguas residuales urbanas sean tratadas y el 50% sean reusadas; y en el ámbito rural se espera que el 30% sean tratadas y reusadas (6). Lo más delicado es que en la mayoría de las regiones del país se reutiliza el agua tratada con fines de riego y bebida de animales.

El Ministerio de Construcción, Vivienda y Saneamiento, indica que las plantas de tratamiento de aguas residuales muestran deficiencias de acuerdo a la selección de alternativas según las características, diseño, operación y mantenimiento de estas, se evidencia también la falta de fiscalización y auditoría, poniendo en riesgo la sostenibilidad de las infraestructuras establecidas y presentando, como consecuencia, los riesgos a la salud (7).

En el distrito de Huachac, provincia de Chupaca, región Junín existe una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTAR) diseñado para 2088 habitantes con un caudal de 28 l (8). El sistema de tratamiento de esta PTAR es mediante humedales artificiales usando la macrofita *Hydrocotyle bonariensis* (redondita de agua). Se evidencian problemas en la remoción de contaminantes, donde se observó que los humedales artificiales se encuentran en deterioro; y la macrofita *Hydrocotyle bonariensis* en descomposición, generando olores nauseabundos y proliferación de moscas; por lo que su funcionamiento no logra la eficiencia requerida (8). Cabe señalar que dentro del área de la PTAR existe pastoreo y consumo del agua residual por el ganado ovino y vacuno, presencia de aves migratorias, presencia de residuos sólidos en el área, además el ingreso no es restringido y el agua tratada se destina para riego de vegetales.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es la eficiencia de las macrofitas flotantes, *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la PTAR del distrito de Huachac?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la variación de pH y temperatura por el uso de las macrofitas flotantes, *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, en la PTAR del distrito de Huachac?

- ¿Cuál es la eficiencia de las macrofitas flotantes, *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, en las concentraciones de la DQO y la DBO de la PTAR del distrito de Huachac?
- ¿Cuál es la eficiencia de las macrofitas flotantes, *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, en las concentraciones de los coliformes termotolerantes o fecales de la PTAR del distrito de Huachac?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia de las macrofitas flotantes, *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, de la PTAR del distrito de Huachac.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar las variaciones de pH y temperatura por el uso de las macrofitas flotantes, *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, de la PTAR del distrito de Huachac.
- Determinar si una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de la DQO y DBO.
- Determinar si una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de coliformes fecales o termotolerantes.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Económica

Hoy en día, se busca implementar tecnologías o infraestructuras amigables con el ambiente y de bajo costo. La inserción de macrofitas a esta PTAR, es una tecnología de bajo costo que incrementa la calidad del agua, convirtiéndose en una alternativa viable (9).

En esta investigación se busca someter las macrofitas flotantes, “*Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*” en el agua residual de la PTAR del distrito de Huachac. Para la inserción de estas macrofitas no se

requieren de costos altos, debido a que la PTAR del distrito de Huachac cuenta con infraestructuras implementadas como tratamiento preliminar (cámara de rejillas gruesas y finas) y secundario (humedales artificiales con *Hydrocotyle bonariensis*, redondita de agua) (8), corroborado por visita a campo. Por ello, solo se requiere el cambio de la macrofita flotante *Hydrocotyle bonariensis* (redondita de agua) por *Pistia stratiotes* o *Eichhornia crassipes*, siendo económicamente viable.

1.3.2. Ambiental

La existencia de una buena calidad del agua es uno de los componentes para el equilibrio en el ambiente, muchas veces es alterado por la contaminación de aguas residuales domésticas. Esta última se trata mediante tecnologías que remueven los contaminantes, después de ser tratados se descargan en los cuerpos receptores como ríos, lagos y hasta en canales de riego, alterando la calidad ambiental. En la PTAR de Huachac, se usa una tecnología amigable con el ambiente que son humedales artificiales, sin embargo, estas aguas tratadas se descargan en los canales de riego, aledaños a la PTAR (8), y para reusar el efluente, con fines de riego y bebida de animales, tiene que cumplir con el ECA que establece la norma peruana.

La aplicación de las macrofitas flotantes, *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, conserva la belleza paisajística del distrito de Huachac, y alberga aves endémicas y migratorias, manteniendo la relación con la naturaleza, haciendo que los humedales se conviertan en su hábitat.

Como esta agua tratada se destina para al riego de vegetales y bebida de animales, tiene que cumplir con el ECA para agua (categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales), debido a que los vegetales se comercializan y la carne de los animales también, y todo esto destinado para el consumo humano; siendo esta una cadena que puede ser perjudicial para los que los integran (10).

1.3.3. Social

Mantener el bienestar de las personas es muy importante, ya que se busca la sobrevivencia. Esta investigación influye indirectamente en las personas; ya que esta última pertenece a la cadena alimenticia.

Si las aguas residuales domésticas no son bien tratadas y no alcanzan los estándares, pueden ser muy perjudiciales para los vegetales y animales que usan este recurso y, así mismo, perjudiciales para las personas que llegan a consumir estos vegetales y carnes. De esto se pueden generar enfermedades gastrointestinales, muertes tempranas, mala salud, entre otros; ya que la composición del agua incluye “bacterias patógenas (*Salmonella*, *Escherichia coli entero hemorrágica*, *Campylobacter*, *Listeria*, *Shigella*, *Yersinia*), parásitos (*Cryptosporidium*, *Cyclospora*, *helmintos*) y virus (*hepatitis A*, *norovirus*)” (10). Por todo ello, se somete a las macrofitas, *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, para alcanzar los ECA y no tener los problemas ya mencionados.

1.3.4. Teórico

Es muy importante el cumplimiento de los ECA; ya que el agua tratada de la PTAR de Huachac se descarga en los canales de riego y esto se destina para el riego de vegetales y bebida de animales (8). Entonces, mediante la tecnología que se use en la PTAR se podrá alcanzar los ECA.

Por ello, “los humedales artificiales, son una tecnología sostenible, que no necesita instalaciones complejas, además de tener un costo de mantenimiento bajo” (11). En el caso de esta investigación, la aplicación es de humedales artificiales de flujo superficial con macrofitas flotantes, del cual, el mecanismo de tratamiento es mediante rizofiltración; es decir, “las raíces de las plantas se usan para absorber, adsorber, precipitar, sedimentar, concentrar y reducir la materia orgánica a partir de efluentes líquidos contaminados” (12).

1.4. Hipótesis y descripción de las variables

1.4.1. Hipótesis general

La eficiencia de las macrofitas flotantes, *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, influyen en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, de la PTAR del distrito de Huachac.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Las variaciones de pH y temperatura por el uso de las macrofitas flotantes, *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, de la PTAR del distrito de Huachac, no se considera en la prueba de hipótesis, debido a que el objetivo de esta no es reducir sus concentraciones, sino mantenerse en un rango establecido.
- Una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de la DQO y DBO.
- Una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de coliformes fecales o termotolerantes.

1.4.3. Hipótesis nula

- Una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, no tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de la DQO.
- Una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, no tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de la DBO.
- Una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, no tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de coliformes fecales o termotolerantes.

1.5. Operacionalización de variables

Tabla 1. *Operacionalización de variables*

Variables	Tipo de variables	Definición	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
(X) Macrofitas flotantes	Naturaleza Cualitativa	“Las macrofitas tienen partes sintetizadoras sobre la superficie del agua y sus raíces se extienden hacia debajo de la columna del agua.	Las macrofitas son plantas	<i>Pistia stratiotes</i> (lechuga de agua)	Cantidad (12)	unidades
	Complejidad No compleja					
	Función	Las raíces extraen los nutrientes de agua, ellas también sirven de sustrato para bacterias y las raíces, tratan las adsorción de sólidos suspendidos. Además, impiden la penetración de la luz evitando el		<i>Eichhornia crassipes</i> (jacinto de agua)	Cantidad (12)	unidades

		crecimiento de algas en la profundidad” (13).				
(Y) Parámetros físicoquímicos y microbiológicos	Naturaleza	“Dadas las propiedades físicoquímicas del agua, esta se comporta como un magnífico disolvente tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos, ya sean de naturaleza polar o apolar; de forma que se pueda encontrar en su seno una gran cantidad de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas diferentes que modifican sus propiedades” (14).	Son propiedades que tiene el agua, los físicos con enlaces débiles y los químicos con enlaces covalentes. Además, estas tienen que cumplir con los ECA para agua – Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. Estas se están considerando en los indicadores.	Demanda química de oxígeno	DQO ≤ 40	mg/l
	Cuantitativa			Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ≤ 15	mg/l
	Complejidad			pH	6.5 < pH < 8.5	----
	No compleja			Temperatura	Δ 3	°C
	Función			Coliformes termotolerantes	CT ≤ 2000	(NMP/100 ml)
	Dependiente					

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

En la tesis “*Evaluación del potencial fitorremediador de dos especies (Pistia stratiotes L.) y (Limnobium laevigatum R.) para el tratamiento de lixiviados producidos en el relleno sanitario del cantón Centinela del Cóndor, provincia de Zamora Chinchipe*” (15), se tuvo como objetivo específico identificar la especie “*Pistia stratiotes L. y Limnobium laevigaum R.*” para que sea el mejor potencial fitorremediador para el tratamiento de lixiviados, usó la metodología de diseñar piscinas experimentales y su impermeabilización con 2 tratamientos, 2 repeticiones y un testigo, por cada especie, se obtuvo como conclusiones que los parámetros Nitrógeno Amoniacal, DBO, DQO y SST lograron más del 97% de remoción del contaminante y fueron removidas por ambas especies (15). Esta investigación aporta con los mecanismos de fitorremediación que presenta la *Pistia stratiotes L.* y sus características generales tanto taxonómicas, morfológicas, condiciones y reproducción.

En el artículo científico “*Performance of Pistia stratiotes, Salvinia molesta, and Eichhornia crassipes aquatic plants in the tertiary treatment of domestic wastewater with varying retention times*” (16), el propósito fue

evaluar la eficiencia de remoción de las especies acuáticas (macrofitas) en el tratamiento secundario, utilizando la metodología de sistemas hidropónicos para diferentes tiempos de retención entre las 6, 12 y 24 horas durante 14 días; dando como resultados la eficiencia en el mayor tiempo de retención de 24 horas con 91% de eficiencia en la macrofita *Pistia stratiotes* y 89,3% de *Eichhornia crassipes*, en cuanto a la reducción de turbidez se logró el 88,5% de *Eichhornia crassipes* mayor que la *Pistia stratiotes* con un 81,2% (16). Esta investigación propone que la técnica usada con el tiempo de retención es beneficioso para la experimentación, por lo que aporta a la metodología y al uso de las macrofitas para lograr la remoción de contaminantes.

En la tesis “*Utilización del jacinto acuático Eichhornia crassipes ((Mart) Solms 1883) como sistema de tratamiento para la eliminación de materia orgánica y color en efluente de celulosa kraft*” (17), el objetivo fue evaluar la capacidad de la macrofita flotante *Eichhornia crassipes* como una planta depuradora. Se realizó una metodología de 9 acuarios con 3 repeticiones; obteniendo resultados donde la DQO fue removido de 46 – 78%, mientras que la DBO₅ fue removido de 62 – 75%; llegando a la conclusión que la especie *Eichhornia crassipes* presentó su eficiencia de remoción sobre la materia orgánica, además de poder usarlo como tratamiento secundario o terciario (17). Esta tesis aporta a la investigación en la metodología, además demuestra que el *Eichhornia crassipes* remueve materia orgánica, es decir uno de los componentes del agua residual doméstica.

En el artículo científico “*Wastewater treatment potential of water lettuce (Pistia stratiotes) with modified engineering desing*” (18), cuyo objetivo fue obtener alta eficiencia en la remoción de contaminantes mediante 3 unidades experimentales con tres réplicas, usando *Pistia stratiotes* (lechuga de agua). Como resultado, esta especie se puede utilizar con éxito para el tratamiento de aguas residuales, ya que los porcentajes de remoción para DBO₅ son altos con una profundidad de 25

cm (18). El estudio aporta a la investigación en demostrar que la macrofitas *Pistia stratiotes* remueve los contaminantes de aguas residuales.

En el artículo científico “*Tratamiento de aguas residuales domésticas usando la planta acuática Eichhornia crassipes*” (19), cuyo objetivo fue evaluar el tratamiento biológico de aguas residuales domésticas crudas usando la planta acuática *Eichhornia crassipes*. Presenta como resultado que la planta *Eichhornia crassipes* tiene mayor eficiencia de remoción de materia orgánica, para DBO₅ un 83% y DQO un 87% y en caso de nutrientes, para amonio 87% y ortofosfato 31%. Además, las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales (SST) fue reducida en un 67% y los coliformes fueron reducidas en un 99%. Se llegó a la conclusión que el uso del *E. crassipes* es una alternativa viable y eficiente, ya que existe un elevado porcentaje en remover la materia orgánica (19). El estudio aporta a la investigación en la técnica usada, es decir por el uso de esta especie como tratamiento de aguas residuales domésticas.

En el artículo científico “*Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte*” (20), cuyo objetivo fue abordar las generalidades de las macrofitas flotantes y los diversos criterios encontrados relacionados con el diseño y eficiencias de remoción. Presenta como resultado que las macrofitas flotantes han demostrado ser eficientes en la remediación de aguas con contenidos de nutrientes, materia orgánica y sustancias tóxicas como arsénico, zinc, cadmio, cobre, plomo, cromo, y mercurio (20). El estudio aporta la importancia del uso de estas plantas flotantes en relación a las aguas residuales; también que resulta ser eficiente en aguas residuales domésticas en la remoción de materia orgánica; por lo tanto, con el uso de estas plantas, en este tipo de agua, se pretende lograr buenos resultados.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En la tesis “*Evaluación de la eficiencia de plantas acuáticas flotantes Lemna minor (lenteja de agua), Eichhornia crassipes (jacinto de agua) y Pistia stratiotes (lechuga de agua). Para el tratamiento de aguas residuales domésticas*” (12), se presentó como objetivo determinar la eficiencia de remoción de los principales contaminantes de las aguas residuales domésticas con la comparación de la eficiencia de la “lenteja de agua, jacinto de agua y lechuga de agua”. El estudio, además, aporta una metodología apropiada para la obtención de resultados esperados sobre el porcentaje de rendimiento o eficiencia de cada planta. Además, la metodología tiene las siguientes características (12):

- “Se usaron tres tipos de plantas acuáticas (macrofitas), lenteja de agua, lechuga de agua y jacinto de agua, siendo esta última la de mayor rendimiento” (12).
- Se usaron recipientes de vidrio para el tratamiento.
- Se hicieron cálculos para el dimensionamiento del recipiente y el caudal en función a los días de tratamiento (12).

Los resultados de esta investigación fueron que la planta, lechuga de agua, es la que menor eficiencia tuvo a diferencia del jacinto de agua y lenteja de agua. Concluye que el jacinto de agua es la planta acuática más eficiente en todo el tratamiento (12). El estudio aporta en mayor parte a la metodología y materiales que se usaron en esta investigación.

En la tesis “*Eficiencia del jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y lenteja de agua (Lemma minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas - Chachapoyas 2015*” (13), su objetivo fue disminuir las concentraciones de DQO y DBO con el uso de “jacinto de agua y lenteja de agua”. En la metodología usaron recipientes, donde el agua residual se cambió cuatro veces; obteniendo resultados de remoción de 88, 24% con el uso de “jacinto de agua y la lenteja de agua” de 81,24% (13). El estudio aporta en demostrar la eficiencia del jacinto de agua.

En la tesis “*Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante las macrofitas Eichhornia crassipes y Pistia stratiotes, plantas típicas de la selva peruana*” (21), se tuvo como objetivo relacionar la eficiencia de tratamiento de las macrofitas acuáticas en las aguas residuales domésticas, donde usaron la metodología de estudio en gabinete inicial, estudio en campo, donde se monitoreó; la última metodología fue el análisis de laboratorio, a partir de ello se preparó la experimentación con macrofitas y se armó los tratamientos de acuerdo a 3 repeticiones, por lo que contó con 3 peceras de 70 l y 100 g de jacinto de agua, estos fueron evaluados después de los 30 días; procediendo al análisis estadístico *Anova*. Obteniendo como resultado la mayor eficiencia por el jacinto de agua en los parámetros de coliformes fecales, DBO, DQO, color, P, N, y turbiedad (21). Esta tesis aporta con la eficiencia de remoción de contaminantes, donde demuestra que el jacinto de agua, de acuerdo a los parámetros establecidos en la normativa, cumple con estas.

En la tesis “*Aplicación de macrofitas en flotación como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la laguna UDEP*” (22), se tiene como objetivo evaluar las mejoras que ofrecen sistemas de filtros de macrofitas en flotación. La metodología se basó en búsqueda bibliográfica, teniendo resultados de plantas más importantes que son:

- Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*)
- Lechuga de agua (*Pistia stratiotes*)
- La salvinia (*Salvinia Spp.*)
- La redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*)

Como estas plantas son flotantes, el tratamiento se dará mediante las raíces y tallos, por lo que es importante señalar las siguientes funciones:

- Sustrato para el crecimiento bacteriano
- Medio para la filtración y adsorción de sólidos
- Bioadsorción y acumulación de contaminantes (22)

En la tesis “*Fitorremediación por el proceso de fitodegradación con dos especies macrofitas acuáticas, Limnobium laevigatum y Eichhornia crassipes para el tratamiento de aguas residuales domésticas de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle (Huánuco), agosto-setiembre 2018*” (23), se tuvo como objetivo evaluar la fitodegradación a escala experimental de las especies “*Limnobium laevigatum y Eichhornia crassipes*”, para ello se usó la metodología de diseñar un humedal artificial y la incorporación de las macrofitas en un tiempo de retención de 23.4 horas, 31.2 horas, 39 horas y 46.8 horas, donde se evaluaron los parámetros tales como pH, T, conductividad, DBO, DQO SST siendo analizados en el laboratorio SGS del Perú, de acuerdo a los LMP de efluentes, y la prueba estadística con el método del coeficiente de correlación de Pearson, dando como resultados que no excede los LMP en ambas especies, indicando también que mientras mayor sea el tiempo de retención en el sistema de la planta piloto, disminuirá la concentración en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (23). Esta tesis aporta en la metodología, debido a que esta considera el tiempo de retención hidráulica para lograr la eficiencia con la macrofita *Eichhornia crassipes* y el cumplimiento de la norma establecida.

En la tesis “*Evaluación del potencial fitorremediador de dos especies vegetales (Pistia stratiotes L) y (Hydrocotyle ranunculoides L.f) en el tratamiento de las aguas contaminadas por la porcicultura en la granja El Guayabal del barrio Nambija Bajo, cantón Zamora*” (24), se tuvo como objetivo “evaluar el potencial fitorremediador de las especies (*Pistia stratiotes*) y (*Hydrocotyle ranunculoides*)”. La metodología se basó en tres etapas, la primera se basó en el reconocimiento del lugar; la segunda en realizar el análisis del agua y se realizó 2 tratamientos con tres repeticiones; tercero, la determinación del grado de descontaminación. Se obtuvo como resultado que las plantas disminuyeron de 492 mg/l a 13 mg/l en la concentración de sólidos suspendidos totales, de 158 mg/l a <3 mg/l en la concentración de DBO₅ y la DQO se removió un 82% de la concentración. Además, concluyeron que *Hydrocotyle ranunculoides* es el

más eficiente a diferencia de la lechuga de agua (24). El estudio aporta a la investigación en definir la eficiencia de la lechuga de agua.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Principios básicos de la investigación

2.2.1.1. Tipos de aguas residuales

a. Aguas residuales domésticas

“Las aguas residuales domésticas son característicos por ser originarios de zonas residenciales, viviendas, establecimientos comerciales” (25); este tipo de agua residual se divide en:

- Aguas negras

Están referidas a sustancias orgánicas que se originan en los servicios higiénicos y estas pueden estar presentes como disueltos, suspendidos o coloidales. Los microorganismos descomponen la materia orgánica y esto ocasiona malos olores (26).

- Aguas grises

Estas son generadas por grasas que provienen del lavado de utensilios de cocina, del uso de la ducha y lavamanos, y del lavado de ropa. Estas se diferencian por no tener contenido de bacterias fecales como *Escherichia coli* (26).

b. Aguas residuales municipales

Las aguas residuales municipales son un conjunto de aguas urbanas, que están constituidas por la combinación de aguas de drenaje pluvial, agua residual de origen industrial previamente tratada y agua residual doméstica, y estas se vierten a la red de alcantarillado (25).

c. Aguas residuales industriales

“Las aguas residuales industriales provienen de cualquier actividad industrial como la actividad minera, agrícola, energética,

agroindustrial, entre otras” (25). Estas aguas están compuestas por microbios patógenos, metales pesados, sedimentos en suspensión, materia orgánica y pesticidas (26).

2.2.1.2. Constituyentes y características del agua residual doméstica

“Los constituyentes encontrados en las aguas residuales se clasifican en físicos, químicos y biológicos. Las instalaciones para el manejo de aguas residuales deben ser diseñadas para la remoción de sólidos suspendidos, compuestos orgánicos biodegradables y organismos patógenos”; ya que estas últimas son de mayor importancia. Es importante realizar una caracterización de las aguas residuales antes de considerar las características físicas, químicas y biológicas (27).

La clasificación antes mencionada se caracteriza por componerse de parámetros y son los siguientes:

A. Características físicas

a. Temperatura

Este es un “parámetro muy importante por su efecto en las velocidades de las reacciones químicas y de la actividad bacterial, en la concentración del oxígeno disuelto y en la vida acuática de las fuentes receptoras” (22). “El agua residual tiene una temperatura comúnmente mayor al agua de suministro”; además es influenciada por la temperatura ambiente.

La temperatura del agua residual varía según la estación y la geografía, en zonas frías se considera entre 7 °C a 18 °C, mientras que en zonas cálidas se considera entre 13 °C a 30 °C (13).

Es muy importante este parámetro para la actividad del tratamiento biológico; ya que, con temperaturas cálidas se acelera

el tratamiento y con temperaturas muy bajas, disminuye. Además con temperaturas muy extremas obstaculizan el tratamiento (22).

b. Sólidos

“Los contaminantes presentes en el agua residual forman parte de la materia sólida, los sólidos se encuentran en forma suspendida, en dispersión coloidal y en solución total” (22). “También indica la presencia de sustancias solubles e insolubles” (13). Se puede clasificar en tres grupos y son los siguientes:

- **Sólidos totales:** son la composición de toda la clasificación ya mencionada anteriormente.
- **Sólidos suspendidos:** “son los que permanecen después de filtrar una muestra de agua, además representan a la materia en suspensión” (22).
- **Sólidos disueltos:** son sólidos que han sido filtrados, además representan la materia disuelta (22).
- **Sólidos volátiles:** “se pierden al calentar una muestra de agua a una temperatura elevada, además representan a los sólidos orgánicos” (22).
- **Sólidos fijos:** son los que permanecen en la muestra de agua después de calentar la muestra, además representan a los sólidos inorgánicos (22).
- **Sólidos sedimentables:** son los que sedimentan por gravedad en un determinado tiempo, estas pueden ser partículas mayores a 10 μm y están dentro de la materia suspendida (22).
- **Sólidos no sedimentables:** son los que no sedimentan y están dentro de la materia disuelta y coloidal, además estas son menores a 10 μm (22).

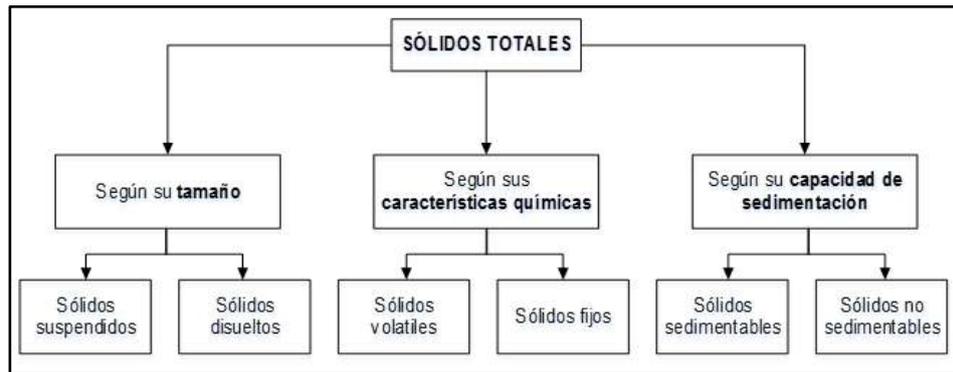


Figura 1. Clasificación de sólidos totales (22)

B. Características químicas

a. Demanda química de oxígeno

“La DQO es la cantidad de oxígeno disuelto que requiere la materia orgánica para ser oxidada por un agente químico oxidante. Esta es mayor a la DBO, ya que contiene mayor número de compuestos que pueden oxidarse químicamente que biológicamente. Además, la DQO y DBO son usadas para determinar las condiciones biodegradables y el contenido de sustancias tóxicas” (22). Respecto a la concentración de este parámetro, para ser descargado a un cuerpo de agua debe alcanzar los 200 mg/l; y si se usa con fines de reutilización debe alcanzar los 40 mg/l (13).

b. Demanda biológica de oxígeno

“La DBO es la cantidad de oxígeno disuelto que requiere la materia orgánica para ser oxidada por las bacterias, en condiciones aeróbicas (22). El DBO₅ es el parámetro más usado para la determinación de la calidad de agua” (13), “este es característico por analizarse durante 5 días, ya que es el tiempo y oxígeno requerido para la degradación de la materia orgánica. Respecto a la concentración de este parámetro, para ser descargado a un cuerpo de agua debe alcanzar los 100 mg/l; y si se usa con fines de reutilización debe alcanzar los 15mg/l” (13).

c. Potencial de hidrógeno

El pH “es la medida de la concentración del ion hidrógeno en el agua”. Específicamente se usa para ver si el agua residual es ácida o alcalina. Se establece que si el pH es menor a 7 se denomina ácido y si es mayor a 7 se denomina alcalino o básico; y si toma el valor de 7 se denomina neutro (22). Respecto al valor de este parámetro, para ser descargado a un cuerpo de agua o se use con fines de reutilización esta debe tener un valor entre 6.5 y 8.5 (13).

C. Características biológicas

a. Coliformes fecales o termotolerantes

Este parámetro es indicador de contaminación bacteriana; está compuesta por coliformes y *E. coli*. Los coliformes son contaminantes comunes del agua residual doméstica, porque se derivan de las heces humanas. También “permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas y se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección”. La denominación termotolerante es por la capacidad que tienen los patógenos de resistir altas temperaturas (28).

2.2.1.3. Niveles y características del tratamiento de aguas residuales

Existen numerosas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales para la depuración de contaminantes. Este sistema comprende los siguientes niveles:

A. Tratamiento preliminar

Según la norma OS. 090, en este tratamiento se usan generalmente cibras y desarenadores. Las cibras son casi obligatorias para toda planta de tratamiento, ya que estas retienen sólidos grandes que el agua residual contiene.

“Este tratamiento también tiene como finalidad proteger las instalaciones y el funcionamiento de los siguientes procesos. Además se encarga de acondicionar el agua residual, para los demás procesos, separando los sólidos gruesos, plásticos, grasas, gravas y arena” (22). Como sistemas de tratamiento para este nivel se usan rejas gruesas y finas, desarenadores y en ocasiones tamices.

B. Tratamiento primario

Según la norma OS. 090, en este tratamiento se usan tanques de homogenización o ecualizador que generalmente sirve para regular el caudal de un afluente, además de disminuir la DBO.

“Para el tratamiento primario se usan tecnologías como tanques sépticos, decantadores, clarificadores, sedimentadores circulares, alternativos o convencionales como el rectangular. Asimismo, se emplean tanques Imhoff y tanques de flotación” (22). En este nivel también se emplea lagunas, en ocasiones humedales artificiales como laguna primaria.

C. Tratamiento secundario

Según la norma OS. 090, uno de los tratamientos secundarios que considera es por “lodos activados” que consiste en tener sedimentador primario, tanque de aireación y sedimentador secundario; “el cual tiene una eficiencia de remoción de 75 a 95% de la DBO”.

En el tratamiento secundario, se pretende acelerar el proceso de los microorganismos para la descomposición de la materia orgánica, y así eliminar los contaminantes. Las tecnologías usadas pueden ser divididas según la biomasa. Para el tratamiento de biomasa en suspensión se pueden usar los lodos activados, zanjas de oxidación, lagunas aireadas, lagunas de estabilización e incluso humedales superficiales; y para el tratamiento de biomasa

adherida se pueden usar filtros percoladores, filtros rotatorios o biodiscos y humedales de flujo subsuperficial (22).

D. Tratamiento terciario o avanzado

Según la norma OS. 090, se consideran como tratamiento terciario a un tanque de cloración, además de lechos de secado. En el caso del tanque de cloración es para la eliminación de patógenos que puedan existir en el agua residual después de haber sido tratada. Y los lechos de secado se basan en la neutralización y secado de los lodos extraídos de los tratamientos previos.

El tratamiento terciario tiene como objetivo eliminar contaminantes que no se hayan removido de procesos anteriores. En esta se logra remover el nitrógeno y fósforo (22), además de remover los patógenos sobrantes.

Para complementar, en la siguiente tabla se muestran más características de los niveles de tratamiento de las aguas residuales domésticas.

Tabla 2. Niveles de tratamiento

Nivel de tratamiento	Mecanismos predominantes	Contaminantes removidos	Eficiencias de reducción
Preliminar	Físico	<ul style="list-style-type: none"> - Sólidos gruesos (basuras, arenas) - Grasas - Acondicionamiento químico (pH) 	SS: <10% DBO: <10% Coliformes: = 0% Nutrientes: = 0%
Primario	Físico	<ul style="list-style-type: none"> - Sólidos suspendidos sedimentables - Materia orgánica suspendida (parcialmente) 	SS: 40-50% DBO: 25-35% Coliformes: 30-40% Nutrientes: <20%
Primario avanzado	Físico y químico	<ul style="list-style-type: none"> - Sólidos suspendidos sedimentables y no sedimentables - Materia orgánica suspendida (parcialmente) 	SS: 70-85% DBO: 45-55% Coliformes: 60-90% Nutrientes: 20%N, 50-95%P

		- Fósforo	
Secundario	Biológico o químico	<ul style="list-style-type: none"> - Sólidos no sedimentables - Materia orgánica suspendida fina/soluble (parcialmente) - Nutrientes (parcialmente) - Patógenos (parcialmente) 	SS: 60-99% DBO: 60-99% Coliformes: 60-99% Nutrientes: 10-50%
Terciario	Biológico o químico	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminantes específicos - Materia orgánica fina y soluble (pulimento) 	SS: >99% DBO: >99% Coliformes: >99.9% Nutrientes: >90%

Nota: tomada de Fitorremediación por el proceso de fitodegradación con dos especies macrófitas acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales domésticas de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, distrito de Sa (23)

2.2.1.4. Sistema de tratamiento con plantas acuáticas

Este sistema de tratamiento se asemeja a las lagunas, pero la diferencia es que en esta hay presencia de plantas acuáticas denominadas macrofitas. Al mencionado con anterioridad se le denomina humedal artificial.

A. Humedales artificiales

Este sistema de tratamiento se caracteriza por ser un tratamiento de lagunaje con la presencia de macrofitas. Se usan para tratamiento de aguas residuales domésticas, industriales, e incluso de escorrentía agrícola (23). “Este tipo de sistema es amigable con el ambiente, ya que tiene similares características que un humedal natural. La diferencia es que los humedales artificiales son controlados por el hombre; además, el flujo de agua es más estable, el tiempo de retención está controlado por el operador y es dependiente de la concentración de DBO que contiene el agua residual, y la carga contaminante es alta” (29).

Los humedales artificiales comprenden monocultivos o policultivos de macrofitas y están dispuestas en lagunas, tanques o canales no muy profundos, comúnmente inferiores a un metro (30). Este sistema de tratamiento es ventajoso debido a que:

- “Son sistemas naturales que eliminan sólidos en suspensión, materia orgánica, elementos eutrofizantes y microorganismos patógenos” (30).
- “Los costos de la instalación son bajas en comparación a los tratamientos convencionales” (30).
- El mantenimiento que se da, una vez adaptada, es de bajo costo, sencillo y no hay consumo de energía (30).

El agua residual atraviesa por distintos procesos fisicoquímicos y bacteriológicos. “El oxígeno que se necesita para los procesos es suministrado por las propias plantas, ya que se forma por fotosíntesis o por toma del aire, y son inyectadas hasta la zona radicular de la planta. La transferencia de oxígeno a la zona radicular es importante para la eliminación microbiana, además de estimular la degradación de la materia orgánica y el crecimiento de bacterias nitrificantes” (30).

Los humedales artificiales son clasificados en subsuperficiales y superficiales.

a. Humedal artificial subsuperficial

Este sistema de tratamiento se “caracteriza porque la circulación del agua residual se da a través de un medio granular, con una profundidad de aproximadamente 0.6 m; las macrofitas se plantan en este medio granular para que el agua al pasar haga contacto con las raíces y tallos de la planta” (31). En estos sistemas no se puede visualizar una lámina de agua por lo que se les denomina también lechos vegetados sumergidos (30).

Con el paso del agua residual y la presencia del medio granular y las macrofitas; “la materia orgánica se descompone biológicamente, el nitrógeno se desnitrifica y, el fósforo y los metales pesados se fijan en el suelo” (30). Las macrofitas cumplen una función importante en este proceso, ya que suministran oxígeno a los microorganismos en la rizósfera (30).

Tabla 3. Características del humedal artificial del flujo subsuperficial según indicador

Indicador	Característica
Tratamiento	Este sistema se usa para tratar flujos primarios, es decir, que las aguas estén pretratadas en tanques Imhoff, pozos sépticos, entre otros.
Operación	Puede operar con altas tasas de carga orgánica que se encuentre en las aguas residuales.
Olor	Por la presencia de grava y la no presencia de lagunaje, no existen olores.
Insectos	Por la presencia de grava y la no presencia de lagunaje, no existen insectos.
Protección térmica	Por la acumulación de restos de vegetales y el flujo subterráneo, el agua mantiene una temperatura constante, por ello es buena y, por lo tanto, es eficiente la remoción de contaminantes.
Área	Se requieren superficies de menor tamaño.
Costo	Debido al uso de material granular, el costo es mayor, se incrementa hasta un 30%.
Valor ecosistema	Como este sistema no tiene lagunaje, el valor ecosistémico para la fauna es baja.
Usos generales	Se aplica para poblaciones pequeñas menores a 200 habitantes

Nota: tomada de Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales (31)

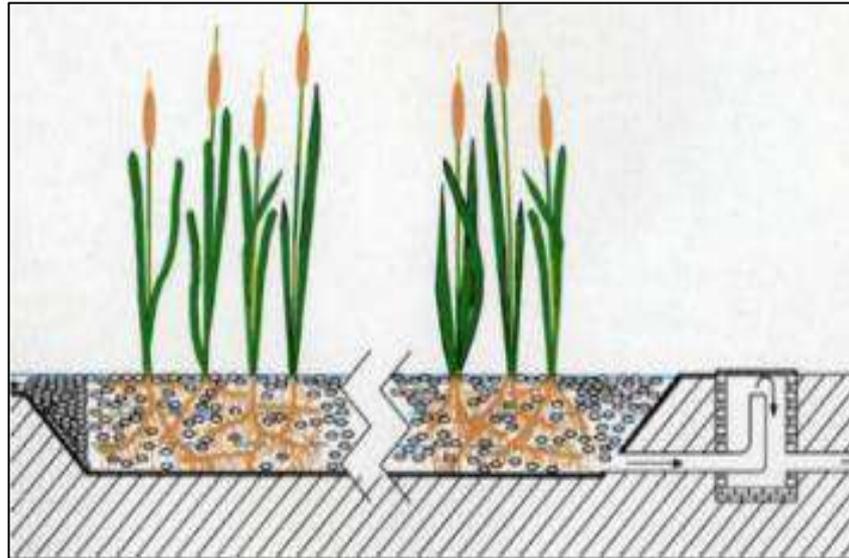


Figura 2. Diseño de un humedal artificial de flujo subsuperficial (22)

Este sistema contempla dos tipos de flujos subsuperficiales horizontales y verticales.

- Humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal

Este sistema cuenta con una columna de tierra, arena y grava, en ella plantada macrofitas que es su mayoría son la caña común o carrizo, o totora. Toda esta columna es recubierta con una membrana impermeable a nivel del suelo para que se evite filtraciones (31) y pueda perjudicar a las capas del suelo e incluso a la capa freática. El efluente ingresa por la parte superior de un extremo y su salida por un tubo de drenaje por la parte inferior opuesta al extremo de entrada.

“La profundidad de la columna varía entre 0.45 a 1 metro y tiene una pendiente que varía entre 0.5% a 1%. Cabe resaltar que el agua residual; primero, está en contacto con la zona de amortiguamiento que se caracteriza por contener grava de mayor tamaño que esta entre 50 mm a 100 mm; después el agua residual ingresa al medio granular principal, también denominado cuerpo, que se caracteriza por contener grava fina de un solo diámetro que está entre 3 mm a 32 mm; y en ella se encuentran las macrofitas” (31).

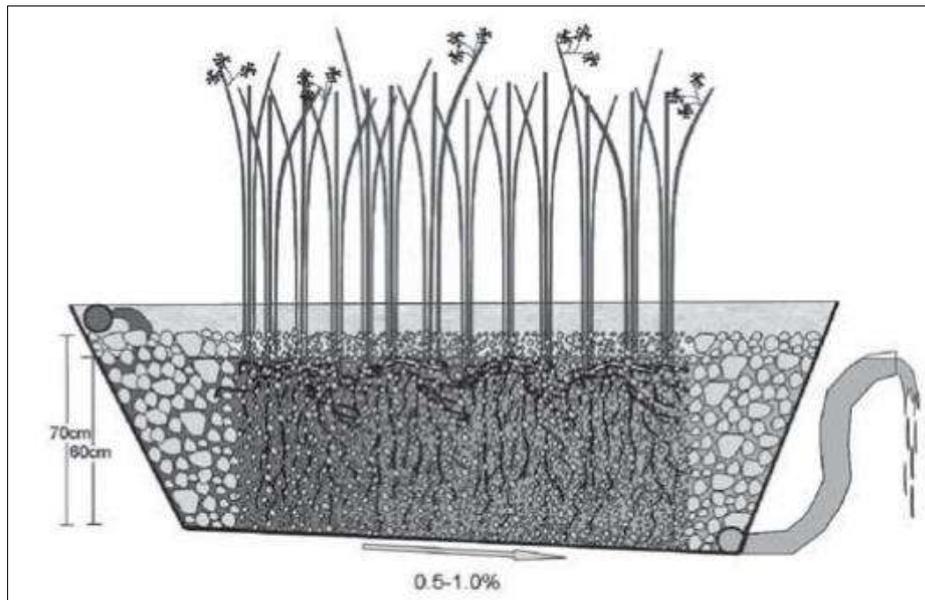


Figura 3. Humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal (31)

- Humedal artificial subsuperficial de flujo vertical

Para estos sistemas el efluente ingresa de manera discontinua, es decir, por un corto tiempo se interrumpe la entrada del agua residual y después continúa con su ingreso; por ello, existen períodos de insaturación, estimulando el suministro de oxígeno (31). El flujo vertical hace referencia a que la entrada del efluente es por la parte de arriba mediante tuberías. Este sistema también cuenta con columnas de arenas y gravas; y en ellas la plantación de las macrofitas. También la profundidad de estas es menor a un metro, similares a la del flujo horizontal. En ocasiones se coloca sistemas de aeración con chimeneas para mantener una condición aeróbica (31).

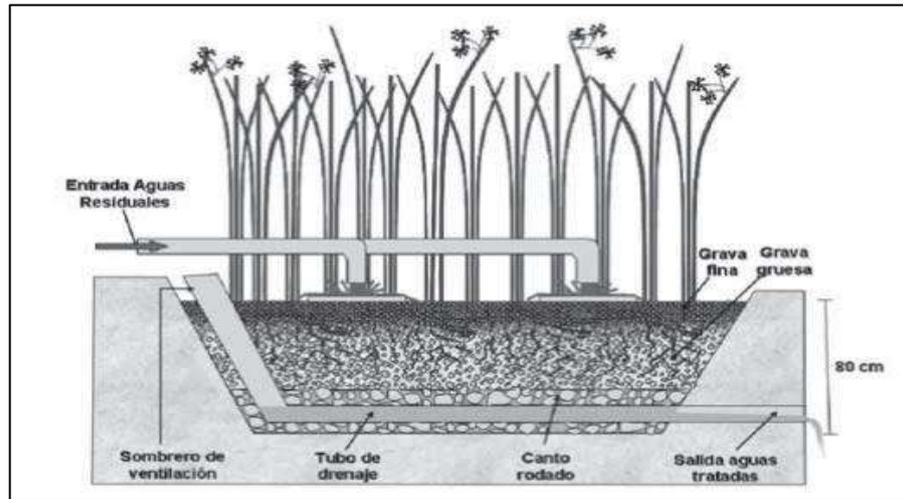


Figura 4. Humedal artificial subsuperficial de flujo vertical (31)

b. Humedal artificial superficial

“Este sistema de tratamiento se caracteriza porque el agua discurre por la superficie de un canal o estanque que contiene una capa de agua poco profunda aproximadamente de 30 cm, pero muy pocas veces llega a 1 metro” (30). “La circulación del agua es a través de los tallos y raíces de las macrofitas, y están expuestas a la atmósfera; además los humedales artificiales son una modificación de sistemas de lagunas convencionales, sin embargo, la diferencia es que estas no son profundas” (31).

Por las características que tiene este sistema, se recomienda implementarlo por la capacidad de albergar distintos especies de peces, anfibios, aves entre otros; es decir, son muy amigables con el ambiente (31). “Las plantas que se usan para el tratamiento pueden ser macrofitas emergentes que están enraizadas en el sustrato que se coloca al fondo del canal o estanque; también se pueden usar especies acuáticas flotantes o sumergidas” (30).

Tabla 4. Características del humedal artificial del flujo superficial según indicador

Indicador	Característica
Tratamiento	Este sistema se usa para tratar flujos secundarios, es decir que las aguas estén pretratadas en lagunas, biodiscos, fangos activados, entre otros.
Operación	Opera con bajas tasas de carga orgánica que se encuentre en las aguas residuales.
Olor	Por ser lagunaje, existirán olores, pero estas se pueden controlar.
Insectos	Por ser lagunaje sí habrá presencia de insectos y su control es caro.
Protección térmica	Por las bajas temperaturas, puede llegar a no ser buena, ya que afecta en el proceso de remoción de contaminantes.
Área	Se requieren superficies de mayor tamaño.
Costo	El costo es menor en relación al flujo subsuperficial.
Valor ecosistema	Como este sistema tiene lagunaje, el valor ecosistémico para la fauna es alta.
Usos generales	Crean nuevos ecosistemas.

Nota: tomada de Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales (31)

Como ya se mencionó, en este sistema también están considerados los humedales artificiales mediante macrofitas flotantes; es decir, el tratamiento se da mediante las raíces de estas plantas, mientras que las hojas están en la superficie.

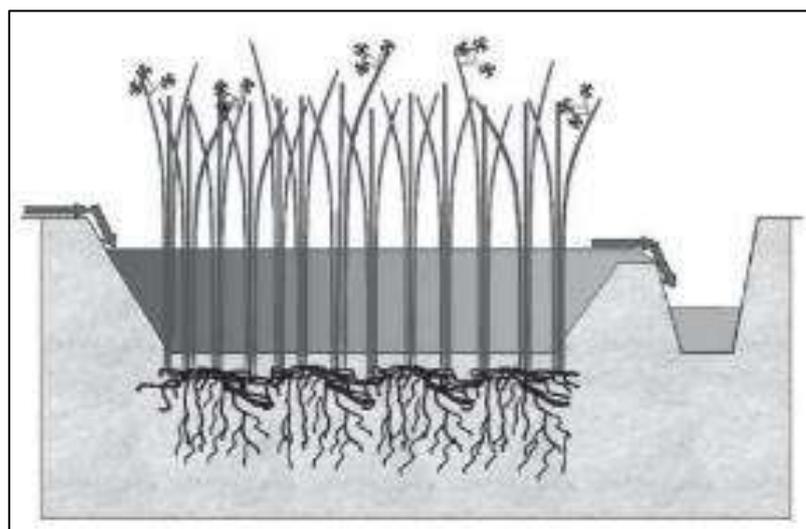


Figura 5. Humedal artificial superficial (31)

- **Humedal artificial con macrofitas flotantes**

Este es un sistema de tratamiento que forma parte del humedal artificial superficial. Comprende una capa impermeable en la base del canal o estanque y en la superficie del agua se colocan las macrofitas flotantes.

“El sistema con macrofitas flotantes se puede implementar como tratamiento terciario, para la eliminación de elementos minerales eutrofizantes o también como tratamiento secundario, para la descomposición de materia orgánica disuelta por medio de los microorganismos” (30). Además, este sistema se asemeja mucho al tratamiento mediante lagunas de estabilización.

Para la implementación de estas plantas se recomienda que se usen 10 plantas por metro cuadrado. Además, este sistema es muy ventajosa, debido a que:

- No requiere de mucho costo para su implementación, ya que no se necesita relleno para el tratamiento.
- Tiene mejor funcionamiento, ya que no hay colmatación a causa del relleno.
- “Cuenta con mayor capacidad de depuración por no tener columnas con grava y solo tener todo el sistema radicular bañado por el agua”.
- Hay facilidad para poder utilizarlo como biomasa con fines energéticos o industriales.
- Los lodos se autodigieren, por lo que no es necesario retirarlo a menudo (30).

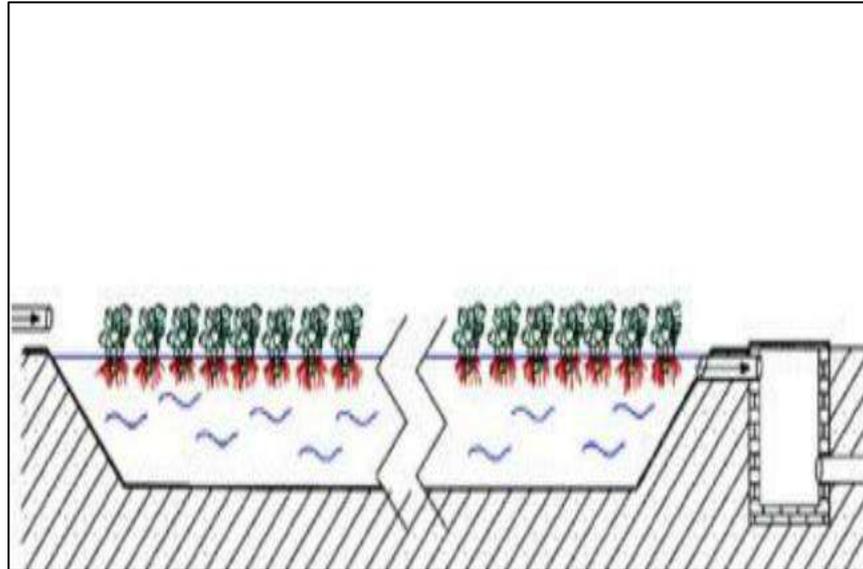


Figura 6. Humedal artificial con macrofitas flotantes (22)

B. Clases de plantas acuáticas o macrofitas

“Las plantas acuáticas son aquellas que requieren de gran cantidad de agua en sus raíces para su sobrevivencia”. Además, “estas crecen en medios húmedos e inundados”. “Se pueden clasificar en flotantes, sumergidas y emergentes” (13).

a. Macrofitas flotantes

Estas plantas se caracterizan “por tener sus partes sintetizadoras sobre la superficie y sus raíces se extienden por debajo de la columna de agua. Las raíces presentes en el agua sirven para remover nutrientes y es sustrato para bacterias, también sirve como sistema de adsorción de sólidos suspendidos” (13). “Las plantas más comunes son el jacinto de agua, lechuga de agua y lentejas de agua”.

b. Macrofitas sumergidas

“Estas plantas se caracterizan por no flotar en la superficie y sus raíces están dispersas dentro del agua o establecidas en el fondo. Tienen la propiedad de oxigenar el agua y generalmente no crecen en presencia de plantas en flotación, ya que estas no permiten el paso de la luz” (13).

c. Macrofitas emergentes

“Estas plantas son caracterizadas por crecer enraizadas en el fondo y sus hojas son expuestas a la superficie del agua”. Comúnmente se usa el carrizo, junco y la totora, ya que se adaptan las raíces en el fondo o en una columna de grava (13).

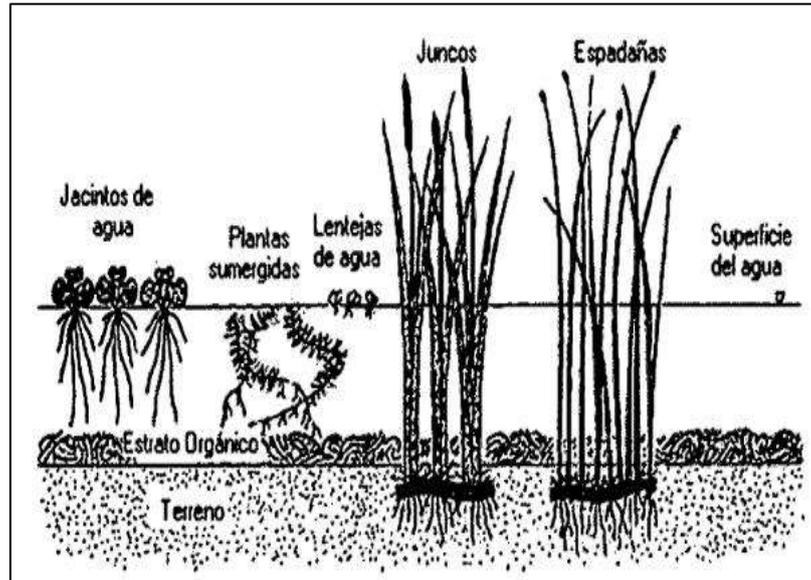


Figura 7. Principales plantas acuáticas (13)

2.2.1.5. Macrofitas utilizadas en el tratamiento de aguas residuales domésticas

A. *Eichhornia crassipes*

“A esta macrofita comúnmente se le conoce como jacinto de agua, es una especie de planta acuática flotante, que sus raíces son sumergidas. También es de libre flotación, y la altura de estas puede llegar entre 50 a 1 metro” (23).

- Taxonomía

El jacinto de agua se encuentra en la siguiente clasificación taxonómica:

Tabla 5. Taxonomía de la macrofita *Eichhornia crassipes*

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Commelinales</i>
Género	<i>Eichhornia</i>
Especie	<i>Crassipes</i>

- **Morfología**

Esta macrofita origina un rizoma ramificado que puede llegar a crecer hasta 30 cm con entrenudos cortos, cada uno de estos genera una hoja y una raíz. Tienen formación de ovoide que mide de 2 a 15 cm de largo y de 2 a 10 cm de ancho. Los bordes son curvados con venas finas y largas; “los peciolo son gruesos y esponjosos, hinchada en el medio y afilada hacia la estípula”. “Los tallos florales, que son pubescentes con dos brácteas y una estípula que produce entre 8 y 25 flores, cada flor posee 6 pétalos azulados con hasta 4 centímetros”. Las raíces del jacinto de agua son adventicias y fibrosas que llega a medir entre 10 y 30 cm (23).

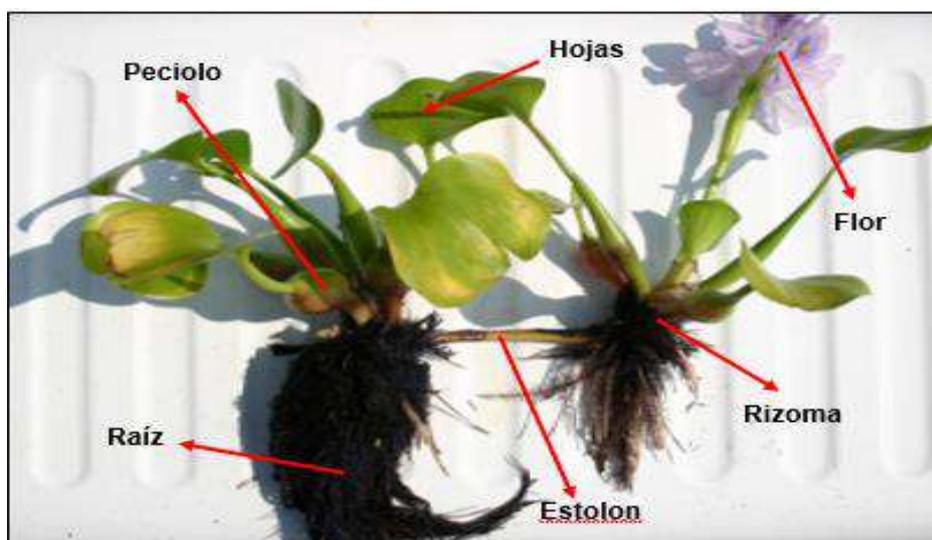


Figura 8. Morfología de *Eichhornia crassipes*

- **Reproducción**

Esta macrofita se reproduce vegetativamente y mediante semillas. Después de la floración, el pedúnculo se desvía y las cápsulas maduran y así las semillas se liberan bajo el agua. Las condiciones para la germinación es que sean aeróbicas y haya

temperaturas alternas; además los brotes axilares de las hojas más viejas de la plántula tienden a convertirse en estolones y crecen horizontalmente desarrollando plantas hijas (23).

- **Hábitat**

Esta puede vivir en aguas dulces como ríos, pantanos, canales, entre otros. Esta planta se originó en la Amazonía. Además, a temperatura entre 20 y 30 °C, el jacinto de agua tiene un crecimiento rápido a diferencia de una temperatura entre 8 y 15 °C, esto puede producir estancamiento (13). Entonces, en condiciones adecuadas esta macrofita es capaz de duplicar su población cada cinco días, e incluso una sola planta puede llegar a invadir por completo un lago (23).

Debido a la biomasa que se genera por esta macrofita, no dejan el paso de la luz hacia el interior del agua, por ello, no causa el crecimiento de algas.

B. *Pistia stratiotes*

A esta macrofita comúnmente se le conoce como lechuga de agua, es una planta en forma de roseta y su propagación es rápida.

- **Taxonomía**

La lechuga de agua se encuentra en la siguiente clasificación taxonómica:

Tabla 6. Taxonomía de la macrofita Pistia stratiotes

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Alirales</i>
Género	<i>Pistia</i>
Especie	<i>Stratiotes</i>

- Morfología

Esta macrofita tiene las hojas en forma arrosetada (15). “Sus hojas son de color verde claro con tejido esponjoso y grueso, presentan venas longitudinales; entre 7 y 15 nervaduras”. La forma que tiene esta planta es espatulada y erectas, llega hasta 12 cm de longitud (21).

“Posee inflorescencia de flores masculinas y femenina de color crema” (21). “La inflorescencia masculina tiene una sola flor con 2 estambres y las femeninas el ovario es elipsoide, con muchos óvulos”. “Los frutos son globosos que llegan a medir 1 cm de diámetro, están cubiertos por una envoltura delicada, además las semillas son de color blanco y rugosos” (15).

El tallo es corto y estolonífero; es decir, se generan brotes laterales dando lugar a individuos independientes. Las raíces son fasciculadas de un color claro, además es característico por ser plumoso y está enganchado a las rosetas (21).



Figura 9. Morfología de *Pistia stratiotes*

- Reproducción

Esta macrofita se reproduce sexual y asexualmente; además, por su reproducción vegetativa mediante estolones, se propaga muy rápido. Esto último hace que aparezcan más

macrofitas en los extremos y, debido a ello, una sola macrofita crea una pequeña colonia; sin embargo, los estolones de esta macrofita son frágiles, y con el movimiento del agua y el viento alcanzan a invadir nuevos cuerpos de agua propagándose rápidamente (21). Las semillas que se generan de esta macrofita tardan entre 10 a 12 días en subir a la superficie y multiplicarse (15).

- **Hábitat**

Pistia stratiotes crece en países tropicales y subtropicales, estos habitan en lagos, pantanos, canales y cuerpos de agua con un caudal bajo. Se puede encontrar en toda la selva peruana en forma silvestre, también esta macrofita es usada en acuarios o estanques con mucha iluminación (21). Esta no soporta inviernos duros, para su crecimiento la temperatura adecuada esta entre 22 a 30 °C (15).

2.2.1.6. Fitodepuración

“Fitodepuración es un término que se basa específicamente en la depuración de las aguas residuales, a diferencia del término fitorremediación que se basa en la limpieza o recuperación de ambientes acuáticos contaminados”. “También se puede definir como un sistema de tratamiento de aguas residuales, en la cual se usa la capacidad de las macrofitas para la contribuir en la reducción de los contaminantes” (22). En resumen, la fitodepuración es el tratamiento de aguas residuales por medio de macrofitas. Esta se clasifica dependiendo de la parte de la planta o los microorganismos que contribuyen con la degradación de contaminantes (23).

Tabla 7. Clasificación de la fitodepuración

Tipo	Proceso
Fitoextracción	La concentración de los contaminantes que se encuentran en el agua residual, principalmente se canalizan en la parte aérea.
Rizofiltración	Esta hace referencia al tratamiento de las aguas residuales mediante las raíces de las macrofitas; tienen propiedades que absorben, precipitan y concentran los contaminantes. También degrada los compuestos orgánicos.
Fitoestimulación	En este caso la planta, mediante el uso de sus exudados radiculares remueven los hongos y bacterias.
Fitoestabilización	Esta hace referencia a las plantas tolerantes que reducen la movilidad de los contaminantes y el paso a agua subterráneas.
Fitodegradación	En este caso, las plantas tienen la propiedad de captar, almacenar y degradar los compuestos orgánicos, estos llegan a convertir en productos o subproductos menos tóxicos.
Fitovolatilización	Las plantas tienen la propiedad de captar y modificar el contaminante orgánico para luego ser liberados mediante transpiración.

Nota: tomado de Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas (32)

2.2.1.7. Proceso de depuración en los humedales artificiales con macrofitas flotantes

Uno de los métodos de tratamiento es la **rizofiltración**; es decir, un sistema donde se usa la raíz de la macrofita como medio de remoción de contaminantes que se encuentren en el agua residual.

Para que el proceso de depuración en humedales artificiales sea eficiente y cumpla con el objetivo, debe considerarse un tratamiento previo; es decir, un tratamiento preliminar donde se considere eliminar sólidos gruesos, arenas, sólidos en flotación y grasas. Lo común es que este sistema de tratamiento se use como tratamiento primario y su composición típica es “DBO 40 - 200 mg/l, sólidos totales 55 - 230 mg/l, sólidos en suspensión 45 - 180 mg/l, nitrógeno total 20 - 85 mg/l, nitrógeno amoniacal 15 - 40 mg/l, fósforo total 4 - 15 mg/l”. Si el humedal es eficiente, la concentración de la Demanda Bioquímica de oxígeno llega a ser menores a 10 mg/l (29).

La depuración se da por dos mecanismos; “el primero es por procesos de sedimentación, filtración, absorción, adsorción, intercambio iónico, y lixiviado, y el segundo se da por reacciones de oxidación/reducción, ácido/base, precipitación, floculación, y reacciones bioquímicas en anaerobiosis/aerobiosis” (29).

- **Proceso de remoción de la materia orgánica**

Esta se da por dos tipos: físicos y biológicos. Relacionado a la remoción físicamente es similar a la de los sólidos, es decir, mediante floculación y sedimentación; “también se da por procesos de adsorción y absorción en la materia orgánica disuelta. Biológicamente los microorganismos intervienen en este proceso, en esta influye la disponibilidad de oxígeno, el pH neutro y la temperatura”. Las reacciones que se da en estos procesos es de oxidación/reducción, hidrólisis y fotólisis, y todo ello conduce a la biodegradación de la materia orgánica (29).

Con relación a la materia orgánica biodegradable, los microorganismos aerobios requieren de oxígeno para ser eficientes y transformar la materia biodegradable en compuestos minerales, gases y biomasa microbiana. “A diferencia de los microorganismos anaerobios que requieren de nitratos, carbonatos o sulfatos que da lugar a compuestos reducidos”. El oxígeno se puede obtener por aireación superficial proveniente de la atmósfera, fotosíntesis que es oxígeno no liberado por organismos fotosintéticos y transferencia de la planta que se da por la liberación de oxígeno no presente en el aerénquima (29).

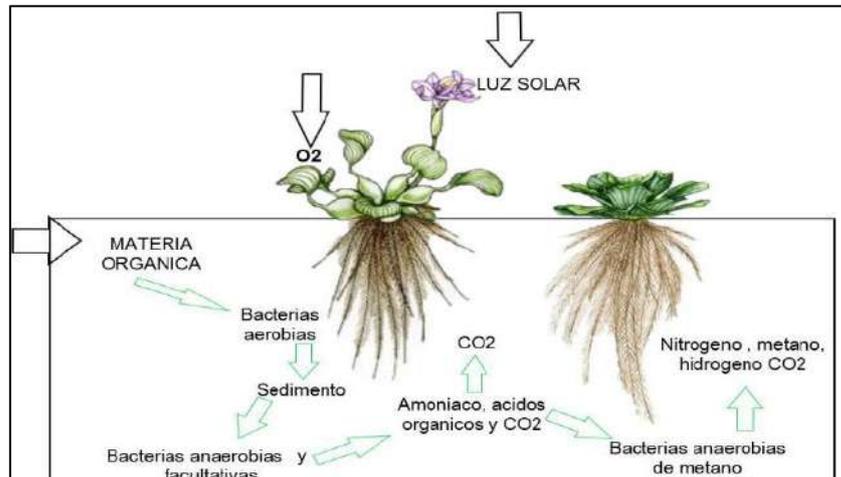


Figura 10. Proceso de remoción de la materia orgánica (21)

En resumen, “el agua residual entra en contacto con las raíces de las macrofitas y las bacterias presentes en el agua residual se adhieren a la raíz, y convierten la materia orgánica en nutrientes que son absorbidos por las macrofitas, ocasionando su crecimiento. El material grueso y pesado choca con las raíces quedando atrapado o cayendo en el fondo; es decir, pasa por un proceso de sedimentación natural o apantallamiento” (21).

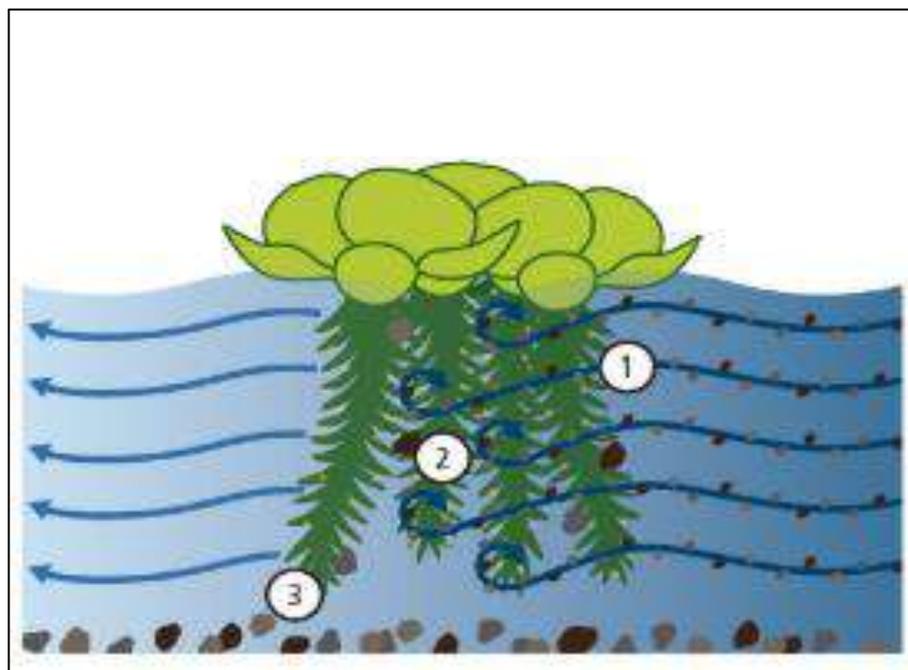


Figura 11. Proceso de fitodepuración de contaminantes por macrofitas flotantes (30)

- Proceso de remoción de los patógenos

Por las características del agua residual doméstica, esta posee organismos patógenos como: “helmintos, protozoos, hongos, bacterias o virus”. “No obstante, para definir el grado de contaminación por patógenos, únicamente se tiene que determinar un grupo de microorganismos que sirva como índice de contaminación”. El más común son los coliformes fecales, que alcanza 7 colonias/100ml (29). En su mayoría, los microorganismos no sobreviven porque la adaptación al medio no es suficiente, algunos desaparecen por organismos depredadores y por la radiación ultravioleta (21).

Los patógenos se remueven por sedimentación, intercepción y adsorción/absorción. Estos requieren sustratos ricos y altas temperaturas para su supervivencia (29). Además, “la remoción se da mediante la oxidación, adsorción y exposición a toxinas fijadas por otros microorganismos y exudados por las raíces de las plantas” (21).

Los patógenos como parte de su sistema de fitorremediación incluye la sedimentación como parte de los sólidos en suspensión, la inactivación por la acción de la luz solar, la actividad de las bacterias en las macrofitas y las condiciones ambientales (19).

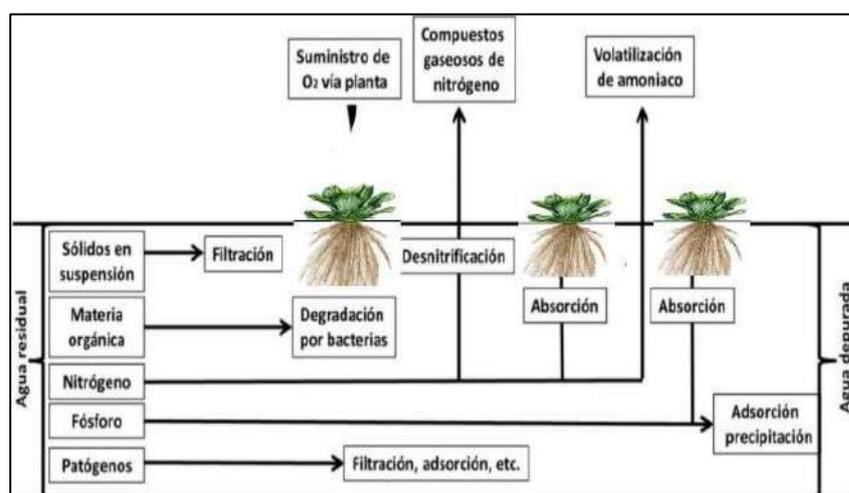


Figura 12. Proceso de remoción de patógenos (21)

2.2.1.8. Tiempo de retención hidráulica

El tiempo de retención hidráulica (TRH) es el tiempo que los microorganismos están en contacto con el agua residual (23).

El tiempo de retención hidráulica se requiere para el cálculo de las dimensiones de los recipientes, además de determinar los días que representan el TRH.

Para este cálculo, se requiere la DBO inicial y la DBO final. Para la inicial se hizo análisis del agua.

Se aplica la siguiente formula:

$$\frac{DBO_5 \text{ salida}}{DBO_5 \text{ inicial}} = e^{-kt}$$

En el caso de la constante de la velocidad cinética (k) se considera 0.73 (33), porque “se encuentra en las ecuaciones del modelo cinético de primer orden para la modelación de humedales artificiales” (34).

2.2.2. Principios metodológicos

La metodología que se realizó en la investigación estuvo basada en la tesis titulada “*Evaluación de la eficiencia de plantas acuáticas flotantes Lemna minor (lenteja de agua), Eichhornia crassipes (jacinto de agua) y Pistia minor (lechuga de agua). Para el tratamiento de aguas residuales domésticas*”, que se desarrolla de la siguiente manera:

1. Cultivo de la planta acuática *Lemna minor*, *Eichhornia crassipes*, *Pistia minor* y adaptación de estas a las condiciones ambientales.
2. Establecer el diseño del Plan piloto.

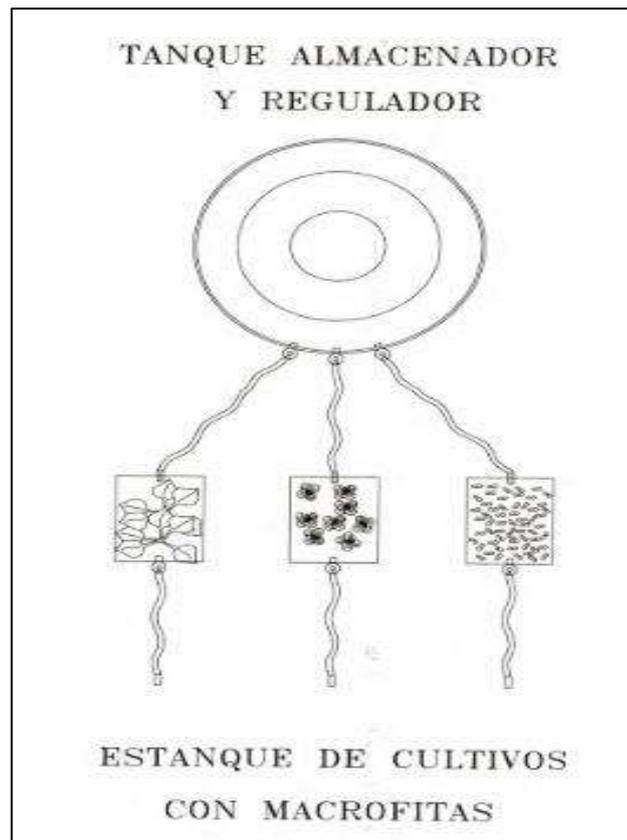


Figura 13. Diseño de planta piloto (12)

3. Criterios de diseño de planta piloto.

$$Q(l/seg) = \frac{Volumen}{TRH}$$

$$Q(l/seg) = \frac{30 l}{4 días} = 7.5 l/día$$

Se estableció un caudal de 30 l por estanque, dando un área superficial de 0.12 m², calculando así la profundidad de los estanques H = 0.25 m (12).

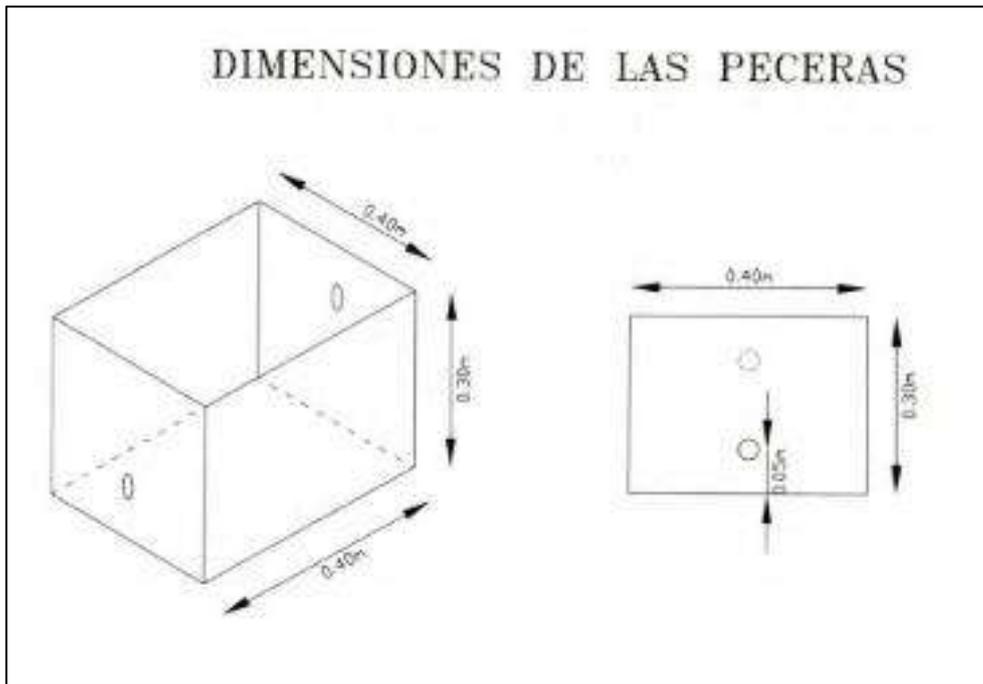


Figura 14. Dimensiones de las peceras (12)

4. Ejecución del diseño de Plan piloto.

Consistió en armar el tratamiento piloto con las peceras y en ellas la colocación de las plantas acuáticas.

5. Monitoreos y resultados

Los monitoreos se realizaron durante 5 semanas, los días 2, 3 y 4 (12).

6. Métodos de análisis de laboratorio



Figura 15. Instalación de diseño piloto (12)

“Los análisis se realizaron en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería mediante la metodología “standard method APHA-AWWA-WPCF” para la Demanda Bioquímica de Oxígeno y Coliformes Totales” (12) y para los demás parámetros se usaron equipos para análisis *in situ*.

2.3. Definición de términos básicos

- **Agua residual:** son aguas generadas por distinto tipo de actividad doméstica, industrial o municipal (25).
- **Caudal máximo horario:** es la relación del volumen de agua por el tiempo. Esta se multiplica por una constante $k = 1.8$. Además, representa al caudal con el que se diseñan los sistemas de tratamiento.
- **Caudal mínimo horario:** es la relación del volumen de agua por el tiempo. Esta se multiplica por una constante $k = 0.5$.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno:** cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica y, también, cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar químicamente la materia orgánica (12).
- **Estándar de Calidad Ambiental (ECA):** el estándar de calidad ambiental es la medida que da a conocer la concentración de parámetros físicos, químicos y biológicos, que se presentan en el aire, suelo o agua. La concentración de los parámetros se puede expresar en máximos, mínimos y rangos (23).
- **Fitodepuración:** es un sistema de tratamiento que se da mediante plantas acuáticas (macrofitas), para mejorar la calidad de agua o tratar el agua residual (22).
- **Humedal:** es un cuerpo de agua que alberga flora y fauna de manera natural; comprende distintos tipos de macrofitas como totorales, lechuga de agua, redondita de agua, entre otros. También se le conoce como bofedal (30).
- **Humedal artificial:** este es un cuerpo de agua elaborado por la persona; es decir, puede ser manipulado. Además, tiene similares funciones que un humedal natural (12).
- **Macrofita flotante:** es una planta acuática que se caracteriza por tener propiedades de remoción de contaminantes. También, propagarse rápidamente y abarcar áreas de gran tamaño (22).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y nivel de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

El método general es científico, porque la investigación comprende procedimientos como la formulación de un problema, el establecimiento de una hipótesis (una posible solución al problema), instrumentar la prueba de la hipótesis y el análisis críticamente de los resultados para confirmar o rechazar la hipótesis (35). Permitiendo predecir el comportamiento de los fenómenos naturales, incluyendo conocimientos básicos para refinar con alto grado de confiabilidad, el método científico es útil para conocimientos en áreas de las ciencias, obteniendo soluciones a problemas cotidianos (36). En la tesis se presentó la solución a la ineficiencia de la PTAR del distrito de Huachac con el reemplazo de la macrofita existente, a otra más eficiente de acuerdo a la experimentación y análisis (antes y durante).

El método específico es el inductivo experimental porque se parte de las hipótesis específicas hacia la general (37). A partir del estudio de casos observados de forma directa de los fenómenos, prosiguiendo a la experimentación y el estudio de las relaciones que existen entre las hipótesis específicas, dirigiéndose a la hipótesis general; se dividen los

parámetros de las hipótesis para examinarlas individualmente, identificando los fenómenos similares, formulándola y en la experimentación se contrastan (36). Este método inductivo experimental, inicia con las hipótesis específicas por cada parámetro analizado, dirigiéndose a la hipótesis general, que considera el análisis de todos los parámetros en conjunto.

3.1.2. Tipo de investigación

El tipo de esta investigación es aplicado, está dirigida a resolver problemas por medio de un estudio riguroso, organizado y sistemático de acuerdo a la investigación práctica o empírica (38), es de naturaleza inminentemente práctica para aplicar bases teóricas de rizofiltración con el uso de las macrofitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, teniendo como indicador la cantidad, para controlar la concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente de la PTAR del distrito de Huachac, teniendo como indicador el estándar de calidad ambiental (ECA) para agua.

3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel de esta investigación es correlacional, con el propósito de conocer la relación que exista entre dos variables; es decir, saber el comportamiento de una variable con respecto a la otra (39), en la investigación se evaluó el comportamiento de las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos teniendo como indicador el estándar de calidad ambiental (ECA) para agua, dependiendo del comportamiento, según los indicadores de color y tamaño de las macrofitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Investigación experimental

El diseño de la investigación es experimental, ya que existe manipulación intencional; es decir, manipular una o más variables independientes (causa) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes(39), en la

investigación se manipuló la variable independiente (macrofitas flotantes *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*) sobre la variable dependiente (parámetros físicos, químicos y microbiológicos).

3.2.1.1. Investigación cuasiexperimental

El diseño de la investigación es cuasiexperimental, ya que tiene más de un grupo experimental, además de no tener con obligatoriedad un grupo experimental de control, estos grupos se consideran intactos, debido a que son formados antes del experimento; es decir, no hay asignación aleatoria (39). Para la investigación se consideró 3 repeticiones por cada grupo experimental, cada repetición corresponde a una semana, para validar los resultados finales de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos por cada macrofita.

GE1 O1 ----- X1 ----- O2

O1: medida inicial de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

X1: aplicación de *Pistia stratiotes* (lechuga de agua)

O2: medida final de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

GE2 O1 ----- X2 ----- O3

O1: medida inicial de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

X2: aplicación de *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua)

O3: medida final de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

3.3. Área de estudio

3.3.1. Ubicación del área de estudio

La planta de tratamiento de agua residual doméstica se encuentra ubicado en el distrito de Huachac, provincia de Chupaca y departamento de Junín, al Noroeste de la ciudad de Chupaca, en la margen izquierda

del río Cunas. Se halla a unos 14 kilómetros del parque Constitución, ingresando por el distrito de Pilcomayo.

La PTAR del distrito de Huachac tiene los siguientes límites:

- **Norte:** distrito de Manzanares
- **Sur:** distrito de Chupaca
- **Este:** distrito de Sicaya
- **Oeste:** distrito de Chambará

3.3.2. Descripción del área de estudio

3.3.2.1. Población

El distrito de Huachac cuenta con 2948 habitantes, del total son 1359 hombres y 1589 mujeres, por tanto, son 46,10% varones y 53,90% mujeres según el Censo Nacional 2017 del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Con una superficie de 20,15 m², y altitud de 3321 m s. n. m.

3.3.2.2. Condiciones climáticas

El clima del distrito presenta temperaturas que varían de 2 °C a 23 °C con un máximo de 11.2 mm/día y un mínimo de 0.1 mm/día de precipitaciones, según datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi).

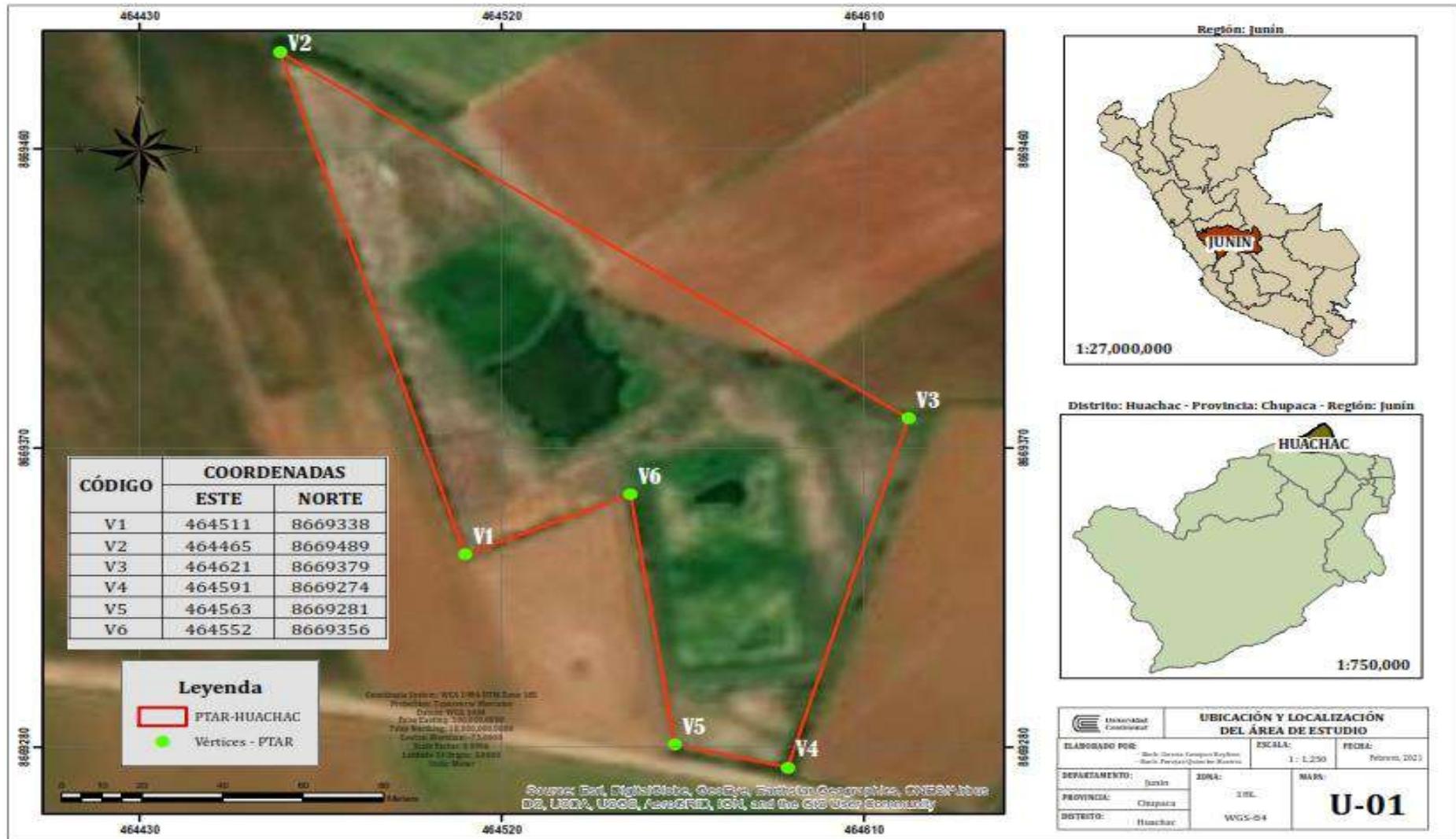


Figura 16. Mapa de ubicación y localización de la PTAR de Huachac

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población se determinó por el caudal máximo horario. Según la tesis titulada “*Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la PTAR de Huachac – Chupaca*”, es de 28 l/s (39) considerándola como población, de acuerdo a la metodología utilizada de la tesis titulada “*Evaluación de la eficiencia de plantas acuáticas flotantes Lemna Minor (lenteja de agua), Eichhornia crassipes (jacinto de agua) y Pistia stratiotes (lechuga de agua), para el tratamiento de aguas residuales domésticas*”, donde se explica que ya se cuenta con una PTAR y tiene un caudal establecido, sin embargo, este último no es usado debido a que se aplicó como metodología un prototipo denominado planta piloto, usando una muestra del total del caudal.

3.4.2. Muestra

La muestra es aleatoria, es cuantitativa y además se conoce la población (N); esta muestra se determinó con los siguientes datos y fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot \sigma^2}{E^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot \sigma^2}$$

Datos:

- N: 28 l/s
- Nivel de confianza: 95%
- α : 0.025
- Z: 1.96
- σ : (caudal máximo horario – caudal mínimo horario (k=0.5))/6 = (28 – 7.5)/6 = 3.37
- E: 3.37 * 0.1 = 0.337
-

$$n = \frac{1.96^2 * 28 * 3.37^2}{0.337^2 * (28 - 1) + 1.96^2 * 3.37^2}$$

n = 26 l/s

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

3.5.1.1. Procedimiento para la recolección de datos

A. Trabajo en campo

A.1. Reconocimiento del área de estudio

En la primera visita a campo se identificaron problemas para evaluar y evidenciar la deficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTAR) y verificar que el afluente causa problemas al cuerpo receptor.

A.2. Monitoreo inicial de la calidad de agua

Se realizó el muestreo inicial en el primer punto para la caracterización inicial del ingreso al tratamiento secundario (humedales) de la PTAR de Huachac, con el objetivo de identificar las concentraciones iniciales antes de la interacción con las macrofitas y, en el segundo punto se realizó en el vertimiento de la PTAR de Huachac, con el objetivo de evidenciar el problema existente de la PTAR; el monitoreo se realizó mediante el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, se utilizaron materiales facilitados por el laboratorio de Incalab en los siguientes puntos:

Tabla 8. Estaciones de muestreo del monitoreo inicial

Estación de muestreo	Fecha	Hora	Coordenadas	Referencia	Parámetros
P1	4/2/2021	13:20	464504.67 E 8669433.98 S	Ingreso de los humedales	DBO, DQO, pH, Coliformes fecales o termotolerantes
P2	4/2/2021	14:00	464574.31 E 8669295.85 S	Salida de la planta de tratamiento de aguas residuales	DBO, DQO, pH, Coliformes fecales o termotolerantes

De acuerdo al siguiente procedimiento por cada parámetro:

Tabla 9. Procedimiento de recolección de muestras para el monitoreo inicial

Parámetros	Frascos	Volumen	Procedimiento	Preservación
DBO₅	Plástico blanco	1 l	<p>Se utilizaron correctamente los Equipos de Protección Personal (EPP).</p> <p>Se ubicó el punto medio de la corriente, donde se consideró homogénea.</p> <p>Se cogió el frasco sin tocar la superficie interna.</p> <p>Se enjuagó dos veces el frasco de plástico.</p> <p>Se procedió a llenar el frasco completamente lleno evitando las burbujas.</p> <p>Se tapó y se colocó en el <i>cooler</i>.</p>	Refrigerar
DQO	Plástico Blanco	½ l	<p>Se utilizaron correctamente los Equipos de Protección Personal (EPP).</p> <p>Se ubicó el punto medio de la corriente, donde se consideró homogénea.</p> <p>Se cogió el frasco sin tocar la superficie interna.</p> <p>Se enjuagó dos veces el frasco de plástico.</p> <p>Se procedió a llenar el frasco, dejando un espacio de 1% y se añadió 10 gotas de solución de ácido sulfúrico (H₂SO₄).</p> <p>Se tapó y se colocó en el <i>cooler</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 2 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) x 24 h - Refrigerar
Temperatura y pH	Plástico blanco	1 l	<p>Se utilizaron correctamente los Equipos de Protección Personal (EPP)</p> <p>Se ubicó el punto medio de la corriente, donde se consideró homogénea.</p> <p>Se cogió el frasco sin tocar la superficie interna.</p> <p>Se enjuagó dos veces el frasco de plástico.</p> <p>Se procedió a llenar el frasco dejando un espacio de 1%.</p> <p>Se tapó y se colocó en el <i>cooler</i>.</p>	Refrigerar
Coliformes fecales o termotolerantes	Vidrio esterilizado	½ l	<p>Se utilizaron correctamente los Equipos de Protección Personal (EPP).</p> <p>Se ubicó el punto medio de la corriente, donde se consideró homogénea.</p> <p>Se cogió el frasco sin tocar la superficie interna.</p> <p>Se procedió a llenar el frasco dejando un espacio del 10% del volumen de recipiente para el suministro de oxígeno.</p> <p>Se tapó y se colocó en el <i>cooler</i>.</p>	Refrigerar

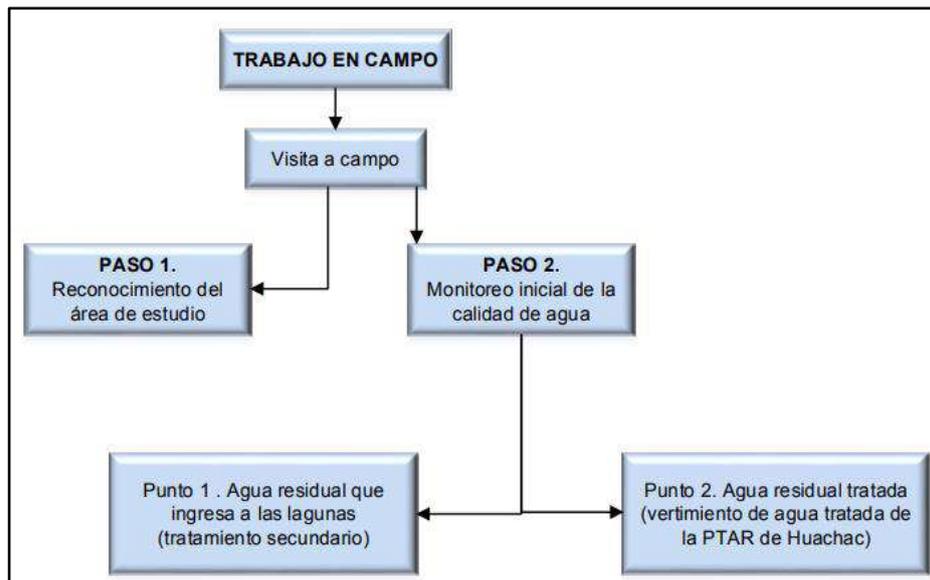


Figura 17. Trabajo en campo

B. Trabajo en gabinete

a. Diseño del prototipo

La metodología que se usó para llegar al resultado es simular una planta de tratamiento a nivel de laboratorio, para ello se elaboró una planta piloto, teniendo las siguientes consideraciones:

- **Criterios de diseño de la planta piloto**

Para los criterios de diseño de la planta piloto se tomó como referencia a la tesis titulada “*Evaluación de la eficiencia de plantas acuáticas flotantes Lemna minor (lenteja de agua), Eichhornia crassipes (jacinto de agua) y Pistia stratioides (lechuga de agua) para el tratamiento de aguas residuales domésticas*”, estimando los siguientes datos:

Tabla 10. Criterios de diseño de la planta piloto

Criterios	Fórmulas
Tamaño de recipiente	Caudal propuesto
Tiempo de retención hidráulico	$\frac{DBO\ salida}{DBO\ inicial} = e^{-kt}$
Caudal para el prototipo	$Q = \frac{Volumen}{TRH}$
Área superficial	$\text{Área superficial (As)} = \frac{Volumen\ (m^3)}{Altura\ (m)}$

El diseño del prototipo ayudó a evaluar la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con el uso de las macrofitas (*Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*) sobre las aguas residuales domésticas del distrito de Huachac.

Para el diseño del prototipo, se realizaron cálculos para determinar las dimensiones de los recipientes.

- Se realizó el cálculo del tiempo de retención hidráulico (TRH) con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{DBO salida}}{\text{DBO inicial}} = e^{-kt} \quad (33)$$

Tabla 11. Datos para el cálculo de TRH

Variables	Dato numérico - unidad
DBO inicial (se obtuvo del análisis de la salida del sedimentador secundario)	0.15 kg/m ³
DBO final (se obtuvo de referencias)	0.015 kg/m ³
k (constante de la velocidad cinética)	0.73

$$\text{Ln}\left(\frac{\text{DBO salida}}{\text{DBO inicial}}\right) = -kt$$

$$\left[\text{Ln}\left(\frac{\text{DBO salida}}{\text{DBO inicial}}\right)\right] / -k = t$$

$$t = \left[\text{Ln}\left(\frac{0.015}{0.15}\right)\right] / -0.73$$

$$t = 2.4 \cong 3 \text{ días}$$

- Según el cálculo de la cantidad de volumen de agua, se determinó que es de 26 litros. Entonces con esta, se calculó el caudal con lo siguiente:

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{TRH}} \quad (12)$$

$$Q = \frac{26 \text{ litros}}{3 \text{ días}}$$

$$Q = 8.67 \text{ l/día}$$

- Se establece 0.25 m para la altura del recipiente (12), entonces se aplicó lo siguiente para el cálculo de las dimensiones:

Área superficial

$$\text{Área superficial (As)} = \frac{\text{Volumen (m}^3\text{)}}{\text{Altura (m)}} \quad (12)$$

$$\text{Área superficial (As)} = \frac{0.026}{0.25}$$

$$\text{Área superficial (As)} = 0.1 \text{ m}^2$$

Largo – Ancho

$$\text{Ancho} = 0.02 \text{ m}$$

$$\text{Área superficial (As)} = 0.02 * L$$

$$0.1 = 0.02 * L$$

$$L = 0.05 \text{ m}$$

b. Armado del prototipo

De acuerdo a los criterios de diseño, se mandó a preparar los recipientes de vidrio con las dimensiones correspondientes con dos agujeros de ingreso del agua residual y de salida del agua tratada. Y se fue armando el tanque de almacén para el agua residual y la ubicación de los accesorios de PVC de ½ pulgada con las válvulas de paso, reguladores de agua y las mangueras hacia los recipientes de vidrio.

c. Fase experimental

• Toma de muestra del agua residual

Se procedió a tomar las aguas residuales en baldes para el almacenamiento de los tres días de experimentación. La toma de agua se realizó tres veces por las tres repeticiones.

- **Instalación de macrofitas**

Se instaló 10 macrofitas *Pistia stratiotes* y 10 macrofitas *Eichhornia crassipes* sobre el agua residual en el recipiente de vidrio.



Figura 18. Diseño de prototipo

d. Monitoreo después del experimento

Según los resultados del diseño del prototipo, el tiempo de retención hidráulica fue de 3 días, teniendo en cuenta este criterio se realizó los muestreos diarios con tres repeticiones, se consideró este criterio según la metodología de la tesis titulada “*Evaluación de la eficiencia de plantas acuáticas flotantes Lemna minor (lenteja de agua), Eichhornia crassipes (jacinto de agua) y Pistia stratoides (lechuga de agua) para el tratamiento de aguas residuales domesticas*”.

- **Procedimiento de muestreo**

Se realizó el muestreo por 3 días consecutivos para evaluar la eficiencia de las macrofitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, con 3 repeticiones. De acuerdo al “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”; se realizó el muestreo de las aguas tratadas por *Pistia stratiotes* a las 2:00 pm y *Eichhornia crassipes* a las 2:20 pm; después se envió al laboratorio Incalab del Perú S. A. C.; en el horario establecido se realizó los muestreos diarios.

Tabla 12. Procedimiento de muestreo por parámetro

Parámetros	Procedimiento
DBO₅	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se utilizaron correctamente los Equipos de Protección Personal (EPP). 2. Se cogió el frasco sin tocar la superficie interna. 3. Se enjuagó dos veces el frasco de plástico. 4. Se procedió a llenar el frasco completamente lleno evitando las burbujas. 5. Se tapó y se colocó en el <i>cooler</i>.
DQO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se utilizaron correctamente los Equipos de Protección Personal (EPP) 2. Se cogió el frasco sin tocar la superficie interna. 3. Se enjuagó dos veces el frasco de plástico. 4. Se procedió a llenar el frasco dejando un espacio de 1% y se añadió 10 gotas de solución de ácido sulfúrico (H₂SO₄). 5. Se tapó y se colocó en el <i>cooler</i>.
Temperatura y pH	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se utilizaron correctamente los Equipos de Protección Personal (EPP) 2. Se cogió el frasco sin tocar la superficie interna. 3. Se enjuagó dos veces el frasco de plástico. 4. Se procedió a llenar el frasco dejando un espacio de 1%. 5. Se tapó y se colocó en el <i>cooler</i>.
Coliformes fecales o termotolerantes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se utilizaron correctamente los Equipos de Protección Personal (EPP). 2. Se cogió el frasco sin tocar la superficie interna. 3. Se procedió a llenar el frasco dejando un espacio del 10% del volumen de recipiente para el suministro de oxígeno. 4. Se tapó y se colocó en el <i>cooler</i>.

- **Cronograma de muestreo**

El muestreo se realizó en las siguientes fechas, considerando tres repeticiones, cada repetición se consideró una semana.

Tabla 13. Cronograma de muestreo

Repeticiones	Fechas		
	Día 1	Día 2	Día 3
1ra. repetición	9/2/2021	10/2/2021	11/2/2021
2da. repetición	16/2/2021	17/2/2021	18/2/2021
3ra. repetición	23/2/2021	24/2/2021	25/2/2021

- Para el cálculo del porcentaje de remoción se usa la siguiente fórmula:

$$\% \text{ remoción} = \frac{\text{concentración inicial} - \text{concentración final}}{\text{concentración inicial}} * 100$$

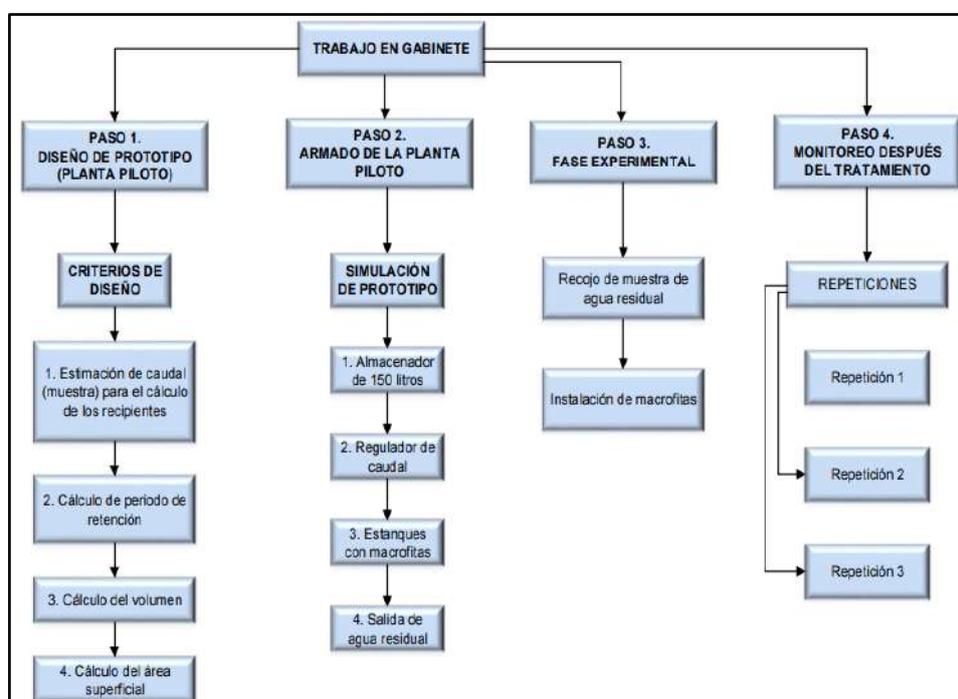


Figura 19. Trabajo en gabinete

3.5.1.2. Materiales y métodos

- Materiales

Los materiales usados en la investigación están divididos en dos partes, una para el muestreo de agua y otra para el diseño del prototipo, ver tabla 13.

Tabla 14. Materiales para muestreo y armado de prototipo

Uso	Material
Muestreo	Cooler
	Frascos de plástico blanco de 1 litro
	Frascos de plástico blanco de ½ litro
	Frascos de vidrio estéril de ½ litro
	Botella de 20 ml de preservante H ₂ SO ₄
	Gel Ice pack
	Cadena de custodia
	Etiquetas de identificación de muestra
Armado de prototipo	Equipos de protección personal (guantes de nitrilo, cubreboca, toca)
	Tacho de agua de 150 litros
	Mangueras de ½ pulgada
	Recipientes de vidrio
	Válvulas y llave de paso de ½ pulgada
	Reguladores de ½ pulgada (válvulas de compuerta)
	Teflón
	Pegamento para PVC
	Accesorios PVC de ½ pulgada "Codo"
	Accesorios PVC de ½ pulgada "Tee"
Accesorios PVC de ½ pulgada "Uniones"	

- Métodos

Los métodos aplicados para la recolección de datos se establecen en la tabla 14, para el análisis de agua.

Tabla 15. Métodos de análisis

Parámetro	Unidad	Método de análisis	Método de referencia
DQO	mg/l	Oxidación	APHA 5220 D
DBO ₅	mg/l	Incubación de muestra en 5 días - oxidación	APHA 5210 B
pH	Valor de pH 0.01	Método potenciométrico	APHA 4500-H+
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	Número más probable	APHA 9221 B (2) - 9221 E(1)

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos empleados en la investigación fueron "ficha de muestreo", se aplicó en el muestreo inicial. También se usó una cadena de custodia y esto se aplicó para el análisis de los parámetros requeridos, ver anexos.

La validación de los datos se dio con el laboratorio Incalab del Perú S. A. C., ya que está acreditado por Inacal en los parámetros que se van a evaluar.

Para el análisis estadístico se usó el programa *IBM SPSS Statistics*, versión 23.

Se utilizó el método T-Student, para la prueba de hipótesis, porque este método estima la media de una población normalmente distribuida a partir de una muestra pequeña. Además, este evalúa muestras menores a 30; es decir $n < 30$ (40). En el Índice de correlación se usó el R y determinación R^2 . La prueba de Shapiro-Wilk, se aplicó debido a que se analizaron 9 muestras analizadas y este método aplica menor a 30.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

4.1.1. Caracterización de las aguas residuales

Se realizó el monitoreo inicial para evaluar la calidad del agua residual y obtener concentraciones iniciales al ingreso de los humedales de la PTAR, ver tabla 15.

Tabla 16. Resultados del análisis de laboratorio del agua residual al ingreso de los humedales de la PTAR

Parámetro	Análisis de laboratorio (Incalab)	ECA (D. S. 004-2017-MINAM)	Cumplimiento
DQO	183.3 mg/L	40 mg/l	No cumple
DBO ₅	87 mg/L	15 mg/l	No cumple
pH	6.80	6.5 - 8.5	Cumple
T	17 °C	Δ3	Cumple
Coliformes termotolerantes o fecales	17 x 10 ⁵	2000 NMP/100 ml	No cumple

También se realizó el monitoreo a la salida de la PTAR para evaluar la calidad del agua residual y comprobar si esta cumple con los estándares de la calidad ambiental para agua categoría 3, debido a que su vertimiento es en un canal de riego, ver tabla 17.

Tabla 17. Resultados del análisis de laboratorio del agua residual a la salida de la PTAR

Parámetro	Análisis de laboratorio (Incalab)	ECA (D. S. 004-2017-MINAM)	Cumplimiento
DQO	130.6 mg/l	40 mg/l	No cumple
DBO ₅	80 mg/l	15 mg/l	No cumple
pH	6.78	6.5 - 8.5	Cumple
T	17 °C	Δ3	Cumple
Coliformes termotolerantes o fecales	35 x 10 ⁴	2000 NMP/100 ml	No cumple

4.1.2. Resultado de tratamiento respecto a *Eichhornia crassipes*

4.1.2.1. Resultado de tratamiento respecto a la Demanda

Química de Oxígeno

La reducción de la Demanda Química de Oxígeno (indicador de las sustancias orgánicas biodegradables y no biodegradables) dependió de la interacción entre la macrofitas *Eichhornia crassipes* y el afluente. En la tabla 18 se muestran los siguientes resultados:

Tabla 18. Resultados de la concentración de la DQO del *Eichhornia crassipes*

	Rep 1 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)	Rep 2 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)	Rep 3 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)
Inicial	183.3	0	183.3	0	183.3	0
Día 1	139.9	23.68	140.7	23.24	137.4	25.04
Día 2	93	49.26	95.3	48.01	61.6	66.39
Día 3	31.9	82.60	32.9	82.05	38.1	79.21

En el día 1, la concentración mínima fue en la tercera repetición con 137.4 mg/l que alcanzó un 25.04% de remoción. En el día 2, la concentración mínima fue en la tercera repetición con 61.6 mg/l que alcanzó un 66.39% de remoción. En el día 3, la concentración mínima fue en la primera repetición. con 31.9 mg/l que alcanzó un 82.60% de remoción.

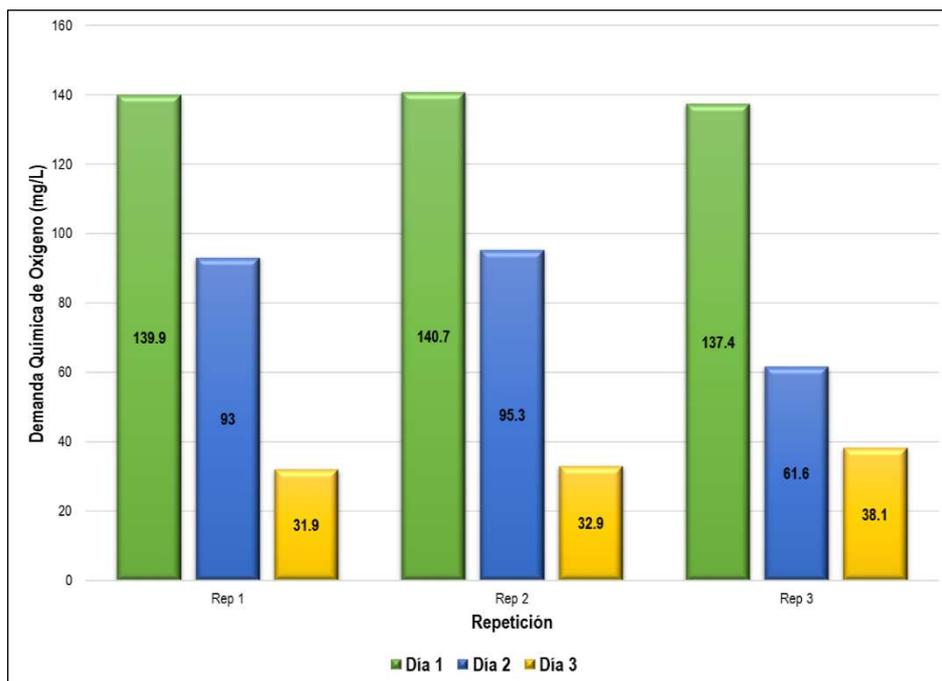


Figura 20. Diagrama de barras de la concentración de la DQO con *Eichhornia crassipes*

En el diagrama de barras de la figura 20 se muestra el número de repeticiones respecto a la reducción de la DQO debido a los 3 días, que representa la aplicación de la macrofitas *Eichhornia crassipes*. También se muestra que existe reducción a medida que van pasando los días, por lo tanto, con los resultados obtenidos se evidencia que existe una relación entre la eficiencia de la macrofitas *Eichhornia crassipes* y el tiempo de retención hidráulica.

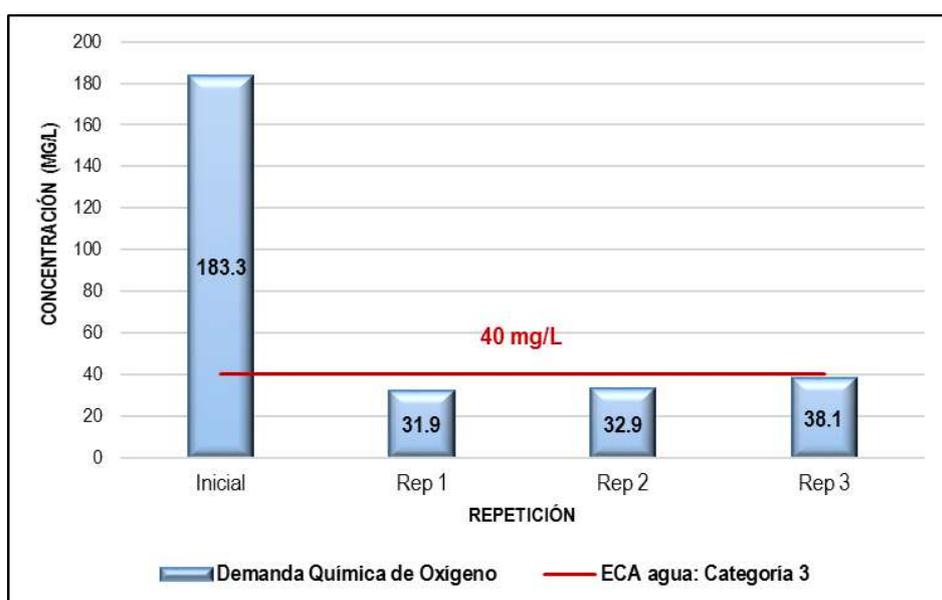


Figura 21. Concentración de la DQO final respecto al ECA agua con *Eichhornia crassipes*

En la figura 21 se muestra la concentración de la Demanda Química de Oxígeno que se obtuvo inicialmente y después del tratamiento, en ello se evidencia que el resultado inicial supera el ECA agua (Categoría 3), sin embargo, el resultado después del tratamiento está por debajo de los estándares. Siendo 31.9 mg/l el resultado más bajo y 38.1 mg/l el resultado más alto.

4.1.2.2. Resultado de tratamiento respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno

La reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno dependió de la interacción entre la macrofita *Eichhornia crassipes* y el afluente. En la tabla 19 se muestra los siguientes resultados:

Tabla 19. Resultados de la concentración de la DBO del tratamiento con *Eichhornia crassipes*

	Rep 1 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)	Rep 2 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)	Rep 3 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)
Inicial	87	0	87	0	87	0
Día 1	65	25.29	68	21.84	67	22.99
Día 2	42	51.72	37	57.47	31	64.37
Día 3	14	83.91	13	85.06	15	82.76

En el día 1, la concentración mínima fue en la primera repetición con 65 mg/l que alcanzó un 25.29% de remoción. En el día 2, la concentración mínima fue en la tercera repetición con 31 mg/l que alcanzó un 64.37% de remoción. En el día 3, la concentración mínima fue en la segunda repetición. con 13 mg/l que alcanzó un 85.06% de remoción.

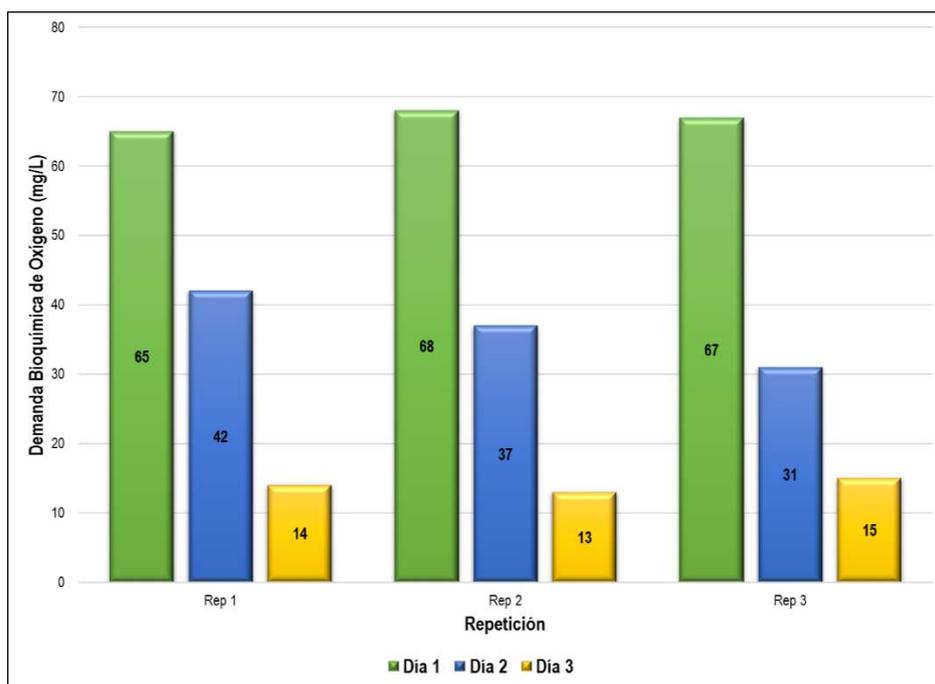


Figura 22. Diagrama de barras de la concentración de la DBO con *Eichhornia crassipes*

En el diagrama de barras de la figura 22 se muestra el número de repeticiones respecto a la reducción de la DBO debido a los 3 días, que representa la aplicación de la macrofitas *Eichhornia crassipes*. También se muestra que existe reducción a medida que van pasando los días, por lo tanto, con los resultados obtenidos se evidencia que existe una relación entre la eficiencia de la macrofitas *Eichhornia crassipes* y el tiempo de retención hidráulica.

En la figura 23 se muestra la concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno que se obtuvo inicialmente y después del tratamiento, en ello se evidencia que el resultado inicial supera el ECA agua (Categoría 3), sin embargo, el resultado después del tratamiento está por debajo de los estándares. Siendo 13 mg/l el resultado más bajo y 15 mg/l el resultado más alto.

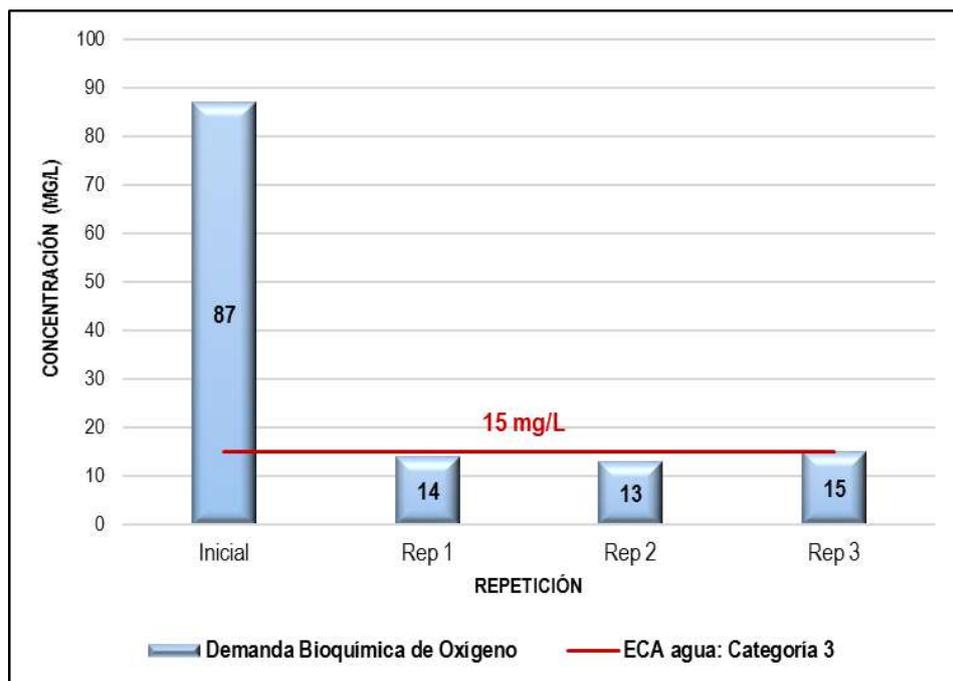


Figura 23. Concentración de la DBO final respecto al ECA agua con *Eichhornia crassipes*

4.1.2.3. Resultado de tratamiento respecto a los coliformes fecales o termotolerantes

La reducción de coliformes fecales o termotolerantes dependió de la interacción entre la macrofita *Eichhornia crassipes* y el afluente. En la tabla 20 se muestran los siguientes resultados:

Tabla 20. Resultados de concentración de coliformes fecales o termotolerantes del tratamiento con *Eichhornia crassipes*

	Rep 1 (NMP/100 ml)	Porcentaje de remoción (%)	Rep 2 (NMP/100 ml)	Porcentaje de remoción (%)	Rep 3 (NMP/100 ml)	Porcentaje de remoción (%)
Inicial	1700000	0	1700000	0	1700000	0
Día 1	1400000	17.65	1200000	29.41	1300000	23.53
Día 2	840000	50.59	790000	53.53	570000	66.47
Día 3	300000	82.35	280000	83.53	320000	81.18

En el día 1, la concentración mínima fue en la segunda repetición con 1200000 NMP/100 ml que alcanzó un 29.41% de remoción. En el día 2, la concentración mínima fue en la tercera repetición con 570000 NMP/100 ml que alcanzó un 66.47% de remoción. En el día 3, la concentración mínima fue en la segunda repetición. con 280000 NMP/100 ml que alcanzó un 83.53% de remoción.

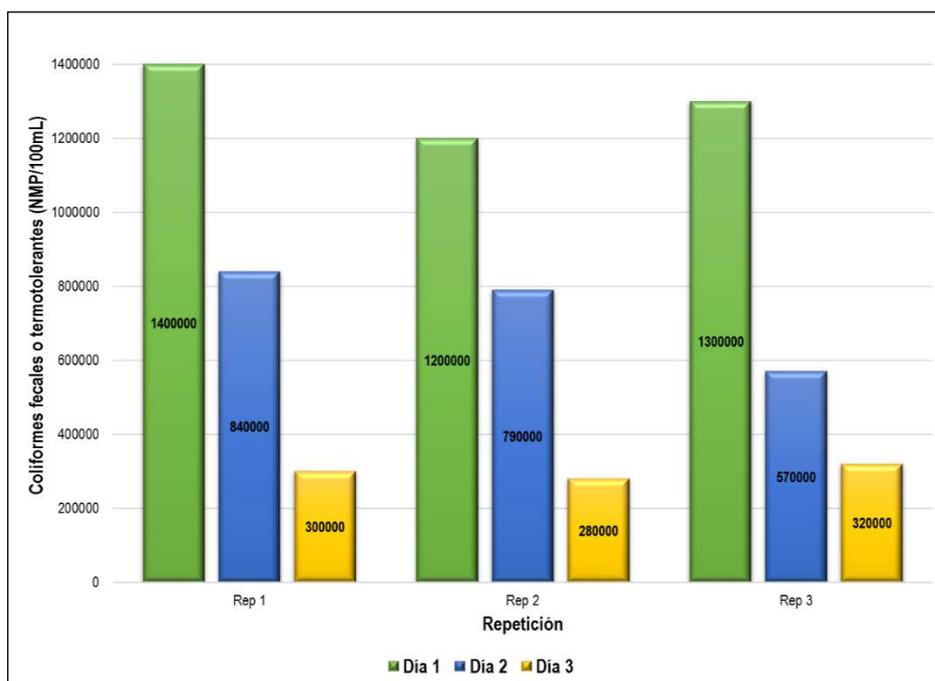


Figura 24. Diagrama de barras de la concentración de coliformes fecales o termotolerantes con *Eichhornia crassipes*

En el diagrama de barras de la figura 24 se muestra el número de repeticiones respecto a la reducción de coliformes fecales o termotolerantes debido a los 3 días, que representa la aplicación de la macrofita *Eichhornia crassipes*. También se muestra que existe reducción a medida que van pasando los días, por lo tanto, con los resultados obtenidos se evidencia que existe una relación entre la eficiencia de la macrofita *Eichhornia crassipes* y el tiempo de retención hidráulica

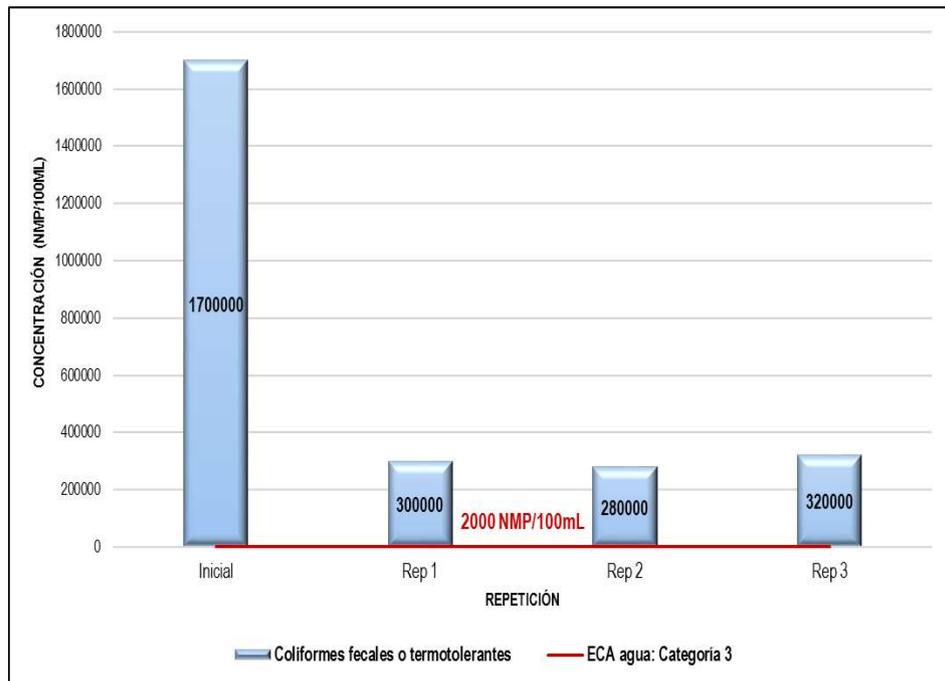


Figura 25. Concentración de coliformes fecales o termotolerantes final respecto al ECA agua con *Eichhornia crassipes*

En la figura 25 se muestra la concentración de coliformes fecales o termotolerantes que se obtuvo inicialmente y después del tratamiento, en ello se evidencia que el resultado inicial supera el ECA agua (Categoría 3), sin embargo, el resultado después del tratamiento está por debajo de los estándares. Siendo 280000 NMP/100 ml el resultado más bajo y 320000 NMP/100 ml el resultado más alto.

4.1.2.4. Resultado de tratamiento respecto a pH

El resultado del pH dependió de la interacción entre la macrofitas *Eichhornia crassipes* y el afluente. En la tabla 21 se muestran los siguientes resultados:

Tabla 21. Resultados de pH del tratamiento con *Eichhornia crassipes*

	Rep 1	Rep 2	Rep 3
Día 1	7.19	7.33	7.32
Día 2	7.24	7.25	7.29
Día 3	7.15	7.31	7.22

En el día 1, la variación mínima fue en la primera repetición con 7.19. En el día 2, la variación mínima fue en la primera repetición con 7.24. En el día 3, la variación mínima fue en la primera repetición con 7.15, por lo que se mantiene en un nivel neutro, es decir no es ácido ni básico, entre las variaciones de decimales de los resultados de pH.

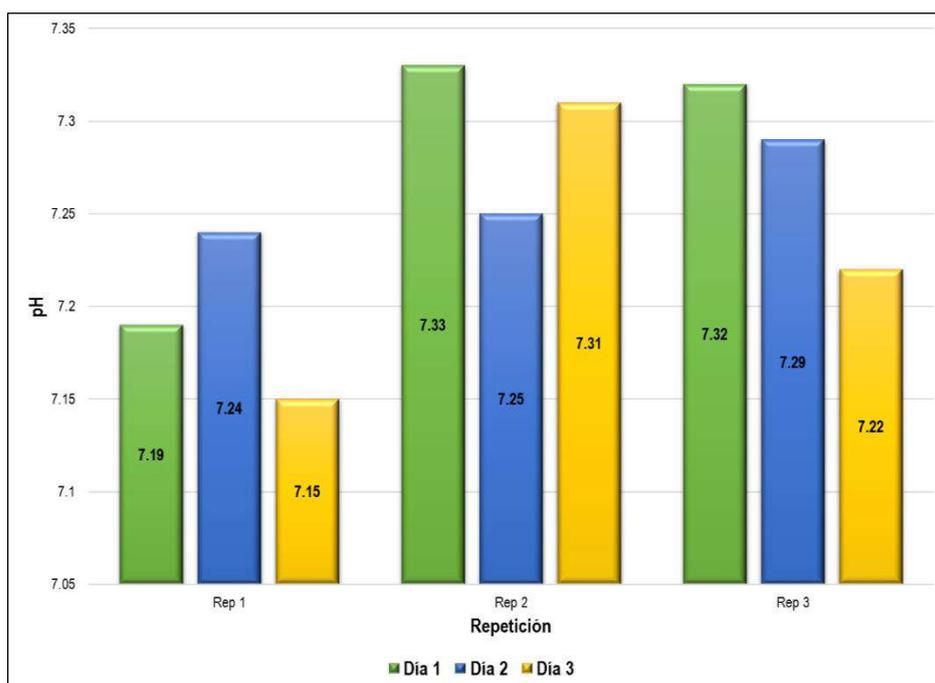


Figura 26. Diagrama de barras de la variación de pH con *Eichhornia crassipes*

En el diagrama de barras de la figura 26, se muestra el número de repeticiones respecto a mantener la variación de pH debido a los 3 días, que representa la aplicación de la macrofito *Eichhornia crassipes*. También se muestra que se mantiene a medida que van pasando los días, por lo tanto, con los resultados obtenidos se evidencia que existe una relación entre la eficiencia de la macrofito *Eichhornia crassipes*, el tiempo de retención hidráulica y también influyó la radiación solar.

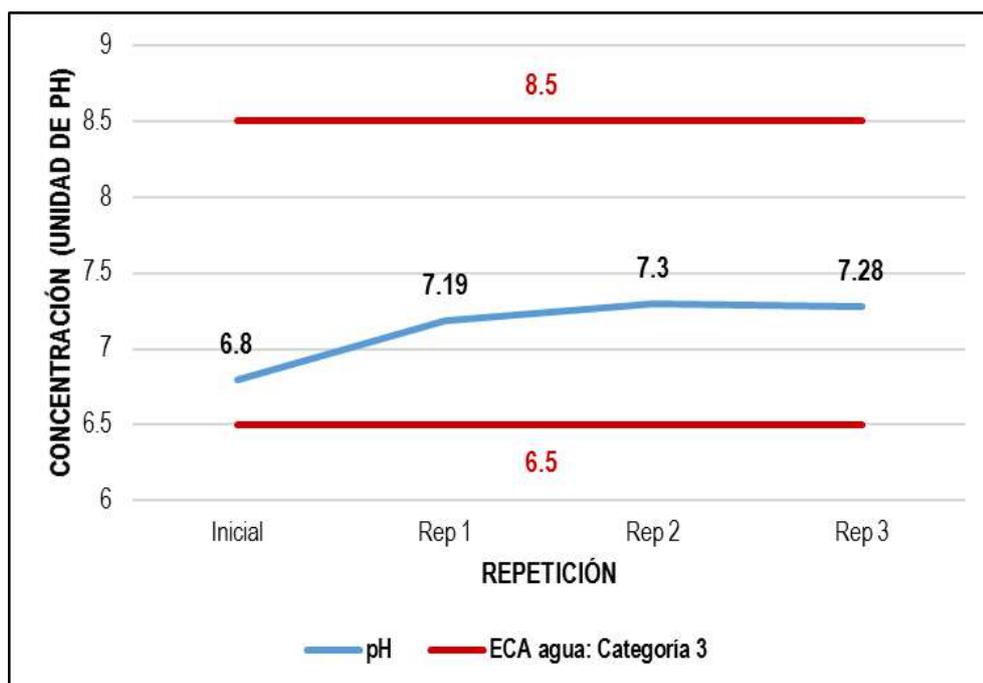


Figura 27. Variación de pH final respecto al ECA agua con *Eichhornia crassipes*

En la figura 27 se muestra la variación de pH que se obtuvo inicialmente y después del tratamiento, en ello se evidencia que el resultado inicial no supera el ECA agua (Categoría 3), sin embargo, el resultado después del tratamiento se sigue manteniendo dentro del estándar. Siendo 7.19 el resultado más bajo y 7.3 el resultado más alto.

4.1.2.5. Resultado de tratamiento respecto a la temperatura

El resultado de la temperatura dependió de la interacción entre la macrofita *Eichhornia crassipes* y el afluente. En la tabla 22 se muestran los siguientes resultados:

Tabla 22. Resultados de la temperatura del tratamiento con *Eichhornia crassipes*

	Rep 1	Rep 2	Rep 3
Día 1	16	15	16
Día 2	16	16	15
Día 3	17	17	15

En los 3 días la temperatura se mantuvo entre 15 °C y 17 °C, por lo que no tiene una variación mayor a 3 grados respecto a una temperatura de 17 °C.

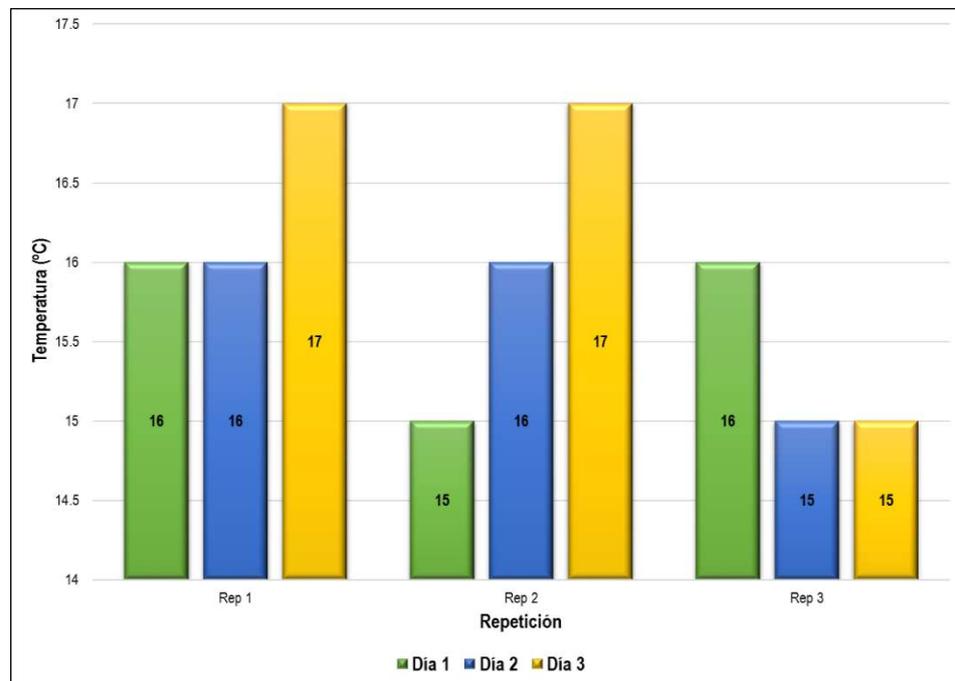


Figura 28. Diagrama de barras de la variación de la Temperatura con *Eichhornia crassipes*

En el diagrama de barras de la figura 28 se muestra el número de repeticiones respecto a mantener la variación de temperatura debido a los 3 días, que representa la aplicación de la macrofita *Eichhornia crassipes*. También se muestra que se mantiene a medida que van pasando los días, por lo tanto, con los resultados obtenidos se evidencia que existe una relación entre la eficiencia de la macrofita *Eichhornia crassipes*, el tiempo de retención hidráulica y también influyó la radiación solar.

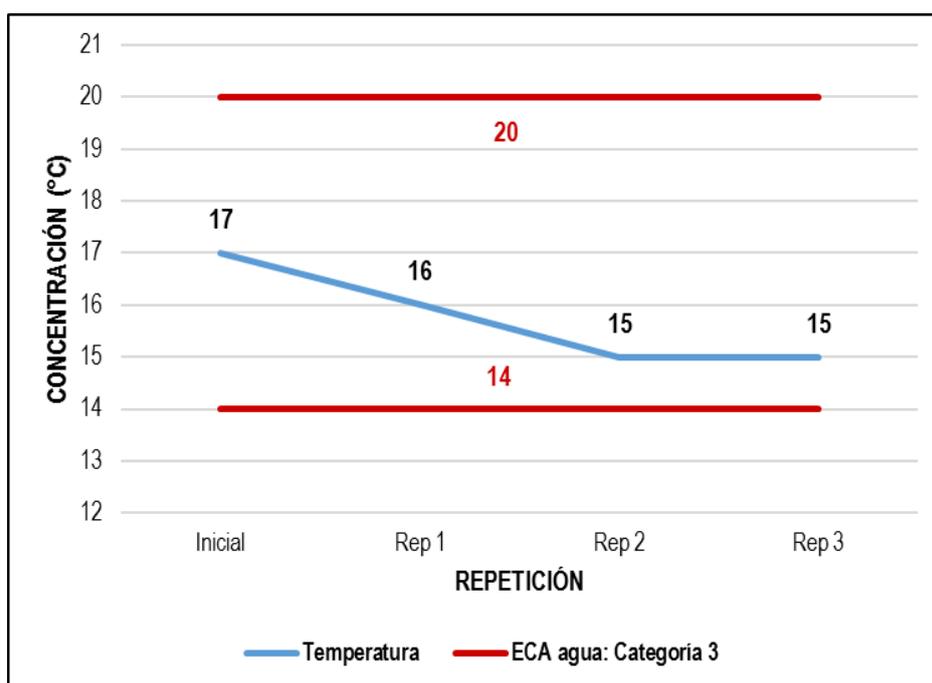


Figura 29. Variación de la temperatura final respecto al ECA agua con *Eichhornia crassipes*

En la figura 29 se muestra la variación de temperatura que se obtuvo inicialmente y después del tratamiento, en ello se evidencia que el resultado inicial no supera el ECA agua (Categoría 3), sin embargo, el resultado después del tratamiento se sigue manteniendo dentro del estándar. Siendo 15 °C el resultado más bajo y 16 °C el resultado más alto.

4.1.3. Resultado de tratamiento respecto a *Pistia stratiotes*

4.1.3.1. Resultado de tratamiento respecto a la Demanda

Química de Oxígeno

La reducción de la Demanda Química de Oxígeno (indicador de las sustancias orgánicas biodegradables y no biodegradables) dependió de la interacción entre la macrofitas *Pistia stratiotes* y el afluente. En la tabla 23 se muestran los siguientes resultados:

Tabla 23. Resultados de concentración de la DQO del tratamiento con *Pistia stratiotes*

	Rep 1 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)	Rep 2 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)	Rep 3 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)
Inicial	183.3	---	183.3	---	183.3	---
Día 1	164.4	10.31	176.7	3.60	160.3	12.55
Día 2	153.8	16.09	137.4	25.04	114.3	37.64
Día 3	47.1	74.30	42.8	76.65	51.2	72.07

En el día 1, la concentración mínima fue en la tercera repetición con 160.3 mg/l que alcanzó un 12.55% de remoción. En el día 2, la concentración mínima fue en la tercera repetición con 114.3 mg/l que alcanzó un 37.64% de remoción. En el día 3, la concentración mínima fue en la segunda repetición, con 42.8 mg/l que alcanzó un 76.65% de remoción.

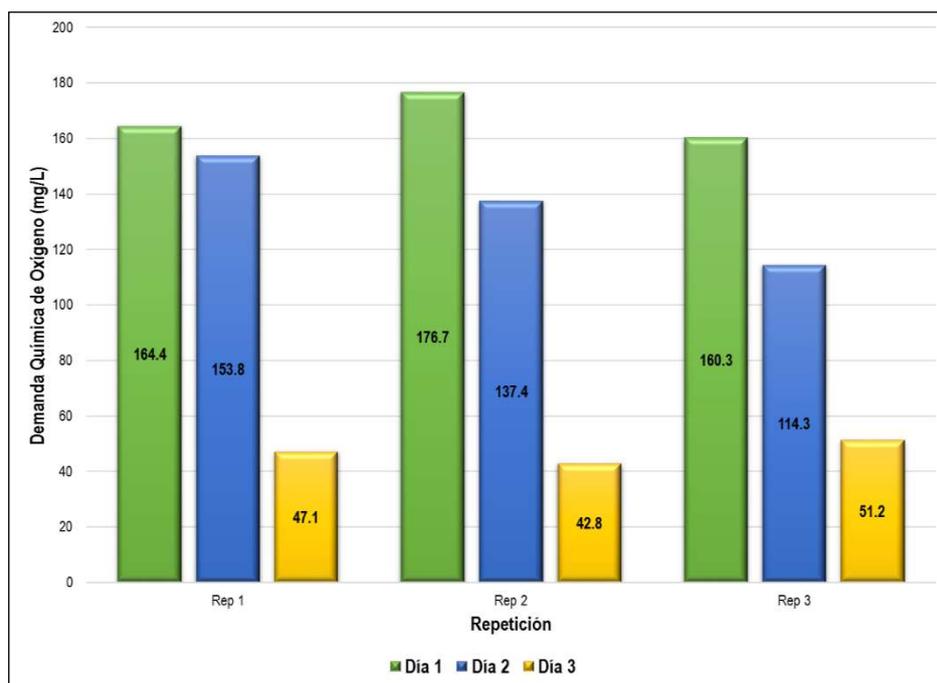


Figura 30. Diagrama de barras de la concentración de DQO con *Pistia stratiotes*

En el diagrama de barras de la figura 30 se muestra el número de repeticiones respecto a la reducción de la DQO debido a los 3 días, que representa la aplicación de la macrofitas *Pistia stratiotes*. También se muestra que existe reducción a medida que van pasando los días, por lo tanto, con los resultados obtenidos se

evidencia que existe una relación entre la eficiencia de la macrofitas *Pistia stratiotes* y el tiempo de retención hidráulica.

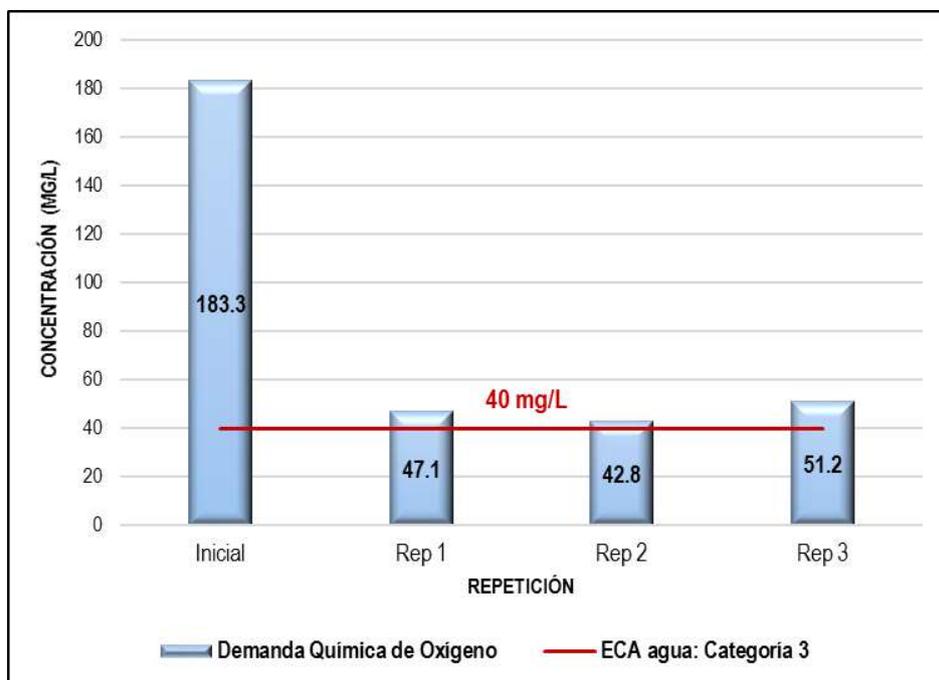


Figura 31. Concentración de la DQO final respecto al ECA agua con *Pistia stratiotes*

En la figura 31 se muestra la concentración de la Demanda Química de Oxígeno que se obtuvo inicialmente y después del tratamiento, en ello se evidencia que el resultado inicial supera el ECA agua (Categoría 3), sin embargo, el resultado después del tratamiento también superó los estándares. Siendo 42.8 mg/l el resultado más bajo y 51.2 mg/l el resultado más alto.

4.1.3.2. Resultado de tratamiento respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno

La reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno dependió de la interacción entre la macrofitas *Pistia stratiotes* y el afluente. En la tabla 24 se muestran los siguientes resultados:

Tabla 24. Resultados de concentración de la DBO del tratamiento con *Pistia stratiotes*

	Rep 1 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)	Rep 2 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)	Rep 3 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)
Inicial	87	0	87	0	87	0
Día 1	79	9.20	80	8.05	86	1.15
Día 2	68	21.84	65	25.29	69	20.69
Día 3	22	74.71	20	77.01	23	73.56

En el día 1, la concentración mínima fue en la primera repetición con 79 mg/l que alcanzó un 9.20% de remoción. En el día 2, la concentración mínima fue en la segunda repetición con 65 mg/l que alcanzó un 25.29% de remoción. En el día 3, la concentración mínima fue en la segunda repetición, con 20 mg/L que alcanzó un 77.01% de remoción.

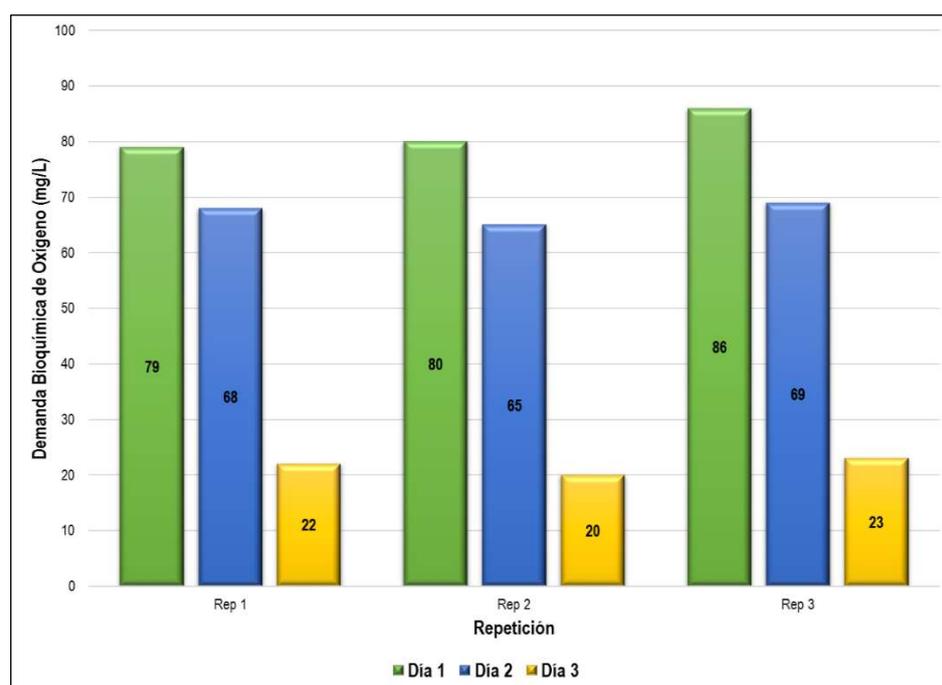


Figura 32. Diagrama de barras de la concentración de DBO con *Pistia Stratiotes*

En el diagrama de barras de la figura 32, se muestra el número de repeticiones respecto a la reducción de la DBO debido a los 3 días, que representa la aplicación de la macrofita *Pistia stratiotes*. También se muestra que existe reducción a medida que van pasando los días, por lo tanto, con los resultados obtenidos se

evidencia que existe una relación entre la eficiencia de la macrofito *Pistia stratiotes* y el tiempo de retención hidráulica.

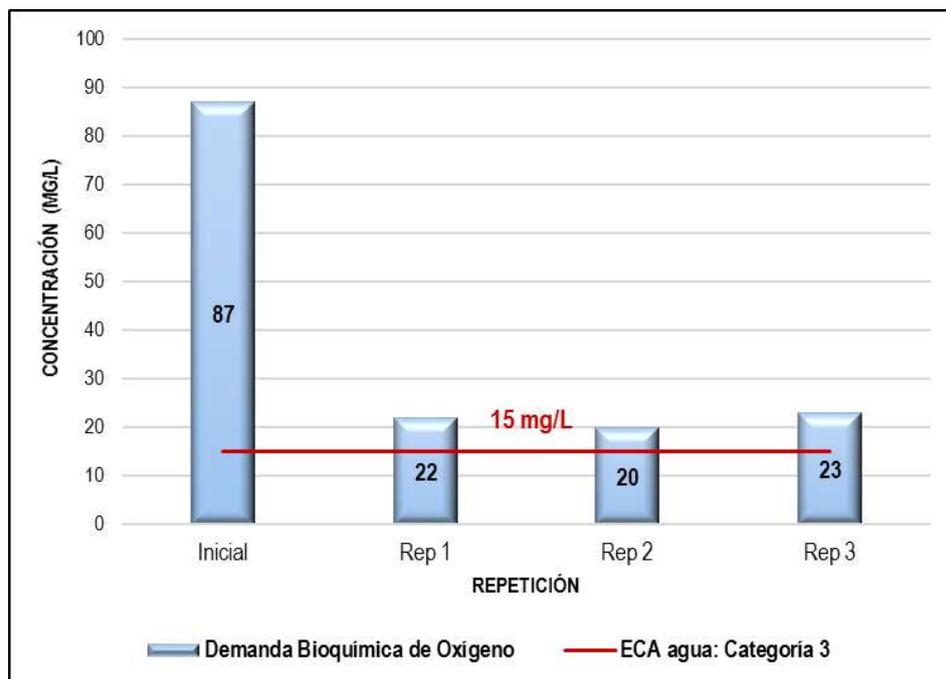


Figura 33. Concentración de la DBO final respecto al ECA agua con *Pistia stratiotes*

En la figura 33 se muestra la concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno que se obtuvo inicialmente y después del tratamiento, en ello se evidencia que el resultado inicial supera el ECA agua (Categoría 3), sin embargo, el resultado después del tratamiento también superó los estándares. Siendo 20 mg/l el resultado más bajo y 23 mg/l el resultado más alto.

4.1.3.3. Resultado de tratamiento respecto a las coliformes fecales o termotolerantes

La reducción de los coliformes fecales o termotolerantes dependió de la interacción entre la macrofito *Pistia stratiotes* y el afluyente. En la tabla 25 se muestran los siguientes resultados:

Tabla 25. Resultados de concentración de coliformes fecales o termotolerantes del tratamiento con *Pistia stratiotes*

	Rep 1 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)	Rep 2 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)	Rep 3 (mg/l)	Porcentaje de remoción (%)
Inicial	1700000	---		---		---
Día 1	1500000	11.76	1600000	5.88	1500000	11.76
Día 2	900000	47.06	860000	49.41	790000	53.53
Día 3	480000	71.76	500000	70.59	470000	72.35

En el día 1, la concentración mínima fue en la primera y tercera repetición con 1500000 NMP/100 ml que alcanzó un 11.76% de remoción. En el día 2, la concentración mínima fue en la tercera repetición con 790000 NMP/100 ml que alcanzó un 53.53% de remoción. En el día 3, la concentración mínima fue en la tercera repetición con 470000 NMP/100 ml que alcanzó un 72.35% de remoción.

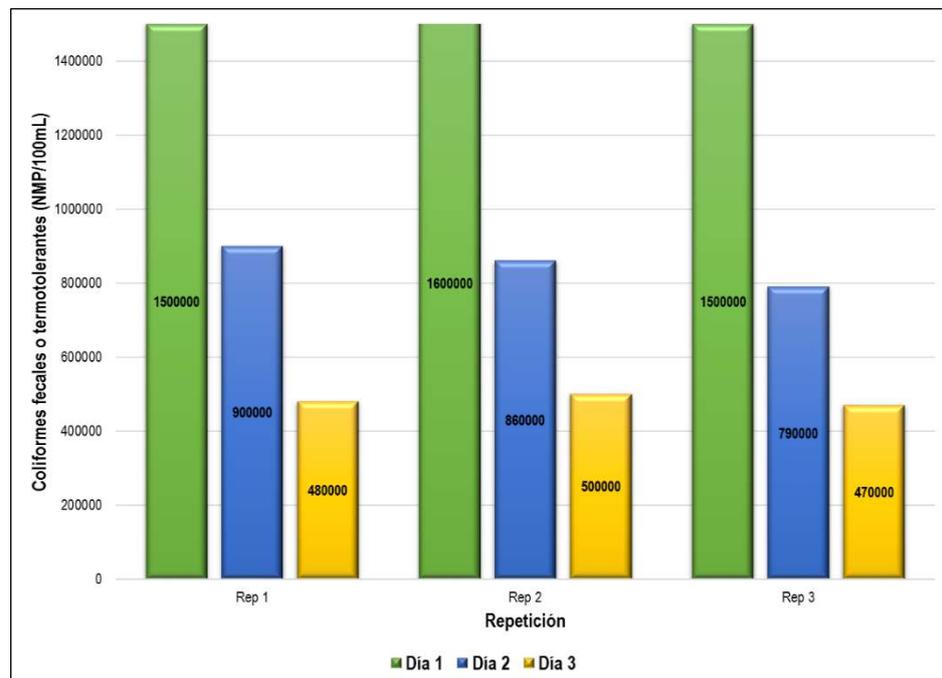


Figura 34. Diagrama de barras de la concentración de Coliformes fecales o termotolerantes con *Pistia stratiotes*

En el diagrama de barras de la figura 34, se muestra el número de repeticiones respecto a la reducción de coliformes fecales o termotolerantes debido a los 3 días, que representa la aplicación de la macrofitas *Pistia stratiotes*. También se muestra que existe reducción a medida que van pasando los días, por lo tanto, con los resultados obtenidos se evidencia que existe una relación entre la eficiencia de la macrofitas *Pistia stratiotes* y el tiempo de retención hidráulica.

En la figura 35 se muestra la concentración de la coliformes fecales o termotolerantes que se obtuvo inicialmente y después del tratamiento, en ello se evidencia que el resultado inicial supera el ECA agua (Categoría 3), sin embargo, el resultado después del tratamiento también superó los estándares. Siendo 470000 NMP/100 ml el resultado más bajo y 500000 NMP/100 ml el resultado más alto.

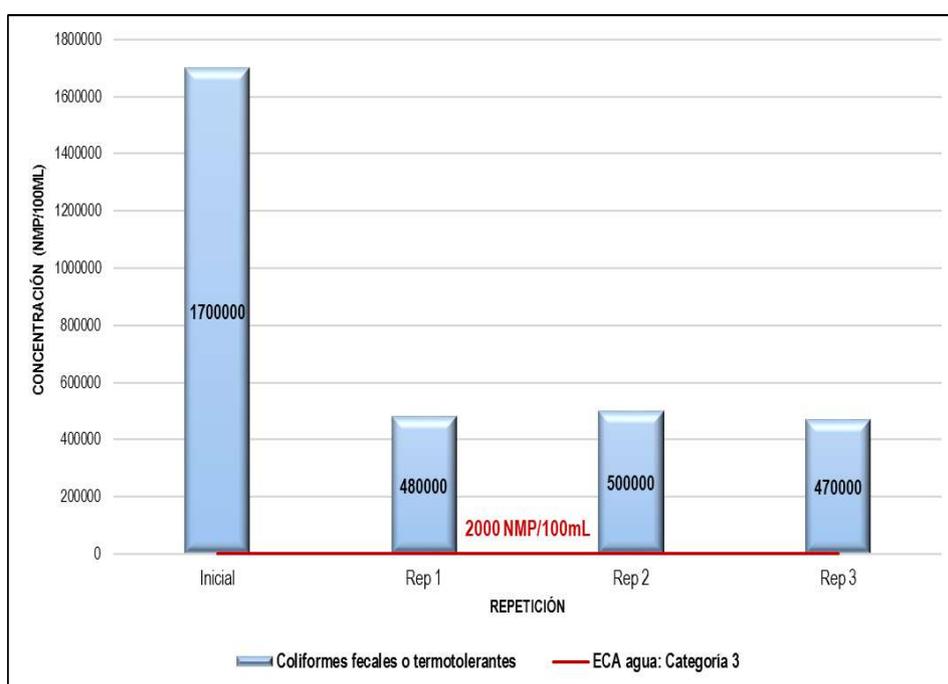


Figura 35. Concentración de Coliformes fecales o termotolerantes final respecto al ECA agua con *Pistia stratiotes*

4.1.3.4. Resultado de tratamiento respecto al pH

El resultado del pH dependió de la interacción entre la macrofitas *Pistia stratiotes* y el afluente. En la tabla 26 se muestran los siguientes resultados:

Tabla 26. Resultados de pH del tratamiento con *Pistia stratiotes*

	Rep 1	Rep 2	Rep 3
Día 1	7.36	7.21	7.35
Día 2	7.38	7.17	7.31
Día 3	7.3	7.35	7.32

En el día 1, la variación mínima fue en la segunda repetición con 7.21. En el día 2, la variación mínima fue en la segunda repetición con 7.17. En el día 3, la variación mínima fue en la primera repetición con 7.3, por lo que se mantiene en un nivel neutro, es decir no es ácido ni básico, entre las variaciones de decimales de los resultados de pH.

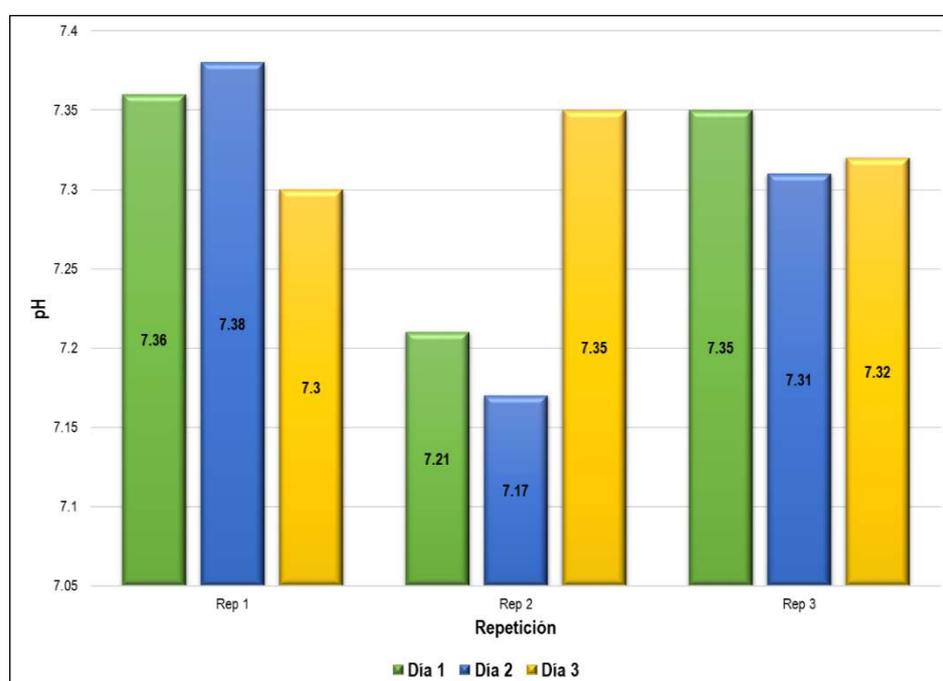


Figura 36. Diagrama de barras de la variación de pH con *Pistia Stratiotes*

En el diagrama de barras de la figura 36, se muestra el número de repeticiones respecto a mantener la variación de pH

debido a los 3 días, que representa la aplicación de la macrofita *Pistia stratiotes*. También se muestra que se mantiene a medida que van pasando los días, por lo tanto, con los resultados obtenidos se evidencia que existe una relación entre la eficiencia de la macrofita *Eichhornia crassipes*, el tiempo de retención hidráulica y también influyó la radiación solar.

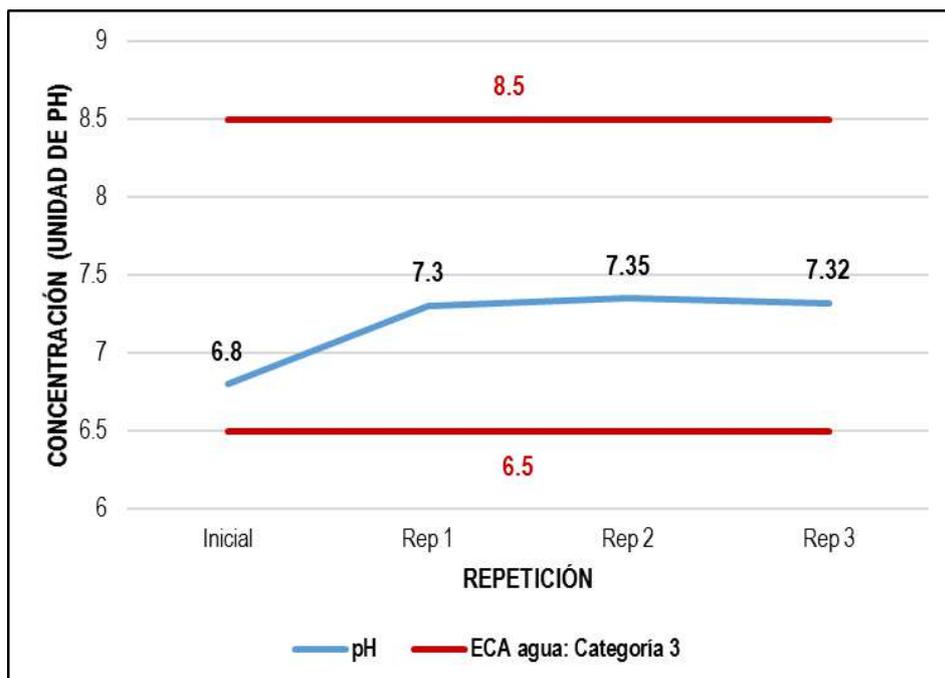


Figura 37. Variación de pH final respecto al ECA agua con *Pistia stratiotes*

En la figura 37 se muestra la variación de pH que se obtuvo inicialmente y después del tratamiento en ello se evidencia que el resultado inicial no supera el ECA agua (Categoría 3), sin embargo, el resultado después del tratamiento se sigue manteniendo dentro del estándar. Siendo 7.3 el resultado más bajo y 7.35 el resultado más alto.

4.1.3.5. Resultado de tratamiento respecto a la Temperatura

El resultado de la temperatura dependió de la interacción entre la macrofita *Pistia stratiotes* y el afluente. En la tabla 27 se muestra los siguientes resultados:

Tabla 27. Resultados de la temperatura del tratamiento con *Pistia stratiotes*

	Rep 1	Rep 2	Rep 3
Día 1	17	16	15
Día 2	16	15	15
Día 3	17	15	15

En los 3 días la temperatura se mantuvo entre 15 °C y 17 °C, por lo que no tiene una variación mayor a 3 grados respecto a una temperatura de 17 °C.

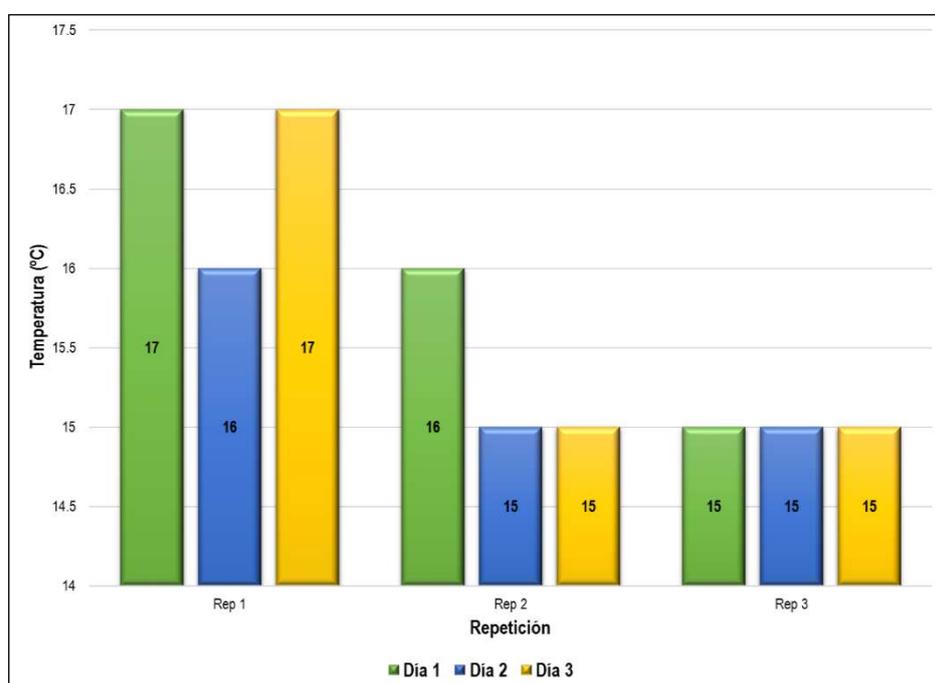


Figura 38. Diagrama de barras respecto a la variación de Temperatura de la *Pistia Stratiotes*

En el diagrama de barras de la figura 38, se muestra el número de repeticiones respecto a mantener la variación de temperatura debido a los 3 días, que representa la aplicación de la macrofitas *Pistia stratiotes*. También se muestra que se mantiene a medida que van pasando los días, por lo tanto, con los resultados obtenidos se evidencia que existe una relación entre la eficiencia de la macrofitas *Pistia stratiotes*, el tiempo de retención hidráulica y también influyó la radiación solar.

En la figura 39 se muestra la variación de temperatura que se obtuvo inicialmente y después del tratamiento, en ello se evidencia que el resultado inicial no supera el ECA agua (Categoría 3), sin embargo, el resultado después del tratamiento se sigue manteniendo con 15°C dentro del estándar.

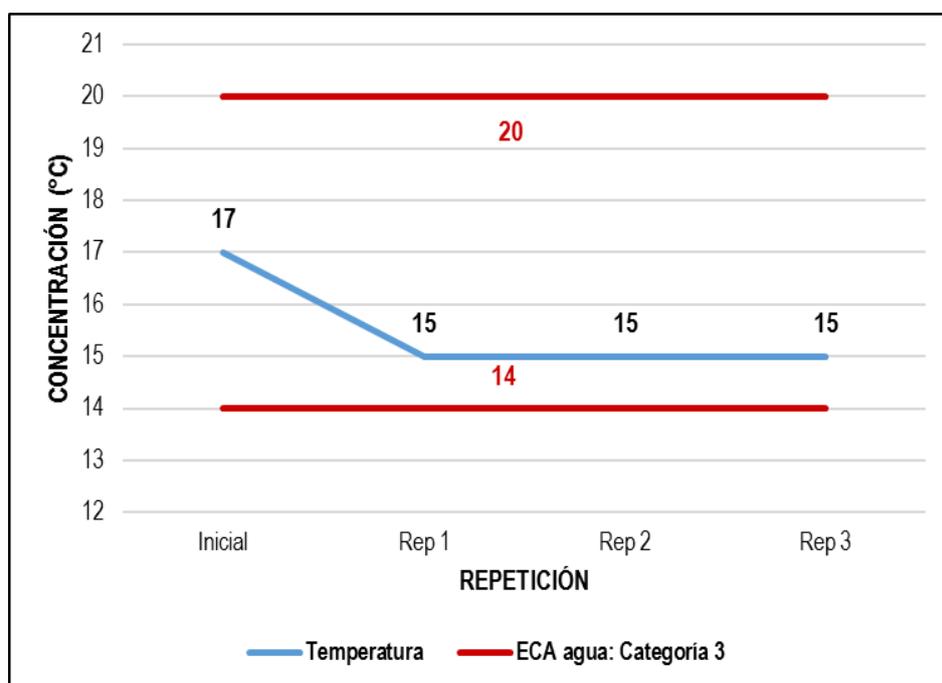


Figura 39. Variación de la temperatura final respecto al ECA agua con *Pistia stratiotes*

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Hipótesis específica de parámetros químicos

Según la investigación y las variables, el método usado para la prueba de hipótesis es T-Student, porque este método estima la media de una población normalmente distribuida a partir de una muestra pequeña. Además, este evalúa muestras menores a 30; es decir $n < 30$ (40). Este método para una prueba de medias; es decir, se hará una prueba para determinar si la macrofita *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes* es más eficiente una de la otra.

4.2.1.1. DQO

Hi: una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de la DQO.

H₀: una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, no tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de la DQO.

Para la prueba de hipótesis, primero se determinó si la distribución de los datos es normal, ello se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 28. Prueba de normalidad (DQO- *Eichhornia crassipes* / *Pistia stratiotes*)

	Tipo de tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de remoción	<i>Eichhornia crassipes</i>	,329	3	.	,868	3	,290
	<i>Pistia stratiotes</i>	,177	3	.	1,000	3	,971

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se interpreta estadísticamente mediante la prueba de Shapiro-Wilk, debido a que son 6 muestras analizadas, encontrándose dentro de las condiciones de la prueba de normalidad. Es decir, que la significancia de la prueba de Shapiro-Wilk es mayor a la establecida de 0.05. Por lo tanto, se considera una distribución normal.

Sabiendo que la distribución es normal, se realiza la prueba de T-Student, es decir la prueba de medias. Esta se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 29. Diferencia de medias (DQO)

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior	
Porcentaje de remoción	Se asumen varianzas iguales	,034	,862	4,114	4	,015	6,94667	1,68872	2,25803	11,63531
	No se asumen varianzas iguales			4,114	3,805	,016	6,94667	1,68872	2,16188	11,73146

a. No se han calculado estadísticas para uno o más archivos segmentados.

Según los resultados, se tiene que la significancia (sig) es menor a 0.05, por ello se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna; es decir, se acepta que una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, no tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de la DQO.

4.2.1.2. DBO

Hi: una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de la DBO.

Ho: una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, no tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de la DBO.

Para la prueba de hipótesis, primero se determinó si la distribución de los datos es normal, ello se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 30. Prueba de normalidad (DBO- *Eichhornia crassipes* / *Pistia stratioides*)

	Tipo de tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de remoción	<i>Eichhornia crassipes</i>	,175	3	.	1,000	3	1,000
	<i>Pistia stratioides</i>	,253	3	.	,964	3	,637

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se interpreta estadísticamente mediante la prueba de Shapiro-Wilk, debido a que son 6 muestras analizadas, encontrándose dentro de las condiciones de la prueba de normalidad. Es decir, que la significancia de la prueba de Shapiro-Wilk es mayor a la establecida de 0.05. Por lo tanto, se considera una distribución normal.

Sabiendo que la distribución es normal, se realiza la prueba de T-Student, es decir la prueba de medias. Esta se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 31. Diferencia de medias (DBO)

Porcentaje de remoción		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Porcentaje de remoción	Se asumen varianzas iguales	,727	,442	7,273	4	,002	8,81667	1,21221	5,45104	12,18229
	No se asumen varianzas iguales			7,273	3,448	,003	8,81667	1,21221	5,22765	12,40568

a. No se han calculado estadísticas para uno o más archivos segmentados.

Según los resultados, se tiene que la significancia (sig) es menor a 0.05, por ello se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna; es decir, se acepta que una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratioides*, no tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de la DBO.

4.2.2. Segunda hipótesis específica

4.2.2.1. Coliformes termotolerantes

Hi: una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de los coliformes fecales o termotolerantes.

Ho: una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, no tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de los coliformes fecales o termotolerantes.

Para la prueba de hipótesis, primero se determinó si la distribución de los datos es normal, ello se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 32. Prueba de normalidad (coliformes fecales o termotolerantes - *Eichhornia crassipes* / *Pistia stratiotes*)

Tipo de tratamiento		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de remoción	<i>Eichhornia crassipes</i>	,175	3	.	1,000	3	,995
	<i>Pistia stratiotes</i>	,252	3	.	,965	3	,641

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se interpreta estadísticamente mediante la prueba de Shapiro-Wilk, debido a que son 6 muestras analizadas, encontrándose dentro de las condiciones de la prueba de normalidad. Es decir, que la significancia de la prueba de Shapiro-Wilk es mayor a la establecida de 0.05. Por lo tanto, se considera una distribución normal.

Sabiendo que la distribución es normal, se realiza la prueba de T-Student, es decir la prueba de medias. Esta se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 33. Diferencia de medias (coliformes fecales o termotolerantes)

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior	
Porcentaje de remoción	Se asumen varianzas iguales	,085	,785	12,645	4	,000	10,78667	,85305	8,41823	13,15510
	No se asumen varianzas iguales			12,645	3,738	,000	10,78667	,85305	8,35124	13,22209

a. No se han calculado estadísticas para uno o más archivos segmentados.

Según los resultados, se tiene que la significancia (sig) es menor a 0.05, por ello se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna; es decir, se acepta que una de las macrofitas, *Eichhornia crassipes* o *Pistia stratiotes*, no tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de las coliformes fecales o termotolerantes.

4.3. Discusión de resultados

Cada parámetro evaluado mostró un porcentaje de remoción de acuerdo a la interacción que sostuvo la macrofita por un periodo de tres días, de ellos se analizaron con las tesis que presentaron menores, iguales o mayores porcentajes de eficiencia.

Los parámetros físicos que se evaluó en esta investigación fueron el pH y la temperatura. Los resultados para el pH, según Coronel (13) está en 7.20 para *Eichhornia crassipes*, es decir se acerca a un pH neutro y en caso de los resultados de esta investigación se encuentra entre 7.15 y 7.33; por lo que se da a entender que esta macrofita mantiene al pH en neutro; además esta se asemeja a los resultados del autor. Según Cupe y Portocarrero (12) el pH para

el tratamiento con *Pistia stratiotes* se encuentra cercano al neutro, y en esta investigación se encuentra entre 7.17 y 7.38; y también se asemeja al resultado del autor, manteniéndose en neutro. Además, según los resultados de esta investigación se comprueba que el tratamiento con *Eichhornia crassipes* resultó un pH entre 7.15 y 7.33 y *Pistia stratiotes* resultó un pH entre 7.17 y 7.38, los cuales están dentro del intervalo que establece el ECA para agua – D.S.004-2017-MINAM (categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales) que está en un intervalo de 6.5 y 8.5.

Los resultados para la Temperatura (T), según Coronel (13) es de 19.98 °C para el tratamiento con *Eichhornia crassipes* y en esta investigación se encuentra en un intervalo de 15 °C a 17 °C; y según Cupe y Portocarrero (12) para el tratamiento con *Pistia stratiotes* es de 16.4 °C y en esta investigación se encuentra en un intervalo de 15 °C a 17 °C.

De lo mencionado con anterioridad, esos resultados son un factor para el mantenimiento de las macrofitas, debido a que estas deben tener una temperatura mínima de 15 °C para su crecimiento y reproducción. Además, según los resultados de esta investigación se comprueba que el tratamiento con *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* resultó en un intervalo de 15 °C a 17 °C, los cuales cumplen con el ECA para agua – D.S.004-2017-MINAM (categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales) que es +-3 grados.

Los parámetros químicos evaluados en esta investigación fueron la Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno. En el caso de la **Demanda Química de Oxígeno (DQO)** (indicador de las sustancias orgánicas biodegradables y no biodegradables); según Coronel (13) la eficiencia de remoción por *Eichhornia crassipes* en su investigación fue de un 93.09% y el resultado de esta investigación fue de 81.29%, por lo que se comprueba la eficiencia de la macrofita *Eichhornia crassipes*; pero el resultado es inferior al porcentaje de remoción dado por este autor. Sin embargo; según Chang y Huaman (21) la eficiencia de remoción, usando la macrofita *Eichhornia crassipes*, es de 82%, lo que comprueba que el resultado obtenido en esta investigación es similar al porcentaje de remoción que señala el autor. Según

Masache (24) la eficiencia de remoción de la macrofita *Pistia stratiotes*, fue de un 71% y el resultado de esta investigación fue de 74.34%, por lo que se comprueba la eficiencia de *Pistia stratiotes*; además, el resultado obtenido es mayor al resultado del autor. También según Chang y Huamán (21) la eficiencia de remoción que obtuvieron fue de 73.7%; lo que comprueba que el resultado de esta investigación es mayor en comparación a ambos autores.

Además, según los resultados de esta investigación se comprueba que el tratamiento con *Eichhornia crassipes* que resultó 34.3 mg/l, no supera el ECA para agua – D.S.004-2017-MINAM (categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales) que es 40 mg/l; sin embargo, para el tratamiento con *Pistia stratiotes* resultó 47.03 mg/l el cual no cumple con el ECA. En el caso de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) (indicador de las sustancias orgánicas biodegradables), según Coronel (13) la eficiencia de remoción de la macrofita *Eichhornia crassipes* en su investigación fue de un 95.55% y el resultado de esta investigación fue de 83.91%, el cual es menor al del autor. Sin embargo, según Cupe y Portocarrero (12) la eficiencia de remoción, usando la macrofita *Eichhornia crassipes*, se encuentra entre 72% y 82% lo que comprueba que el resultado obtenido en esta investigación es similar e incluso se encuentra en el rango de porcentaje de remoción que señala el autor. En caso de la macrofita *Pistia stratiotes*; según Cupe y Portocarrero (12) la eficiencia de remoción de esta macrofita se encontró entre 59% y 70%, y el resultado de esta investigación fue de 75.09%, por lo que se comprueba la eficiencia de la *Pistia stratiotes*, debido a que el resultado de esta investigación supera al porcentaje de remoción que establece el autor.

Además, según Masache (24) en su investigación, la eficiencia de remoción por la *Pistia stratiotes* fue de 98,1%, el cual este tuvo mayor porcentaje que esta investigación. Así mismo, Además, según los resultados de esta investigación se comprueba que el tratamiento con *Eichhornia crassipes* resultó 14 mg/l, no supera el ECA para agua – D.S.004-2017-MINAM (categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales) que es 15 mg/l; sin embargo, para el tratamiento con *Pistia stratiotes* resultó 19 mg/l el cual no cumple con el ECA.

Los parámetros microbiológicos que se evaluó en la investigación fue los coliformes fecales o termotolerantes. En el caso de los coliformes fecales o termotolerantes, según Cupe y Portocarrero (12) la eficiencia de remoción de la macrofita *Eichhornia crassipes* estuvo entre 93.64% y 95.67% y en caso de esta investigación se obtuvo 82.35%, el cual es menor a la del autor, pero el tratamiento es eficiente.

Respecto a la macrofita *Pistia stratiotes*, según Cupe y Portocarrero (12) obtuvo una eficiencia de remoción entre 87.27% y 94.33% y en caso de esta investigación se obtuvo 71.57%, el cual también es inferior a la del autor. Según Chang y Huamán (21) la eficiencia de remoción que obtuvieron ambas macrofitas es de 99,9% y comparado con los resultados de esta investigación, son inferiores. Es inferior debido a que los tratamientos dependen del factor temperatura, ello explica que no alcanza más del 90% de porcentaje de remoción.

Además, según los resultados de esta investigación se comprueba que el tratamiento con *Eichhornia crassipes* resultó 300000 NMP/100 ml y *Pistia stratiotes* resultó 480000 NMP/100 ml, los cuales superan el ECA para agua – D. S.004-2017-MINAM (categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales) que es 2000 NMP/100 ml. Sin embargo, el tratamiento con *Eichhornia crassipes* es más eficiente, debido a que tiene mayor porcentaje de remoción que la macrofita *Pistia stratiotes*.

CONCLUSIONES

- Las variaciones de pH se mantuvieron dentro del rango de 6.5 a 8.5 y la temperatura se mantuvo entre 15 °C y 16 °C para ambas macrofitas (*Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*), resultando el crecimiento en buenas condiciones.
- La concentración de la Demanda Química de Oxígeno alcanzó a reducir un 81.29% con *Eichhornia crassipes*; y un 74.34% con *Pistia stratiotes*, y las concentraciones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno alcanzó a reducir, un 83.91% con *Eichhornia Crassipes* y un 75.10% con *Pistia stratiotes*. Además, el resultado que se evidenció demostró que la *Eichhornia crassipes* no supera el Estándar de Calidad Ambiental, mientras que *Pistia stratiotes* sigue superando el Estándar de Calidad Ambiental.
- La concentración de los coliformes fecales o termotolerantes alcanzo a reducir un 82.35% con *Eichhornia crassipes*; y un 71.57% con *Pistia stratiotes*. Sin embargo, el resultado que se evidenció demostró que los coliformes fecales o termotolerantes siguen superando el Estándar de Calidad Ambiental.
- Se concluye que la macrofita *Eichhornia crassipes* es más eficiente que la *Pistia stratiotes*, de acuerdo a los resultados obtenidos.

RECOMENDACIONES

- Siendo una planta piloto, se recomienda la instalación en la misma planta de tratamiento si fuera el caso. Para así no tener dificultades en el traslado del efluente.
- Se recomienda que la regulación de salida del agua de los recipientes sea exacta.
- Se recomienda que la instalación del prototipo sea en un área plana.
- Se recomienda analizar aceites y grasas.
- Se recomienda utilizar otras macrofitas con diferente tipo de humedal, ya sea de flujo superficial o subsuperficial.
- Se recomienda la instalación de las macrofitas en las dos lagunas entre la primaria y la secundaria para lograr aún más la eficiencia de remoción de los coliformes fecales o termotolerantes.
- Las macrofitas *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* son buenas para la remoción de contaminantes, ya que alcanzan más de un 50%.
- Si se usa la macrofita *Eichhornia crassipes*, el efluente se puede reutilizar debido a que llegaría a cumplir los estándares de calidad ambiental para riego de vegetales y bebida de animales establecida en el D. S. 004 – 2017 – MINAM.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.** *¿Son las aguas residuales el nuevo 'oro negro'?* 2019-3-21 [online]. 2017. [Accessed 10 February 2021]. Available from: <https://es.unesco.org/news/son-aguas-residuales-nuevo-oro-negro>
2. **Organización Mundial de la Salud (OMS).** *Who guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater* [online]. 2006. ISBN 92 4 154685 9. Available from: http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241546832_eng.pdfV. 1. Policy and regulatory aspects
3. **SÁNCHEZ MONTES, María.** Las aguas residuales en Perú, realidad al 2017. *iAgua* [online]. 2017. [Accessed 9 May 2020]. Available from: <https://www.iagua.es/blogs/maria-sanchez-montes/aguas-residuales-peru-costo-improvisacion>
4. **COLLACCI, Anggela.** La situación de las aguas residuales en Lima. *Clima de Cambios - PUCP* [online]. 2018. [Accessed 10 February 2021]. Available from: <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/la-situacion-de-las-aguas-residuales-en-lima/>
5. **SUPERINTENDENCIA Nacional de Servicios de Saneamiento.** *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento.* 2013. ISBN 9788578110796.
6. **Cámara de Comercio de Lima.** Minam capacitará a gobiernos regionales y municipalidades en tratamiento de aguas. *Junio* [online]. 2020. [Accessed 10 February 2021]. Available from: <https://lacamara.pe/minam-capacitara-a-gobiernos-regionales-y-municipalidades-en-tratamiento-de-aguas/>
7. **Ministerio del Ambiente (Minam).** Tratamiento y reuso de aguas residuales. *Manual para municipios ecoeficientes* [online]. 2009. N.º 511, p. 179. Available from: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39054>
8. **VILLANUEVA ALIAGA, Lizeth; YANCE SOTO, Jackeline Yuleisi.** *Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes*

- termotolerantes en la PTAR del distrito de Huáchac - Chupaca*. [online]. 2017. [Accessed 28 January 2021]. Available from: [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3781/Villanueva Aliga -Yance Soto.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3781/Villanueva%20Aliga%20-%20Yance%20Soto.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
9. **PAREDES CUERVO, Diego**. *Científicos de Pereira desarrollan humedales artificiales a bajo costo para tratamiento de aguas residuales* [online]. 2021. Agencia Iberoamericana para la difusión de la Ciencia y la Tecnología. Available from: <https://www.dicyt.com/viewNews.php?newsId=26252>
 10. **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura**. *Estudio del potencial del uso alternativo de fuentes de agua: las aguas residuales*. [online]. 2014. P. 31. Available from: <http://www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf>
 11. **CARVAJAL ROWAN, Alicia; ZAPATTINI IRALA, Claudia; QUINTERO ZAMORA, Carolina**. Humedales artificiales, una alternativa para la depuración de aguas residuales en el municipio de Mizque, Bolivia. *DsTecd. Diseño y Tecnología para el Desarrollo* [online]. 2018. Vol. 5, p. 88–108. Available from: <http://polired.upm.es/index.php/distecd/article/view/3744/3830>
 12. **CUPE FLORES, Edgar David; PORTOCARRERO CONTRERAS, Carlos Jesús**. *Evaluación de la eficiencia de plantas acuáticas flotantes Lemna Minor (lenteja de agua), Eichhornia Crassipes (jacinto de agua) y Pistia Stratoides (lechuga de agua) para el tratamiento de aguas residuales domésticas* [online]. Universidad Nacional de Ingeniería, 2009. Available from: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/12028Tesis>
 13. **CORONEL CASTRO, Elver**. *Eficiencia del jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y Lenteja de agua (Lemma minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas - Chachapoyas 2015*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas, 2016.
 14. **AZNAR JIMÉNEZ, Antonio**. Determinación de los parámetros físicoquímicos de calidad de las aguas. *Gestión Ambiental* [online]. 2000. [Accessed 9 May 2020]. Available from: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/56474455/PROPUES>

_TPM.pdf?response-content-disposition=inline%3B
filename%3DDiseno_de_un_plan_de_Mantenimiento_Prod.pdf&X-Amz-
Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-
Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200314%2Fus-e

15. **CUEVA PLACENCIA, Wiliam Patricio.** *Evaluación del potencial fitorremediador de dos especies (Pistia stratiotes L.) y (Limnobium laevigatum R.) para el tratamiento de lixiviados producidos en el relleno sanitario del cantón centinela del condor, provincia Zamora Chinchipe* [online]. 2016. Available from:
http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/17583/1/CUEVA_PLACENCIA_WILLAM_PATRICIO_TESIS_DE_GRADO_12_12_2016.pdf
16. **MUSTAFA, Hauwa Mohammed; HAYDER, Gasim.** Performance of Pistia stratiotes, Salvinia molesta, and Eichhornia crassipes Aquatic Plants in the Tertiary Treatment of Domestic Wastewater with Varying Retention Times. *Applied Sciences (Switzerland)* [online]. 2020. Vol. 10, no. 24, p. 1–18. [Accessed 27 February 2021]. DOI 10.3390/app10249105. Available from:
www.mdpi.com/journal/applsci
17. **LAGOS MELLA, Cesar Antonio.** *Utilización del jacinto acuático Eichhornia crassipes ((Mart) Solms 1883) como sistema de tratamiento para la eliminación de materia orgánica y color en efluente de celulosa kraft* [online]. Universidad Católica de la Santísima Concepción, 2005. Available from:
<http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/tesis-cesar-lagos-2005.pdf>
18. **MOHAMED, Gaballah; KHAIRY, Ismail; ABDALLA, Zein Eldin; MONA, Ismail.** Wastewater Treatment Potential of Water Lettuce (Pistia stratiotes) with Modified Engineering Design. *Journal of Water Chemistry and Technology.* 2019. Vol. 41, no. 3, p. 197–205.
DOI 10.3103/s1063455x1903010x.
19. **MENDOZA GUERRA, Yoma Isabel; MARÍN LEAL, Julio César; CASTRO ECHAVEZ, Fernando Luis; BEHLING QUINTERO, Elisbeth Hedwig.** Tratamiento de aguas residuales domésticas usando la planta acuática Eichhornia crassipes. 2017. N.º April 2016. DOI 21603715.
20. **MARTELO, Jorge; LARA BORRERO, Jaime.** Macrofitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte. *Ingeniería*

- y *Ciencia, ing.cienc.* 2012. Vol. 8, no. 15, p. 221–243.
21. **CHANG GUTIÉRREZ, Karina; HUAMÁN TAYPE, Carmen Rosa.** *Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante las macrófitas Eichhornia Crassipes y Pistia Stratiotes, plantas típicas de la Selva Peruana.* Universidad Peruana Unión, 2019.
 22. **SAAVEDRA-CASTILLO, Boris.** *Aplicación de macrofitas en flotación como ayuda en el tratamiento de aguas residuales en la laguna UDEP.* Universidad de Piura, 2017.
 23. **CARHUARICRA FERRER, Polli.** *Fitorremediación por el proceso de fitodegradación con dos especies macrófitas acuáticas, Limnobium laevigatum y Eichhornia crassipes para el tratamiento de aguas residuales domésticas de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, distrito de Sa.* Universidad de Huánuco, 2019.
 24. **MASACHE GRANDA, Carmen Elizabeth.** *Evaluación del potencial fitorremediador de dos especies vegetales (Pistia stratiotes L) y (Hydrocotyle ranunculoides L.f) en el tratamiento de las aguas contaminadas por la porcicultura en la granja “El Guayabal” del barrio Nambija Bajo, Cantón Zamora.* Universidad Nacional de Loja, 2016.
 25. **Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.** *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales.* 2014.
 26. **Fibras y Normas de Colombia S. A. S.** Aguas residuales: Clasificación y características. *Blog Fibras y Normas de Colombia S.A.S.* [online]. 2004. [Accessed 5 March 2021]. Available from:
<https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/aguas-residuales-clasificacion-y-caracteristicas/>
 27. **GARCIA TRUJILLO, Zarela Milagros.** *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar a eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas* [online]. Universidad Nacional de Ingeniería, 2012. Available from:
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1292>
 28. **RIPDA CYTED.** Indicadores de contaminación fecal en aguas. *Ripda Cyted.* 2016. P. 224–229.
 29. **CURT FERNÁNDEZ DE LA MORA, María Dolores.** *Fitodepuración en humedales. Conceptos generales* [online]. 2005. Available from:

https://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/Manual_sobre_fitodepuracion.htm

30. **FERNÁNDEZ GONZÁLES, Jesús.** *Humedales artificiales para depuración.* 2005.
31. **DELGADILLO, Oscar; CAMACHO, Alan; PEREZ, Luis; ANDRADE, Mauricio.** *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.* 2010. ISBN 9789995476625.
32. **ARIAS MARTÍNEZ, Sergio Adrián; BETANCUR TORO, Ferney Mauricio; GÓMEZ ROJAS, Gonzalo; SALAZAR GIRALDO, Juan Pablo; HERNÁNDEZ ÁNGEL, Marta Lucía.** Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Informador Técnico.* 2010. Vol. 74. DOI 10.23850/22565035.5.
33. **ALASINO, Noelia; NADAL, Florencia; PRIMO, Laura; BOLLO, Pablo; LARROSA, Nancy.** Comportamiento cinético e hidráulico de un humedal construido a escala real. *Tecnología y Ciencias del Agua.* 2015. Vol. 6, no. 3, p. 93–104.
34. **CUERVO APONTE, Cristhian David; HERNÁNDEZ ESPINOZA, Miguel Ángel.** *Diseño y modelación de un humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal para tratamiento de aguas residuales en la Vereda Mancilla del Municipio de Facatativa, Cundinamarca.* Facatativá: Universidad de Cundinamarca, 2018.
35. **HERNÁNDEZ ESCOBAR, Arturo Andrés; RAMOS RODRÍGUEZ, Marcos Pedro; PLACENCIA LÓPEZ, Barbara Milady; INDACOCHEA GANCHOZO, Blanca; QUIMIS GÓMEZ, Alex Joffre; MORENO PONCE, Luis Alfonso.** *Metodología de la investigación científica* [online]. Area de in. 2018. [Accessed 27 June 2020]. Available from:
<https://books.google.com.pe/books?id=y3NKDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=metodo+cientifico+hernandez&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwijpsTXtKPqAhV-IbkGHW27C6cQ6AEwA3oECAkQAg#v=onepage&q=metodo+cientifico+hernandez&f=false>
36. **RODRIGUEZ MOGUEL, Ernesto.** *Metodología de la Investigación* [online]. México, 2005. [Accessed 10 March 2021]. Available from:
https://books.google.com.pe/books?id=r4yrEW9Jhe0C&pg=PA29&dq=metodo+inductivo+investigacion&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwilraz485_qAhUjC9

QKHZboCkIQ6AEwAHoECAQQAg#v=onepage&q=metodoinductivo
investigacion&f=false

37. **MARTINEZ DUEÑAS, William Andrés; PERAFÁN LEDESMA, Astrid Lorena.** *Descubriendo mundos: una introducción a la investigación antropológica* [online]. Colombia, 2019. [Accessed 30 June 2020]. Available from:
<https://books.google.com.pe/books?id=ZK2uDwAAQBAJ&pg=PA115&dq=método+específico+inductivo+investigación&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiH17CC4aPqAhXUK7kGHap2BDkQ6AEwAHoECAMQAg#v=onepage&q=método+específico+inductivo+investigación&f=false>
38. **ARROYO ALIAGA, Jacinto Venancio.** ¿Cómo ejecutar un plan de investigación? [online]. 2012. P. 21. Available from:
<https://drive.google.com/file/d/0B4MdQCIR0y1PbzR4ODJsWGZHNE0/view>
39. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, Pilar.** *Metodología de la investigación* [online]. 2006. ISBN 9701057538. Available from:
http://www.academia.edu/download/38758233/sampieri-et-al-metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicion-sampieri-2006_ocr.pdf
40. **JORGE DAGNINO, S.** Correlación. *Revista Chilena de Anestesia*. 2014. Vol. 43, no. 2, p. 150–153.

ANEXO

Anexo A

Tabla 34. Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Instrumento
General	General	General	Independiente		
¿Cuál es la eficiencia de las macrofitas flotantes, <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> , en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la PTAR del distrito de Huachac?	Determinar la eficiencia de las macrofitas flotantes, <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> , en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, de la PTAR del distrito de Huachac.	La eficiencia de las macrofitas flotantes, <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> , influyen en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, de la PTAR del distrito de Huachac.	Especies de macrofitas: <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> .	Cantidad	Ficha de observación
Específicos	Específicos	Específicos	Dependiente		
¿Cuál es la variación de pH y temperatura por el uso de las macrofitas flotantes, <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> , en la PTAR del distrito de Huachac?	Determinar las variaciones de pH y temperatura por el uso de las macrofitas flotantes, <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> , de la PTAR del distrito de Huachac	Las variaciones de pH y temperatura por el uso de las macrofitas flotantes, <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> , de la PTAR del distrito de Huachac, no se considera en la prueba de hipótesis debido a que el objetivo de esta no es reducir sus concentraciones sino mantenerse en un rango establecido.	pH	6.5 < pH < 8.	Ficha para el registro de resultados de análisis
			Temperatura	Δ3	Ficha para el registro de resultados de análisis
¿Cuál es la eficiencia de las macrofitas flotantes, <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> , en las concentraciones de la DQO y la DBO de la PTAR del distrito de Huachac?	Determinar si una de las macrofitas, <i>Eichhornia crassipes</i> o <i>Pistia stratiotes</i> , tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de la DQO y DBO.	Una de las macrofitas, <i>Eichhornia crassipes</i> o <i>Pistia stratiotes</i> , tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de la DQO	DQO	DQO ≤ 40 (mg/l)	Ficha para el registro de resultados de análisis
		Una de las macrofitas, <i>Eichhornia crassipes</i> o <i>Pistia stratiotes</i> , no tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de la DBO	DBO	DBO ≤ 15 (mg/l)	Ficha para el registro de resultados de análisis

<p>¿Cuál es la eficiencia de las macrofitas flotantes, <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>, en las concentraciones de los coliformes termotolerantes o fecales de la PTAR del distrito de Huachac?</p>	<p>Determinar si una de las macrofitas, <i>Eichhornia crassipes</i> o <i>Pistia stratiotes</i>, tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de coliformes fecales o termotolerantes</p>	<p>Una de las macrofitas, <i>Eichhornia crassipes</i> o <i>Pistia stratiotes</i>, no tiene mayor eficiencia en la reducción de la concentración de coliformes fecales o termotolerantes</p>	<p>Coliformes fecales o termotolerantes</p>	<p>CFT ≤ 2000 (NMP/100 ml)</p>	<p>Ficha para el registro de resultados de análisis</p>
---	--	---	---	--------------------------------	---

Anexo B

Formatos de campo (hoja de campo y cadenas de custodia)

HOJA DE CAMPO

Verificado por:		Muestreo:							
Operador:		Analista de Datos:							
Método y Equipo de Muestreo:									
MUESTREO DE CAMPO									
Fecha	Punto de Muestreo	Coordenadas		Parámetros de Campo				Envase	Preservantes
		X	Y	Temperatura	Oxígeno Disuelto	pH	Conductividad Eléctrica		

Observaciones: _____

CADENA DE CUSTODIA - CALIDAD DE AGUA

m lote

DATOS DEL SOLICITANTE		PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS		NO	21010565
CLIENTE O RAZÓN SOCIAL	BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO	REFERENCIA	OG1020002	Hoja	01
DIRECCIÓN	HUANCAYO - JUNIN	NOMBRE DEL PROYECTO	SERVICIO DE ENSAYO DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA	TOMA DE MUESTRA POR	
CONTACTO	BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO / PATRICIA ALANZA	DISTRITO / PROVINCIA / DFTO.	HUANCAYO - JUNIN	CERTIFICAD	<input type="checkbox"/>
GOBIERNO ELECTRONICO	ZITICUA ALANZA BEATRIZ DAMARIS QUINCHO	ENSAYOS SOLICITADOS		CLIENTE	<input type="checkbox"/>

N°	ESTACIÓN	FECHA	HORA	TIPO DE MATRIZ	COORDINADA (UTM WGS84)	ENSAYOS SOLICITADOS					OBSERVACIONES
						PH	OD	ORP	COND	TEMP	
1	AR - P1	4/02/2021	13:20	AR 3		X	X	X	X	X	(1)
2	AR - P2	4/02/2021	14:00	AR 3		X	X	X	X	X	(2)
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											



TIPO DE MATRIZ (1)

AB: AGUA RESIDUAL
 1. Subterránea 1.1. Manantial 1.2. Foz 1.3. Superficial 2.1. Río 2.2. Laguna / Lago
 AR: AGUA RESIDUAL
 3. Doméstica 4. Industrial 5. Municipal
 AC: AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
 6. Agua de bebida (Agua Potable) 7. Agua de cocción (Agua de hervir)
 8. Agua de ducha 9. Agua de lavado 10. Agua de limpieza
 AS: AGUA SALINA
 11. Agua de mar 12. Agua salada 13. Salmuera 14. Agua de irrigación y riego
 AP: AGUA DE PROCESO
 15. Agua de circulación y calentamiento 16. Agua de refrigeración para edificios
 17. Agua de alimentación para animales 18. Agua de riego
 19. Agua de limpieza 20. Agua de lavado y desinfección

EQUIPOS DE CAMPO UTILIZADOS		
NOMBRE	MARCA	COORDINADO

Detalle por recepción de muestras

CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	C	NC
ESTABILIZACIONES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUESTRAS SEVINO PARA MUESTRA DE COAGULACION	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONDICIONES DE PRESERVACION DEL AGUA DE MAR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONDICIONES DE CALIBRACION DE COLAR TSS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES

1. EMITIR INFORMAS A MONITOR DE BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO. OVI 75102002
 2. EMITIR FACTURA A: INCALAM DEL PERU SAC
 RUC: 2000420983
 Remolmetro = EMA: 31

ANALISTA DE CAMPO / RESPONSABLE DEL MUESTREO

Nombre: BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO

Fecha: 04/02 Hora: 14:00

FIRMA: *[Signature]*

DATOS DEL CLIENTE / SUPERVISOR

Nombre: CHRISTIAN PAOLO MARMANILLO MENDOZA

Fecha: 05/02 Hora: 12:00

FIRMA: *[Signature]*

RECEPCION DE MUESTRAS

Nombre: *[Signature]* *[Signature]*

Fecha: 05/02/21 Hora: 12:00

FIRMA: *[Signature]*

V° B° LAB.

MB FQ

[Signature]

2da. Lista



CADENA DE CUSTODIA - CALIDAD DE AGUA

DATOS DEL SOLICITANTE				PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS				NS	21280565											
CLIENTE O INSTITUCIÓN: SEAT NO DAMBI - PARAGUARI QUINDI				REFERENCIA:				Hoja: 11 DE 11												
DIRECCIÓN: PARAGUARI - PARAGUARI				NOMBRE DEL PROYECTO:				TIPO DE MUESTRA POR:												
CONTACTO: SEAT NO DAMBI - PARAGUARI QUINDI				DISTRITO / PROVINCIA / DPTO:				CERTIFICADO: <input type="checkbox"/>												
COMANDO ELECTRONICO:				FECHA DE EMISIÓN:				CLIENTE: <input checked="" type="checkbox"/>												
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA				ENSAYOS SOLICITADOS				PARAMETROS ANALIT.				OBSERVACIONES								
Nº	ESTACIÓN	TIPO DE MUESTRA	VOLUMEN (L)	REFERENCIA (LITEROLOGIA)	NITRÓGENO				OTROS											
					NO3	NO2	NO	AMONIA	PH	DO	ODP		TEMPERATURA	TURBIDIDAD	CONDUCIVIDAD					
1	ART. JARD.	VOLUNT.	10.00	NR 2																
2	ART. JARD.	VOLUNT.	10.00	NR 2																
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

TIPO DE MATRIZ (1)

AN: ANIMALES
 L: LÍQUIDOS
 S: SÓLIDOS
 G: GASEOSOS
 P: PASTOS
 M: MATERIALES
 O: OTROS

TIPO DE MATRIZ (1)

1. Agua de lluvia
 2. Agua de río
 3. Agua de canal
 4. Agua de pozo
 5. Agua de manantial
 6. Agua de lluvia
 7. Agua de lluvia
 8. Agua de río
 9. Agua de canal
 10. Agua de pozo
 11. Agua de manantial

TIPO DE MATRIZ (1)

1. Agua de lluvia
 2. Agua de río
 3. Agua de canal
 4. Agua de pozo
 5. Agua de manantial
 6. Agua de lluvia
 7. Agua de lluvia
 8. Agua de río
 9. Agua de canal
 10. Agua de pozo
 11. Agua de manantial

TIPO DE MATRIZ (1)

1. Agua de lluvia
 2. Agua de río
 3. Agua de canal
 4. Agua de pozo
 5. Agua de manantial
 6. Agua de lluvia
 7. Agua de lluvia
 8. Agua de río
 9. Agua de canal
 10. Agua de pozo
 11. Agua de manantial

ANALISTA DE CAMPO / RESPONSABLE DEL MUESTREO

Nombre: SEAT NO DAMBI - PARAGUARI QUINDI

Fecha: 2021 Hora:

FIRMA:

DATOS DEL CLIENTE / SUPERVISOR

Nombre: SEAT NO DAMBI - PARAGUARI QUINDI

Fecha: 2021 Hora:

FIRMA:

RECEPCION DE MUESTRAS

Nombre:

Fecha: 10/02/21 Hora: 13:40

FIRMA:

V° B° LAB.

MB PG

Certificado

CADENA DE CUSTODIA - CALIDAD DE AGUA

3er Lote

PG-010
04/01/21
01-04

DATOS DEL SOLICITANTE		PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS		Nº	21610565
CLIENTE / DISTRIBUCIÓN SOCIAL	BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO	REFERENCIA	05210200012	Hoja	... DE ... DE ...
DIRECCIÓN	HUANCAYO - JUNIN	NOMBRE DEL PROYECTO	SERVICIO DE ENSAYO DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA	TOMA DE MUESTRA POR	
CONTACTO	BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO Y PATRICIA ALANA	DISTRITO / PROVINCIA / DPTO.	HUANCAYO - JUNIN	CERTIFICADO	<input checked="" type="checkbox"/>
CORREO ELECTRONICO	PATRICIA.ALANA@INICOLAS.COM	PLAN DE MUESTREO		CLIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>

Nº	ESTACIÓN	FECHA	HORA	TIPO DE MUESTRO	REFERENCIA (VOLUMEN)	ALTIUD (metros)	ENSAYOS SOLICITADOS					PARAMETROS ADIC					OBSERVACIONES	
							IND 3	DO	BT	C. Temperatura	pH	COND. DE	COND. DE	COND. DE	COND. DE	COND. DE		COND. DE
1	ART - LA02	10/02/2021	13:50	AR 3	-	-	X	X	X	X	X						57°	Temperatura de campo: 13°
2	ART - IA02	10/02/2021	14:05	AR 3	-	-	X	X	X	X	X						67°	Temperatura de campo: 14°
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		

TIPO DE MATRIZ (X)

AN: AGUA NATURAL
 1. Submarina 2. Superficial 3. Terminal 4. Superficial 5. No 6. Laguna / Lago
 AN: AGUA RESIDUAL
 3. Doméstica 4. Industrial 5. Municipal
 AN: AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO
 6. Agua de bebida (Agua Potable/Agua de Tableta/Agua Embotellada)
 7. Agua de Pluvinia 8. Agua de Laguna Artificial
 AN: AGUA RESIDUAL
 9. Agua de Mar 10. Agua Subterránea 11. Subterránea 12. Agua de Inyección y Recuperación
 AN: AGUA DE PROCESO
 13. Agua de alimentación a calderas 14. Agua de alimentación para calderas
 15. Agua de alimentación para calderas 16. Agua de calderas
 17. Agua de Inyección 18. Agua purificada 19. Agua de Inyección y Recuperación

ESTACION DE CAMPO UTILIZADA

NOMBRE	MARCA	TODOS LOS DATOS

PROCESAMIENTO DE MUESTREO



Unidad por recepción de muestra

CONDICIONES DE RECEPCION DE MUESTRAS	C	NC
CONDICIONES DE RECEPCION DE MUESTRAS		
CONDICIONES DE RECEPCION DE MUESTRAS		
CONDICIONES DE RECEPCION DE MUESTRAS		
CONDICIONES DE RECEPCION DE MUESTRAS		
CONDICIONES DE RECEPCION DE MUESTRAS		

OBSERVACIONES
 1. EMITIR INFORME A NOMBRE DE BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO, DISTRITO HUANCAYO.
 2. EMITIR FACTURA A INICOLAS DEL PERU SAC, RUC: 208042994.
 3. *Instrumento = EMA-31*

ANALISTA DE CAMPO / RESPONSABLE DEL MUESTREO

Nombre: BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO

Fecha: 10/02 Hora: *14:05*

FIRMA: *[Firma]*

DATOS DEL CLIENTE / SUPERVISOR

Nombre: CHRISTIAN PAOLO MARMANILLO MEMOZA

Fecha: 11/02 Hora: *12:30*

FIRMA: *[Firma]*

RECEPCION DE MUESTRAS

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

Fecha: 11/02/21 Hora: 12:30

FIRMA: *[Firma]*

Vº Bº LAB.

MB	FQ
<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>

Certificado

CADENA DE CUSTODIA - CALIDAD DE AGUA

4to lote

FR-530
494-01
-01-04

DATOS DEL SOLICITANTE				PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS				NR	21 010 365	
CLIENTE O RAZÓN SOCIAL	BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO			REFERENCIA	OS210200054			NOJE	
DIRECCIÓN	HUANCAYO - JUNÍN			NOMBRE DEL PROYECTO	SERVICIO DE ENSAYO DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA			TOMA DE MUESTRA POR		
CONTACTO	BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO / PATRICIA ALANZA			DISTRITO / PROVINCIA / DEPTO.	HUANCAYO - JUNÍN			CERTIFICAR	<input checked="" type="checkbox"/>	
CORREO ELECTRONICO	BEATRIZ.DAMARIS.PAREJAS@INIA-AGROPECUARIO								CLIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>

ESTACIÓN	FECHA	HORA	MUELA	TIPO DE MUESTRA (E)	GEOREFERENCIA (UTM WGS84)	ENSAYOS SOLICITADOS						PARÁMETROS INSTRUMENTALES				OBSERVACIONES		
						COND 5	COND 6	COND 7	C Transmisión	PH	COND 1	COND 2	COND 3	COND 4	COND 8		COND 9	COND 10
1	ART - LA03	11/02/2021	13:50	AR 3	-	X	X	X	X	X								Temperatura de campo: 15°
2	ART - JA03	11/02/2021	14:10	AR 3	-	X	X	X	X	X								Temperatura de campo: 15°
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		

7,100
800



TIPO DE MATRIZ (1)

1. Agua natural
 2. Substratos
 3. Agua residual
 4. Sólidos
 5. Sólidos
 6. Agua de lluvia
 7. Agua de río
 8. Agua de laguna
 9. Agua de mar
 10. Agua de nieve
 11. Agua de lluvia
 12. Agua de lluvia
 13. Agua de lluvia
 14. Agua de lluvia
 15. Agua de lluvia
 16. Agua de lluvia
 17. Agua de lluvia
 18. Agua de lluvia
 19. Agua de lluvia
 20. Agua de lluvia

EQUIPOS DE CAMPO UTILIZADOS	
NOMBRE	USO

CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS		
	C	NC
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES

1. SE INFORMA A NOMBRE DE: BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO, OS 210200054

2. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

3. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

4. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

5. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

6. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

7. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

8. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

9. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

10. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

11. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

12. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

13. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

14. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

15. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

16. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

17. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

18. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

19. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

20. SE INFORMA A: INIA-AGROPECUARIO

ANALISTA DE CAMPO / RESPONSABLE DEL MUESTREO

Nombre: BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO

Fecha: 11/02 Hora: 13:50

FIRMA: *[Signature]*

DATOS DEL CLIENTE / SUPERVISOR

Nombre: CHRISTIAN PAOLO MARMANILLO MENDOZA

Fecha: 12/02 Hora: 14:10

FIRMA: *[Signature]*

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

Nombre: *[Signature]*

Fecha: 12/02 Hora: 14:30

FIRMA: *[Signature]*

V° B° LAB.

MB FQ

[Signature]

CADENA DE CUSTODIA - CALIDAD DE AGUA

19/02/21

7mo lote

DATOS DEL SOLICITANTE		PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS		NA	21040565
CURRUP O RAZÓN SOCIAL	BEATRIZ DAMARIS PARELAS QUIMCHO	REFERENCIA	0521020030	Hoja 1 de 1 de 28	
DIRECCIÓN	PASAJE ARRIVAL 180, ROSARIO EL TAMBO - LIMA	NOMBRE DEL PROYECTO	SERVICIO DE ENVIOS DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA	TOMA DE MUESTRA POR	
CONTACTO	BEATRIZ DAMARIS PARELAS QUIMCHO / PATRICIA BLANCA	DISTRITO / PROVINCIA / DPTO.	PLAZA MAYO - LIMA	CERTIFICAR <input type="checkbox"/>	
CORREO ELECTRÓNICO	PARELASBLANCA@FICALAB.COM.PE	ENSAYOS SOLICITADOS		CLIENTE <input type="checkbox"/>	

ITEM	ESTACIÓN	FECHA	HORA	PUNTO DE MUESTREO	SIGUIERENCIA (UTM WGS84)	ENSAYOS SOLICITADOS				PARÁMETROS DE AGUA				OBSERVACIONES
						PH	OD	ORP	COND. DE MUESTRA	COND. DE MUESTRA	COND. DE MUESTRA	COND. DE MUESTRA		
1	ART JA 05	18/02/2021	14:00	AR 3	-	X	X	X	X					T = 15 °C
2	ART JA 05	18/02/2021	14:20	AR 3	-	X	X	X	X					T = 16 °C
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

TIPO DE MATRIZ (1)

AN: AGUA NATURAL
 1. Subterránea 1.5. Mineralizada 3.2. Fervida 3. Superficial 1.2. Río 1.3. Laguna / lago
 AD: AGUA RESIDUAL
 4. Efluente 4. Residual 1. Municipal
 ACU: AGUA PURA USO Y CONSUMO DOMESTICO
 5. Agua de Beber (Efluente Tratado / Agua de Mesa / Agua Embotellada)
 6. Agua de Piscina 8. Agua de Laguna Artificial
 SA: AGUA SALINA
 9. Agua de Mar 10. Agua Salada 11. Salinera 12. Agua de Inyección e Infiltración

APT: AGUA DE PROCESO
 13. Agua de drenaje o rebasamiento 14. Agua de abastecimiento para riego
 15. Agua de alimentación para calderas 16. Agua de Calderas
 17. Agua de Tratamiento 18. Agua purificada 19. Agua de Neblina y Niebla

EQUIPOS DE CAMPO UTILIZADOS

NOMBRE	MARCA	CONDICIÓN

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO



Medida por recepción de muestra

CONDICIONES DE RECEPCION DE MUESTRAS	C	NC
ESTADO ADECUADO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUESTRA CORRECTAMENTE EMPLACADA Y CONSERVADA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONDICIONES DE RECEPCION DE MUESTRA (TEMPERATURA DE RECEPCION DEL MUESTRO)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONDICIONES DE RECEPCION DE MUESTRA (TEMPERATURA DE RECEPCION DEL MUESTRO)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONDICIONES DE RECEPCION DE MUESTRA (TEMPERATURA DE RECEPCION DEL MUESTRO)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

CONDICIONES DE RECEPCION DE MUESTRA (TEMPERATURA DE RECEPCION DEL MUESTRO) 5.40 °C

CONDICIONES DE RECEPCION DE MUESTRA (TEMPERATURA DE RECEPCION DEL MUESTRO) TEMPERATURA EMA-31

OBSERVACIONES

1. EMITIR INFORME A NOMBRE DE: BEATRIZ DAMARIS PARELAS QUIMCHO
 DPTO: TAMBORON
 PASAJE ARRIVAL 180, ROSARIO EL TAMBO, LIMA
 2. EMITIR FACTURA A: FICALAB DEL PERU SAC
 RUC: 2062420882

ANALISTA DE CAMPO / RESPONSABLE DEL MUESTREO

Nombre: BEATRIZ DAMARIS PARELAS QUIMCHO

Fecha: 18/02 Hora: 14:00

FIRMA: *[Firma]*

DATOS DEL CLIENTE / SUPERVISOR

Nombre: ING REVYLA OXFAMA

Fecha: 18/02 Hora: 14:00

FIRMA: *[Firma]*

RECEPCION DE MUESTRAS

Nombre: RONALDO MENDOZA

Fecha: 18/02/21 Hora: 15:00

FIRMA: *[Firma]*

V° B° LAB.

MB: *[Firma]*

FG: *[Firma]*

Certificado

CADENA DE CUSTODIA - CALIDAD DE AGUA

globe

FR-350
18/01/21
-01-04

DATOS DEL SOLICITANTE		PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS		NS	21010565
CLIENTE O RAZÓN SOCIAL	BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO	REFERENCIA	C521020341	Hoja :	...DE...01...
DIRECCIÓN:	PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO - JUNÍN	NOMBRE DEL PROYECTO	SERVICIO DE ENSAYOS DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA	TOMA DE MUESTRA POR	
CONTACTO:	BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO / PATRICIA ALANIA	DISTRITO / PROVINCIA / DPTO.	HUANCAYO - JUNIN	CERTIFICACION	<input type="checkbox"/>
CORREO ELECTRÓNICO:	PATRICIA.ALANIA@INCALAB.COM.PE	ENSAYOS SOLICITADOS		CLIENTE	<input checked="" type="checkbox"/>

ITEM	ESTACIÓN	FECHA	HORA	TIPO DE MATRIZ (1)	GEOREFERENCIA (UTM WGS84)	ALISTADO (2)	ZONA (3)	ENSAYOS SOLICITADOS				PARÁMETROS INSITU				OBSERVACIONES
								DRDS	DOO	C. Termómetros	pH	pH	OD	ORP	CD	
1	ART-LA 08	24/02/2021	14:00	AR 3	-	-	-	X	X	X	X					17 T° = 15 °C
2	ART-IA 08	24/02/2021	14:20	AR 3	-	-	-	X	X	X	X					18 T° = 15 °C
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																



TIPO DE MATRIZ (1)

AN: AGUA NATURAL
 1. Subterránea 1.1. Manantial 1.2. Terminal 2.1 Río 2.2 Laguna / Lago

AR: AGUA RESIDUAL
 3. Doméstico 4. Industrial 5. Municipal

AC: AGUAS PARA USO Y CONSUMO HUMANO
 6. Agua de bebida (Agua Potable/Agua de Mesa/Agua Emvasada)

7. Agua de Piscina 8. Agua de Laguna Artificial

AS: AGUAS SALINAS
 9. Agua de Mar 10. Aguas Salobres 11. Salmuera 12. Agua de Inyección y Recuperación.

AP: AGUA DE PROLESO
 13. Agua de circulación o enfriamiento 14. Agua de alimentación para calderas
 15. Agua de alimentación para calderas 16. Agua de calderas
 17. Agua de liberación 18. Agua purificada 19. Agua de Inyección y Recuperación.

EQUIPOS DE CAMPO UTILIZADOS		
NOMBRE	MARCA	CODIGO INTERNO

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Denunciado por recepción de muestras

CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	C	NC
ENVASES ADECUADOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUESTRAS DENTRO TIEMPO MÁXIMO DE CONSERVACIÓN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONDICIONES DE PRESERVACIÓN VALOR DE PH	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONDICIONES DE CONSERVACIÓN DEL COLOR T°C	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C: conforme NC: no conforme *5.60* *Tennoregno 044-31*

OBSERVACIONES

1. EMITIR INFORME A NOMBRE DE:
 BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO.
 DNI: 73103909
 PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO, JUNIN.
 2. EMITIR FACTURA A: INCALAB DEL PERU SAC.
 RUC: 20603429563

ANALISTA DE CAMPO / RESPONSABLE DEL MUESTREO

Nombre : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO

Fecha : 24/02 Hora:

FIRMA: *[Firma]*

DATOS DEL CLIENTE / SUPERVISOR

Nombre : ING. REYNA CHIPANA

Fecha : 25/02 Hora:

FIRMA: *[Firma]*

RECEPCIÓN DE MUESTRAS

Nombre : *Pancita Aguilano*

Fecha : 25/02/21 Hora : 11:25

FIRMA: *[Firma]*

V° B° LAB.

MB EQ

[Firma]

Anexo C

Resultados de laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-045



INFORME DE ENSAYO FQ N° 210210-021

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
Muestreo : Realizado por el cliente.
Referencia : NS 21010565
Orden de Trabajo : 00991 . 0221
Cantidad de Muestras : 2
Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
Fecha de Muestreo : 04 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
Fecha de Recepción : 05 de Febrero de 2021
Fecha de Inicio de Ensayos : 05 de Febrero de 2021
Fecha de término de Ensayos : 10 de Febrero de 2021
Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
AR-P1	13:20	-	-	-	-
AR-P2	14:00	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD Test.
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrode Method
Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulado de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.

- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

FR - 02/VII - 03
Página 1 de 2

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente Certificado de Acreditación a:

CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C. - CERTIFICAL S.A.C.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Sucre N° 1361, distrito de Pueblo Libre, provincia de Lima, y departamento de Lima.

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 23 de agosto de 2019

Fecha de Vencimiento: 22 de agosto de 2023

ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0926-2019-INACAL/DA
Contrato N° : 056-2019-INACAL-DA
Registro N° : LE-045

Fecha de emisión: 20 de diciembre de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 02

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210210-021

Código del Cliente		AR-P1		AR-P2	
Descripción del Punto		-		-	
Código de Laboratorio		21010565(1)		21010565(2)	
Tipo de Producto		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)	
Fecha de muestreo		04/02/21		04/02/21	
Hora de muestreo		13:20		14:00	
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	2	-	87	83
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	-	10.6	183.3	136.6
Sólidos suspendidos totales	mg/L	-	4.76	56.70	28.30
pH	Valor de pH	-	-	6.80	6.78
	0.01				

Emitido en Lima, el 10 de Febrero de 2021



CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C.
 Ing. Luis M. Coronado Domínguez
 Info Lab. Físico Químico - Ambiental

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como puntaje del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO MB N° 210209-037

				AR-P1	AR-P2
Código del Cliente					
Descripción del Punto					
Código de Laboratorio				21010565(1)	21010565(2)
Tipo de Producto				AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)
Fecha de muestreo				04/02/21	04/02/21
Hora de muestreo				13:20	14:00
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP / 100 ml	1.8	1.8	17 x 10 ⁴	35 x 10 ⁴

Emitido en Lima, el 09 de Febrero de 2021

CERTIFICACIONES Y CALIDAD SAC

 Rosario Cruzado Vázquez
 Jefe Laboratorio Microbiología
 C.B.P. 6421

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del precepto o del lote enmuestreado(s) no pudiendo entenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

TR-15/10-03
 Página 7 de 7

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210215-029

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
Muestreo : Realizado por el cliente.
Referencia : NS 21010565
Orden de Trabajo : 01117. 0221
Cantidad de Muestras : 2
Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
Fecha de Muestreo : 09 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
Fecha de Recepción : 10 de Febrero de 2021
Fecha de Inicio de Ensayos : 10 de Febrero de 2021
Fecha de término de Ensayos : 15 de Febrero de 2021
Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LAD1	14:10	-	-	-	-
ART-JAG1	14:20	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value, Electrometric Method
Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulado de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.

- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5687-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del pedido o del lote ensayado(s) no pudiendo entenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210215-029

Código del Cliente		ART-LA01		ART-JA01	
Descripción del Punto		-		-	
Código de Laboratorio		21010565(1)		21010565(2)	
Tipo de Producto		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)	
Fecha de muestreo		09/02/21		08/02/21	
Hora de muestreo		14:10		14:20	
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	4	-	79	63
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	-	10.0	164.4	199.9
Sólidos suspendidos totales	mg/L	-	4.2%	12.50	9.60
pH	Valor de pH 0.01	-	-	7.36	7.19

Emitido en Lima, el 15 de Febrero de 2021


 INGENIERA DE QUÍMICA
 INGA LIDIA ESTRELLA DOMÍNGUEZ
 INGENIERA EN FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a (las) muestra(s) del protocolo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

 FR-01/VA-02
 Página 2 de 2

INFORME DE ENSAYO MB N° 210213-024

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
Muestreo : Realizado por el cliente.
Referencia : NS 21010565
Orden de Trabajo : 01117. 0221
Cantidad de Muestras : 2
Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
Fecha de Muestreo : 09 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
Fecha de Recepción : 10 de Febrero de 2021
Fecha de Inicio de Ensayos : 10 de Febrero de 2021
Fecha de término de Ensayos : 13 de Febrero de 2021
Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LA01	14:10	-	-	-	-
ART-JA01	14:20	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Numeración de Coliformos Termotolerantes	SMENW APHA AMWA WEF Part 9221 B (2) y 9221 E (1), 23rd Ed. 2017, Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulado de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.

- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del protocolo o del lote ensayado(s) no pudiendo entenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO MB N° 210209-037

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 155, ROSARIO EL TAMBO
Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
Muestreo : Realizado por el cliente.
Referencia : NS 21010565
Orden de Trabajo : 08991 - 0221
Cantidad de Muestras : 2
Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
Fecha de Muestreo : 04 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
Fecha de Recepción : 05 de Febrero de 2021
Fecha de Inicio de Ensayos : 05 de Febrero de 2021
Fecha de término de Ensayos : 08 de Febrero de 2021
Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
AR-P1	13:20	-	-	-	-
AR-P2	14:00	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Numaración de Coliformos Termotolerantes	SMEWW APHA AWWA WEF Part. 9221 B (2) y 9221 E (1), 23rd Ed. 2017. Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.

- (*) AGUJA RESIDUAL: NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del protocolo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO MB N° 210213-024

Código del Cliente	ART-LA01		ART-JA01		
Descripción del Punto					
Código de Laboratorio	21010565(1)		21010565(2)		
Tipo de Producto	AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)		
Fecha de muestreo	09/02/21		09/02/21		
Hora de muestreo	14:10		14:20		
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Numeración de Coliformes Terminales	NMP / 100 ml	1.8	1.8	15 x 10 ³	14 x 10 ³

Emitido en Lima, el 13 de Febrero de 2021

CERTIFICACIONES Y CALIDAD SAC

 Rosario Guadalupe Vásquez
 Jefe Laboratorio Microbiología
 C.B.P. 5421

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210216-014

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
Muestreo : Realizado por el cliente.
Referencia : NS 21010565
Orden de Trabajo : 01153 . 0221
Cantidad de Muestras : 2
Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
Fecha de Muestreo : 10 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
Fecha de Recepción : 11 de Febrero de 2021
Fecha de Inicio de Ensayos : 11 de Febrero de 2021
Fecha de término de Ensayos : 16 de Febrero de 2021
Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LA02	13:50	-	-	-	-
ART-JA02	14:05	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value, Electrometric Method
Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.
- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del producto o del lote ensayado(s) no pudiendo entenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210216-014

				ART-LA02	ART-JA02
Código del Cliente				ART-LA02	ART-JA02
Descripción del Punto				-	-
Código de Laboratorio				21010565(1)	21010565(2)
Tipo de Producto				AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)
Fecha de muestreo				10/02/21	10/02/21
Hora de muestreo				13:50	14:05
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	2	-	68	42
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	-	10.0	153.8	93
Sólidos suspendidos totales	mg/L	-	4.26	22.70	14.80
pH	Valor de pH 0.01	-	-	7.36	7.24

Emitido en Lima, el 16 de Febrero de 2021



CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C.
Eli M. Estrada Domínguez
Ingeniero Físico Químico - Ambiental

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

FR-01 (V. 1.1)
Página 2 de 2

INFORME DE ENSAYO MB N° 210215-032

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
Muestreo : Realizado por el cliente.
Referencia : NS 21010565
Orden de Trabajo : 01153 . 0221
Cantidad de Muestras : 2
Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
Fecha de Muestreo : 10 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
Fecha de Recepción : 11 de Febrero de 2021
Fecha de Inicio de Ensayos : 11 de Febrero de 2021
Fecha de término de Ensayos : 14 de Febrero de 2021
Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LA02	13:50	-	-	-	-
ART-JA02	14:05	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Numeneración de Coliformes Termotolerantes	SMEWW APHA AWWA WEF Part 9221 B (2) y 9221 E (1), 23rd Ed. 2017. Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.

- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA, MUESTREO, PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del protocolo o del lote ensayado(s) no pudiendo obtenerse los resultados de informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO MB N° 210215-032

Código del Cliente		ART-LA02		ART-JA02	
Descripción del Punto		-		-	
Código de Laboratorio		21010565(1)		21010565(2)	
Tipo de Producto		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)	
Fecha de muestreo		10/02/21		10/02/21	
Hora de muestreo		13:50		14:05	
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP / 100 ml	15	15	90 x 10 ⁴	84 x 10 ⁴

Emitido en Lima, el 15 de Febrero de 2021

CERTIFICACIONES Y CALIDAD SAC

 Rosario Cruzado Viquez
 Jefe Laboratorio Microbiología
 C.B.P. 6421

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210217-015

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
Muestreo : Realizado por el cliente.
Referencia : NS 21010565
Orden de Trabajo : 01188 - 0221
Cantidad de Muestras : 2
Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
Fecha de Muestreo : 11 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
Fecha de Recepción : 12 de Febrero de 2021
Fecha de Inicio de Ensayos : 12 de Febrero de 2021
Fecha de término de Ensayos : 17 de Febrero de 2021
Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LA03	13:50	-	-	-	-
ART-JA03	14:10	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value, Electrometric Method
Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.
- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-650 5667-10 2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del protocolo o del lote ensayado(s) no pudiendo entenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210217-015

				ART-LA03	ART-JA03
Código del Cliente				ART-LA03	ART-JA03
Descripción del Punto				-	-
Código de Laboratorio				21010585(1)	21010585(2)
Tipo de Producto				AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)
Fecha de muestreo				11/02/21	11/02/21
Hora de muestreo				13:50	14:10
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Demanda bicuímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	2	-	22	14
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	-	10.0	47.1	31.9
Sólidos suspendidos totales	mg/L	-	4.26	34.70	32.20
pH	Valor de pH 0.01	-	-	7.30	7.15

Emitido en Lima, el 17 de Febrero de 2021



CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C.
Inga Lili M. Escobar Arminjuez
Ingeniera en Física Química - Ambiental

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) de protocolo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados de informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

PR-02/16-18
Página 2 de 2

INFORME DE ENSAYO MB N° 210216-040

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
Muestreo : Realizado por el cliente.
Referencia : NS 21010565
Orden de Trabajo : 01188 . 0221
Cantidad de Muestras : 2
Presentación : Fresco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
Fecha de Muestreo : 11 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
Fecha de Recepción : 12 de Febrero de 2021
Fecha de Inicio de Ensayos : 12 de Febrero de 2021
Fecha de término de Ensayos : 15 de Febrero de 2021
Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LA03	13:50	-	-	-	-
ART-JA03	14:10	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Enumeración de Coliformos Termotolerantes	SMEWW APHA AWWA WEF Part 9221 B (2) y 9221 E (1), 23rd Ed. 2017. Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique. Fecal Coliform Procedure. Thermal-tolerant Coliform Test (EC Medium)

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.
- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5687-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo entenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210222-033

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 185, ROSARIO EL TAMBO
Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junín
Muestreo : Realizado por el cliente.
Referencia : NS 21010565
Orden de Trabajo : 01330 , 0221
Cantidad de Muestras : 2
Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
Fecha de Muestreo : 16 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
Fecha de Recepción : 17 de Febrero de 2021
Fecha de Inicio de Ensayos : 17 de Febrero de 2021
Fecha de término de Ensayos : 22 de Febrero de 2021
Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LA04	13:05	-	-	-	-
ART-JA04	14:20	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electronic Method
Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017. Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.

- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210222-033

Código del Cliente		ART-LAD4		ART-JAD4	
Descripción del Punto		-		-	
Código de Laboratorio		21010565(1)		21010565(2)	
Tipo de Producto		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)	
Fecha de muestreo		16/02/21		16/02/21	
Hora de muestreo		13:05		14:20	
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	2	-	80	66
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	-	100	176,7	148,7
Sólidos suspendidos totales	mg/L	-	426	32,90	30,70
pH	Valor de pH 0,01	-	-	7,31	7,33

Emitido en Lima, el 22 de Febrero de 2021



CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C.
 Ing. Luis M. Larrea Arminquizar
 Inge. Lab. Físico Químico - Ambiental

INFORME DE ENSAYO MB N° 210220-014

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
 Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
 Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
 Muestreo : Realizado por el cliente.
 Referencia : NS 21010565
 Orden de Trabajo : 01330 . 0221
 Cantidad de Muestras : 2
 Presentación : Fresco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
 Fecha de Muestreo : 16 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
 Fecha de Recepción : 17 de Febrero de 2021
 Fecha de Inicio de Ensayos : 17 de Febrero de 2021
 Fecha de término de Ensayos : 20 de Febrero de 2021
 Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LAD4	13:05	-	-	-	-
ART-JAD4	14:20	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Numeración de Coliformes Termotolerantes	SMEWW APHA AWWA WEF Part 9221 B (2) y 9221 E (1), 23rd Ed. 2017. Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.
- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) de probación o de lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido ensayado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como verificación de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210223-003

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
Muestreo : Realizado por el cliente.
Referencia : NS 21010565
Orden de Trabajo : 01384 - 0221
Cantidad de Muestras : 2
Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa resca y botellas pet
Fecha de Muestreo : 17 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
Fecha de Recepción : 18 de Febrero de 2021
Fecha de Inicio de Ensayos : 18 de Febrero de 2021
Fecha de término de Ensayos : 23 de Febrero de 2021
Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LA05	14:00	-	-	-	-
ART-JA05	14:15	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value, Electrometric Method

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.
- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del protocolo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210223-003

				ART-LA05	ART-JA05
Código del Cliente				ART-LA05	ART-JA05
Descripción del Punto				-	-
Código de Laboratorio				21010565(1)	21010565(2)
Tipo de Producto				AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)
Fecha de muestra				17/02/21	17/02/21
Hora de muestreo				14:00	14:15
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	2	-	65	37
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	-	10.0	137.4	95.3
pH	Valor de pH 0.01	-	-	7.17	7.25

Emitido en Lima, el 23 de Febrero de 2021



CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C.
Cecilia Gutierrez
Prof. Edilberto Estrada
Instituto Tecnológico de Lima - Perú

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

FR-02 (V1)-02
Página 2 de 2

INFORME DE ENSAYO MB N° 210222-081

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
 Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
 Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
 Muestreo : Realizado por el cliente.
 Referencia : NS 21010565
 Orden de Trabajo : 01384 . 0221
 Cantidad de Muestras : 2
 Presentación : Fresco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
 Fecha de Muestreo : 17 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
 Fecha de Recepción : 18 de Febrero de 2021
 Fecha de Inicio de Ensayos : 18 de Febrero de 2021
 Fecha de término de Ensayos : 21 de Febrero de 2021
 Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LADS	14:00	-	-	-	-
ART-JAOS	14:15	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Numeración de Coliformos Termotolerantes	SMEIWW APHA AWWA WEF Part 9221 B (2) y 9221 E (1), 23rd Ed. 2017. Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.

- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del protocolo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

FR-45710-03
 Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYO MB N° 210222-081

Código del Cliente	ART-LA05		ART-JA05		
Descripción del Punto	-		-		
Código de Laboratorio	21010565(1)		21010565(2)		
Tipo de Producto	AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)		
Fecha de muestreo	17/02/21		17/02/21		
Hora de muestreo	14:00		14:15		
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP / 100 ml	1.8	3.6	86×10^4	79×10^4

Emitido en Lima, el 22 de Febrero de 2021

CERTIFICACIONES Y CALIDAD SAC

 Rosario Quispe Vásquez
 Jefe Laboratorio Microbiología
 C.B.P. 6421

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210224-017

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
 Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
 Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
 Muestreo : Realizado por el cliente.
 Referencia : NS 21010565
 Orden de Trabajo : 01410 - 0221
 Cantidad de Muestras : 2
 Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
 Fecha de Muestreo : 16 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
 Fecha de Recepción : 19 de Febrero de 2021
 Fecha de Inicio de Ensayos : 19 de Febrero de 2021
 Fecha de Término de Ensayos : 24 de Febrero de 2021
 Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Término	Norte	Este	
ART-LAD6	14:00	-	-	-	-
ART-JAD6	14:20	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5 Day BOD Test.
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value, Electrometric Method

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.
- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del protocolo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210224-017

				ART-LA06	ART-JA06
Código del Cliente					
Descripción del Punto				-	-
Código de Laboratorio				21010565(1)	21010565(2)
Tipo de Producto				AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)
Fecha de muestreo				18/02/21	18/02/21
Hora de muestreo				14:00	14:20
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	2	*	20	13
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	-	10.0	32.8	32.9
pH	Valor de pH 0.01	-	*	7.35	7.31

Emitido en Lima, el 24 de Febrero de 2021



CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C.
Lima, Perú
Ing. Edil M. Estrada Domínguez
Lima - La Florida - Chicla - Agribentur

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden sólo a la(s) muestra(s) del producto o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido ensalada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

FR - 06/04-18
Página 2 de 2

INFORME DE ENSAYO MB N° 210222-082

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
 Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
 Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
 Muestreo : Realizado por el cliente.
 Referencia : NS 21010565
 Orden de Trabajo : 01410 - 0221
 Cantidad de Muestras : 2
 Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
 Fecha de Muestreo : 18 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
 Fecha de Recepción : 19 de Febrero de 2021
 Fecha de Inicio de Ensayos : 19 de Febrero de 2021
 Fecha de término de Ensayos : 22 de Febrero de 2021
 Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LA06	14:00	-	-	-	-
ART-JA06	14:20	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Numeración de Coliformes Termotolerantes	SMEWW APHA AWWA WEF Part 9221 B (2) y 9221 E (1), 23rd Ed. 2017. Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.

- (**) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.

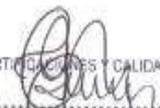


Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO MB N° 210222-082

Código del Cliente		ART-LA06		ART-JA06	
Descripción del Punto		-		-	
Código de Laboratorio		21010565(1)		21010565(2)	
Tipo de Producto		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)	
Fecha de muestreo		18/02/21		18/02/21	
Hora de muestreo		14:00		14:20	
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Numación de Coliformes Termotolerantes	NMP / 100ml	1,8	1,8	50 x 10 ⁴	26 x 10 ⁴

Emitido en Lima, el 22 de Febrero de 2021


 CERTIFICACIONES Y CALIDAD SAC
 Rosalio Grados Vázquez
 Jefe Laboratorio Microbiología
 C.B.P. 6421

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210301-003

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
 Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
 Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancaayo-Junín
 Muestreo : Realizado por el cliente.
 Referencia : NS 21010565
 Orden de Trabajo : 01548 . 0221
 Cantidad de Muestras : 2
 Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
 Fecha de Muestreo : 23 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
 Fecha de Recepción : 24 de Febrero de 2021
 Fecha de Inicio de Ensayos : 24 de Febrero de 2021
 Fecha de término de Ensayos : 01 de Marzo de 2021
 Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LA07	13:50	-	-	-	-
ART-JA07	14:20	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrodeic Method

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.
- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210301-003

ENSAYOS		UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Código del Cliente			ART-LA07		ART-JA07	
Descripción del Punto			-		-	
Código de Laboratorio			21010565(1)		21010565(2)	
Tipo de Producto			AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)	
Fecha de muestreo			23/02/21		23/02/21	
Hora de muestreo			13:50		14:20	
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)		mg/L	2	-	86	87
Demanda Química de oxígeno (DQO)		mg/L	-	10.0	160.3	137.4
pH		Valor de pH 0.01	-	-	7.35	7.32

Emitido en Lima, el 01 de Marzo de 2021



CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C.
Ing. Edil M. Estrada Domínguez
Jefe Lab. Físico Químico - Ambiental

INFORME DE ENSAYO MB N° 210227-030

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
 Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
 Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
 Muestreo : Realizado por el cliente.
 Referencia : NS 21010565
 Orden de Trabajo : 01548 . 0221
 Cantidad de Muestras : 2
 Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
 Fecha de Muestreo : 23 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
 Fecha de Recepción : 24 de Febrero de 2021
 Fecha de Inicio de Ensayos : 24 de Febrero de 2021
 Fecha de término de Ensayos : 27 de Febrero de 2021
 Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LA07	13:50	-	-	-	-
ART-JA07	14:20	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Numeración de Coliformos Termotolerantes	SMEWW APHA AWWA WEF Part 8221 B (2) y 9221 E (1), 23rd Ed. 2017. Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es reglado de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.
- (**) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5657-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO MB N° 210227-030

Código del Cliente	ART-LA07		ART-JA07
Descripción del Punto	-		-
Código de Laboratorio	21010565(1)		21010565(2)
Tipo de Producto	AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)
Fecha de muestreo	23/02/21		23/02/21
Hora de muestreo	13:50		14:20
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.
Numaración de Coliformes Termotolerantes	NMP / 100 ml	1.5	1.6
			RESULTADOS
			15 x 10 ³
			15 x 10 ³

Emitido en Lima, el 27 de Febrero de 2021

CERTIFICACIONES Y CALIDAD SAC

 Rosario Cruzado Viquez
 Jefe Laboratorio Microbiología
 C.B.P. 6421

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210302-016

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
 Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
 Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
 Muestreo : Realizado por el cliente.
 Referencia : NS 21010595
 Orden de Trabajo : 01578 - 0221
 Cantidad de Muestras : 2
 Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
 Fecha de Muestreo : 24 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
 Fecha de Recepción : 25 de Febrero de 2021
 Fecha de Inicio de Ensayos : 25 de Febrero de 2021
 Fecha de término de Ensayos : 02 de Marzo de 2021
 Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LA08	14:00	-	-	-	-
ART-JA08	14:20	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
pH	SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H++ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.

- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

PH-05/16-03
 Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210302-016

Código del Cliente				ART-LA08	ART-JA08
Descripción del Punto				-	-
Código de Laboratorio				21010565(1)	21010565(2)
Tipo de Producto				AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)
Fecha de muestreo				24/02/21	24/02/21
Hora de muestreo				14:00	14:20
ENSAYOS	UNIDAD	L.O.	L.C.	RESULTADOS	
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	2	-	69	31
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	-	10.0	114.3	61.6
pH	Valor de pH 0.01	-	-	7.31	7.29

Emitido en Lima, el 02 de Marzo de 2021


 CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C.
 Estelita M. Estrada Domínguez
 Inge. Estelita M. Estrada Domínguez
 Jefe Lab. Físico Químico - Ambiental

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO MB N° 210301-054

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
Muestreo : Realizado por el cliente.
Referencia : NS 21010565
Orden de Trabajo : 01578 . 0221
Cantidad de Muestras : 2
Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
Fecha de Muestreo : 24 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
Fecha de Recepción : 25 de Febrero de 2021
Fecha de Inicio de Ensayos : 25 de Febrero de 2021
Fecha de término de Ensayos : 28 de Febrero de 2021
Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LA08	14:00	-	-	-	-
ART-JA08	14:20	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Numeración de Coliformes Termotolerantes	SMEIWW APHA AWWA WEF Part 9221 B (2) y 9221 E (1), 23rd Ed. 2017, Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Fermentation Technique, Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.
- (*) AGUA RESIDUAL NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.

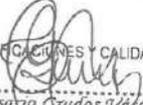


Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del protocolo o del lote ensayado(s) no pudiendo entenderse los resultados del Informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO MB N° 210301-054

Código del Cliente				ART-LA08	ART-JA08
Descripción del Punto				-	-
Código de Laboratorio				21010565(1)	21010565(2)
Tipo de Producto				AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)
Fecha de muestreo				24/02/21	24/02/21
Hora de muestreo				14:00	14:20
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Numeraion de Coliformes Termotolerantes	NMP / 100 ml	1.8	1.8	79 x 10 ³	57 x 10 ³

Emitido en Lima, el 01 de Marzo de 2021


 CERTIFICACIONES Y CALIDAD SAC
 Rosario Quispe Vásquez
 Jefe Laboratorio Microbiología
 C.B.P. 6421

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210303-013

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
Muestreo : Realizado por el cliente.
Referencia : NS 21010566
Orden de Trabajo : 01614 . 0221
Cantidad de Muestras : 2
Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
Fecha de Muestreo : 25 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
Fecha de Recepción : 26 de Febrero de 2021
Fecha de Inicio de Ensayos : 26 de Febrero de 2021
Fecha de término de Ensayos : 03 de Marzo de 2021
Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LA09	14.00	-	-	-	-
ART-JA09	14.20	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Demanda bioquímica de oxígeno (DB O5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210.B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test.
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD), Closed Reflux, Colorimetric Method
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.
- (*) AGUA RESIDUAL, NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA, MUESTREO, PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO FQ N° 210303-013

				ART-LA09	ART-JA09
Código del Cliente					
Descripción del Punto					
Código de Laboratorio				21010565(1)	21010565(2)
Tipo de Producto				AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)	AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)
Fecha de muestreo				25/02/21	25/02/21
Hora de muestreo				14:00	14:20
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Demanda bioquímica de oxígeno (DBDS)	mg/L	2	-	23	15
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	-	100	51.2	38.1
pH	Valor de pH 0.01	-	-	7.32	7.22

Emitido en Lima, el 03 de Marzo de 2021



CERTIFICACIONES Y CALIDAD S.A.C.
Prof. Edil M. ...
Instituto de Física Química y Ambiental

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

FR-013 v.01
Página 2 de 2

INFORME DE ENSAYO MB N° 210301-119

Nombre del Cliente : BEATRIZ DAMARIS PAREJAS QUINCHO
Dirección de la Empresa : PASAJE ARMAS 165, ROSARIO EL TAMBO
Solicitado por : INCALAB DEL PERU S.A.C.

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : Huancayo-Junin
Muestreo : Realizado por el cliente.
Referencia : NS 21010565
Orden de Trabajo : 01614 . 0221
Cantidad de Muestras : 2
Presentación : Frasco de vidrio estéril con tapa rosca y botellas pet
Fecha de Muestreo : 25 de Febrero de 2021 (Dato proporcionado por el solicitante)
Fecha de Recepción : 26 de Febrero de 2021
Fecha de Inicio de Ensayos : 26 de Febrero de 2021
Fecha de término de Ensayos : 01 de Marzo de 2021
Condiciones de Recepción : En buen estado a temperatura de refrigeración

Puntos de Muestreo	Hora de Muestreo		Coordenadas		Altitud
	Inicio	Termino	Norte	Este	
ART-LA09	14:00	-	-	-	-
ART-JA09	14:20	-	-	-	-

MÉTODOS DE ENSAYO

DETERMINACIÓN	NORMA
Numaración de Coliformes Termotolerantes	SMEW/ APHA AWWA WEF Part 9221 B (2) y 9221 E (1), 23rd Ed. 2017. Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

Observaciones:

- Este Informe de Ensayo tiene validez solo para la muestra descrita, por un periodo de 180 días a partir de la fecha de emisión del documento y es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal.
- (*) AGUA RESIDUAL: NTP-ISO 5667-10:2012 CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. PARTE 10: GUÍA PARA EL MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.



Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del protocolo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

INFORME DE ENSAYO MB N° 210301-119

Código del Cliente	ART-LA09		ART-JA09		
Descripción del Punto	-				
Código de Laboratorio	21010565(1)		21010565(2)		
Tipo de Producto	AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)		AGUA RESIDUAL (DOMESTICA)		
Fecha de muestreo	25/02/21		25/02/21		
Hora de muestreo	14:00		14:20		
ENSAYOS	UNIDAD	L.D.	L.C.	RESULTADOS	
Numeración de Coliformes Termotolerantes	NMP / 100 ml	1.8	1.8	47 x 10 ⁴	32 x 10 ⁴

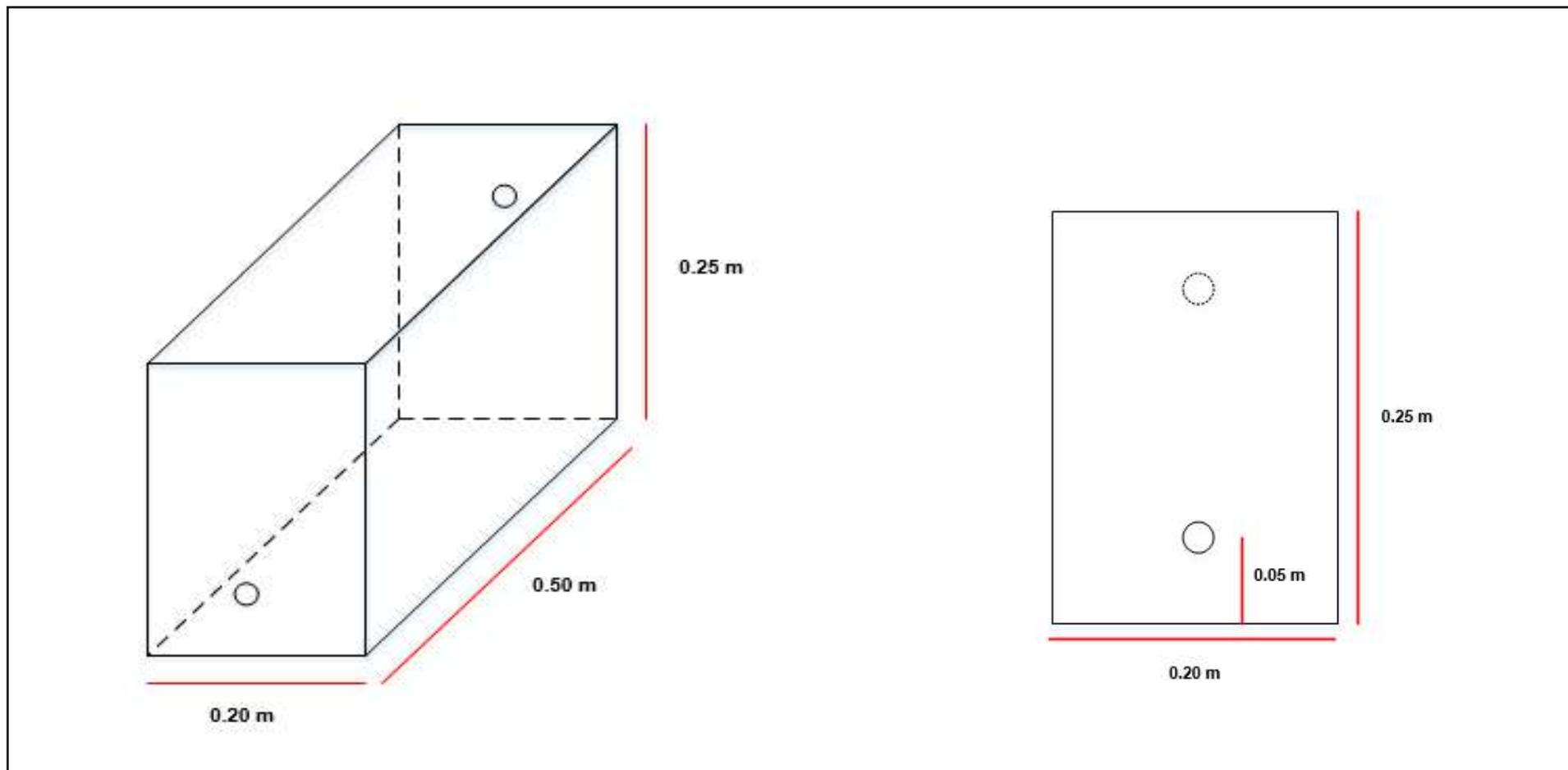
Emitido en Lima, el 01 de Marzo de 2021

CERTIFICACIONES Y CALIDAD SAC

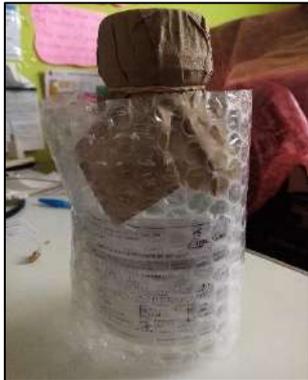
 Rosario Grados Viquez
 Jefe Laboratorio Microbiología
 C.B.P. #421

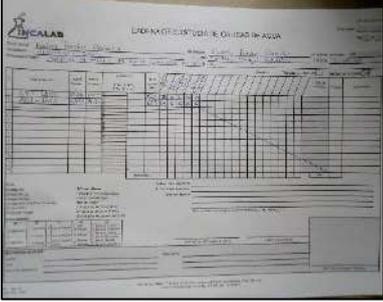
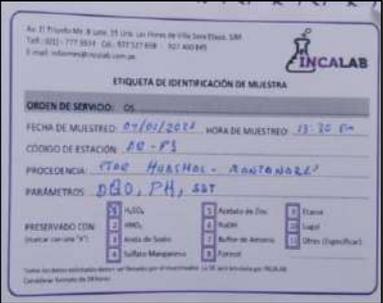
Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad de CERTIFICAL S.A.C. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo entenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producción o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME.

Anexo D
Prototipo



Dimensiones de los recipientes de vidrio

Material monitoreo	Imagen
Cooler	
Fascos de plástico blanco de 1 litro	
Fascos de plástico blanco de ½ litro	
Fascos de vidrio estéril de ½ litro	

<p>Botella de 20 ml de preservante H_2SO_4</p>	
<p>Gel Ice pack</p>	
<p>Cadena de custodia</p>	
<p>Etiquetas de identificación de muestra</p>	

Equipos de protección personal
(Guantes de nitrilo, cubreboca, toca)



Material Prototipo	imagen
Tacho de agua de 150 litros	
Mangueras de ½ pulgada	
Recipientes de vidrio	
Válvulas y llave de paso de ½ pulgada	

<p>Reguladores de ½ pulgada (válvulas de compuerta)</p>	
<p>Teflón</p>	
<p>Pegamento para PVC</p>	
<p>Accesorios PVC de ½ pulgada "Codo"</p>	
<p>Accesorios PVC de ½ pulgada "Tee"</p>	

Accesorios PVC de ½ pulgada
"Uniones"



Anexo E
Fotografías



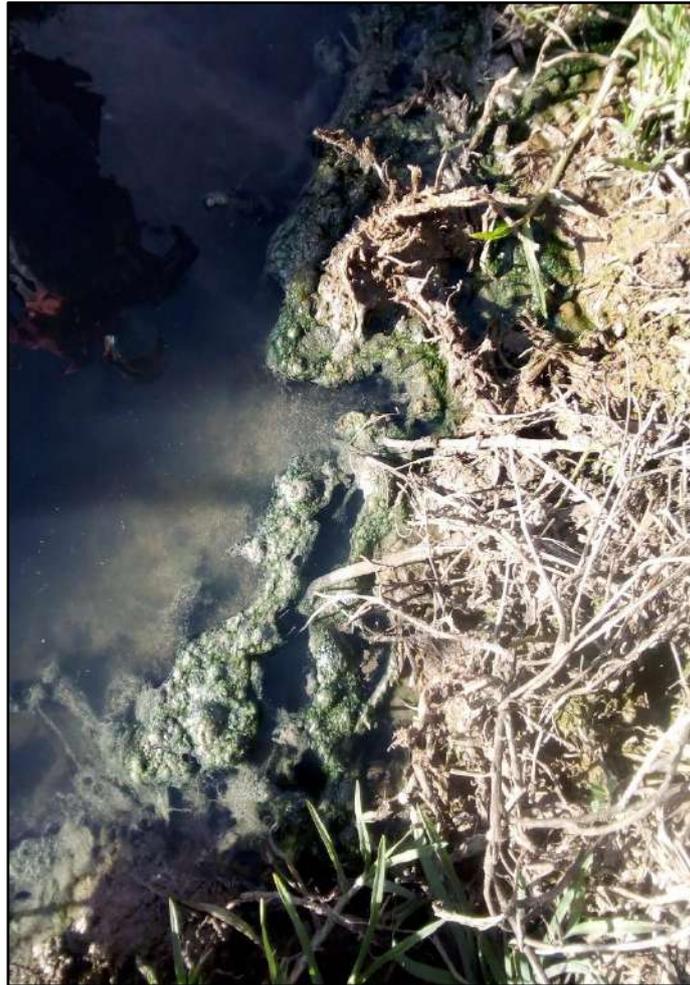
Visita a campo



Presencia de natas en las lagunas



Agua tratada en medio del regadío



Canal de riego con natas verdosas



Toma de coordenadas en el primer punto a analizar

Rellenado de la cadena de custodia en el primer punto





Toma de muestra para la DBO en el primer punto



Aplicación del ácido sulfúrico para la muestra de la DQO



Toma de muestra para coliformes termotolerantes en el primer punto

Etiquetado de los envases del primer punto





Toma de muestra de la DBO en el segundo punto



Etiquetado de los envases



Toma de muestra para la DQO en el segundo punto



Toma de muestra para coliformes termotolerantes en el segundo punto



Etiquetado de los envases en el segundo punto



Materiales de monitoreo culminado



Agujereado del balde de almacén de agua residual



Aplicación de la válvula en el balde



Instalación de las tuberías para los dos recipientes



Instalación de las tuberías



Aplicación de las macrofitas



Prototipo instalado



Llenado del balde almacén del agua residual



Llenado de la cadena de custodia para el primer día de monitoreo de la primera semana



Materiales para el monitoreo de la primera semana



Toma de muestra de la DBO



Toma de muestra para coliformes termotolerantes de la primera semana



Aseguramiento de las muestras terminadas



Embalado para el envío a la agencia de la primera semana



Agua tratada en el tercer día de la primera semana



Llenado de los baldes para almacenar en la segunda semana



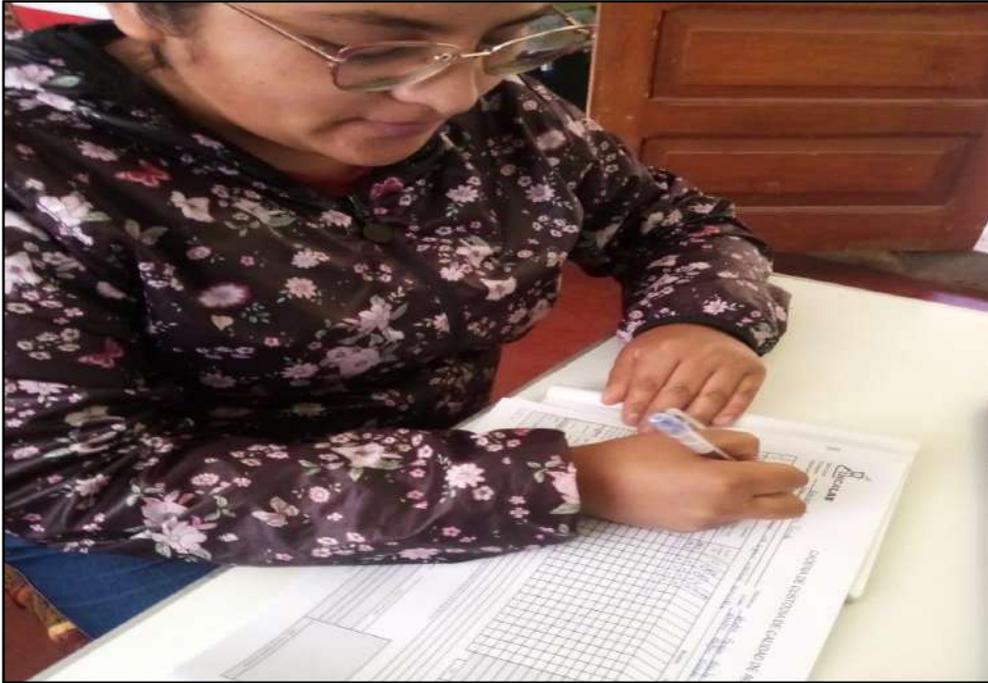
Aseguramiento de los baldes para el traslado en la segunda semana



Vaciado de los baldes de 20 l al balde de 150 l para almacenar en la segunda semana



Rellenado de las etiquetas para los envases de la segunda semana



Rellenado de la cadena de custodia para el envío con las muestras de la segunda semana



Toma de la temperatura sobre las macrofitas de la segunda semana



Toma de muestra de la DQO y aplicación de ácido sulfúrico de la segunda semana



Toma de muestra de la DBO de la segunda semana



Embalado de las muestras en el cooler de la segunda semana



Agua residual sedimentando en el segundo día de la segunda semana



Rizofiltración del jacinto de agua en el tercer día de la segunda semana



Rizofiltración de la lechuga de agua en el tercer día de la segunda semana



Llenado de baldes para almacenamiento de la tercera semana



Aseguramiento de los baldes para el transporte



Vaciado de los baldes de 20 l al balde de 150 l para almacenamiento de la tercera semana



Toma de temperatura en los recipientes de las macrofitas



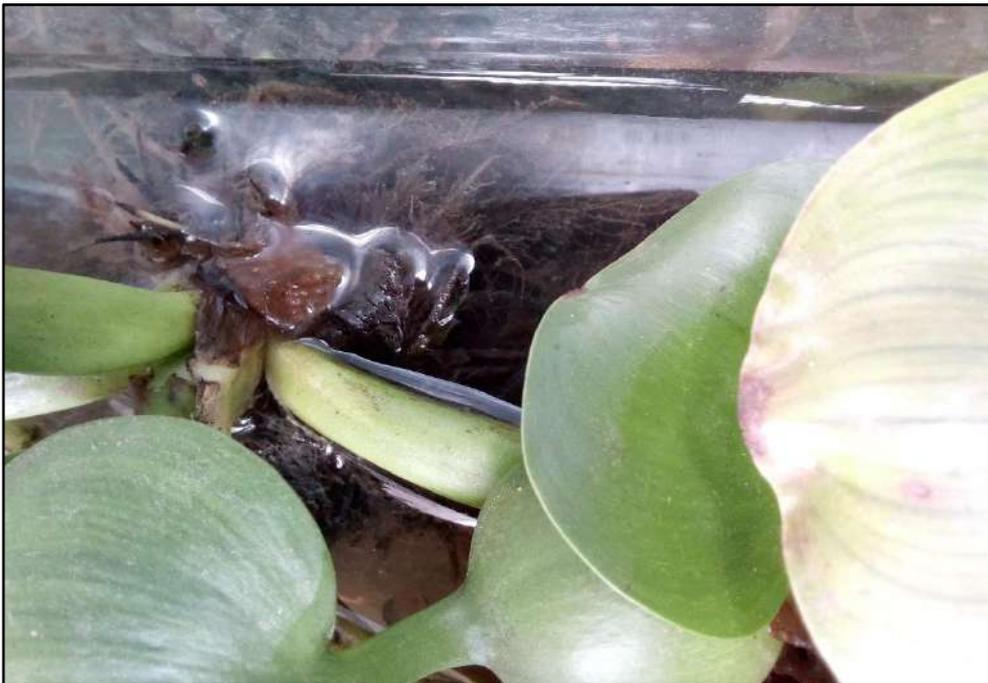
Toma de muestra para la DBO en la tercera semana



Toma de muestra para coliformes termotolerantes en la tercera semana



Materiales llenados para envío a la agencia en la tercera semana



Agua tratada en el tercer día de la tercera semana del jacinto de agua



Agua tratada en el tercer día de la tercera semana de la lechuga de agua