



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Eficiencia de las especies *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de coliformes termotolerantes presentes en el río Huaura

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores

Anggie Fernanda Estrada Yauri

Manuel Jesus Maguiña Cenas

Asesora

Mg. María del Rosario Grados Olivera

Huacho - Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Estrada Yauri Anggie Fernanda	75878866	21/12/2023
Maguiña Cenas Manuel Jesus	72621034	21/12/2023
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Grados Olivera María del Rosario	15736587	0000-0002-3004-0252
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS Y	DNI	CÓDIGO ORCID
Alvites Vigo Segundo Rolando	26620605	0000-0002-6243-079X
Chavez Barbery Luis Miguel	15759159	0000-0001-7816-1582
Mendez Izquierdo Tania Ivette	46925087	0000-0002-2473-4610

Eficiencia de las especies Lemna minor y Eichhornia crassipes en la remoción de coliformes termotolerantes presentes en el río Huaura

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	16%	7%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	www.redalyc.org Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
6	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1%

TÍTULO

**“EFICIENCIA DE LAS ESPECIES *Lemna minor* Y *Eichhornia crassipes* EN LA
REMOCIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL
RÍO HUAURA”**

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis respetados padres Miguel Ángel y Judith Margarita, quiénes siempre me apoyan en cada paso que he realizado durante mis años académicos y a lo largo de mi vida, ellos son el motivo principal por el cual sigo adelante. A mis hermanas Romina y Luana, que siempre me demuestran su apoyo fraternal en todo aspecto y es por ellas que también trato de ser una mejor persona y profesional en el día a día. A mi colega y pareja de tesis Manuel, por sus palabras de motivación para seguir y salir adelante con este propósito, además de su apoyo constante en todo el desarrollo del presente estudio. Por último, se la dedico a mi mascota Chester por siempre acompañarme y desvelarse a mi lado durante mis años de estudio universitario.

Anggie Fernanda

A mis padres, Manuel y Graciela, por inculcarme valores y principios a lo largo de mi corta existencia para ser mejor persona y profesional, al igual que por enseñarme cómo actuar frente a los obstáculos de la vida. Todo esto con una enorme dosis de amor y paciencia.

A mi hermano, Raúl, por su apoyo incondicional y sus atinados consejos en los momentos cruciales de mi vida.

A mi compañera de tesis, Anggie, por su tolerancia, comprensión, empeño, fuerza, y entrega para hacerme reaccionar cuando pensaba que no podía continuar a fin de alcanzar el equilibrio que me permita dar todo mi potencial.

Finamente quiero dedicar esta tesis a mi leal compañero de cuatro patas, Maximus, por su desinteresada compañía hasta altas horas de la madrugada cuidándome y dándome todo su cariño.

Manuel Jesus

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por brindarnos suficiente salud para poder llegar hasta estas instancias de la vida. A los docentes de nuestra casa superior de estudios por guiarnos en toda nuestra carrera universitaria y convertirnos en profesionales de bien. A nuestros padres por otorgarnos su apoyo incondicional durante todo en este proceso. También agradecemos a nuestra asesora la Mg. María del Rosario Grados Olivera por la aceptación y orientación de nuestra tesis. Finalmente, a la Mg. Yennifeer Yuliana Arévalo Villafuerte por ser una mentora más al transmitirnos su experiencia y conocimientos durante todo el desarrollo de la presente investigación.

Anggie y Manuel

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Formulación del problema	2
1.2.1 Problema general.....	2
1.2.2 Problemas específicos.....	2
1.3 Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4 Justificación de la investigación.....	3
1.5 Delimitación del estudio	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes de la investigación.....	5
2.1.1 Antecedentes internacionales	5
2.1.2 Antecedentes nacionales	6
2.2 Bases teóricas.....	8
2.2.1 Eficiencia de plantas macrófitas	8
2.2.1.1 Fitorremediación con la especie <i>Lemna minor</i>	8
2.2.1.2 Fitorremediación con la especie <i>Eichhornia crassipes</i>	9

2.2.2 Remoción de coliformes termotolerantes.....	10
2.2.2.1 Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua superficial..	10
2.2.2.2 Eficiencia del tratamiento.	12
2.3 Definición de términos básicos.....	13
2.4 Hipótesis de investigación.....	16
2.4.1 Hipótesis general	16
2.4.2 Hipótesis específicas	16
2.4 Operacionalización de las variables	17
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	18
3.1 Gestión del experimento	18
3.1.1 Ubicación.....	18
3.1.2 Características del área experimental	18
3.1.3 Tratamientos.....	19
3.1.4 Diseño experimental	21
3.1.5 Variables a evaluar.....	22
3.1.6 Conducción del experimento	22
3.1.6.1 Etapas del experimento.	23
3.2 Técnicas para el procesamiento de la información	36
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	37
4.1 Análisis de resultados	37
4.1.1 Eficiencia del <i>Lemna minor</i> en la remoción de CT después de haber sido empleado el tratamiento.	37
4.1.2 Eficiencia del <i>Eichhornia crassipes</i> en la remoción de CT después de haber sido empleado el tratamiento.	39
4.1.3 Porcentaje de remoción de los Coliformes termotolerantes después de emplear los dos tratamientos.....	41

4.1.4 Comparación de la eficiencia del <i>Lemna minor</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en la remoción de coliformes termotolerantes	43
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	59
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
6.1 Conclusiones	61
6.2 Recomendaciones	61
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS	63
ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables de la investigación	17
Tabla 2 Tratamientos y control del experimento	20
Tabla 3 Descripción de los tratamientos del experimento.....	21
Tabla 4 Tratamientos con <i>Lemna minor</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>	22
Tabla 5 Variables que se van a evaluar	22
Tabla 6 Estándares de Calidad Ambiental para Agua (Categoría 3: Bebidas para animales y Riego de vegetales).....	35
Tabla 7 Concentraciones de Coliformes termotolerantes comparados con los ECA (<i>L. minor</i>)	37
Tabla 8 Concentraciones de Coliformes termotolerantes comparados con los ECA (<i>E. crassipes</i>).....	39
Tabla 9 Porcentajes de remoción de cada tratamiento	42
Tabla 10 Factor y variables de respuesta.....	45
Tabla 11 Resultados del Análisis de varianza del parámetro pH	52
Tabla 12 Medias obtenidas de los tratamientos en relación con el pH.....	52
Tabla 13 Comparaciones múltiples de Dunnet con un control al 95% de confianza para el pH	52
Tabla 14 Resultados del Análisis de varianza del parámetro T°	54
Tabla 15 Medias obtenidas de los tratamientos en relación con el T°	54
Tabla 16 Comparaciones múltiples de Dunnet con un control al 95% de confianza para la T°	54
Tabla 17 Estadísticas descriptivas del parámetro OD	56
Tabla 18 Prueba Mann-Whitney para comparación de tratamientos (OD)	56
Tabla 19 Estadísticas descriptivas del parámetro CE.....	57
Tabla 20 Prueba Mann-Whitney para comparación de tratamientos (CE).....	57
Tabla 21 Estadísticas descriptivas del parámetro CT	58
Tabla 22 Prueba Mann-Whitney para comparación de tratamientos (CT).....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del río Huaura con el punto de referencia para la toma de muestras.....	18
Figura 2. Croquis del área experimental.....	19
Figura 3. Diseño del recipiente adaptado para realizar los tratamientos.	20
Figura 4. Diagrama con el procedimiento que se llevó a cabo en la investigación.....	23
Figura 5. Recipientes instalados en el área experimental.....	24
Figura 6. Jacinto de agua.....	25
Figura 7. Lenteja de agua.....	25
Figura 8. Baldes rotulados previamente esterilizados.....	26
Figura 9. Recolección de las muestras.....	26
Figura 10. Pasos a seguir para el primer monitoreo.....	26
Figura 11. Medición de los parámetros fisicoquímicos mediante el multiparámetro.....	28
Figura 12. Rotulado de frascos.....	29
Figura 13. Llenado de frascos para su respectivo análisis.....	29
Figura 14. Almacenamiento y conservación de las muestras.....	30
Figura 15. Aplicación de las macrófitas en el sistema de tratamiento.....	31
Figura 16. Pesado de la Lenteja de agua.....	32
Figura 17. Pesado del Jacinto de agua.....	32
Figura 18. Colocación de la Lenteja de agua en el recipiente.....	32
Figura 19. Colocación del Jacinto de agua en el recipiente.....	33
Figura 20. Medición de parámetros.....	34
Figura 21. Llenado de frascos.....	34
Figura 22. Almacenamiento de frascos.....	34
Figura 23. Pasos que se realizaron en la prueba estadística.....	36
Figura 24. Concentraciones de los CT antes y después de empleado el Tratamiento 1, además comparado con los ECA.....	38
Figura 25. Concentraciones de los CT antes y después de empleado el Tratamiento 2, además comparado con los ECA.....	40
Figura 26. Porcentajes de remoción con su respectiva unidad experimental de cada tratamiento.....	42

Figura 27. Variación de las concentraciones de Coliformes termotolerantes comparados con los ECA (categoría 3).	44
Figura 28. Gráfica de probabilidad con los datos del parámetro pH (Minitab).....	47
Figura 29. Gráfica de probabilidad con los datos del parámetro T° (Minitab).	48
Figura 30. Gráfica de probabilidad con los datos del parámetro OD (Minitab).....	49
Figura 31. Gráfica de probabilidad con los datos del parámetro CE (Minitab).	50
Figura 32. Gráfica de probabilidad con los datos del parámetro CT(Minitab).	51
Figura 33. ICs simultáneos del 95% de Dunnett para el parámetro pH.	53
Figura 34. ICs simultáneos de 95% de Dunnett para el parámetro T°.	55
Figura 35. Mapa de ubicación del área experimental	69
Figura 36. Check list de materiales y equipos en el primer monitoreo.	70
Figura 37. Check list de materiales y equipos en el segundo monitoreo.....	71
Figura 38. Parámetros de campo tomados en el primer monitoreo.	72
Figura 39. Parámetros de campo tomados en el segundo monitoreo.	73
Figura 40. Datos tomados para la aplicación de las especies en el sistema de tratamiento. 74	
Figura 41. Cadena de custodia del primer monitoreo.....	75
Figura 42. Cadena de custodia del segundo monitoreo.	76
Figura 43. Certificado de calibración del multiparámetro (1/2).	88
Figura 44. Certificado de calibración del multiparámetro (2/2).	89
Figura 45. Certificado de acreditación de Analytical laboratory E.I.R.L.....	90
Figura 46. Medición de parámetros y toma de muestras del primer monitoreo.	91
Figura 47. Instalación del sistema de tratamiento.	91
Figura 48. Medición de parámetros y toma de muestras del segundo monitoreo.	92

RESUMEN

Objetivo: Comparar la eficiencia del *L. minor* y *E. crassipes* en la remoción de coliformes termotolerantes presentes en el río Huaura. **Metodología:** Se realizó un estudio de tipo experimental, donde como primera instancia se recopiló información sobre el comportamiento de los Coliformes termotolerantes en el río Huaura para ver su variación. Se llevaron a cabo 2 tratamientos: Tratamiento 1 “T1” (con *Lemna minor*) y Tratamiento 2 “T2” (con *Eichhornia crassipes*), además de una Prueba control. Cada tratamiento constó de 3 repeticiones, cada repetición contenía una dosis de 1g de la especie por cada litro de agua, es decir, a cada recipiente se añadieron 15L de muestra de agua obtenidas del río Huaura (equivalente a 600 g de dosis en ambos tratamientos), todo ello por un tiempo de retención hidráulica de 20 días. Se realizaron dos monitoreos, en el día 0 y en el día 20, donde se analizaron en campo los parámetros (pH, T°, OD, CE) y se llevó a analizar a un laboratorio acreditado el parámetro C. termotolerantes, además de realizar el proceso estadístico mediante las pruebas ANOVA, Dunnett y U Mann-Whitney a un 95% de nivel de confianza, donde se obtuvo para el parámetro CT mediante la prueba no paramétrica U Mann-Whitney, un p-valor de $0.689 > \alpha = 0.05$ y su valor W de 36.00. **Resultados:** La especie *Lemna minor* obtuvo como mayor porcentaje en eficiencia de sus 3 repeticiones un 98% en Coliformes termotolerantes y la especie *Eichhornia crassipes* obtuvo un 99.7% en el mismo parámetro. **Conclusión:** La especie *E. crassipes* fue la más eficiente pero no fue significativamente diferente de la especie *L. minor*.

Palabras clave: *Lemna minor*, *Eichhornia crassipes*, aguas superficiales, remoción, eficiencia, fitorremediación, coliformes termotolerantes.

ABSTRACT

Objective: To compare the efficiency of *L. minor* and *E. crassipes* in the removal of thermotolerant coliforms present in the Huaura River. **Methodology:** An experimental study was carried out, where information on the behavior of thermotolerant coliforms in the Huaura River was first collected to see their variation. Two treatments were carried out: Treatment 1 "T1" (with *Lemna minor*) and Treatment 2 "T2" (with *Eichhornia crassipes*), in addition to a control test. Each treatment consisted of 3 replicates, each replicate contained a dose of 1g of the species per liter of water, that is, 15L of water sample obtained from the Huaura river (equivalent to 600 g of dose in both treatments) were added to each container, all for a hydraulic retention time of 20 days. Two monitoring were carried out, on day 0 and day 20, where the parameters (pH, T°, OD, EC) were analyzed in the field, and the parameter C. The statistical process was carried out using ANOVA, Dunnett and U Mann-Whitney tests at a 95% confidence level, where a p-value of $0.689 > \alpha = 0.05$ was obtained for the CT parameter using the non-parametric U Mann-Whitney test, and its W value was 36.00. **Results:** The species *Lemna minor* obtained 98% in thermotolerant coliforms as the highest percentage in efficiency of its 3 replicates and the species *Eichhornia crassipes* obtained 99.7% in the same parameter. **Conclusion:** The *E. crassipes* species was the most efficient but was not significantly different from the *L. minor* species.

Key words: *Lemna minor*, *Eichhornia crassipes*, surface water, removal, efficiency, phytoremediation, thermotolerant coliforms.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Las aguas superficiales cercanas a una ciudad o a cualquier actividad humana, son vulnerables a ser contaminadas. Según lo indicado por el Instituto Geológico y Minero de España (2005), a diario se consume alrededor de 400 litros de agua por ciudadano en el ámbito urbano, causando que se originen aguas residuales domésticas en grandes masas. Dichas aguas tienen en su composición grandes cantidades de: materia orgánica, sólidos en suspensión, microorganismos contaminantes y sales disueltas. Además, estos vertidos domésticos, no llegan a tener un tratamiento adecuado cuando son derivados al mar o usados como agua para riego de cultivos, ya que gran parte de éstos son llevados a ríos o a otros cuerpos de agua que son usados para actividades como la agricultura o ganadería. Es por ello que, la mayoría de ríos cercanos a ciudades se encuentran contaminados por agentes microbiológicos afectando el entorno de estas aguas superficiales.

La Autoridad Nacional del Agua (2015) afirma que, el Perú posee una gran abundancia de agua superficial, sin embargo, la calidad de esta es crítica en ciertas regiones del país. El problema con la calidad de agua principalmente emerge a raíz del inadecuado tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales que contienen grandes concentraciones de materia orgánica y sustancias químicas nocivas, el cual tras ser vertidas a los cuerpos naturales de agua deterioran su calidad perjudicando seriamente la salud de los seres vivos que la consumen.

La calidad de las aguas superficiales del río Huaura, se ven afectadas debido a la falta de tratamiento de los vertidos autorizados y no autorizados que desembocan en toda la cuenca. Según la Autoridad Nacional del agua (2021), en su informe de monitoreo N° 0007-2021-ANA sobre la calidad de agua del río Huaura precisa que, su principal fuente de contaminación proviene de aguas residuales, donde indica que: en aguas residuales domésticas comprende un 77%, para aguas residuales minero-metalúrgicos corresponde un 9%, el 6% es para aguas residuales agropecuarias y para aguas residuales industriales en un 8%. Esto conlleva a que la concentración de contaminantes sea nociva tanto para salud de la población y para los animales dentro de la ganadería, indicando también que el parámetro que más excede es el microbiológico que corresponde a los coliformes termotolerantes.

La alternativa estudiada en la presente investigación fue el tratamiento de aguas superficiales por medio de la fitorremediación con plantas acuáticas y originarias del lugar de estudio.

Puesto a que como Martelo y Lara (2012) señalan que “Estas plantas 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” (p. 221). Así mismo, se ha demostrado en diversos estudios la eficiencia para remover contaminantes siendo éstas significativamente altas considerando el Jacinto de agua como la especie de mayor empleo. Por ello mediante esta investigación se pretende brindar una solución ecoeficiente para la remoción de contaminantes microbiológicos a través de la fitorremediación empleando plantas nativas de la misma ribera del río Huaura.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

- ¿Cuál de las especies (*Lemna minor* o *Eichhornia crassipes*) presenta mayor eficiencia en la remoción de coliformes termotolerantes presentes en el río Huaura?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuán eficiente es la especie *Lemna minor* en la remoción de coliformes termotolerantes después de haber sido empleada la fitorremediación?
- ¿Cuán eficiente es la especie *Eichhornia crassipes* en la remoción de coliformes termotolerantes después de haber sido empleada la fitorremediación?
- ¿Cuál es el porcentaje de remoción de coliformes termotolerantes, empleando el uso de las especies *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes*, presentes en el río Huaura?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Comparar la eficiencia del *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de coliformes termotolerantes presentes en el río Huaura.

1.3.2 Objetivos específicos

- Demostrar la eficiencia de la especie *Lemna minor* por medio de la fitorremediación en la remoción de coliformes termotolerantes presentes en el río Huaura.
- Demostrar la eficiencia de la especie *Eichhornia crassipes* por medio de la fitorremediación en la remoción de coliformes termotolerantes presentes en el río Huaura.
- Determinar el porcentaje de remoción de coliformes termotolerantes, empleando el uso de las especies *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes*, presentes en el río Huaura.

1.4 Justificación de la investigación

Justificación metodológica: En el presente estudio se llevó a cabo la aplicación de 2 tratamientos: T1 (utilizando *L. minor*) y T2 (utilizando *E. crassipes*), las dosis (40 g por cada litro de agua) que se emplearon y el tiempo de retención hidráulica (0 a 20 días). La cantidad de muestra de agua superficial recolectada fue de 15 litros; así como también, se hizo una comparación con los ECA para agua (cat. 3: bebidas para animales y riego de vegetales), con la visión de brindar un nuevo aporte metodológico a la investigación, ya que el principal motivo por el cual se empleó esta metodología fue debido a que en anteriores investigaciones se obtuvieron resultados satisfactorios en la remoción de Coliformes termotolerantes, mismo parámetro que se midió en esta actividad investigativa.

Justificación técnica: Hoy en día se sabe que el déficit de la calidad del agua procede principalmente de la acción humana, sin embargo, somos nosotros mismos quienes tenemos la oportunidad de implantar alternativas de solución ambientalmente viables que sean capaces de disminuir ese deterioro. La presente investigación se centró en el empleo de la fitorremediación, técnica de descontaminación que consiste en el uso de plantas para la remoción de contaminantes del agua. Para mayor efectividad de esta ecotecnología se tuvo en cuenta el D.S. 004-2017-MINAM (ECA para agua) antes y después del monitoreo, y el Protocolo Nacional para Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (R.J. N°010-2016-ANA).

Justificación científica: La constante investigación suele ser la base de todo investigador que decida implantar nuevos proyectos capaces de brindar solución a un sinnúmero de problemas socioambientales como la contaminación del agua. En el ámbito de las aguas superficiales del río Huaura ubicadas dentro del distrito de Huaura; se sabe que, las principales fuentes de contaminación se deben a los vertimientos de aguas residuales domésticas y a la mala gestión de residuos sólidos no autorizados por parte de los pueblos jóvenes o AA. HH existentes en las riberas del mismo río; por ende, la presente actividad investigativa pretendió esclarecer la efectividad que tienen las especies *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes* (macrófitas nativas del mismo río) en la remoción de coliformes termotolerantes mediante la técnica de fitorremediación, y así servir de soporte y referencia para futuras investigaciones que decidan involucrarse más con el tema.

Justificación socioambiental: Según el último informe de monitoreo N° 0007-2021-ANA realizado por la ANA en el año 2021, en las aguas del río Huaura, la presencia de los

coliformes termotolerantes (2800 NMP/100ml) excede a los dispuestos por los Estándares de Calidad Ambiental para agua (≤ 1000 NMP/100ml). Este antecedente fue motivo suficiente para realizar el presente trabajo investigativo, que busca contrarrestar a pequeña escala ese exceso microbiológico mediante el uso de dos especies (*L. minor* y *E. crassipes*), y así recuperar la calidad hídrica del río para que su uso no genere riesgos a los seres vivos dentro ámbito urbano.

1.5 Delimitación del estudio

Delimitación espacial: La presente tesis se realizó en primer lugar para la toma de muestras, en la parte baja del río Huaura y para armar e implementar nuestro sistema a escala de laboratorio se llevó a cabo en el huerto del domicilio de Manuel Maguiña Cenas, ubicado en el pasaje Pedro Reyes Suárez N° 143, distrito de Hualmay.

Delimitación temporal: El periodo de tiempo en el que se realizó la siguiente investigación fue de 6 meses.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Cantuña (2019) en su estudio realizado en Ecuador, tuvo como objetivo principal la evaluación de la eficiencia de la rizo filtración mediante el empleo de *L. minor* y *E. crassipes* para remediar el agua residual del canal “El Macho” de la ciudad Machala. Se realizaron 3 tratamientos: T1 (Jacinto de agua), T2 (Lenteja de agua) y T3 (ambas especies) donde se les aplicó un tiempo de 7 días, obteniendo como resultado de acuerdo a los porcentajes de remoción para el pH del 17%, Nitritos de 54%, Turbidez fue de 94%, los Coliformes fecales alcanzaron el 87%, el DQO un 19% y los SST obtuvieron un 43%. Concluyendo así que la técnica empleada mediante plantas acuáticas fue eficiente en la reducción de los parámetros que fueron evaluados.

Liberio (2019) en la investigación que realizó en Ecuador, cuyo objetivo fue evaluar la utilización de un biofiltro mediante las especies *E. foetida* y *L. minor* para tratar aguas residuales domésticas del río Quevedo. Se realizaron 3 tratamientos: T1 (*E. foetida*), T2 (*L. minor*) y T3 (ambas especies) y estableció un tiempo de 48 horas. Mediante un análisis de laboratorio y en comparación con los L.M.P Anexo 1 A. M. 097-A, se indica como resultado que la disminución de c. fecales fue de 137,5 a 20,17 NMP, con una eficiencia de 85.33 %. El autor concluye que el tratamiento con mayor efectividad fue el T3, donde se combinan ambos tratamientos ya que obtuvo mayor porcentaje de eficiencia en los parámetros analizados.

Paredes (2019) en su investigación ejecutada en Ecuador, teniendo como objetivo la evaluación del comportamiento de las especies Lenteja de agua y Cartucho en la descontaminación de las aguas del río Jatun Yaku y mejorar su calidad. Se emplearon dos tratamientos: *Lemna minor* (T1) y *Zantedeschia aethiopica* (T2), las muestras se obtuvieron en un tiempo de 40 días. De acuerdo al análisis de laboratorio, el resultado final nos indica que en el T2 obtuvo un porcentaje de remoción de 37.92 % y en el T1 generó un porcentaje de remoción de 62.08% (en donde incluye el parámetro CT); concluyendo que el T1 removió más C. termotolerantes que el T2, debido a que la Lenteja superó en número de dosis al Cartucho. Por ello su poder de remoción fue más superior.

Mendoza, Castro y Marín (2019) en su estudio elaborado en Colombia, diseñaron un sistema de fitorremediación a pequeña escala, para evaluar la capacidad del *E. crassipes* para

disminuir su carga orgánica y sus índices de contaminación fecal, para ello se realizaron tres tratamientos: *Eichhornia crassipes* al 100% (T1), *Eichhornia crassipes* al 50% (T2) y la prueba control (T3) en un tiempo de 7 días. Como resultado se obtuvo que, la mejor remoción de contaminantes se obtuvo al aplicar la tasa de renovación de 25% en los estanques que contenían el 100% de la especie. Por ello se registraron porcentajes óptimos de hasta 99.9% en C. totales. Por todo lo anterior, se concluyó que el Jacinto de agua es una especie adecuada en la eliminación de Coliformes totales, en condiciones reales.

León (2017) en su investigación realizada en Ecuador, cuyo objetivo fue detectar plantas macrófitas que tengan capacidad remediadora en aguas contaminadas con *E. coli* y C. fecales, realizándose un muestreo para evaluarlas. Este proceso tuvo una duración de 7 días, obteniendo como resultados que la especie *S. auriculata* y *A. caroliniana* alcanzaron el 100% de remoción de las C. fecales y *E. coli*, las demás especies tuvieron porcentajes menores de eficiencia de manera decreciente: *C. thalictroides*, *P. stratiotes*, *L. minor*, *S. intermedia*, *E. crassipes*.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Huamani, Huayta y Ortega (2021) en su tesis realizada en Huancayo, cuyo objetivo fue la determinación del porcentaje de remoción de la *Hydrocotyle bonariensis* y *Eichhornia crassipes* en la remediación de las aguas residuales del río Shullcas. Se realizaron 2 tratamientos: T1 (*H. bonariensis*) y T2 (*E. crassipes*), en un lapso de tiempo de 21 días. Los resultados que se obtuvieron para el Jacinto de agua fueron de 2.48% para el pH; para aceites y grasas fue de 68.35%, en DBO₅ fue de 73.47%, en DQO un 62.41%, en Coliformes term. fue 99.90% y 99.90% de remoción en *E. coli*. Y los resultados con la especie Redondita de agua fue 6.88% en pH, 68.35% para aceites y grasas, 0.00% en DBO₅, 3.38% en DQO, un 99.90% en C. termotolerantes y 99.90% de remoción para *E. coli*. Concluyendo alcanzaron un adecuado porcentaje de remoción, siendo el Jacinto de agua, la especie que más contaminantes removió.

Limache (2021) en la investigación que desarrolló en Tacna, tuvo como objetivo la evaluación de la eficiencia comparativa entre la Lechuga de agua y el Jacinto de agua para la remoción de los parámetros estudiados en las aguas residuales de la ciudad mencionada. Fueron 2 tratamientos aplicados: T1 (Jacinto de agua) y T2 (Lechuga de agua) con 3 repeticiones: R1, R2 y R3, con un tiempo de retención hidráulica de: 20 días, 40 días y 60 días respectivamente para R1, R2 y R3. Obteniendo como resultado final que el Jacinto tuvo

una mayor remoción de CT a los 60 días con una media de 99.36% y para la Lechuga de agua fue de 98.75%. Concluyendo que en los tratamientos aplicados el que obtuvo mayor porcentaje de eficiencia fue el Jacinto de agua en comparación con la Lechuga de agua.

Paima y Vásquez (2021) en su investigación llevada a cabo en Tarapoto, cuyo objetivo fue la determinación de la eficiencia de remoción de parámetros físicos y microbiológicos haciendo uso de *Eichhornia crassipes* o Microorganismos de Montaña en aguas residuales de Zapatero (camal). El análisis de los parámetros seleccionados en la investigación se realizó en un lapso de 20 días. Obteniendo un resultado en los porcentajes de remoción utilizando el Jacinto de agua: C. totales (91%), *E. coli* (100%), *Klebsiella* (98.5%), turbidez (98.7%), color (80%) y conductividad (78%). Por otro lado, los porcentajes de remoción obtenidos utilizando los MM fue: Coliformes t. (98.6%), *E. coli* (100%), *Klebsiella* (98.9%), turbidez (92%), color (21.1%) y conductividad (83.8%). En conclusión, ambos tratamientos son eficientes y lograron que los parámetros establecidos cumplan con los niveles establecidos por los ECA para agua, el único parámetro que no cumplió fueron los CT en ambos tratamientos, pero si alcanzó un buen porcentaje de reducción.

Aranda y Pinchi (2020) en su investigación elaborada en San Martín, donde se buscó determinar la eficiencia de remoción de nutrientes con las especies *E. crassipes* y *P. stratiotes* en aguas contaminadas de la laguna Ricuricocha. Fueron tratamiento de 2 tipos diferentes: T1 (Jacinto de agua), T2 (Repollo de agua) y se analizaron las muestras después de los 30 días. Además, se comparó con el D.S. 004-2017, Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación de tipo primario (B1) y se realizó un análisis de laboratorio obteniendo el resultado final del porcentaje de remoción de coliformes fecales se obtuvo para el T1=99.99% y para el T2=99.70%. Concluyendo así que hay una mayor eficacia por parte del T1, resaltando el valor en el empleo de plantas macrófitas en la remoción de contaminantes presentes en aguas superficiales.

Núñez (2019), en su estudio llevado a cabo en Cajamarca, tuvo como propósito la evaluación de la eficiencia del sistema de fitorremediación mediante el Cartucho y el Jacinto de agua en la remediación de aguas residuales domésticas de la ciudad ya mencionada. Mediante esta investigación que tuvo una duración de 3 meses, se obtuvieron como resultados de remoción para grasas y aceites de un 76%, para la DBO₅ el porcentaje fue de 95%, la DQO fue del 92%, los SST de 95%, la turbidez se redujo en un 96%, el N-NH₃ fue de 64%, la

Conductividad eléctrica tuvo 59% de remoción, y los CTT tuvieron un porcentaje de 22%. Se concluye que se alcanzó un porcentaje eficiente promedio del 70% lo que significa que, si se obtuvo un buen nivel de remoción, sin embargo, el parámetro CTT no logró cumplir con los niveles de concentración que indica los LMP y los parámetros N-NH₃, DBO₅, DQO, OD y CTT, no cumplieron con lo que indican los E. de calidad ambiental (cat. 3 y 4).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Eficiencia de plantas macrófitas

Las plantas macrófitas son aquellas que habitan en sitios acuáticos como lagos, lagunas, en las orillas de los ríos, en pequeños estanques y entre otros cuerpos de agua. Su aclimatación dentro de su ecosistema puede variar, dado que sus estructuras vegetativas (hojas, tallo y raíz) pueden estar totalmente o parcialmente sumergidas. A pesar de que son beneficiosas para los seres vivos que habitan dentro de estos cuerpos de agua, también son consideradas un peligro por su excesivo crecimiento causando cambios indirectos, por ejemplo, un alto aporte de nutrientes al agua (eutrofización) causando contaminación. “Sin embargo, si las plantas acuáticas se manejan adecuadamente, su poder de proliferación, capacidad de absorción de nutrientes y bioacumulación de contaminantes del agua las convierten en una herramienta útil en el tratamiento de aguas residuales” (Arroyave, 2004, p. 36).

Taboada (2014) afirma que estas plantas purifican el agua de forma indirecta debido a que, con ayuda de unas bacterias microbianas llegan a encontrarse en sus raíces. Además, éstas van a sedimentar a los contaminantes y la materia orgánica, removiéndolos de forma natural. Es por ello que gracias a su eficacia en remoción tanto en sustancias inorgánicas y orgánicas, la utilización de estas macrófitas se ha extendido desde la remediación de aguas residuales urbanas como las industriales. Siendo un apoyo a otros tipos de tratamiento que se aplican ya sea químico o biológico.

2.2.1.1 Fitorremediación con la especie *Lemna minor*.

La especie *L. minor* “Lenteja de agua”, es una macrófita o denominada planta acuática que crece en ríos y lagos. Raven *et al.* (como se citó en Arroyave, 2004) asegura que, “Su tamaño es muy reducido, alcanzando de 2 a 4 mm de longitud y 2 mm de ancho. Es una de las especies de angiospermas más pequeñas que existen en el reino de las plantas” (p. 36).

Según Olguín y Hernández (como se citó en Arroyave, 2004) “Las características que deben contar las plantas acuáticas usadas para el tratamiento de las aguas residuales son las siguientes: alta productividad, alta eficiencia de remoción de nutrientes y contaminantes, alta

predominancia en condiciones naturales adversas y fácil cosecha” (p. 36). De acuerdo a lo anteriormente mencionado la *L. minor* se ajusta a todos los requisitos y por ello es una de las especies más empleadas en sistemas de biorremediación de aguas.

Es por ello que esta especie es considerada de gran magnitud cuando se refiere al tema ambiental y ecológico, según Arroyave (2004), los valores de absorción de contaminantes por parte de la *L. minor* en el tratamiento de aguas residuales son altamente estimables, además, estas mismas pueden ser utilizadas como complemento alimenticio para animales domésticos generando así, otro beneficio más a su uso convirtiéndola en una especie con gran potencial en la implantación de sistemas que utilicen la tecnología ecologista sostenible.

2.2.1.2 Fitorremediación con la especie *Eichhornia crassipes*.

La especie *E. crassipes* “Jacinto de agua” es una de las macrófitas más conocidas respecto a la remediación de aguas contaminadas, se encuentra en estanques, lagos, lagunas y ríos. “Originaria de Brasil, tiene alta capacidad reproductiva y adaptativa, factores que le han permitido estar entre las malezas más invasivas del mundo [...] Causando efectos adversos sobre la flora y fauna nativa” (Guevara y Ramírez, 2015, p. 5).

Según Albano (2012) “El tamaño de sus hojas es de 2,5 - 16 cm y se disponen en un rosetón, ampliamente extendido que cuando crecen en poblaciones densamente agrupadas se tornan en fuertemente ascendentes” (p. 11). Además, sus tallos horizontales pueden llegar a medir hasta los 50 cm o más de longitud si se encuentran en estanques amplios, destacando así su alta reproductividad y crecimiento.

Debido a las diversas características que tiene la especie *E. crassipes*, Guevara y Ramírez (2015) afirman que su uso es esencial en fitorremediación, porque, pueden acumular y remover elementos inorgánicos y orgánicos. No obstante, debido a las consecuencias negativas que pueden ocasionar en los ecosistemas, es más recomendable su utilización en humedales hechos de manera artificial, también en experimentos a pequeña escala, y así poder llevar un control en su reproducción, así como evitar su invasión. Así mismo, Pino *et al.* (2021) asegura que, “La *E. crassipes* es una planta de rápida reproducción, en promedio, dos semanas, no es necesario volver a comprar nuevas plantas, de esta manera, se emplean las nuevas crías y se repite el ciclo durante todo el proceso de tratamiento” (p. 114). Es por ello que, es de suma importancia que a partir de estas investigaciones se realicen estudios a gran escala en lo que respecta a los procesos de biorremediación y así implementar técnicas que produzcan una mínima alteración en el medio ambiente.

2.2.2 Remoción de coliformes termotolerantes.

Las bacterias coliformes es un contaminante que se encuentran en cuerpos de agua. Cuando hay presencia de éstas en el agua pueden causar de enfermedades por su consumo sin previo tratamiento de ésta. “Por ello se hace de vital importancia la reducción de estos patógenos en el agua [...] Explorando el potencial de humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales específicas, como lo demuestra un gran número de publicaciones” (Araya, 2017, p. 3). Gracias a lo mencionado y empleando agentes reductores biológicos como plantas, se pueden remover estas bacterias de una manera natural y convencional.

En una investigación realizada por Chuquibala y Sánchez (2017) donde se estimó el grado de eficiencia de la *E.crassipes* y *L. minor*, en la remoción de contaminantes incluyendo los coliformes en el afluente doméstico Anexo El Molino. Se realizaron 3 tratamientos: T1 (Jacinto de agua), T2 (Lenteja de agua) y T3 (testigo), con 2 repeticiones para el T1 y 1 repetición para el T2 y T3. Se llevó a cabo la construcción de humedales artificiales que sirvieron de hábitat para ambas macrófitas. Luego del análisis de laboratorio, se observó que con el Jacinto de agua se obtuvo una eficiencia en la remoción de coliformes de 80.00%, mientras que, con la Lenteja de agua un 51.11%. Esto concluye que la macrófita que tiene más eficiencia en la remoción de contaminantes es el Jacinto de agua.

2.2.2.1 Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua superficial.

El agua superficial es aquella que discurre o se encuentra acumulada en la superficie de la tierra. Marín (2010) afirma “Un 3% del total de agua en la tierra, es agua dulce. La provisión global de agua en la Tierra está sometida al ciclo hidrológico que consiste en una serie de cambios de fase, de características físicas, químicas, y microbiológicas” (p. 1).

a) Parámetros fisicoquímicos

- Potencial de hidrógeno

Este parámetro mide el nivel de alcalinidad y acidez del agua que se va a tratar. Según Marín (2010) “El valor de pH de aguas superficiales está entre 6-8,5; siendo las aguas subterráneas más ácidas que las superficiales [...] Las aguas superficiales ricas en fitoplancton aumentan su pH (>9,0 u. pH). En zonas profundas disminuye a 6,5” (p. 7).

Según Solic y Krstuloviic (citado por León *et al.*, 2018) el pH adecuado para la existencia de la *E. coli* es de 6 - 7 y valores superiores provocan un ambiente desfavorable en su población. Asimismo, Mayo (citado por León *et al.*, 2018)

indica que los coliformes fecales mueren a pH alcalinos. En su experimento el pH de los controles sin las plantas se redujo de 8.20 a 7.40, por el contrario, en los tratamientos con las plantas el pH aumentó hasta 8.45, este aumento sería el culpable de la disminución bacteriana. Las especies que aumentaron el pH a 8.45 fueron *A. caroliniana*, y *S. auriculata* lo que explicaría su eficacia en la remoción de bacterias.

- Temperatura

La temperatura del agua se da cuando las radiaciones solares se impregnan en las capas superficiales de ésta. “Las variaciones de temperatura afectan a la solubilidad de sales y gases en agua y en general a todas sus propiedades, tanto químicas como microbiología. La temperatura de un agua superficial está ligada a la irradiación recibida” (Marín, 2010, p. 3).

En su relación con la remoción de bacterias como los coliformes, en el estudio que realizó Mayo (citado por León *et al.*, 2018) alcanzó una reducción de dicho parámetro de 2 - 3 °C en donde se puede deducir que pudo haber predominado en la muerte de c. totales; ya que la temperatura perfecta para que dichas bacterias puedan desarrollarse es de 37 - 40 °C y como se redujo a 24°C, esto fue un factor importante para que los CT no puedan reproducirse.

- Oxígeno Disuelto

Se dice que es la porción de oxígeno que se encuentra disuelta en el agua y es necesaria para los cuerpos de agua salubres. “El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua [...] Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir” (Peña, 2007).

Generalmente las plantas y bacterias aerobias son las que pueden asimilar el oxígeno del agua (H₂O) mediante procesos fotosintéticos. Los seres vivos que habitan en los humedales artificiales requieren del oxígeno disuelto para su metabolismo, crecimiento y reproducción. El OD define la existencia de un ecosistema aeróbico o anaeróbico, su existencia es posible gracias a la fotosíntesis de las plantas, algas y cianobacterias (Núñez, 2019).

- Conductividad eléctrica

Se dice que mide la capacidad de una solución acuosa para transmitir corriente eléctrica. Según Solís, Zúñiga y Mora (2017) “La conductividad del agua está

relacionada con la concentración de las sales en disolución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la corriente eléctrica” (p. 36).

Según Jimeno (como se citó en Olivera, 2019), la CE es proporcional a los sólidos disueltos en el agua, de tal manera que a mayor concentración mayor conductividad.

b) Parámetros microbiológicos

- Coliformes termotolerantes

Los coliformes termotolerantes pertenecen a una familia de bacterias que se encuentran presentes en el medio ambiente como ríos, lagos o lagunas. “Se encuentran en alta concentración en materia fecal de animales de sangre caliente como perros, venados y humanos [...] Son fáciles de detectar en condiciones de laboratorio y están presentes en mayor número que los microbios que causan enfermedades” (Pure aqua, 2019, p.1). Además, tienen la capacidad de durar un gran lapso de tiempo en zonas acuáticas que se encuentran en malas condiciones, determinándose a partir de esto que puede existir contaminación en dichos cuerpos de agua.

En cuanto se refiere a la remoción de estos coliformes, el mecanismo de adsorción puede intervenir en la disminución de su concentración. Por ello Solano *et al.* (citado por León, 2018) resalta que en esta instancia “Las bacterias se unen a las raíces y actúan como filtro natural. Se reportó que un gran número de coliformes se adhiere al cuerpo radicular de las macrófitas contribuyendo así a la eliminación de los coliformes” (p. 141).

En una investigación realizada por Gómez (citado por Núñez, 2019) los humedales artificiales alcanzaron remociones de coliformes con porcentajes de 35 a 40% en un lapso de tiempo de 4 días por medio de la biofiltración, ocasionando su muerte natural sumado también a ellos los agentes antibacterianos de la rizosfera de las plantas.

2.2.2.2 Eficiencia del tratamiento.

El tratamiento biológico en la remoción de contaminantes viene siendo una alternativa más atractiva a emplear, en este caso refiriéndose a la fitorremediación. Olguín y Galván (2010) la definen como el empleo de plantas y sus microbios asociados para eliminar los contaminantes ambientales del suelo y el agua, transformando los sitios contaminados en un ambiente más saludable. Además, incluye varias estrategias, y todas ellas son tecnologías

prometedoras, rentables y respetuosas con el medio ambiente. Una muy buena cantidad de aguas contaminadas pueden ser fitorremediadas, sobre todo aquellas que resultan ser perjudiciosas con el medio ambiente como es el caso de las aguas residuales domésticas y municipales.

En diversas investigaciones se han usado tanto el Jacinto como la Lenteja de agua que son plantas flotantes, para la remoción de contaminantes. Los sistemas basados en lenteja de agua presentan algunas ventajas tales como: rápidas tasas de crecimiento y altos niveles de remoción de nutrientes. Todas estas características hacen que este tipo de sistemas sean rentables en la remoción de contaminantes presentes en cuerpos de agua. Los humedales artificiales con lenteja de agua han sido estudiados para el tratamiento de diferentes tipos de aguas contaminadas, incluidas las aguas residuales crudas y diluidas, los efluentes secundarios, los desechos lácteos, las lagunas de aguas residuales y las de piscicultura (Olguín y Galván, 2010).

Los sistemas de tratamiento cuentan con muchas ventajas para remover contaminantes. Son una tecnología rentable y técnicamente factible. De acuerdo a los costos en operación y mantenimiento (energía y suministros) son muy bajos, requiriendo solo mano de obra regular. También, son tolerantes a las fluctuaciones en el flujo y facilitan la reutilización y el reciclaje del agua (Olguín y Galván, 2010)

Tello et al. (2016) resalta que “Para que un proceso de biorremediación sea sostenible es esencial que las especies que se empleen no sólo sean eficientes en la remoción de contaminantes, sino abundantes en la zona, de fácil acceso y no demanden condiciones especiales de cultivo” (p. 31). De esta manera los sistemas que se implementen, serán eficaces, ya que se evitarán inconvenientes como la mala adaptación y bajo desarrollo de especies que no son endémicas de ese lugar.

2.3 Definición de términos básicos

a) Aguas superficiales

Las aguas superficiales son aquellas que circulan o se embalsan sobre la superficie del suelo. “Son producidas por las precipitaciones líquidas y sólidas, y aporte glaciar. Se presentan en etapa de circulación, como son los ríos, arroyos y manantiales; o en reposo, como los lagos, lagunas, reservorios y humedales” (ANA, 2020, p. 5).

b) Contaminación ambiental

“Distribución de una sustancia química o una mezcla de sustancias en un lugar no deseable (aire, agua, suelo), donde puede ocasionar efectos adversos al ambiente o sobre la salud” (MINAM, 2015, p. 6).

c) Fitorremediación

Se refiere a una serie de tecnologías limpias que se consisten en el uso de especies macrófitas que se encargan de limpiar ambientes contaminados (agua, suelo y aire). “Se compone de dos palabras, *fito*, *ta*, que en griego significa planta o vegetal, y remediar (del latín *remediare*), que significa poner remedio al daño, ... Fitorremediación significa remediar un daño por medio de plantas o vegetales” (Núñez, Meas y Olgún, 2004, p. 69).

d) Plantas macrófitas

Las macrófitas o plantas acuáticas son especies vegetales adaptadas a vivir en medios acuáticos. Cirujano, Meco y Cezón (2011) afirman. “Designan un grupo funcional de vegetales muy heterogéneo desde el punto de vista sistemático y evolutivo, que es considerado elemento-clave en las cadenas tróficas de los ecosistemas acuáticos, ... Son plantas vasculares acuáticas, briófitos, carófitos y algas filamentosas” (p. 2).

e) Lenteja de agua

La lenteja de agua es una planta acuática casi minúscula (la más pequeña del mundo), llamada así porque es parecida y del tamaño de una lenteja. “Es una planta angiosperma (plantas con flores), monocotiledónea, perteneciente a la familia *Lemnaceae*. Su cuerpo vegetativo corresponde a una forma taloide, ... Consiste en una estructura plana y verde y una sola raíz delgada de color blanco” (Arroyave, 2004, p. 34)

f) Jacinto de agua

Es una planta acuática, se le conoce como planta invasora o maleza acuática debido a su rápido crecimiento en estanques. “Actualmente están siendo muy estudiada como herramientas en fitorremediación *ex situ*, principalmente como herramienta para la limpieza efectiva de efluentes contaminados con metales pesados, plaguicidas y colorantes vertidos por varias industrias” (Guevara y Ramírez, 2015, p. 5).

g) Monitoreo de agua

“Es el proceso que permite obtener como resultado la medición de la calidad del agua, con el objeto de realizar el seguimiento sobre la exposición de contaminantes a los usos del agua y el control a las fuentes de contaminación” (ANA, 2011, p. 31).

h) Muestra de agua

“Parte representativa del agua superficial, en la cual se analizarán los parámetros de interés” (ANA, 2011, p.31)

i) Parámetros fisicoquímicos

Incluyen el sabor, olor, color, turbidez y conductividad del agua. Según Flores *et al.* (como se citó en Dueñas e Hinojoza, 2021) como su propio nombre lo indica se refiere a las características físicas del agua, siendo susceptibles a los sentidos. Además, comprenden a los orgánicos y los inorgánicos; los orgánicos miden la cantidad de materia orgánica (MO) existentes en el agua, entre ellos tenemos DQO (demanda química de oxígeno), DBO (demanda bioquímica del oxígeno), y en los inorgánicos los de mayor relevancia son el pH y la concentración de sales.

j) Parámetros microbiológicos

“Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano” (DIGESA, 2010, p. 10).

k) Coliformes termotolerantes

Se encuentran dentro de las bacterias coliformes totales. Se dice que son termotolerantes, según Ramos (como se citó en Olivera, 2019) “Se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un período de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30 y 37°C” (p. 29).

l) Estándares de calidad ambiental para agua

Los ECA para agua, “Establecen los niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en el ambiente que no representan riesgos para la salud y el ambiente, [...] Regula 104 parámetros, entre los que se encuentran elementos microbiológicos y físico-químicos” (MINAM, 2017, p. 1).

m) Remoción

Es la acción de erradicar alguna sustancia o elemento. Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014), consiste en “Tareas a desarrollarse en un sitio contaminado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas” (p. 4).

2.4 Hipótesis de investigación

2.4.1 Hipótesis general

La especie *Eichhornia crassipes* evidencia una mayor remoción de coliformes termotolerantes en comparación con la *Lemna minor*, presentes en el río Huaura.

2.4.2 Hipótesis específicas

- La especie *L. minor* sí es eficiente en la remoción de coliformes termotolerantes al ser empleado en la fitorremediación, presentes en el río Huaura.
- La especie *E. crassipes* sí es eficiente en la remoción de coliformes termotolerantes al ser empleado en la fitorremediación, presentes en el río Huaura.
- El porcentaje de remoción de coliformes termotolerantes, empleando el uso de las especies *L. minor* y *E. crassipes*, es alto según los tratamientos aplicados, presentes en el río Huaura.

2.4 Operacionalización de las variables

Tabla 1
Operacionalización de las variables de la investigación

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES
Variable Independiente: Eficiencia de las especies <i>L. minor</i> y <i>E. crassipes</i> (X)	Tratamiento con Lenteja de agua (<i>L. minor</i>) (X1)	Especies a emplear en el sistema de tratamiento	Dosis empleada (40 gr por cada litro de agua) Control de las muestras de agua (15 litros)
	Tratamiento con Jacinto de agua (<i>E. crassipes</i>) (X2)	Retención de agua aplicada	Tiempos t ₁ = 0 t ₂ = 20
Variable Dependiente: Remoción de coliformes termotolerantes (Y)	Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua superficial (Y1)	Parámetros fisicoquímicos	Potencial de hidrógeno (pH)
			Unidades de pH
			Temperatura (T°)
			Grados Celsius (°C)
	Eficiencia del tratamiento (Y2)	Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes (CTE)
NMP/100ml			
		Porcentaje de remoción de CTE con la especie <i>Lemna minor</i> .	
		Porcentaje de remoción de CTE con la especie <i>Eichhornia crassipes</i> .	
		% (CTE)	

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Gestión del experimento

3.1.1 Ubicación

La cuenca del río Huaura pertenece al departamento de Lima y abarca una extensión de 4,770 km, desembocando en el Océano Pacífico. Sus aguas son usadas mayormente para actividades como la agricultura y ganadería tanto en su parte alta, media y baja de la cuenca debido a que abastece a diversos distritos de la provincia.

En la presente investigación se tomó como referencia para la toma de muestras del experimento, uno de los puntos de monitoreo que evalúa la Autoridad Nacional del Agua (ANA), que se encuentra aguas abajo y cerca al puente del río Huaura, cuya información geográfica es la siguiente:

- **Altitud:** 54 m.s.n.m
- **Coordenadas en UTM:**
 - 216125.03 m E
 - 8774566.44 m S

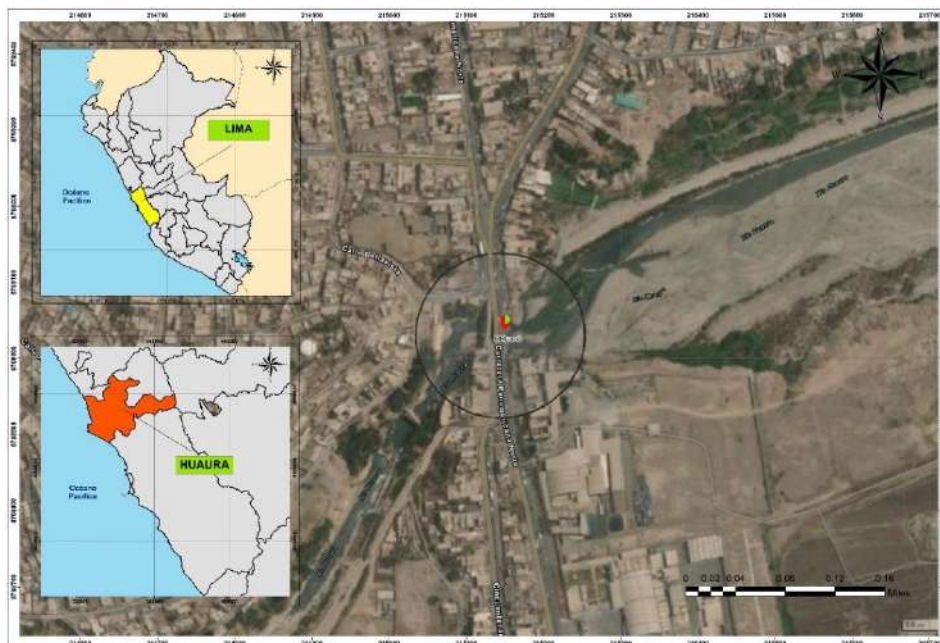


Figura 1. Mapa de ubicación del río Huaura con el punto de referencia para la toma de muestras.

3.1.2 Características del área experimental

El área en la cual se llevó a cabo el experimento, fue en el domicilio del tesista Manuel Maguiña Cenas cuya dirección es: Pje. Reyes Suárez N° 143 - Hualmay, específicamente en

la zona del huerto que se encuentra en la parte de atrás de la vivienda, caracterizado por tener un espacio amplio y encontrarse al aire libre, ésta cuenta con las siguientes medidas: 6.20 m de largo x 5.20 m de ancho (ver mapa en anexo 1).

- **Coordenadas UTM:**

- 214200.445 m E
- 8771363.999 m N

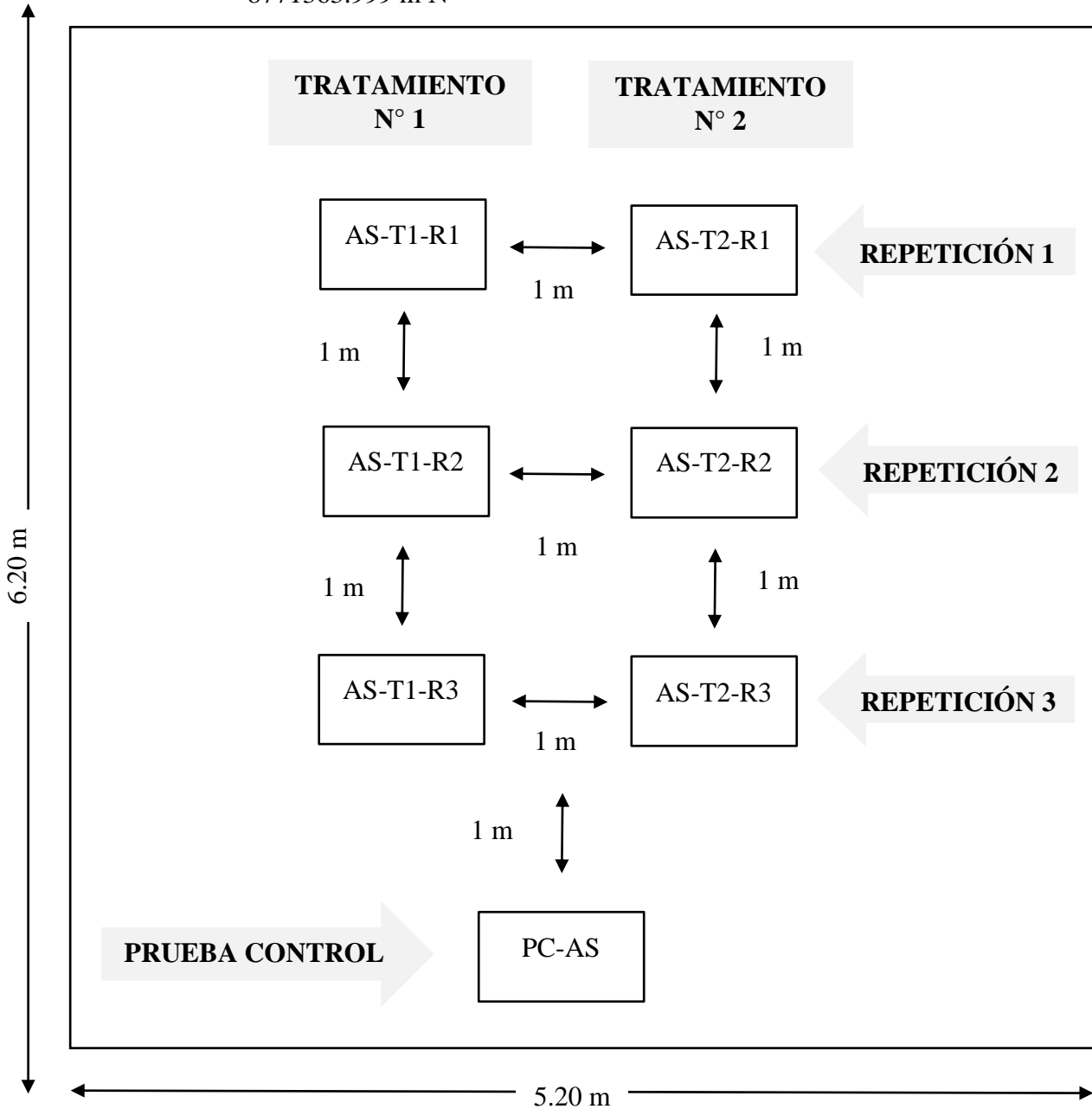


Figura 2. Croquis del área experimental.

3.1.3 Tratamientos

Se llevaron a cabo 2 tratamientos (T1 y T2) con 3 repeticiones para cada uno más la Prueba control (PC-AS), por ello se adquirieron 7 recipientes de plástico y fueron adaptados para la

colocación de las especies (ver figura 3) y tenía 15 litros de capacidad. Posteriormente se llenó con agua superficial obtenida del río Huaura.

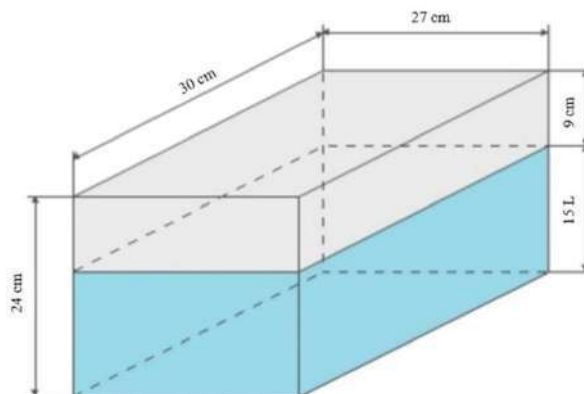


Figura 3. Diseño del recipiente adaptado para realizar los tratamientos.

Respecto al tiempo que se retuvo el agua superficial recolectada fue en un lapso de 20 días, se tomó el primer muestreo en el día 0 y el segundo muestreo en el día 20 para observar el accionar de ambas plantas. A continuación, se mostrará una tabla para detallar mejor cada tratamiento y su tiempo de retención hidráulica.

Tabla 2
Tratamientos y control del experimento

Tratamiento	Descripción	Tiempos de retención hidráulica (t)
T1	Tratamiento con Lenteja de agua (<i>Lemna minor</i>)	20 días
T2	Tratamiento con Jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)	20 días
PC-AS	Prueba de control (Agua superficial sin tratar)	Día 0

Nota. En la tabla podemos observar lo siguiente: los tratamientos que se emplearon, las plantas que se utilizaron en el experimento y el tiempo de retención hidráulica para cada tratamiento.

Los 3 primeros recipientes pertenecieron al Tratamiento 1 en los cuales se añadieron 40 gr de Lenteja de agua (*L. minor*) por cada litro de agua recolectada, de igual manera para el Tratamiento 2, en los otros 3 recipientes se añadieron 40 gr de Jacinto de agua (*E. crassipes*) por cada litro de agua recolectada. Adicionalmente se añadió un recipiente de plástico de la misma capacidad en litros para la Prueba de control, que sólo contenía el agua superficial recolectada sin ningún tipo de tratamiento.

Tabla 3
 Descripción de los tratamientos del experimento

N°	Código	Tratamiento
0	PC-AS	Toma de muestra del agua superficial en el punto de monitoreo establecido (Control)
1	AS-T1-R1- t ₁ y t ₂	15L agua superficial + 40 gr de Lenteja de agua por cada litro de agua + 0 a 20 días
2	AS-T2-R1- t ₁ y t ₂	15L agua superficial + 40 gr de Jacinto de agua por cada litro de agua + 0 a 20 días
3	AS-T1-R2- t ₁ y t ₂	15L agua superficial + 40 gr de Lenteja de agua por cada litro de agua + 0 a 20 días
4	AS-T2-R2- t ₁ y t ₂	15L agua superficial + 40 gr de Jacinto de agua por cada litro de agua + 0 a 20 días
5	AS-T1-R3- t ₁ y t ₂	15L agua superficial + 40 gr de Lenteja de agua por cada litro de agua + 0 a 20 días
6	AS-T2-R3- t ₁ y t ₂	15L agua superficial + 40 gr de Jacinto de agua por cada litro de agua + 0 a 20 días

Nota. En esta tabla se visualiza los tratamientos que se realizaron con sus respectivos códigos.

3.1.4 Diseño experimental

- Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo experimental. Por ello, se manipuló la variable independiente mediante la eficiencia de las especies *L. minor* “Lenteja de agua” (X₁); y *E. crassipes* “Jacinto de agua” (X₂); esperando que, ésta tenga un resultado óptimo sobre la variable dependiente, la cual implica la remoción de coliformes termotolerantes (Y) y teniendo en cuenta las variables intervinientes conformadas por parámetros fisicoquímicos.

- Enfoque de la investigación

El enfoque del presente estudio es cuantitativo, ya que se representó mediante un conjunto de procesos secuenciales y probar las hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica que consiste en llevar a cabo el proceso de fitorremediación de las aguas superficiales del río Huaura (aguas abajo), cuya importancia ha recaído en la manipulación de sus variables (eficiencia de las especies fitorremediadoras y la remoción de CT).

- Diseño de la investigación

El diseño es de tipo experimental simple lineal, se consideraron dos tratamientos de aplicación de las macrófitas, empleando 2 especies diferentes y la evaluación de los

parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (CT) de 3 repeticiones para cada especie.

Tabla 4
Tratamientos con Lemna minor y Eichhornia crassipes

Variable Dependiente	Variable Independiente	
	Tratamiento 1 (X ₁) Lenteja de agua	Tratamiento 2 (X ₂) Jacinto de agua
Agua superficial del Río Huaura (Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos)	R1 R2 R3	R1 R2 R3
Total	3	3

Nota. R: repetición.

3.1.5 Variables a evaluar

Tabla 5
Variables que se van a evaluar

Variables
<p>Variable Independiente: X= Eficiencia de las especies <i>Lemna minor</i> y <i>Eichhornia crassipes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • X1 = Tratamiento con <i>L. minor</i> • X2 = Tratamiento con <i>E. crassipes</i>
<p>Variable Dependiente (variables de respuesta): Y= Remoción de coliformes termotolerantes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Y1 = Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua superficial <ul style="list-style-type: none"> ✓ Coliformes Termotolerantes (CT) ✓ pH (unidades de pH) ✓ Temperatura (T°) ✓ Oxígeno disuelto (OD) ✓ Turbidez (NTU) • Y2 = Eficiencia de tratamiento <ul style="list-style-type: none"> ✓ Porcentaje de remoción (%)

Nota. CT=Coliformes termotolerantes.

3.1.6 Conducción del experimento

El experimento se realizó mediante las siguientes etapas que ayudaron con el cumplimiento de los objetivos y la veracidad de las hipótesis.

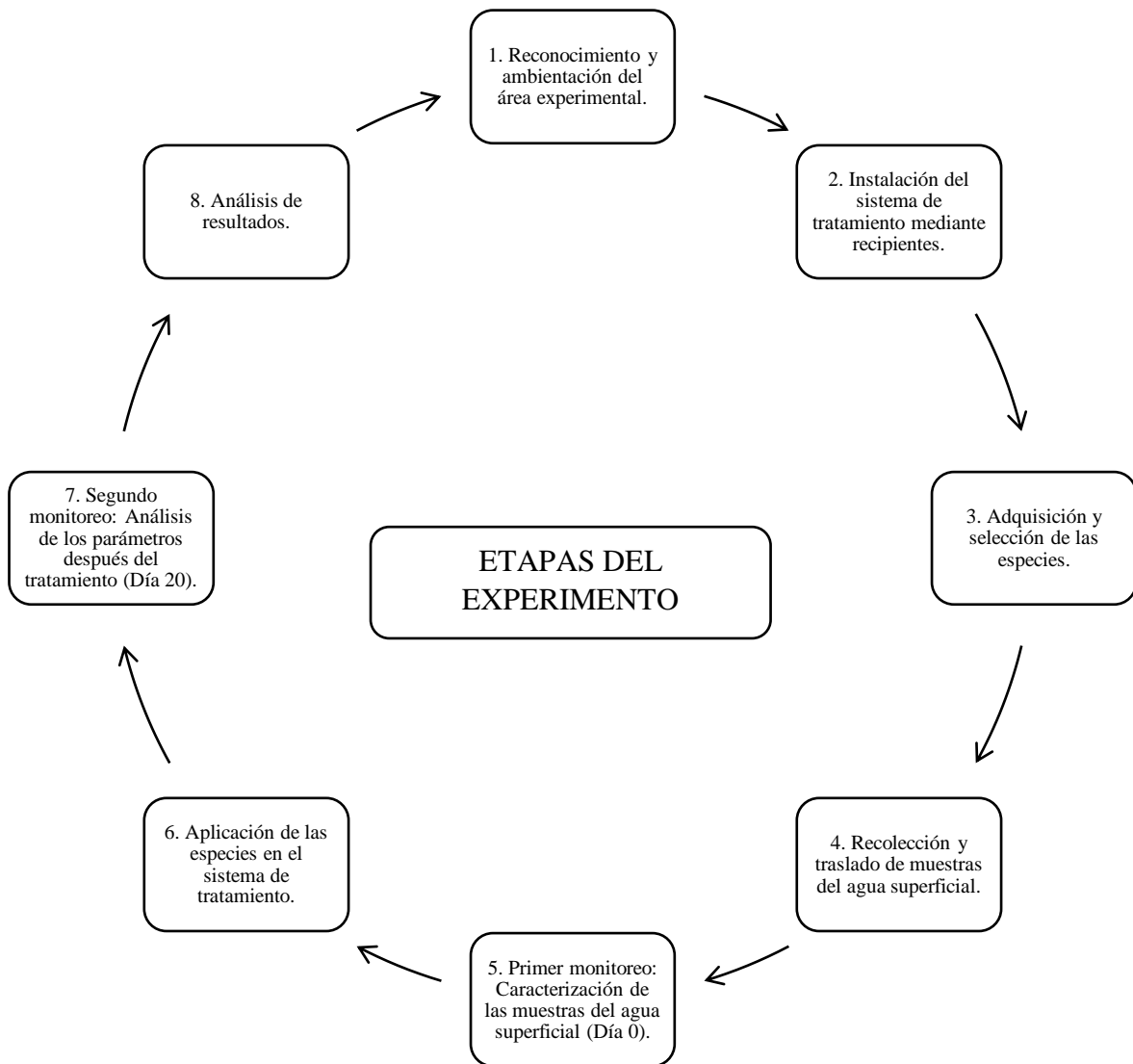


Figura 4. Diagrama con el procedimiento que se llevó a cabo en la investigación.

3.1.6.1 Etapas del experimento.

- *1ra Etapa: Reconocimiento y ambientación del área experimental.*

En primer lugar, se eligió una parcela del huerto ubicado en la vivienda de uno de los tesisistas para su debida ambientación la cual tiene 32.24 m² de área y así implantar el sistema de tratamiento.

- *2da Etapa: Instalación del sistema de tratamiento mediante recipientes.*

Se instalaron 7 recipientes de plástico cuyas dimensiones serán de 24 cm de alto, 27 cm de ancho y 30 cm de largo con capacidad de 17 L, de la cual sólo se ocuparon 15 L con la muestra de agua superficial. De acuerdo al croquis establecido se colocaron en 2 columnas (3 recipientes por cada columna) con una distancia de 1 m por cada unidad experimental, añadiendo 1 recipiente para la Prueba Control (ver figura 5).



Figura 5. Recipientes instalados en el área experimental.

- 3ra etapa: Adquisición y selección de las especies.

Las especies *L. minor* “Lenteja de agua” y *E. crassipes* “Jacinto de agua” fueron adquiridas en el Mercado de Flores ubicado en el distrito Santa Anita de la ciudad de Lima. Para la selección de especies se siguieron las siguientes condiciones:

- Que tengan una buena coloración.
- Que no posean ningún defecto en alguna de sus partes.
- Ser especímenes jóvenes.

Luego fueron almacenadas en una tina con agua destilada y previamente esterilizada hasta el día de su aplicación (ver figuras 6 y 7).



Figura 6. Jacinto de agua.



Figura 7. Lenteja de agua.

- *4ta etapa: Recolección y traslado de muestras del agua superficial.*

Se utilizaron siete baldes de 20 L de capacidad previamente esterilizados para recolectar las muestras que se obtuvieron del punto de referencia (aguas abajo y cerca al puente del río Huaura), punto de monitoreo que incluye la ANA para realizar sus monitoreos anuales de calidad de agua. Con respecto al traslado, se realizaron dos viajes para el llenado de los 7 recipientes que se encontraban instalados en el huerto de uno de los tesisistas (ver figura 8 y 9).



Figura 8. Baldes rotulados previamente esterilizados.



Figura 9. Recolección de las muestras.

- 5ta etapa: Primer monitoreo: Caracterización de las muestras del agua superficial (Día 0).

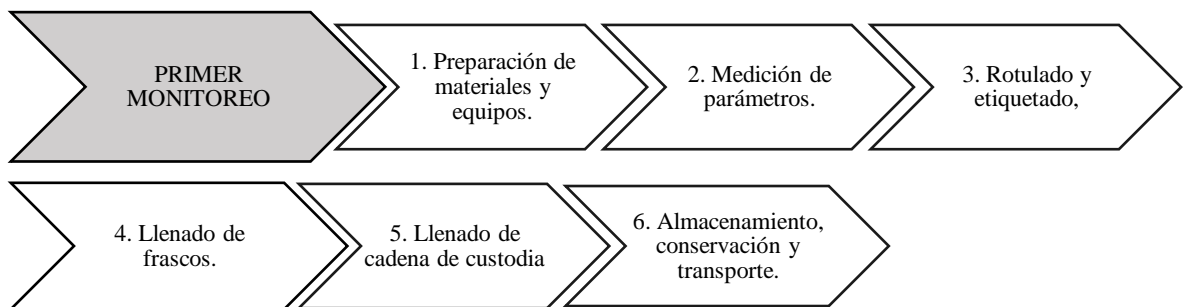


Figura 10. Pasos a seguir para el primer monitoreo.

Para realizar el primer monitoreo se llevaron a cabo los siguientes pasos:

a) *Preparación de materiales y equipos.*

Se prepararon con antelación los siguientes materiales, verificando cada uno con un check (✓) mediante el formato F01-F-LJ (ver figura 35):

- Guantes
- Guardapolvo o chaleco
- Casco
- Cooler
- Refrigerantes (ice pack)
- Frascos de plástico esterilizados (250ml)
- Agua destilada
- Papel Tisú
- Cadenas de custodia
- Formatos (F01 y F02)
- Tableros
- Cuaderno de campo
- Lapiceros y plumones
- Etiquetas para el rotulado (frascos)
- Cinta adhesiva
- Papel Kraft
- Jarras graduadas (5L y 1L)
- Baldes (x7)

Equipos:

- Multiparámetro
- Cámara fotográfica (celular)

b) *Medición de parámetros.*

Para la medición de los parámetros fisicoquímicos (pH, T°, OD y CE) se utilizó el multiparámetro, el cual cuenta con un certificado de calibración del laboratorio acreditado INVEM S.A.C. (ver figura 42) y se esterilizó con agua destilada después de cada uso para evitar una contaminación cruzada. Esta medición se realizó directamente en el campo (in situ), específicamente cuando la muestra de agua superficial se encontraba dentro del balde (ver figura 11), posteriormente a ello, el valor de cada una de las concentraciones

de los parámetros de campo se organizó en el formato F02-F-LJ (ver figura 37) para cada tratamiento y prueba de control respectivamente. Por otro lado, el parámetro microbiológico (coliformes termotolerantes) fue analizado dentro del laboratorio acreditado Analytical Laboratory E.I.R.L (ver certificado en figura 44).



Figura 11. Medición de los parámetros fisicoquímicos mediante el multiparámetro.

c) Rotulado y etiquetado.

Los frascos de plástico (250 ml), se rotularon con etiquetas autoadhesivas. De acuerdo a lo enviado por el laboratorio acreditado Analytical Laboratory E.I.R.L, la etiqueta de cada muestra de agua contenía lo siguiente (ver figura 12):

- Punto de muestreo
- Ensayo
- Preservante
- Fecha y hora
- Muestreado por



Figura 12. Rotulado de frascos.

d) Llenado de frascos.

A partir de este paso sólo se realizó para la medición del parámetro microbiológico (coliformes termotolerantes), se tomó en cuenta lo siguiente:

- Los frascos fueron previamente rotulados.
- Las muestras se llenaron en frascos de plástico previamente esterilizados (ver figura 13).
- Se dejó libre la tercera parte del frasco para aireación.



Figura 13. Llenado de frascos para su respectivo análisis.

e) *Llenado de cadena de custodia.*

Se consideraron los siguientes datos de acuerdo a la cadena de custodia que fue facilitada por el laboratorio acreditado Analytical Laboratory E.I.R.L donde sólo se recolectaron los datos del parámetro microbiológico (ver figura 40):

- Nombre de la responsable que realizará el monitoreo
- Nombre del monitoreo
- Código de la muestra
- Fecha y hora del muestreo
- Número y tipo de envases
- Nombre del parámetro para su análisis
- Firma de la persona responsable del monitoreo
- Observaciones en campo

f) *Almacenamiento, conservación y transporte.*

Los frascos de plástico fueron almacenados dentro del cooler de verticalmente para que no haya derrames y tampoco estén expuestos a la luz del sol. Además, las tapas fueron selladas con papel Kraft. (ver figura 14).

Para su conservación las muestras recolectadas se acondicionaron en el cooler bajo una temperatura menor a los 6° C con la ayuda de un refrigerante (ice pack). Luego las muestras fueron transportadas al laboratorio ALAB E.I.R.L. en un plazo no mayor a 6 horas.



Figura 14. Almacenamiento y conservación de las muestras.

- 6ta etapa: Aplicación de las especies en el sistema de tratamiento.

Para la aplicación de la Lenteja de agua y el Jacinto de agua en el sistema de tratamiento se tomó como referencia de lo planteado por Aranda y Pinchi (2020), además se iban recolectando los datos del volumen y la cantidad de las especies empleadas en cada tratamiento con su repetición usando el formato F03-F-LJ (ver figura 39).

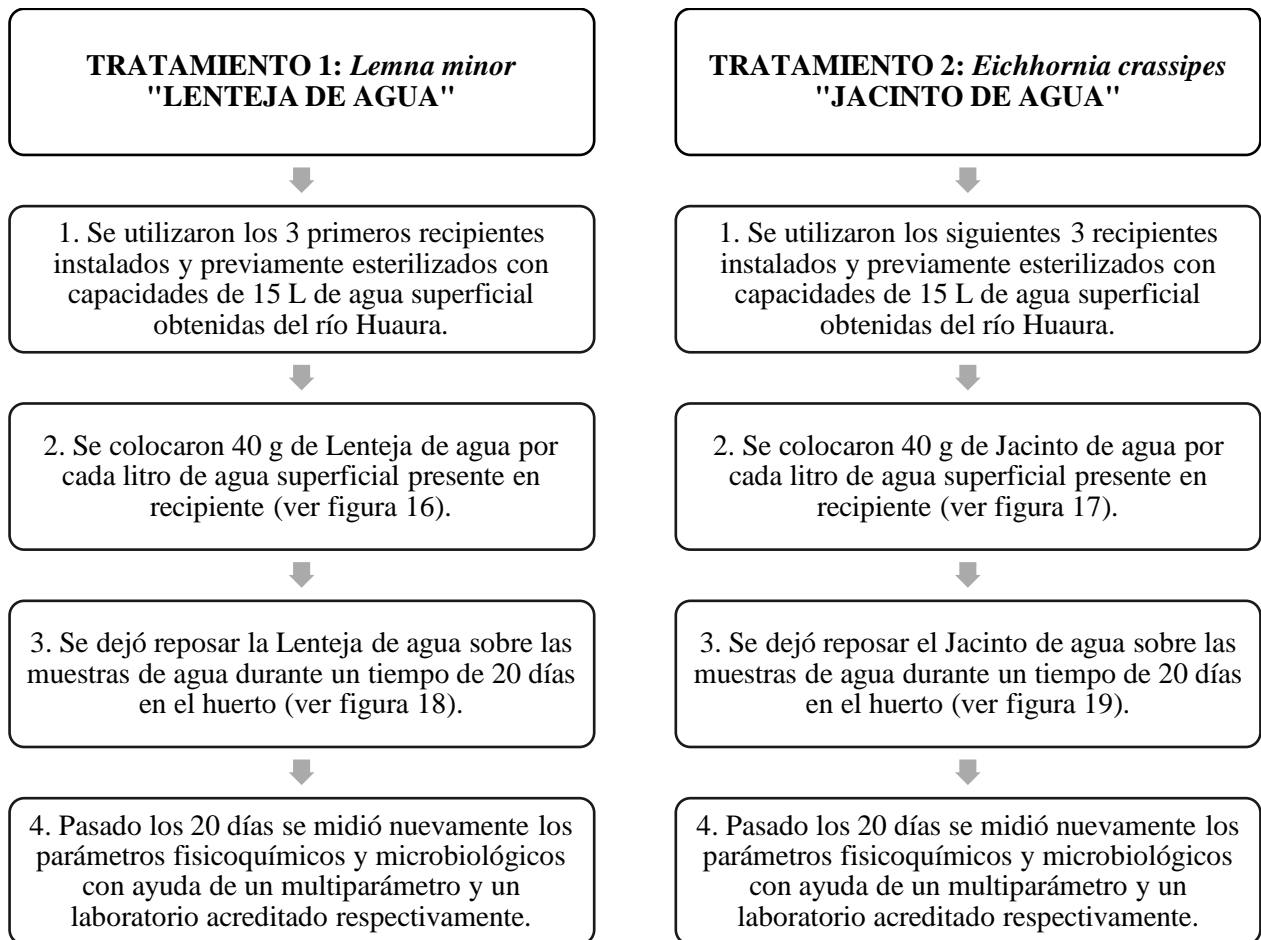


Figura 15. Aplicación de las macrófitas en el sistema de tratamiento.
Fuente: Tomado de Aranda y Pinchi (2020).



Figura 16. Pesado de la Lenteja de agua.



Figura 17. Pesado del Jacinto de agua.



Figura 18. Colocación de la Lenteja de agua en el recipiente.



Figura 19. Colocación del Jacinto de agua en el recipiente.

Mientras pasaron los 20 días de tratamiento aplicado, se tomaron apuntes sobre los cambios físicos más significativos que muestran las especies (Lenteja de agua y Jacinto de agua) en la remoción de coliformes termotolerantes.

- *7ma etapa: Segundo monitoreo: Análisis de los parámetros después del tratamiento (Día 30).*

Durante esta etapa se realizó el segundo monitoreo de las muestras de agua que se obtuvieron del río Huaura pasados los 20 días de tratamiento con las especies (T1 y T2). Por ello se llevaron a cabo los mismos pasos que se aplicaron en la 5ta etapa:

1. Preparación de materiales y equipos (ver figura 36).
2. Rotulado y etiquetado.
3. Medición de parámetros (ver figura 20).
4. Llenado de frascos (ver figura 21).
5. Llenado de la segunda cadena de custodia (ver figura 41)
6. Almacenamiento, conservación y transporte (ver figura 22).



Figura 20. Medición de parámetros.



Figura 21. Llenado de frascos.



Figura 22. Almacenamiento de frascos.

- 8va etapa: Análisis de resultados.

Los resultados obtenidos en el día 0 (antes del tratamiento) y después de 20 días (después del tratamiento) de los parámetros fisicoquímicos y microbiológico, fueron analizados estadísticamente y posteriormente comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (Categoría 3: Bebidas para animales y Riego de vegetales).

Tabla 6

Estándares de Calidad Ambiental para Agua (Categoría 3: Bebidas para animales y Riego de vegetales)

PARÁMETRO	UNIDAD	ECA – AGUA (CAT. 3)			MÉTODO DE ANÁLISIS
		D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales	
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales	
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	1000	2000	1000	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E.1, 23rd Ed. 2017; Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4	Multiparámetro
Temperatura	Unidad de pH	Δ 3		Δ 3	Multiparámetro
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4		≥ 5	Multiparámetro

Nota. La tabla corresponde a los ECA establecidos mediante el D.S. 004 – 2017 – MINAM para su cumplimiento en la Categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales. (c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido. Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada. Fuente: Tomado del SINIA (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.*

También se calculó el porcentaje de remoción de Coliformes termotolerantes utilizando la fórmula establecida por Liberio (2019). Es así como se obtuvo el tratamiento más eficiente y se corroboró las hipótesis establecidas.

3.2 Técnicas para el procesamiento de la información

Con respecto a la variable dependiente (remoción de coliformes termotolerantes), fue necesario la utilización de un cuadro de resultados de parámetros elaborado por el ANA, el cual fue realizado en el programa Microsoft Excel. Por otro lado, para la ubicación del área de estudio (río Huaura) y el huerto donde se encontraban instalados los sistemas de tratamiento se utilizó el software Google Earth y ArcGIS, y, por último, se ha utilizado el programa Microsoft Word para la redacción de esta tesis.

Para la prueba estadística se siguieron los pasos que muestra la figura 23. En primer lugar, para el análisis de datos se utilizó el software Minitab. Luego se realizó la prueba de normalidad de Anderson-Darling para visualizar si los datos que se obtuvieron cuentan con una distribución normal, en este caso los datos tuvieron tanto una distribución normal como diferente por ello se accedió a usar los dos tipos de pruebas, la prueba paramétrica (ANOVA y Dunnett) para las variables de respuesta: pH y Temperatura, y la prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney) para las variables de respuesta: Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica y Coliformes termotolerantes.

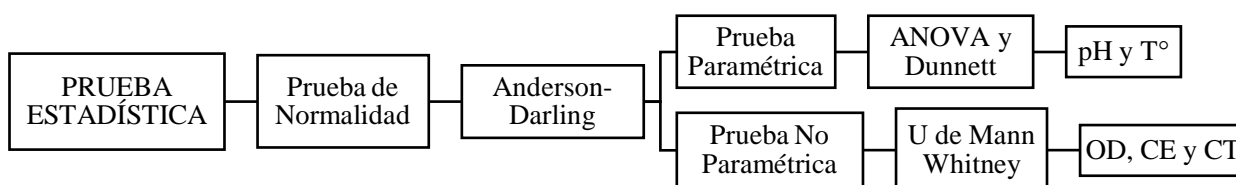


Figura 23. Pasos que se realizaron en la prueba estadística.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

4.1.1 Eficiencia del *Lemna minor* en la remoción de CT después de haber sido empleado el tratamiento.

Las concentraciones de Coliformes termotolerantes del día 0 demostraron que hay presencia de éste, donde sus 3 repeticiones obtuvieron una concentración de CT de 330.0 NMP/100 ml), sin embargo, éstas no llegan a sobrepasar los ECA para agua (cat. 3).

Después del tratamiento empleado por 20 días, las concentraciones de CT, mostraron una reducción notoria como se puede observar en la tabla 7, la repetición AS-T1-R2 es la que obtuvo la mayor reducción con un valor de 3.7 NMP/100 ml, llegando a cumplir con los ECA para agua (cat.3), al igual que las demás concentraciones.

Tabla 7
Concentraciones de Coliformes termotolerantes comparados con los ECA (*L. minor*)

		Coliformes termotolerantes						
Tiempo de retención hidráulica	Unidad	PC-AS	T1 (Lenteja de agua)			ECA (Cat 3.)		
			AS-T1-R1	AS-T1-R2	AS-T1-R3	D1: Riego de veg.		D2: Bebida de anim.
						Agua-riego no restringido	Agua-riego restringido	Bebida de anim.
Día 0	NMP/100ml	130.0	330.0	330.0	330.0	1000.0	2000.0	1000.0
Día 20		110.0	4.2	3.7	4.5			

Nota. En la presente tabla, se puede observar las concentraciones del parámetro CT (coliformes termotolerantes), antes y después del tratamiento con la especie *L. minor* (T1). Además, siendo comparados con los ECA.

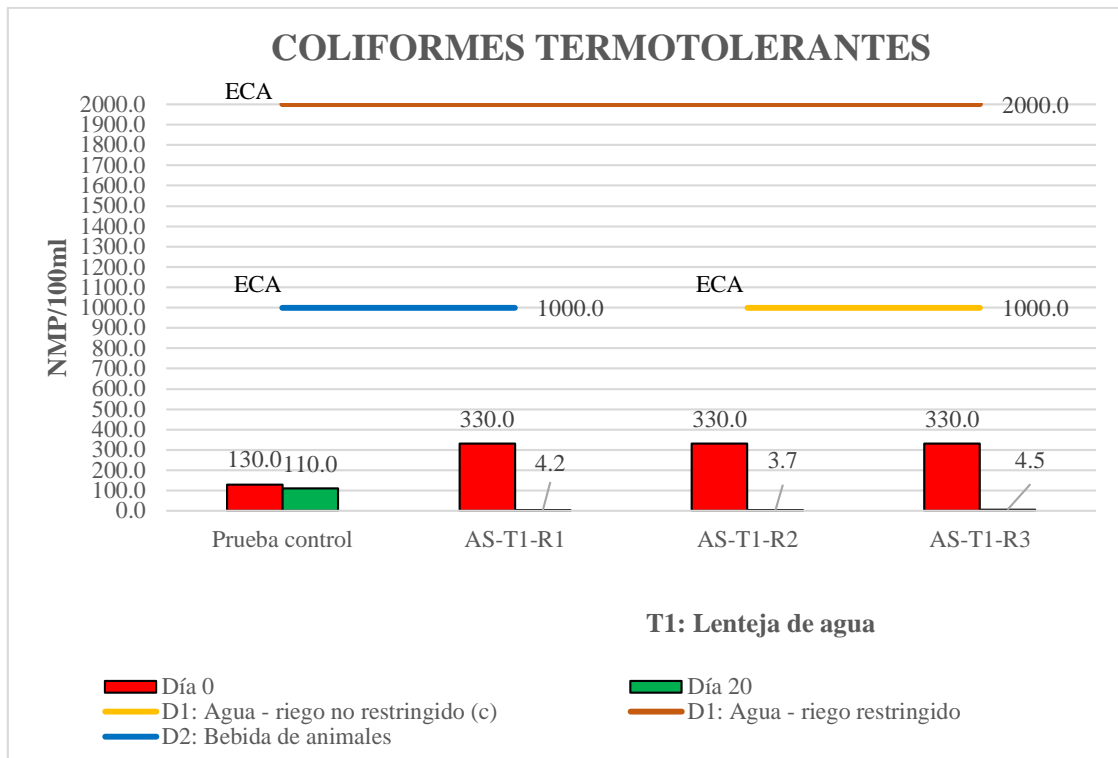


Figura 24. Concentraciones de los CT antes y después de empleado el Tratamiento 1, además comparado con los ECA.

En la figura 24 se puede observar que se obtuvieron concentraciones menores a los 4.5 NMP/100 ml, demostrando que la especie *L. minor* fue eficiente y puedo remover gran cantidad de coliformes termotolerantes.

❖ **Contrastación de la hipótesis específica 1**

H₁: La especie *L. minor* sí es eficiente en la remoción de coliformes termotolerantes al ser empleado en la fitorremediación, presentes en el río Huaura.

H₀: La especie *L. minor* no es eficiente en la remoción de coliformes termotolerantes al ser empleado en la fitorremediación, presentes en el río Huaura.

Interpretación

De acuerdo a los resultados obtenidos de las concentraciones de los CT antes y después de empleada la fitorremediación con la Lenteja de agua, se puede observar en la tabla 7 que se obtuvo una diferencia notable en su segunda repetición de 326.3 NMP/100ml, evidenciando que dicha especie (*L. minor*) sí es eficiente removiendo CT. Por ende, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la nula.

4.1.2 Eficiencia del *Eichhornia crassipes* en la remoción de CT después de haber sido empleado el tratamiento.

Las concentraciones de Coliformes termotolerantes del día 0 muestra que hay presencia de este parámetro, donde la repetición AS-T2-R1 es la que tiene mayor concentración de CT (1700.0 NMP/100 ml) y además es la única que sobrepasa los ECA para agua (cat. 3), específicamente en la sección Agua para riego no restringido y también en Bebida de animales, las cuales tienen un valor de 1000.0 NMP/100 ml. Las demás concentraciones de las repeticiones no sobrepasaron los ECA para agua (cat. 3).

Las concentraciones de C. termotolerantes después del tratamiento empleado por 20 días, mostraron una reducción notoria como se puede observar en la tabla 8, la repetición AS-T2-R2 es la que obtuvo la mayor reducción de la concentración de CT con un valor de <1,8 NMP/100 ml, cumpliendo también con los ECA para agua (cat.3).

Tabla 8
Concentraciones de Coliformes termotolerantes comparados con los ECA (*E. crassipes*).

Coliformes termotolerantes								
Tiempo de retención hidráulica	Unidad	PC-AS	T2 (Jacinto de agua)			ECA (Cat 3.)		
			AS-T2-R1	AS-T2-R2	AS-T2-R3	D1: Riego de veg.		D2: Bebida de anim.
						Agua-riego no restringido	Agua-riego restringido	Bebida de anim.
Día 0	NMP/100ml	130.0	1700.0	700.0	130.0	1000.0	2000.0	1000.0
Día 20		110.0	17.0	<1.8	7.8			

Nota. En la presente tabla, se puede observar las concentraciones del parámetro CT (coliformes termotolerantes), antes y después del tratamiento con la especie *E. crassipes* (T2). Además, siendo comparados con los ECA.

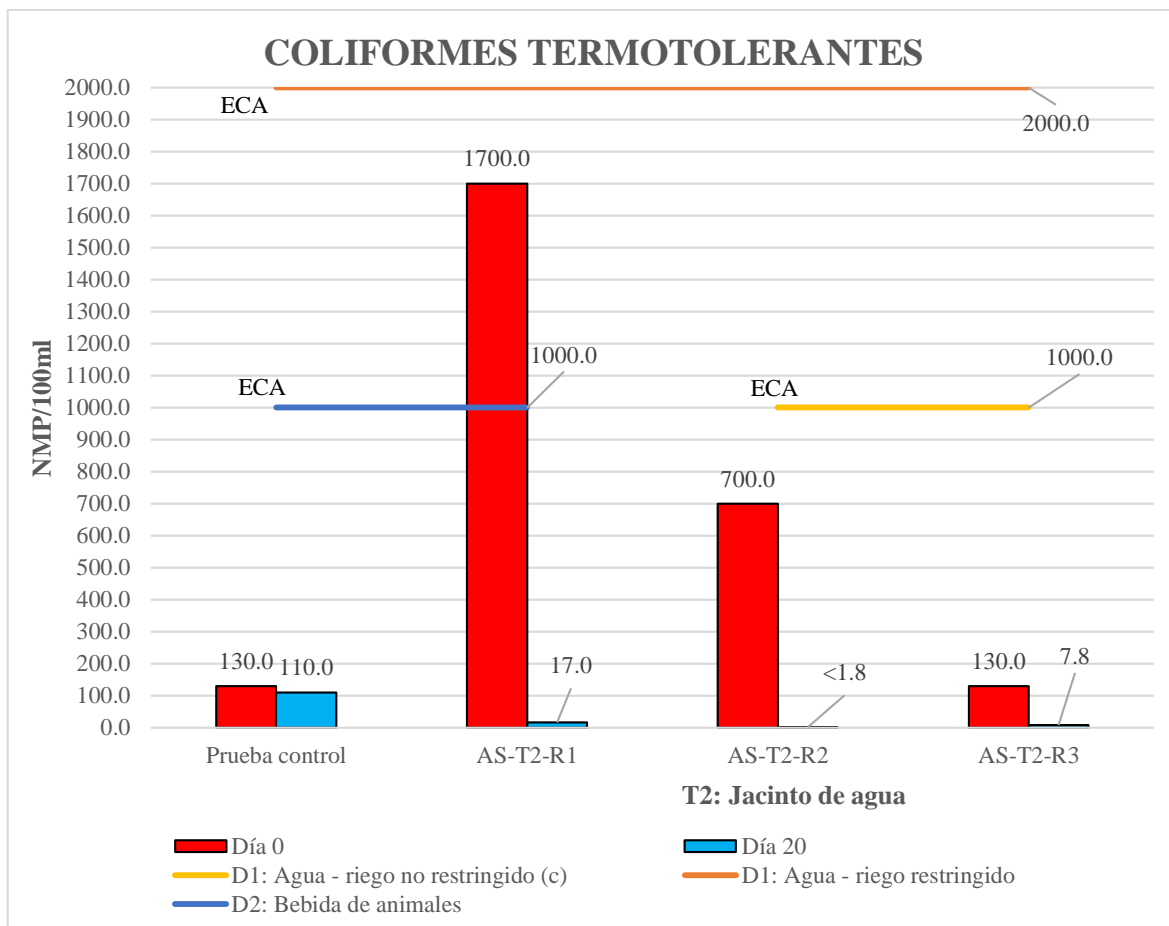


Figura 25. Concentraciones de los CT antes y después de empleado el Tratamiento 2, además comparado con los ECA.

En la figura 25 se puede observar que después de haberse empleado T2 se obtuvieron concentraciones menores a los 17.0 NMP/100 ml, demostrando que la especie *E. crassipes* fue eficiente y logró remover gran cantidad de coliformes termotolerantes.

❖ Contrastación de la hipótesis específica 2

H₁: La especie *E. crassipes* sí es eficiente en la remoción de coliformes termotolerantes al ser empleado en la fitorremediación, presentes en el río Huaura.

H₀: La especie *E. crassipes* no es eficiente en la remoción de coliformes termotolerantes al ser empleado en la fitorremediación, presentes en el río Huaura.

Interpretación

Conforme a los resultados obtenidos de las concentraciones de CT al haber empleado el tratamiento (T2), se puede afirmar que el Jacinto de agua logró una efectividad satisfactoria respecto a la remoción del parámetro CT con una diferencia sobresaliente en su segunda repetición de 698.2 NMP/100 ml. Por ello se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

4.1.3 Porcentaje de remoción de los Coliformes termotolerantes después de emplear los dos tratamientos

Mediante los datos obtenidos antes y después de empleados ambos tratamientos, se procede a calcular su porcentaje de remoción, de acuerdo a la siguiente fórmula (Liberio, 2019):

$$\%Remoción = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Donde:

C_i: Concentración inicial

C_f: Concentración final

4.1.3.1 Tratamiento con *Lemna minor* (T1).

El T1 consta de 3 repeticiones y se calculó el porcentaje de remoción de cada repetición.

- a) Primera repetición (AS-T1-R1)

$$\%Remoción = \frac{330.0 - 4.2}{330.0} \times 100$$

$$\%Remoción = 98.7\%$$

- b) Segunda repetición (AS-T1-R2)

$$\%Remoción = \frac{330.0 - 3.7}{330.0} \times 100$$

$$\%Remoción = 98.9\%$$

- c) Tercera repetición (AS-T1-R3)

$$\%Remoción = \frac{330.0 - 4.5}{330.0} \times 100$$

$$\%Remoción = 98.6\%$$

4.1.3.2 Tratamiento con *Eichhornia crassipes* (T2).

El T2 consta de 3 repeticiones y se calculó el porcentaje de remoción de cada repetición.

- a) Primera repetición (AS-T2-R1)

$$\%Remoción = \frac{1700.0 - 17.0}{1700.0} \times 100$$

$$\%Remoción = 99.0\%$$

- b) Segunda repetición (AS-T2-R2)

$$\%Remoción = \frac{700.0 - 1.8}{700.0} \times 100$$

$$\%Remoción = 99.7\%$$

c) Tercera repetición (AS-T2-R3)

$$\%Remoción = \frac{130.0 - 7.8}{130.0} \times 100$$

$$\%Remoción = 94.0\%$$

Finalmente, después de haber utilizado la fórmula para calcular los porcentajes de remoción, los datos obtenidos fueron ordenados en la tabla 9, además se añadieron sus respectivas concentraciones.

Tabla 9
Porcentajes de remoción de cada tratamiento

Tratamientos	Unidad	Antes	Después	% Remoción	
T1 (Lenteja de agua)	AS-T1-R1	NMP/100 ml	330.0	4.2	98.7%
	AS-T1-R2	NMP/100 ml	330.0	3.7	98.9%
	AS-T1-R3	NMP/100 ml	330.0	4.5	98.6%
T2 (Jacinto de agua)	AS-T2-R1	NMP/100 ml	1700.0	17.0	99.0%
	AS-T2-R2	NMP/100 ml	700.0	<1,8	99.7%
	AS-T2-R3	NMP/100 ml	130.0	7.8	94.0%

Nota. La siguiente tabla muestra los dos tratamientos empleados con sus respectivas repeticiones (con códigos), así como las concentraciones obtenidas antes y después de empleados los tratamientos con su porcentaje de remoción.

En la figura 26 nos muestra que el tratamiento con su repetición que obtuvo el mayor porcentaje de remoción fue el del Jacinto de agua (AS-T2-R2), con un porcentaje satisfactorio del 99.7%, demostrando así el potencial fitorremediador que siempre llega a tener esta especie en la remoción de CT.

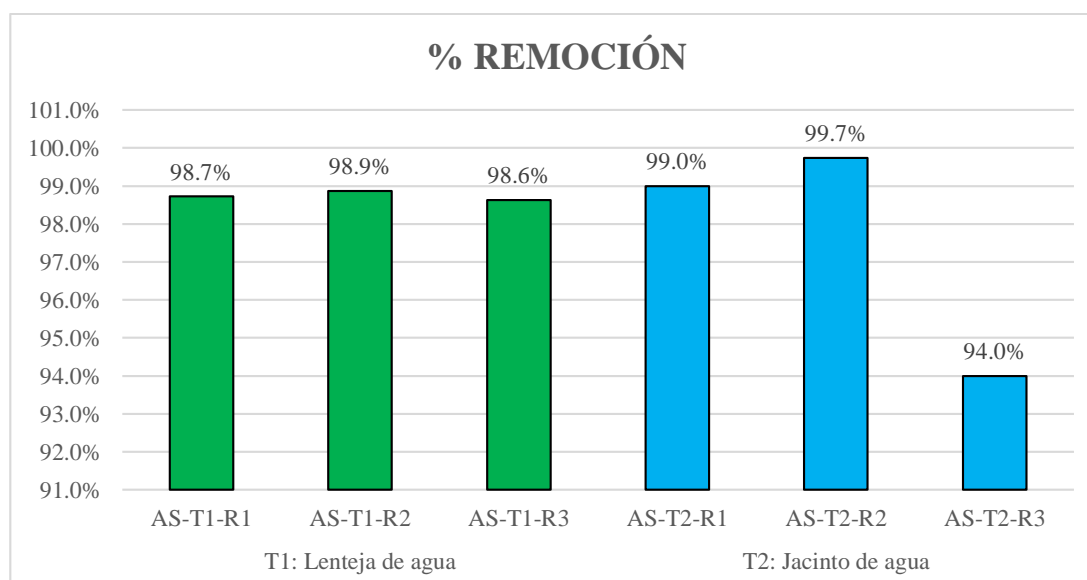


Figura 26. Porcentajes de remoción con su respectiva unidad experimental de cada tratamiento.

❖ **Contrastación de la hipótesis específica 3.**

H₁: El porcentaje de remoción de coliformes termotolerantes, empleando el uso de las especies *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes*, es alto según los tratamientos aplicados, presentes en el río Huaura.

H₀: El porcentaje de remoción de coliformes termotolerantes, empleando el uso de las especies *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes*, no es alto según los tratamientos aplicados, presentes en el río Huaura.

Interpretación

Según los antecedentes analizados se pudo determinar que el porcentaje de remoción de CT al emplear el uso de ambas especies (Lenteja agua y Jacinto de agua) es alto. Esto se puede sustentar con los dos tratamientos empleados en esta investigación, obteniendo así porcentajes altos en ambos tratamientos mayores al 95% como se puede observar en la tabla 9 y en la figura 26. Es decir, ambos son eficientes (no tienen diferencia significativa), tal y como se pueden ver en los resultados de su p-valor ($0.689 > \alpha = 0.05$) y de su valor W (36.00) según la prueba realizada (U Mann-Whitney). Aceptando la hipótesis alterna y rechazando la hipótesis nula.

4.1.4 Comparación de la eficiencia del *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de coliformes termotolerantes

La variación de las concentraciones de los CT al ser comparadas antes y después de empleados los tratamientos muestran una remoción notoria como se puede observar en la figura 27, se obtuvieron concentraciones menores a los 17.0 NMP/100 ml, demostrando así que, ambas plantas macrófitas son eficientes en la remoción de CT y que en tan sólo 20 días pueden llegar a remover una buena cantidad del parámetro estudiado. Además, la especie o tratamiento que logró obtener una remoción óptima y ser la más eficiente fue el Jacinto de agua (T2), exactamente en su segunda repetición.

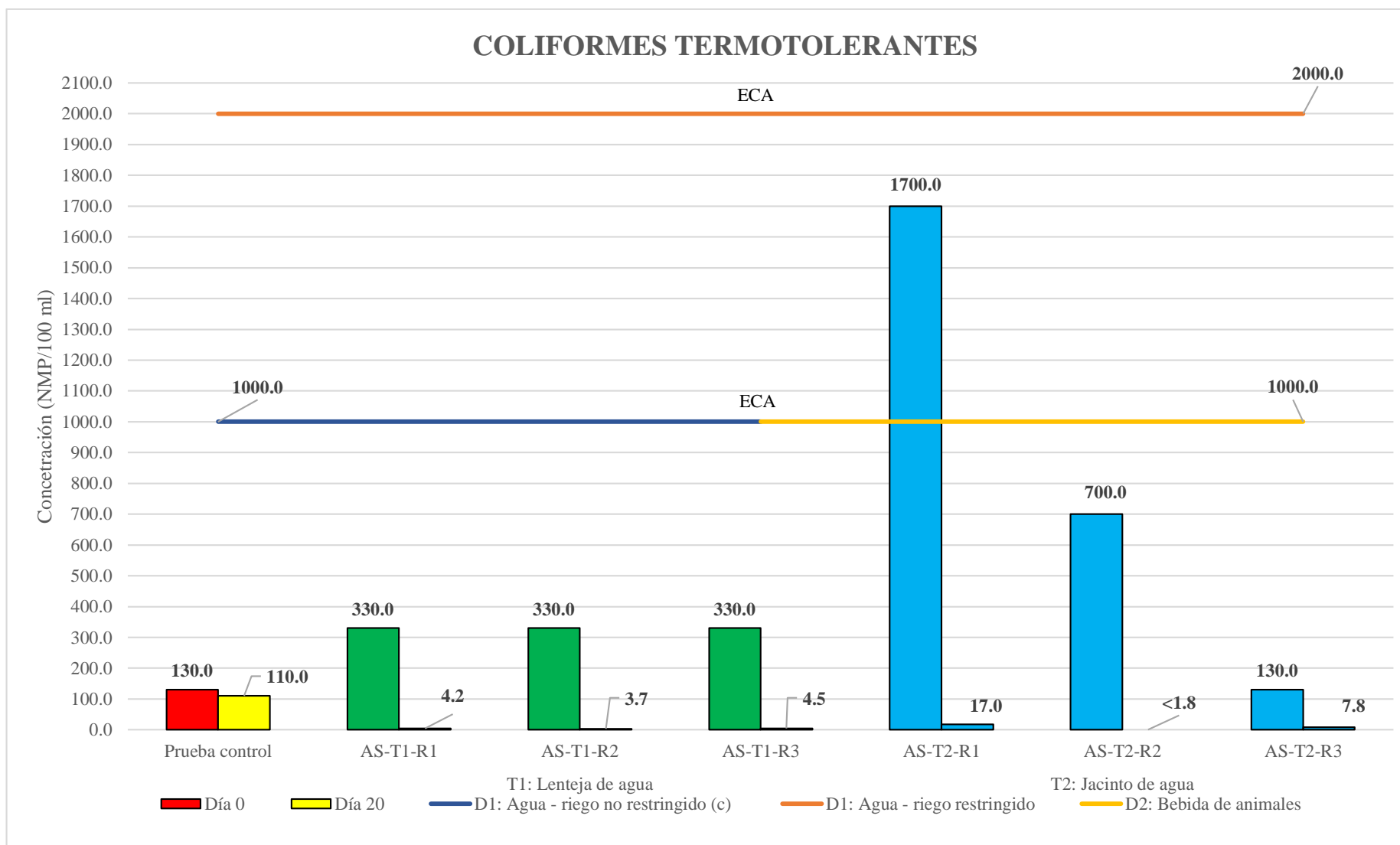


Figura 27. Variación de las concentraciones de Coliformes termotolerantes comparados con los ECA (categoría 3).

❖ **Contrastación de la hipótesis general**

H₁: La especie *Eichhornia crassipes* evidencia una mayor remoción de coliformes termotolerantes en comparación con la *Lemna minor*, presentes en el río Huaura.

H₀: La especie *Lemna minor* evidencia una mayor remoción de coliformes termotolerantes en comparación con la *Eichhornia crassipes*, presentes en el río Huaura.

- Tipo de diseño experimental: Cuasiexperimental
- Diseño de pre prueba/post prueba y grupo de control
- Esquema:

G1:	O1	X (T1)	O2
G2:	O3	X (T2)	O4
GC:	O5	-	O6

Leyenda:

GC: Grupo control (Sin tratamiento)

G1: Grupo experimental 1 (Tratamiento 1 con la especie, Lenteja de agua)

G2: Grupo experimental 2 (Tratamiento 2 con la especie, Jacinto de agua)

O1: Primera medición (Primer monitoreo de calidad de agua, antes del Tratamiento 1)

O2: Segunda medición (Segundo monitoreo de calidad de agua, después del Tratamiento 1)

O3: Primera medición (Primer monitoreo de calidad de agua, antes del Tratamiento 2)

O4: Segunda medición (Segundo monitoreo de calidad de agua, después del Tratamiento 2)

O5: Primera medición (Primer monitoreo, sin tratamiento aplicado)

O6: Segunda medición (Segundo monitoreo, sin tratamiento aplicado)

X: Estímulo (Con tratamiento de agua)

-: Sin estímulo (Sin tratamientos)

- Variable: Eficiencia de las especies *L. minor* y *E. crassipes*
- Factor: Tratamientos (T0, T1, T2)
- Variables de respuesta: pH, T°, OD, CE, CT

Tabla 10

Factor y variables de respuesta

Factor	Variables de respuesta				
	pH	T°	OD	CE	CT
AS-PC-d0	7.32	27.7	7.43	270	130
AS-PC-d20	8.1	27.9	10.72	357	110
AS-T1-R1-d0	7.44	26.5	7.54	282	330

AS-T1-R1-d20	8.28	30	9.32	484	4.2
AS-T1-R2-d0	7.3	27.5	7.64	275	330
AS-T1-R2-d20	8.12	29.9	8.33	459	3.7
AS-T1-R3-d0	7	26.3	7.44	284	330
AS-T1-R3-d20	8.03	30.2	6.69	494	4.5
AS-T2-R1-d0	6.98	27.2	7.72	277	1700
AS-T2-R1-d20	8.69	25.9	8.09	1004	17
AS-T2-R2-d0	7.35	28.6	7.58	272	700
AS-T2-R2-d20	8.4	25.9	8.09	997	1.8
AS-T2-R3-d0	7.32	29.4	7.49	274	130
AS-T2-R3-d20	8.25	25.9	8.19	1038	7.8

Nota. Los datos de la siguiente tabla fueron procesados en el programa Minitab 18 para realizar su respectivo análisis estadístico.

4.1.4.1 Prueba de normalidad

a) Parámetro pH

1. Hipótesis:

H_1 : Los errores no tienen distribución normal

H_0 : Los errores tienen distribución normal

2. Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$, NC=95% (normal)

3. Estadístico de prueba:

AD= 0.641

p-valor= 0.075 > $\alpha = 0.05$

4. Decisión:

p-valor < 0.05 = se rechaza la hipótesis nula

p-valor > 0.05 = no se rechaza la hipótesis nula (acepta)

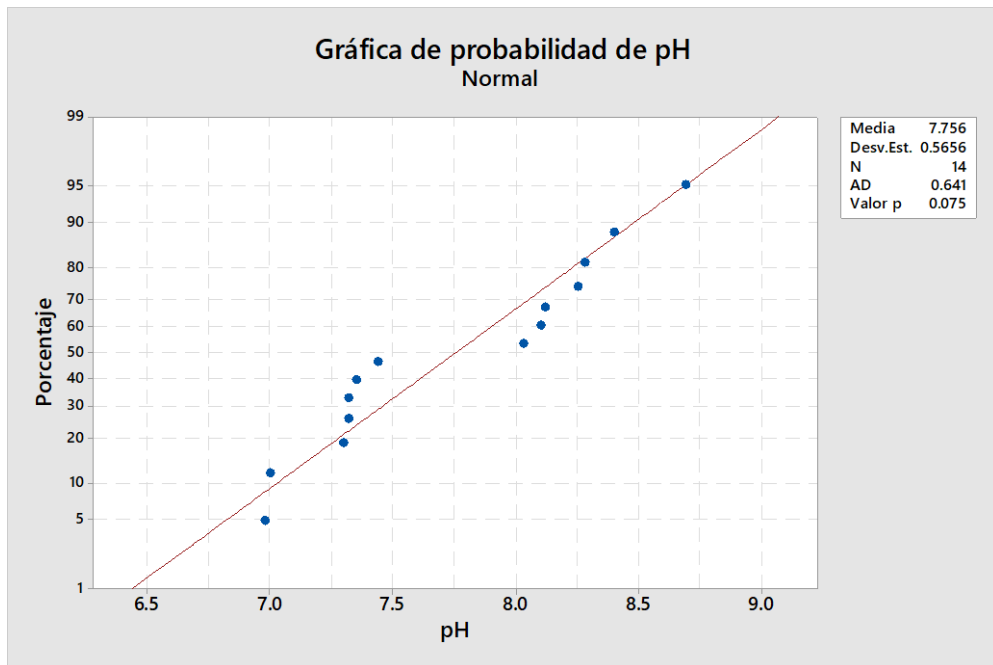


Figura 28. Gráfica de probabilidad con los datos del parámetro pH (Minitab).

Interpretación

Obteniendo un p-valor de $0.075 > \alpha = 0.05$, se acepta la hipótesis nula. Teniendo un 95% de nivel de confianza, se concluye que los datos tienen una distribución normal, como se observa en la figura 28, y se puede utilizar la prueba estadística ANOVA.

b) Parámetro Temperatura (T°)

1. Hipótesis:

H_1 : Los errores no tienen distribución normal

H_0 : Los errores tienen distribución normal

2. Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$, NC=95% (normal)

3. Estadístico de prueba:

AD= 0.475

p-valor= 0.201 > 0.05

4. Decisión:

p-valor < 0.05 = se rechaza la hipótesis nula

p-valor > 0.05 = no se rechaza la hipótesis nula (acepta)

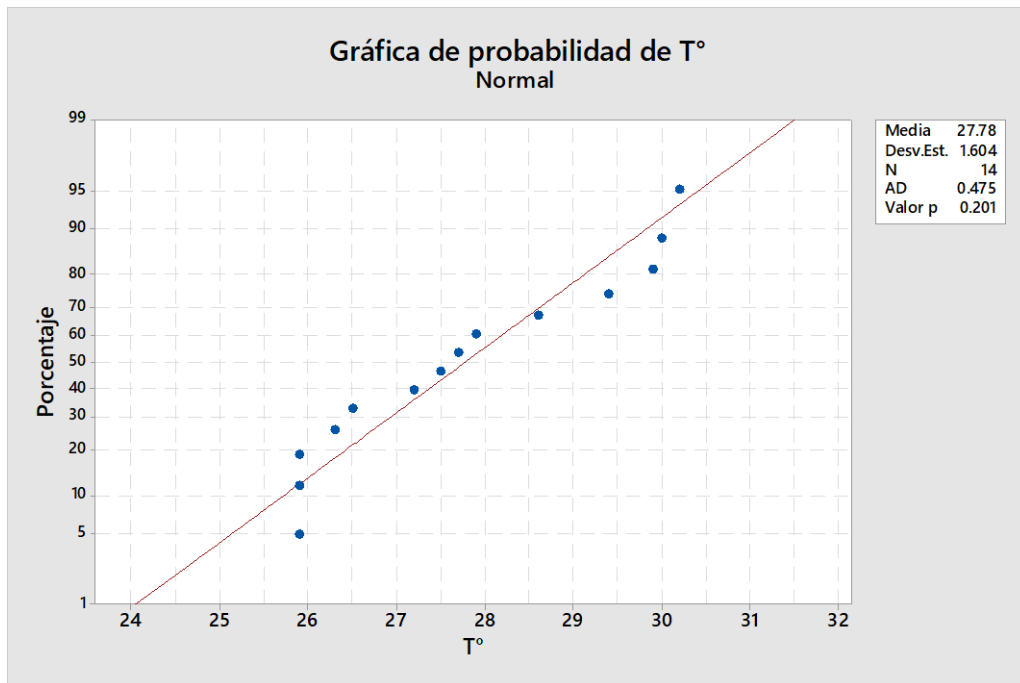


Figura 29. Gráfica de probabilidad con los datos del parámetro T° (Minitab).

Interpretación

Obteniendo un p-valor de $0.201 > \alpha = 0.05$, se acepta la hipótesis nula. Teniendo un 95% de nivel de confianza, se concluye que los datos tienen una distribución normal (figura 29). Por ello se usó la prueba paramétrica ANOVA.

c) Parámetro Oxígeno disuelto (OD)

1. Hipótesis:

H_1 : Los errores no tienen distribución normal

H_0 : Los errores tienen distribución normal

2. Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$, NC=95% (normal)

3. Estadístico de prueba:

AD= 1.068

p-valor= $0.006 < \alpha = 0.05$

4. Decisión:

p-valor < 0.05 = se rechaza la hipótesis nula

p-valor > 0.05 = no se rechaza la hipótesis nula (acepta)

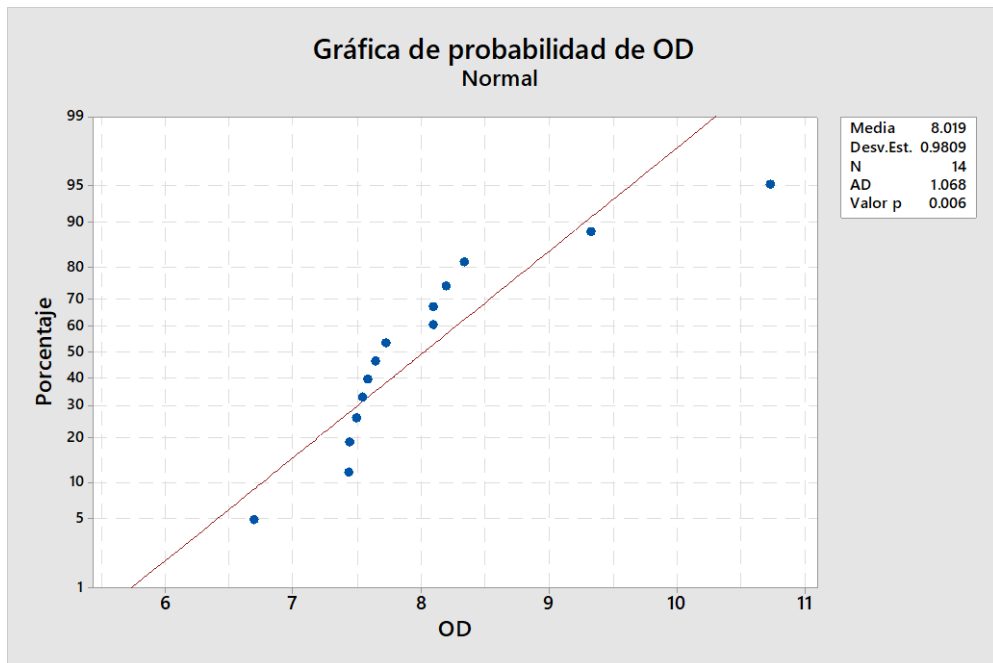


Figura 30. Gráfica de probabilidad con los datos del parámetro OD (Minitab).

Interpretación

Obteniendo un p-valor de $0.006 < \alpha = 0.05$, se rechaza la hipótesis nula aceptando la alterna. Teniendo un 95% de nivel de confianza, se concluye que los datos no tienen una distribución normal, esto se puede observar en la figura 30. Por ello se usó la prueba no paramétrica U de Mann Whitney.

d) Parámetro Conductividad eléctrica (CE)

1. Hipótesis:

H_1 : Los errores no tienen distribución normal

H_0 : Los errores tienen distribución normal

2. Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$, NC=95% (normal)

3. Estadístico de prueba:

AD= 1.800

p-valor= $< 0.005 < \alpha = 0.05$

4. Decisión:

p-valor < 0.05 = se rechaza la hipótesis nula

p-valor > 0.05 = no se rechaza la hipótesis nula (acepta)

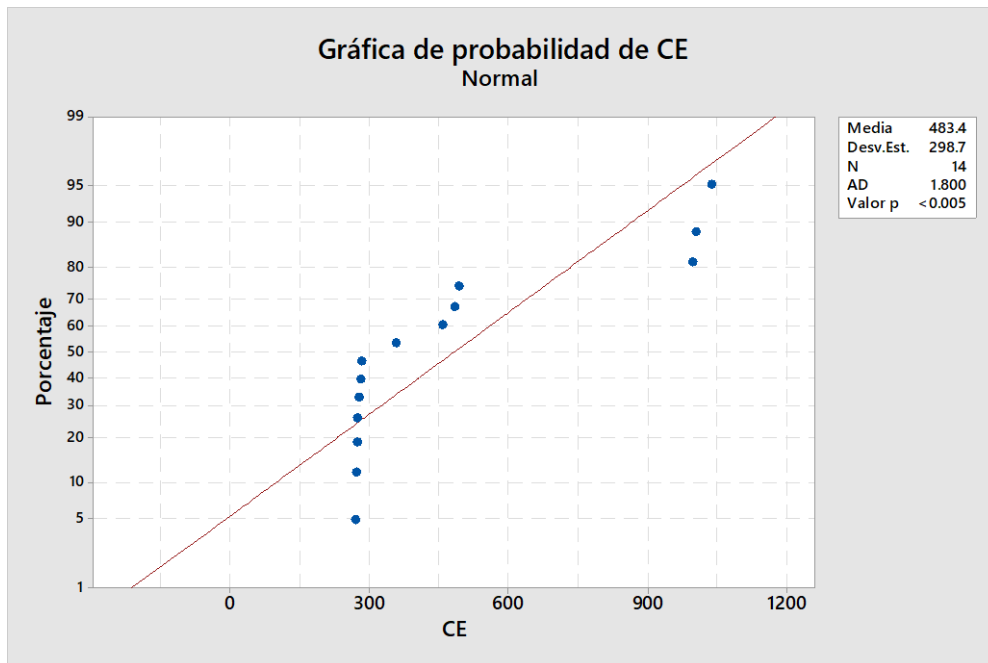


Figura 31. Gráfica de probabilidad con los datos del parámetro CE (Minitab).

Interpretación

Obteniendo un p-valor de $<0.005 < \alpha = 0.05$, se rechaza la hipótesis nula aceptando la alterna. Teniendo un 95% de nivel de confianza, se concluye que los datos no tienen una distribución normal (figura 31). Por ello se usó la prueba no paramétrica U de Mann Whitney.

e) Parámetro Coliformes termotolerantes (CT)

1. Hipótesis:

H_1 : Los errores no tienen distribución normal

H_0 : Los errores tienen distribución normal

2. Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$, NC=95% (normal)

3. Estadístico de prueba:

AD= 1.916

p-valor= $<0.005 < \alpha = 0.05$

4. Decisión:

p-valor <0.05 = se rechaza la hipótesis nula

p-valor >0.05 = no se rechaza la hipótesis nula (acepta)

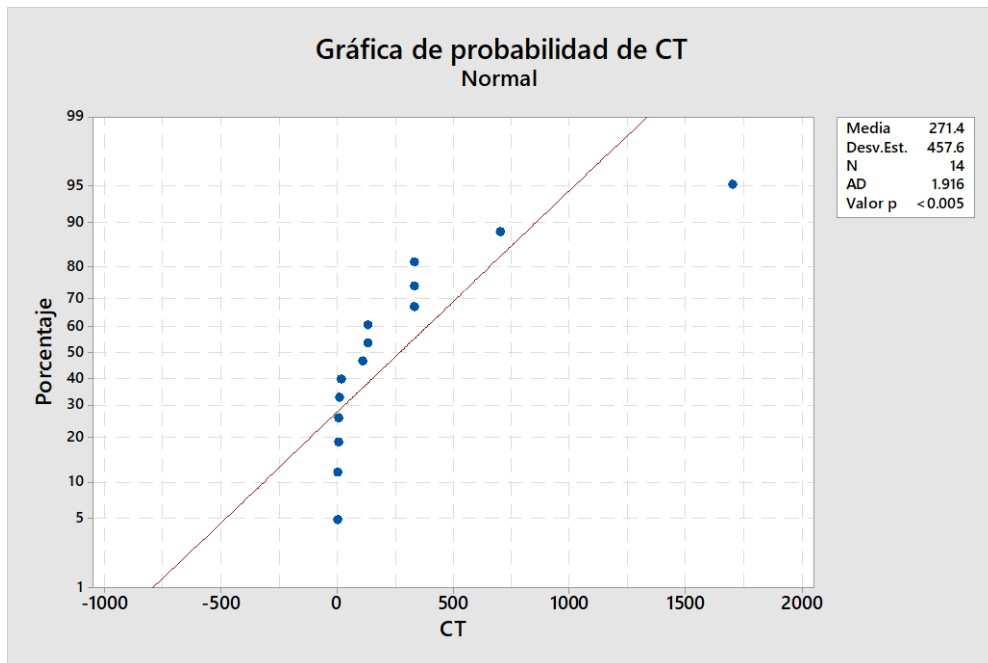


Figura 32. Gráfica de probabilidad con los datos del parámetro CT(Minitab).

Interpretación

Obteniendo un p-valor de $< 0.005 < \alpha = 0.05$, se rechaza la hipótesis nula aceptando la alterna. Teniendo un 95% de nivel de confianza, se concluye que los datos no tienen una distribución normal, como se observa en la figura 32. Por ello se usó la prueba no paramétrica U de Mann Whitney.

4.1.4.2 Comparación de la eficiencia del tratamiento: Prueba ANOVA

a) Parámetro pH

Hipótesis:

- H_1 : Existe diferencia entre la concentración de pH de los tratamientos (mayor eficiencia)
- H_0 : No existe diferencia entre la concentración de pH de los tratamientos (eficiencia parecida)

ANOVA

- $F = 0.08$

Decisión:

- p-valor > 0.05 = no se rechaza la hipótesis nula (acepta)
- p-valor < 0.05 = se rechaza la hipótesis nula
- p-valor = $0.922 > \alpha = 0.05$

Tabla 11
Resultados del Análisis de varianza del parámetro pH

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	0.06091	0.03045	0.08	0.922
Error	11	4.09723	0.37248		
Total	13	4.15814			

Nota. Se puede observar el valor F y valor p obtenidos del análisis de varianza.

Tabla 12
Medias obtenidas de los tratamientos en relación con el pH

Tratamientos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T0 (control)	2	7.710	0.552	(6.760; 8.660)
T1	6	7.695	0.518	(7.147; 8.243)
T2	6	7.832	0.701	(7.283; 8.380)

Nota. Desv.Est. agrupada=0.610308

Interpretación

Con un nivel de confianza del 95%, en el análisis de varianza (prueba ANOVA) realizado, se obtuvo como p-valor $0.922 > \alpha = 0.05$ y un valor F de 0.08, como se presencia en la tabla 11. Además, en la Tabla 12 se observa medias similares para el T1 y T2, incluso similar al T0 (control). Por ello se concluye que, se acepta la hipótesis nula debido a que no existen diferencias significativas sino una eficiencia parecida o similar entre los tratamientos (T1 y T2) aplicados para la regularizar el pH.

Tabla 13
Comparaciones múltiples de Dunnett con un control al 95% de confianza para el pH

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T0 (control)	2	7.710	A
T2	6	7.832	A
T1	6	7.695	A

Nota. Las medias que no se encuentran denominadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

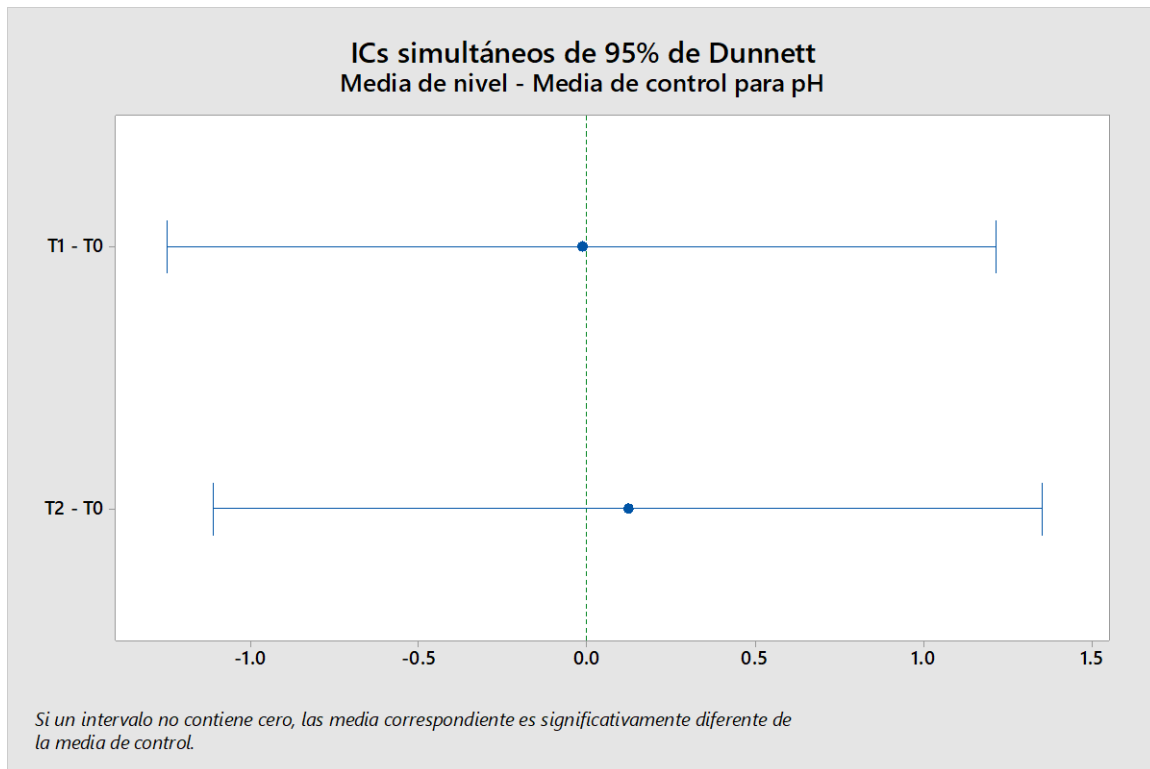


Figura 33. ICs simultáneos del 95% de Dunnett para el parámetro pH.

Interpretación

Al 95 % de confianza aplicando la prueba de Dunnett, ya que mediante esta prueba podemos comparar los 2 tratamientos aplicados añadiendo la prueba control (T0), tal y como se puede observar en la tabla 13 y figura 33. Se observa que las medias tanto del T1= 7.695 y el T2 = 7.832 no presentan diferencias significativas en sus resultados, al igual que con el grupo control (T0 = 7.710). Los tratamientos cumplieron con la regularización del pH, es decir fueron eficientes. Concluyendo con que el Tratamiento 2 (T2) fue más eficiente que el Tratamiento 1 (T1).

b) Parámetro Temperatura

Hipótesis:

- H₁: Existe diferencia entre la concentración de T° de los tratamientos (mayor eficiencia)
- H₀: No existe diferencia entre la concentración de T° de los tratamientos (eficiencia parecida)

ANOVA

- F = 0.90

Decisión:

- p-valor > 0.05 = no se rechaza la hipótesis nula (acepta)

- p-valor < 0.05 = se rechaza la hipótesis nula
- p-valor = 0.436 > α = 0.05

Tabla 14
Resultados del Análisis de varianza del parámetro T°

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	4.689	2.344	0.90	0.436
Error	11	28.755	2.614		
Total	13	33.444			

Nota. Se puede observar el valor F y valor p, obtenidos del análisis de varianza.

Tabla 15
Medias obtenidas de los tratamientos en relación con el T°

Tratamientos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T0 (control)	2	27.800	0.141	(25.284; 30.316)
T1	6	28.400	1.837	(26.947; 29.853)
T2	6	27.150	1.540	(25.697; 28.603)

Nota. Desv.Est. agrupada=1.61682

Interpretación

Con un nivel de confianza del 95%, en el análisis de varianza (prueba ANOVA) realizado, se obtuvo como p-valor $0.436 > \alpha = 0.05$ y su valor F fue de 0.90, como se puede observar en la tabla 14. Además, en la Tabla 15 indica que hay medias similares para los 2 tratamientos y también para el control T0. Por ello se concluye que, se acepta la hipótesis nula debido a que no existen diferencias significativas sino una eficiencia parecida o similar entre los tratamientos (T1 y T2) aplicados para la temperatura (T°).

Tabla 16
Comparaciones múltiples de Dunnett con un control al 95% de confianza para la T°

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T0 (control)	2	27.800	A
T2	6	28.400	A
T1	6	27.150	A

Nota. Las medias que no se encuentran denominadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

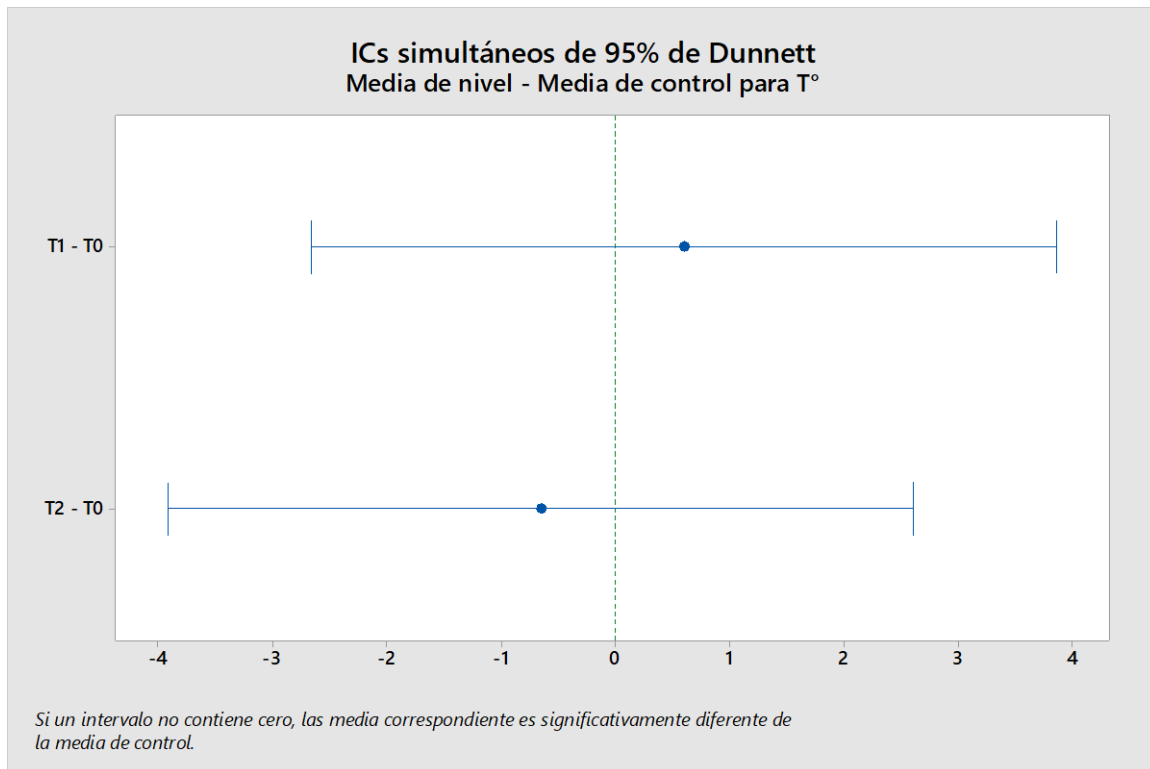


Figura 34. ICs simultáneos de 95% de Dunnett para el parámetro T°.

Interpretación

Al 95 % de confianza aplicando la prueba de Dunnett, ya que mediante esta prueba podemos comparar los 2 tratamientos aplicados añadiendo la prueba control (T0), tal y como se puede observar en la tabla 16 y figura 34. Se observa que tanto el T1 = 27.150 y el T2 = 28.400 no presentan diferencias significativas en sus resultados, al igual que con el grupo control (T0 = 27.800). Los tratamientos cumplieron con la eficiencia respecto a la T°. Concluyendo con que el Tratamiento 2 (T2) fue más eficiente que el Tratamiento 1 (T1).

4.1.4.3 Comparación de la eficiencia del tratamiento: Prueba U Mann-Whitney

a) Oxígeno Disuelto (OD)

Hipótesis:

- H₁: Existe diferencia entre la concentración de OD de los tratamientos (mayor eficiencia)
- H₀: No existe diferencia entre la concentración de OD de los tratamientos (eficiencia parecida)

Nivel de significancia:

- $\alpha = 0.05$

Mann-Whitney

- $W = 36.00$

Decisión:

- $p\text{-valor} > 0.05 =$ no se rechaza la hipótesis nula (acepta)
- $p\text{-valor} < 0.05 =$ se rechaza la hipótesis nula
- $p\text{-valor} = 0.689 > \alpha = 0.05$

Tabla 17

Estadísticas descriptivas del parámetro OD

Muestra	N	Mediana
OD (T1)	6	7.590
OD (T2)	6	7.905

Nota. Medianas obtenidas mediante la prueba U Mann-Whitney.

Tabla 18

Prueba Mann-Whitney para comparación de tratamientos (OD)

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	36.00	0.689
Ajustado para empates	36.00	0.688

Nota. Se observan los valores W y p.

Interpretación

Con un nivel de confianza del 95%, mediante la prueba Mann-Whitney (no paramétrica), se obtuvo como $p\text{-valor} 0.689 > \alpha = 0.05$ y un valor $W = 36.00$, como podemos observar en la tabla 18, aceptando la hipótesis nula. Por ello se concluye que, no existen diferencias significativas en las concentraciones de OD como se puede apreciar en las medianas (tabla 17) de cada tratamiento (T1 y T2), además el T2 es más eficiente que el T1.

b) Conductividad eléctrica (CE)

Hipótesis:

- H_1 : Existe diferencia entre la concentración de CE de los tratamientos (mayor eficiencia)
- H_0 : No existe diferencia entre la concentración de CE de los tratamientos (eficiencia parecida)

Nivel de significancia:

- $\alpha = 0.05$

Mann-Whitney

- $W = 38.00$

Decisión:

- $p\text{-valor} > 0.05 =$ no se rechaza la hipótesis nula (acepta)
- $p\text{-valor} < 0.05 =$ se rechaza la hipótesis nula
- $p\text{-valor} = 0.936 > \alpha = 0.05$

Tabla 19

Estadísticas descriptivas del parámetro CE

Muestra	N	Mediana
CE (T1)	6	371.5
CE (T2)	6	637.0

Nota. Medianas obtenidas mediante la prueba U Mann-Whitney.

Tabla 20

Prueba Mann-Whitney para comparación de tratamientos (CE)

Valor W	Valor p
38.00	0.936

Nota. Se observan los valores W y p.

Interpretación

Con un nivel de confianza del 95%, mediante la prueba Mann-Whitney (no paramétrica), se obtuvo como $p\text{-valor} 0.936 > \alpha = 0.05$ y el valor $W = 38.00$, como podemos observar en la tabla 20, aceptando la hipótesis nula. Por ello se concluye que, no existen diferencias significativas en las concentraciones de CE como se puede apreciar en las medianas (tabla 19) de cada tratamiento (T1 y T2), además el T2 es más eficiente que el T1.

c) Coliformes termotolerantes (CT)

Hipótesis:

- H_1 : Existe diferencia entre la concentración de CT de los tratamientos (mayor eficiencia)
- H_0 : No existe diferencia entre la concentración de CT de los tratamientos (eficiencia parecida)

Nivel de significancia:

- $\alpha = 0.05$

Mann-Whitney

- $W = 36.00$

Decisión:

- $p\text{-valor} > 0.05 =$ no se rechaza la hipótesis nula (acepta)
- $p\text{-valor} < 0.05 =$ se rechaza la hipótesis nula
- $p\text{-valor} = 0.689 > \alpha = 0.05$

Tabla 21

Estadísticas descriptivas del parámetro CT

Muestra	N	Mediana
CT (T1)	6	167.25
CT (T2)	6	73.50

Nota. Medianas obtenidas mediante la prueba U Mann-Whitney.

Tabla 22

Prueba Mann-Whitney para comparación de tratamientos (CT)

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	36.00	0.689
Ajustado para empates	36.00	0.687

Nota. Se observan los valores W y p.

Interpretación estadística

Con un nivel de confianza del 95%, mediante la prueba Mann-Whitney (no paramétrica), se obtuvo como $p\text{-valor} 0.689 > \alpha = 0.05$ y un valor $W = 36.00$, como podemos observar en la tabla 22, aceptando la hipótesis nula. Por ello se concluye que, no existen diferencias significativas en las concentraciones de CT como se puede apreciar en las medianas (tabla 21) de cada tratamiento (T1 y T2), además el T2 que el T1.

Interpretación de la contrastación de la hipótesis general

Acorde a los resultados obtenidos de las concentraciones de Coliformes termotolerantes, antes (día 0) y después (día 20) de haber empleado los dos tratamientos (T1 y T2). Se pudo determinar mediante la prueba de normalidad y las pruebas estadísticas (ANOVA, Dunnett y U Mann-Whitney), que el tratamiento más eficiente que se aplicó fue la del Jacinto de agua (T2), debido a que ésta alcanzó una mayor remoción que la Lenteja de agua (T1), a pesar de que no hubo diferencias significativas entre ambos tratamientos. Concluyendo así, que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la nula.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

De acuerdo a los análisis realizados, en cuanto a la comparación de la eficiencia de los dos tratamientos empleados T1: *Lemna minor* y T2: *Eichhornia crassipes*, se obtuvo que ambos demostraron una eficiencia satisfactoria en la remoción de coliformes termotolerantes, dando como resultado final valores óptimos al ser comparados con los ECA (categoría 3).

Con respecto al primer tratamiento “T1” (Lenteja de agua), se realizaron 3 repeticiones. La repetición del T1 con mayor remoción fue la R2, obteniendo 330,0 NMP/100 ml como resultado en la concentración de Coliformes termotolerantes (CT) en el día 0 y 3,7 NMP/100 ml en el día 20, con una diferencia de remoción de 326,3 NMP/100 ml, logrando remover una gran cantidad de CT, de igual manera, en la investigación de Cantuña (2019), donde empleó como segundo tratamiento a la Lenteja de agua en un tiempo de 7 días, se obtuvo 84,4 NMP/100ml en su resultado inicial y 9,2 NMP/100ml como resultado final, consiguiendo también una remoción satisfactoria de 75,6 NMP/100ml. Difiriendo con los resultados que se obtuvieron en la investigación realizada por Paredes (2019), donde se obtuvo 99 NMP/100ml en su concentración inicial y 38 NMP/100ml en su concentración final en un lapso de 40 días, alcanzando remover sólo 61 NMP/100ml, siendo ésta una diferencia no tan satisfactoria respecto a la remoción de CT.

Por otro lado, en el segundo tratamiento “T2” (Jacinto de agua), también se realizaron 3 repeticiones, siendo la segunda repetición “R2” la que alcanzó mayor remoción respecto al parámetro CT, dado que la concentración en el día 0 fue de 700,0 NMP/100 ml y en el día 20 fue de <1,8 NMP/100 ml, obteniendo una diferencia de 698.2 NMP/100 ml, llegando a remover una cantidad significativa de CT. Por el contrario, en la investigación de Cantuña (2019), donde se aplicó el Jacinto de agua en un tiempo de 40 días, la concentración inicial fue de 84,4 NMP/100ml y la concentración final fue de 14,4 NMP/100 ml, resultando una diferencia de remoción poco significativa de 70 NMP/100 ml. Sin embargo, hay similitud de remoción significativa con la investigación de Huamani, Huayta y Ortega (2021), la cual tuvo como resultado inicial (330 000 NMP/100 ml) y como resultado final (7,8 NMP/100 ml) en un tiempo de 21 días, alcanzando una remoción significativa de 329 992,2 NMP/100 ml. Finalmente el tratamiento más eficiente de la presente investigación fue el tratamiento “T2” usando la especie Jacinto de agua , debido a que se demostró en la comparación con otros autores que al realizar el tratamiento en un lapso de 20 días con esta planta, se obtiene una remoción eficiente y óptima, contrario al autor que realizó su tratamiento en 40 días,

donde su resultado fue poco satisfactorio. Evidenciando la relevancia del tiempo de retención que es aplicado a los tratamientos llevados a cabo.

Referente al mayor porcentaje de remoción obtenido en el primer tratamiento (Lenteja de agua) aplicado en un recipiente de capacidad para 15L de agua, fue de 98.9%. Siendo ésta una remoción óptima de acuerdo al parámetro Coliformes termotolerantes. Contrario a la investigación de Paredes (2019), donde obtuvo un porcentaje de 60.83% de remoción de CT con Lenteja de agua realizado en un canal de 13 metros de distancia, siendo un porcentaje ligeramente bajo en remoción. Por otro lado, en la investigación de Cantuña (2019), realizado el tratamiento con Lenteja de agua en un recipiente de 50L de capacidad, se obtuvo un 89%. Teniendo una eficiencia similar al de la presente investigación. En estas comparaciones destaca el tamaño del espacio en donde fue aplicado el tratamiento, ya que mientras más grande sea la capacidad, y menos cantidad de Lenteja de agua se añada resultará menos satisfactoria la remoción de CT.

En cuanto al segundo tratamiento (Jacinto de agua) el mayor porcentaje de remoción que se obtuvo fue de 99.7% con una dosis empleada de 1g de Jacinto por cada litro de agua del recipiente, evidenciando que el T2 fue más efectivo que el T1, en los porcentajes de remoción de CT. Siendo similar al experimento realizado por Aranda y Pinchi (2020), donde aplicaron la misma dosis de 1g por cada litro de agua recolectada, obteniendo un 99.9% de porcentaje de remoción, siendo una eficiencia muy satisfactoria. Sin embargo, en la investigación de Cantuña (2019), donde estableció una dosis de 14 plantas de Jacinto de agua en un recipiente de 50L, resultando un porcentaje de 87%, que fue por debajo del 95%. Constatando que la eficiencia de remoción de Coliformes termotolerantes también depende de la dosis que se le aplicará al tratamiento, además tomando en cuenta lo que dice el autor Pino *et al.* (2021), que el Jacinto de agua es una planta que se reproduce rápidamente, es por ello que se deben aplicar dosis en pequeñas cantidades, dependiendo a la capacidad del recipiente si se quiere realizar el tratamiento a pequeña escala.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Tanto el primer tratamiento (*Lemna minor*), como el segundo tratamiento (*Eichhornia crassipes*) tienen una eficiencia similar y satisfactoria según lo analizado en la prueba estadística (U Mann-Whitney). Además, los valores obtenidos del porcentaje de remoción, indican que se logró remover de manera óptima al parámetro coliformes termotolerantes.
- Los niveles de concentración al ser analizados después de haber aplicado el primer y segundo tratamiento (T1 y T2), disminuyeron en gran proporción durante los 20 días de retención hidráulica. El T1 obtuvo la mayor remoción en su segunda repetición (R2), siendo un valor de 326,3 NMP/100ml. Por otro lado, el T2 también tuvo como mayor remoción su segunda repetición, que fue de 698,2 NMP/100ml. Siendo el T2 (*E. crassipes*), el más eficiente de los 2 tratamientos, ya que obtuvo una mayor diferencia en sus concentraciones.
- Los porcentajes de remoción fueron similares, teniendo como valores más sobresalientes en el T1 la repetición 2 y en el T2 también su segunda repetición, cuyos resultados fueron de 98.9% y 99.7% respectivamente.

6.2 Recomendaciones

- Es recomendable que, antes de iniciar con un estudio que implique el tratamiento de aguas superficiales mediante la fitorremediación, se investigue acerca de las especies oriundas que se encuentren en el cuerpo de agua del cual se van a sustraer tanto las muestras como dichas especies para asegurar la efectividad del estudio.
- Se debe realizar un estudio previo sobre las características de cada macrófita antes de definir la dosis y el tiempo a emplear en cada tratamiento, debido a que existen plantas acuáticas de rápida reproducción y esto podrían alterar las concentraciones de los parámetros que se van a estudiar. Además, sería considerable realizar los experimentos a pequeña escala en recipientes con suficiente espacio para que la planta pueda remediar el agua de manera favorable y evitar una saturación de ésta.
- Se recomienda tomar en cuenta los factores climáticos, ya que éstos pueden influir de manera indirecta en la adaptación y funcionamiento de la especie, debido a que, al no estar en su hábitat natural, son propensas a sufrir alguna alteración a nivel biológico, perjudicando así, la eficiencia del tratamiento.

- Para incrementar el valor de la investigación, acerca de la fitorremediación de aguas superficiales a través de plantas macrófitas, es recomendable que la elección del parámetro a estudiar tenga un fuerte vínculo con fuentes de datos que evidencien el riesgo que desencadena éste al sobrepasar los Estándares de Calidad Ambiental.
- Se recomienda continuar con los estudios sobre la remoción de Coliformes termotolerantes en aguas superficiales por medio de otras especies macrófitas, ya que según lo investigado dentro de cada cuerpo de agua existe una gran variedad de plantas que tienen un elevado potencial de eliminación de contaminantes.

CAPÍTULO VII. REFERENCIAS

- Albano, E. (2012). *Reproducción sexual del Jacinto de Agua (Eichhornia crassipes): germinación, anatomía y banco de semillas* (tesis de doctorado). Universidad de Extremadura, Mérida, España.
- Aranda, G., & Pinchi, X. (2020). *Eficiencia de las macrófitas Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y repollo de agua (Pistia stratiotes) en la remoción de nutrientes en las aguas contaminadas de la laguna Ricuricocha por los efluentes de la ganadería del Águila. – Morales- San Martín, 2019* (tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión. Tarapoto, San Martín, Perú.
- Araya, P. (2017). *Reducción de coliformes fecales en humedales artificiales de flujo subsuperficial* (tesis de pregrado). Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.
- Arroyave, M. P. (2004). La lenteja de agua (*Lemna minor* L.): Una planta acuática promisoriosa. *Revista EIA*, 1(1), 33-38. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1492/149217763003.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua (2011). *Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial*. <https://www.senace.gob.pe/wp-content/uploads/filebase/senacenormativa/NAT-3-5-04-Protocolo-Nacional-Monitoreo.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua (2015). *Plan Nacional de Recursos Hídricos*. <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1416.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua (2020). *Resolución Jefatural N° 151-2020-ANA. –“Glosario de Términos de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 001-2010-AG”*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-documentodenominado-glosario-terminos-ley-ndeg-29338-ley>
- Autoridad Nacional del Agua (2021). *XI Monitoreo de la calidad de agua superficial de la cuenca del río Huaura 13756*. https://autoridad-my.sharepoint.com/:f:/personal/khuaman_ana_gob_pe/EvEVQUVlf0BKrjsY7_sCx_rEBgyFf0krqbGmpvHAiKj6QKA?e=Fbi4Ca
- Cantuña, A. (2019). *Evaluación de la rizofiltración del agua residual del canal El Macho en la ciudad de Machala* (tesis de pregrado). Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.

- Chuquibala, M., & Sánchez, H. N. (2017). *Determinación de la eficiencia de remoción de contaminantes del afluente doméstico mediante la aplicación de Eichhornia crassipes y Lemna minor en el anexo El Molino, distrito de Chachapoyas, provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas 2016* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Amazonas, Perú.
- Dirección General de Salud Ambiental (2010). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1590.pdf>
- Dueñas, C. y Hinojoza, L. (2021). Calidad del agua potable y su influencia en la salud humana. *Gnosis Wisdom*, 1(3), 11-20.
doi: <https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v1i3.19>
- Guevara, M., y Ramírez, L. (2015). Eichhornia crassipes, su invasividad y potencial fitorremediador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 22(2), 5-11.
doi: [10.17163/lgr.n22.2015.01](https://doi.org/10.17163/lgr.n22.2015.01)
- Huamani, E., Huayta, D. & Ortega D. (2021). *Eficiencia de remoción de la especie Hydrocotyle bonariensis (Redondita de agua) y Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) en las aguas residuales del río Shullcas – 2021* (tesis de pregrado). Universidad Continental, Huancayo, Perú.
- Instituto Geológico y Minero de España (2005). *Guía didáctica*. https://aguas.igme.es/igme/educacion_ambiental/guia_didactica/pdf/guia.pdf
- León, R. (2017). *Inventario de plantas recomendadas para fitorremediación de coliformes fecales en aguas negras* (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- León, R., Pernía, B., Siguencia, R., Franco, S., Noboa, A. y Cornejo, X. (2018). Evaluation of the potential of aquatic plants to remove total coliforms and Escherichia coli from wastewater. *Enfoque UTE*, 9(4), 131-144.
doi: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.286>
- Liberio, F. (2019). *Incidencia en lombriz roja californiana (Eisenia foetida) y lenteja de agua (Lemna minor) en el tratamiento de aguas residuales urbanas en el catón Quevedo, año 2018* (tesis de maestría). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.

- Limache, F. (2021). *Evaluación comparativa de Lechuga de agua (Pistia stratiotes) y Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tacna* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Marín, R. (2010). Características físicas, químicas y biológicas de las aguas. *EOI*.
<https://www.eoi.es/sites/default/files/savia/documents/componente48099.pdf>
- Martelo, J., y Lara Borrero, J. A. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte. *Ingeniería Y Ciencia*, 8(15), 221–143. doi: <https://doi.org/10.17230/ingciencia.8.15.11>
- Mendoza, Y., Castro, F., y Marín, J. (2019). *Eichhornia crassipes como tratamiento biológico de aguas residuales: Fitorremediación con plantas acuáticas como alternativa de tratamiento para aguas domésticas*.
<https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/handle/uniguajira/310>
- Ministerio del Ambiente (2014). *Guía para la elaboración de planes de descontaminación de suelos*.
https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-PDS-SUELO_MINAM2.pdf
- Ministerio del Ambiente (2015). *Glosario de términos*.
<https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>
- Ministerio del Ambiente (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. - Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Ministerio del Ambiente (2017). *Estándares de Calidad Ambiental – Preguntas frecuentes*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/376851/Preguntas-frecuentes.pdf>
- Núñez, E. (2019). *Evaluación de la eficiencia del sistema de fitorremediación mediante las especies palustre y flotante, Zantedeschia aethiopica y Eichhornia crassipes en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la zona de la región natural Quechua-Cajamarca* (tesis de pregrado).
<http://hdl.handle.net/20.500.12840/1797>

- Núñez, R., Meas, Y., Ortega, R., y Olgúin, E. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Ciencia - Academia Mexicana de Ciencias*, 55(3), 69-83. Recuperado de https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf
- Olgúin, E. J. y Sánchez, G. (2010). Aquatic phytoremediation: Novel insights in tropical and subtropical regions. *Pure and Applied Chemistry*, 82(1), 27-38. doi: <https://doi.org/10.1351/PAC-CON-09-02-13>
- Olivera, P. (2019). *Influencia de la calidad de agua de consumo en la morbilidad por enfermedades de transmisión hídrica en la población infantil del distrito de Cácatay-Recuay-Ancash durante el año 2016* (tesis de doctorado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Ancash, Perú.
- Paima, R., & Vásquez, C. (2021). *Remoción de parámetros físicos y microbiológicos utilizando Jacinto de Agua o Microorganismos de Montaña en efluentes del camal de Zapatero* (tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.
- Paredes, H. (2019). *Fitorremediación con Lemna minor y Zantedeschia aethiopica en piscinas biodigestoras para mejorar la calidad del agua del río Jatun Yaku del cantón Otavalo* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra, Ecuador.
- Pino, S. L., Barros, D. V., Sisalema, L. A., Fernández, P. L. y Molina, C. D. (2021). El costo de remediación del recurso agua por contaminación de Coliformes fecales en el Estero Salado, sector La Chala, Guayaquil-Ecuador. *Revista Espacios*, 42(4), 102-120. doi: 10.48082/espacios-a21v42n04p09
- Peña, E. (2007). *Calidad de agua*. DSpace. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- Pure aqua (2019). *Eliminación de Coliformes del Agua*. Pure Aqua, Inc. <https://es.pureaqua.com/eliminacion-de-coliformes-del-agua/>
- Solís, Y., Zúñiga, L. y Mora, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 31(1), 35-46. doi: <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- Taboada, J. (2014). *Depuración con filtros de plantas macrófitas*. Tys magazine. <https://tysmagazine.com/depuracion-con-filtros-de-plantas-macrofitas/>

Tello, W., Loureiro, D. B., Reeves, M. C., Yujnovsky, F., Salvatierra, L. M. y Pérez, L. M. (2016). Evaluación de macrófitas autóctonas de flotación libre para su empleo en el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados. *Energeia*, 14(14), 31-36. <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/5741>

ANEXOS

Anexo 1. Mapa

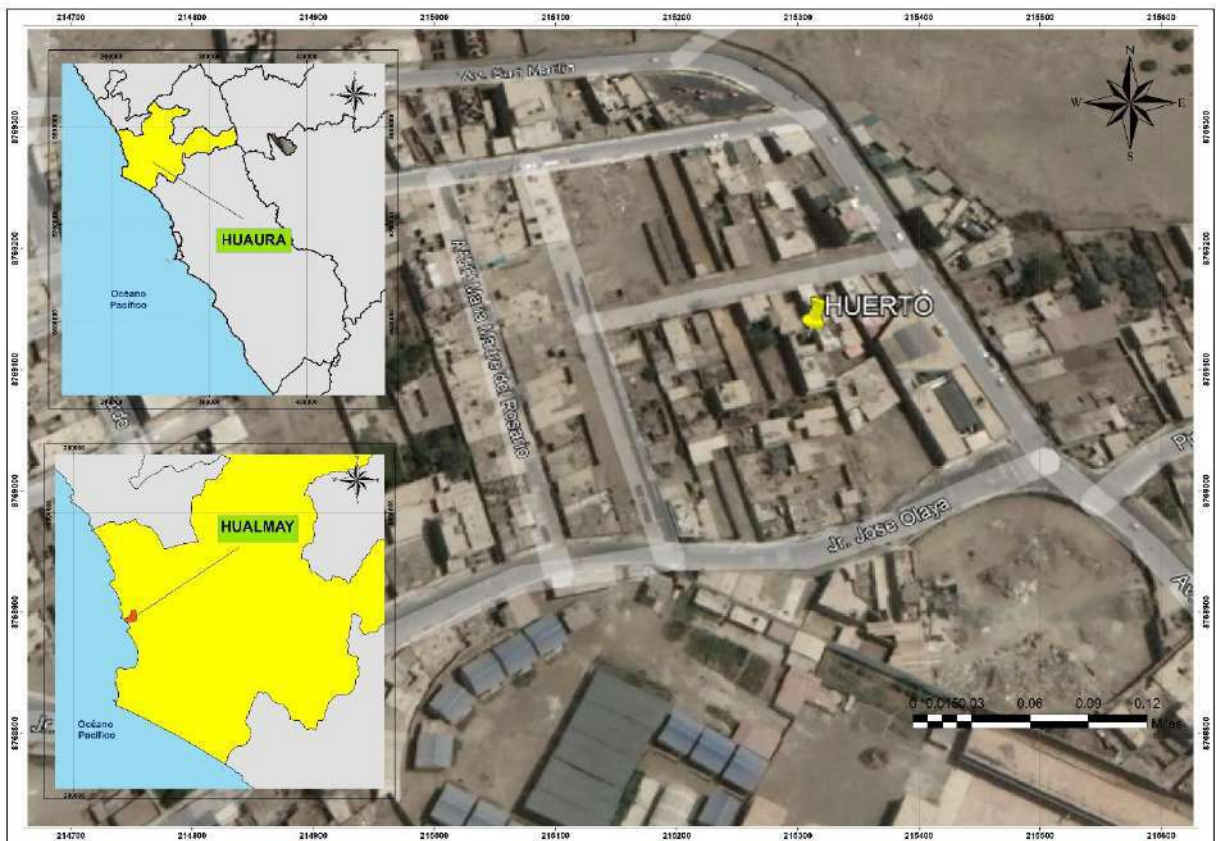


Figura 35. Mapa de ubicación del área experimental

Anexo 2. Formatos de recolección de datos


F01-F-LJ					
CHECK LIST DE MATERIALES Y EQUIPOS					
ASUNTO:		Primer Monitoreo			
FECHA:		30/03/2023			
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	SI	NO	OBSERVACIONES
EQUIPOS	Multiparámetro	1	✓		
	Cámara fotográfica (celular)	2	✓		
MATERIALES	Guantes	4	✓		
	Guardapolvo o chaleco	2	✓		
	Casco o sombrero	2	✓		
	Cooler	1	✓		
	Refrigerantes (ice pack)	2	✓		
	Frascos de plástico (500 ml)	7	✓		
	Agua destilada (1L)	1	✓		
	Papel Tisú	1 paquete	✓		
	Cadena de custodia	1	✓		
	Formatos	3	✓		
	Tablero	2	✓		
	Lapiceros y plumones	4	✓		
	Etiquetas de rotulado	7	✓		
	Cinta adhesiva	2	✓		
	Papel Kraft	7 pedazos	✓		
	Jarra graduada (5L)	2	✓		
Baldes	7	✓			
Balanza	1	✓			

Figura 36. Check list de materiales y equipos en el primer monitoreo.


F01-F-LJ					
CHECK LIST DE MATERIALES Y EQUIPOS					
ASUNTO:		Segundo Monitoreo			
FECHA:		19/04/2023			
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	SI	NO	OBSERVACIONES
EQUIPOS	Multiparámetro	1	✓		
	Cámara fotográfica (celular)	2	✓		
MATERIALES	Guantes	4	✓		
	Guardapolvo o chaleco	2	✓		
	Casco o sombrero	2	✓		
	Cooler	1	✓		
	Refrigerantes (ice pack)	1	✓		
	Frascos de plástico (500 ml)	7	✓		
	Agua destilada (1L)	1	✓		
	Papel Tisú	1 paquete	✓		
	Cadena de custodia	1	✓		
	Formatos	2	✓		
	Tablero	2	✓		
	Lapiceros y plumones	4	✓		
	Etiquetas de rotulado	7	✓		
	Cinta adhesiva	2	✓		
	Papel Kraft	7 pedacitos	✓		
	Jarra graduada (1L)	1	✓		

Figura 37. Check list de materiales y equipos en el segundo monitoreo.


PRIMER MONITOREO

F02-F-LJ					
MUESTRAS (Día 0)	FECHA	PARÁMETROS DE CAMPO			
Tratamiento (Lenteja de agua "T1")	30/03/2023	Ph (unidades de pH)	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)
R1	Concentración	7.44	26.5	7.54	282
	Hora (am)	10:50	10:50	10:53	10:57
R2	Concentración	7.30	27.5	7.64	275
	Hora (am)	11:10	11:10	11:13	11:16
R3	Concentración	7.00	26.3	7.44	284
	Hora (am)	11:20	11:20	11:23	11:25
PC-AS	Concentración	7.32	27.7	7.43	270
	Hora (am)	10:40	10:40	10:43	10:46

F02-F-LJ					
MUESTRAS (Día 0)	FECHA	PARÁMETROS DE CAMPO			
Tratamiento (Jacinto de agua "T2")	30/03/2023	Ph (unidades de pH)	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)
R1	Concentración	6.98	27.2	7.72	277
	Hora (am)	11:32	11:32	11:35	11:38
R2	Concentración	7.35	28.6	7.58	272
	Hora (am)	11:45	11:45	11:48	11:51
R3	Concentración	7.32	29.7	7.49	274
	Hora (pm)	12:01	12:01	12:04	12:07
PC-AS	Concentración	7.32	27.7	7.43	270
	Hora (am)	10:40	10:40	10:43	10:46

Figura 38. Parámetros de campo tomados en el primer monitoreo.

SEGUNDO MONITOREO

F02-F-LJ					
					
MUESTRAS (Día 20)	FECHA	PARÁMETROS DE CAMPO			
Tratamiento (Lenteja de agua "T1")	19 / 04 / 2023	Ph (unidades de pH)	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)
R1	Concentración	8.28	30.0	9.32	484
	Hora (pm)	13:24	13:48	13:48	13:03
R2	Concentración	8.12	29.9	8.33	459
	Hora (pm)	13:27	13:51	13:51	13:06
R3	Concentración	8.03	30.2	6.69	494
	Hora (pm)	13:30	13:54	13:54	13:09
PC-AS	Concentración	8.10	27.9	10.72	357
	Hora (pm)	13:33	13:36	13:36	13:12


F02-F-LJ					
					
MUESTRAS (Día 20)	FECHA	PARÁMETROS DE CAMPO			
Tratamiento (Jacinto de agua "T2")		Ph (unidades de pH)	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)
R1	Concentración	8.69	25.9	8.09	1004
	Hora (pm)	13:15	13:39	13:39	12:54
R2	Concentración	8.40	25.9	8.09	997
	Hora (pm)	13:18	13:42	13:42	12:57
R3	Concentración	8.25	25.9	8.19	1038
	Hora (pm)	13:21	13:45	13:45	13:00
PC-AS	Concentración	8.10	27.9	10.72	357
	Hora (pm)	13:33	13:36	13:36	13:12

Figura 39. Parámetros de campo tomados en el segundo monitoreo.

APLICACIÓN DE LAS ESPECIES EN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO


F03-F-LJ			
FECHA / HORA	UNIDAD EXPERIMENTAL	CONTENIDO DEL RECIPIENTE	
	Tratamiento / Repetición	Volumen de la muestra	Cantidad de las especies
30-03-2023 / 13:00 pm	AS-T1-R1	40 g x 15 L	600 g
30-03-2023 / 13:30 pm	AS-T1-R2	40 g x 15 L	600 g
30-03-2023 / 14:00 pm	AS-T1-R3	40 g x 15 L	600 g
30-03-2023 / 14:30 pm	AS-T2-R1	40 g x 15 L	600 g
30-03-2023 / 15:00 pm	AS-T2-R2	40 g x 15 L	600 g
30-03-2023 / 15:30 pm	AS-T2-R3	40 g x 15 L	600 g
30-03-2023 / 12:50 pm	PC-AS	—	—

Figura 40. Datos tomados para la aplicación de las especies en el sistema de tratamiento.

Anexo 3. Cadenas de custodia



L: F-LAB-11.4
R: 02
I.V.: 2021-Nov-18

CADENA DE CUSTODIA - AGRONOMÍA

CLIENTE: **Manuel Jesus Maguina Cenas** R.U.C.: **40726210314**
 CONTACTO: **Manuel J. Maguina Cenas** MÓVIL/TEL: **946874469**
 CORREO: **maguinacenas@gmail.com** CÓDIGO DE PROFORMA ALAB: **190**

MATRICES			
Material Vegetal (1)	Suelo (2)	Agua (3)	Fertilizantes (4)
SUB MATRICES			
Hoja (A)	Para Cultivo en Limpio (A)	Subterránea (A)	Orgánico (A)
Pecado (B)	Para Cultivo Permanente (B)	Superficial (B)	Inorgánico(B)
Floras (C)	Para Pastos (C)	Tratada (C)	
Fruto (D)	Para Producción Forestal (D)		
Raiz (E)	De Protección (E)		
Tallo (F)			
Corona (G)			
Otras Matrices y Sub-Matrices, especificar:			

FUNDO / PROYECTO: **Eficiencia de los especies L. m y E. c. en la fijación de CT presentes en el río Huayta.** FECHA DE MUESTREO: **30/03/2023**

LOTE/PARCELA: **[Blank]** MUESTREADO POR: **Manuel Jesus Maguina Cenas**

CULTIVO: **[Blank]**

NOTAS DEL CULTIVO: **[Blank]**
(Cuando aplique)

OBSERVACIONES INTERNAS: **Necesito los resultados de 7 muestras en un subinforme**



MATRIZ - SUB MATRIZ	DETALLE DE LA MUESTRA (Lote / Fenología / Descripción, etc.)	Código de Servicio	CÓDIGO MUESTRA (llenar por personal de ALAB)	Código Orden de Servicio ALAB (llenar por personal de ALAB)	INFORME DE ENSAYO
3B	216125-03 mE / 8774566-44 mS / PC-AS	Microbiol.	16417	1289	5653
3B	216125-03 mE / 8774566-44 mS / AS-T1-R1	Microbiol.	16413	1289	
3B	216125-03 mE / 8774566-44 mS / AS-T1-R2	Microbiol.	16409	1289	
3B	216125-03 mE / 8774566-44 mS / AS-T1-R3	Microbiol.	16410	1289	
3B	216125-03 mE / 8774566-44 mS / AS-T2-R1	Microbiol.	16415	1289	
3B	216125-03 mE / 8774566-44 mS / AS-T2-R2	Microbiol.	16410	1289	
3B	216125-03 mE / 8774566-44 mS / AS-T2-R3	Microbiol.	16412	1289	

Códigos de Servicio:			
SAG-0001: Suelo Caracterización completa	AGR-0001: Agua Físico - Químico	FTAG-0001: Fertilizante Orgánico Físico - Químico	
TVEG-0001: Material Vegetal Macro y microconstituyentes	AGR-0018: Agua Metales Pesados	FTAG-0018: Fertilizante Inorgánico (As, Hg, Cd, Pb)	

SEDE PRINCIPAL	SEDE OPERATIVA	SEDE AREQUIPA	SEDE PIURA
Procl. Zarumilla Mz D2 Lte3, Bellavista, Callao ☎ +011 7130636 Cel. 981 257 164	Av. Guardia Chataca 1877, Bellavista, Callao ☎ +011 7130791 Cel. 946 430 972	Urbanización Tahuaycani Mz C Lte 27, Sachaca, Arequipa. ☎ +064 7610843 Cel. 960 128 078	Calle Los Ebanos Mz G.LT 17 Urb. Miraflores II Etapa, Piura ☎ +073 542335 Cel. 919 475 133

Figura 41. Cadena de custodia del primer monitoreo.

CADENA DE CUSTODIA - AGRONOMÍA

CLIENTE:	Manuel Jesús Maguina Cenas	R.U.C.:	10726210344
CONTACTO:	Manuel J. Maguina Cenas	MÓVIL/TEL:	946874469
CORREO:	maguina.cenas@gmail.com	CÓDIGO DE PROFORMA ALAB:	190

MATERIAS			
Material Vegetal (1)	Suelo (2)	Agua (3)	Fertilizantes (4)
SUB MATERIAS			
Hoja (A)	Para Cultivo en Limpio (A)	Subterránea (A)	Orgánico (A)
Pecíolo (B)	Para Cultivo Permanente (B)	Superficial (B)	Inorgánico(B)
Flores (C)	Para Pastos (C)	Tratado (C)	
Fruto (D)	Para Producción Forestal (D)		
Raíz (E)	De Protección (E)		
Tallo (F)			
Corona (G)			
Otras Materias y Sub-Materias, especificar:			

FUNDO / PROYECTO:	Epidemia de los ascos L.M y E.C en la reparación de CT presentes en el río Huayra.	FECHA DE MUESTREO:	30/03/2023
LOTE/PARCELA:		MUESTREADO POR:	Manuel Jesús Maguina Cenas
CULTIVO:			

NOTAS DEL CULTIVO:
(Cuando aplique)

OBSERVACIONES INTERNAS: Necesito los resultados de 7 muestras en un solo informe

MATRIZ - SUB MATRIZ	DETALLE DE LA MUESTRA (Lote / Fenología / Descripción, etc.)	Codigo de Servicio	CÓDIGO MUESTRA (llenar por personal de ALAB)	Código Orden de Servicio ALAB (llenar por personal de ALAB)	INFORME DE ENSAYO
3B	216125-03 mE / PC-AS 8774566-44 ms	Microbiol.	16414	1289	5653
3B	216125-03 mE / AS-T1-R1 8774566-44 ms	Microbiol.	16413	1289	
3B	216125-03 mE / AS-T1-R2 8774566-44 ms	Microbiol.	16409	1289	
3B	216125-03 mE / AS-T1-R3 8774566-44 ms	Microbiol.	16411	1289	
3B	216125-03 mE / AS-T2-R1 8774566-44 ms	Microbiol.	16415	1289	
3B	216125-03 mE / AS-T2-R2 8774566-44 ms	Microbiol.	16410	1289	
3B	216125-03 mE / AS-T2-R3 8774566-44 ms	Microbiol.	16412	1289	

Códigos de Servicio: SAG-0001: Suelo Caracterización completa TVEG-0001: Material Vegetal Macizo y micronutrientes	AGR-0001: Agua Físico - Químico AGR-0016: Agua Metales Pesados	FTAG-0061: Fertilizante Orgánico Físico - Químico FTAG-0010: Fertilizante Inorgánico (As, Mg, Cd, Pb)
---	---	--

SEDE PRINCIPAL	SEDE OPERATIVA	SEDE AREQUIPA	SEDE PIURA
 Pral. Zaramilla Mz D2 L1e3, Bolívarista, Callao ☎ +511 7130036 Cel. 981 257 184	Av. Guardia Chalaca 1877, Bolívarista, Callao ☎ +511 7130781 Cel. 948 436 672	Urbanización Tahuaycuni Mz C L1e 27, Sachaca, Arequipa. ☎ +004 7618943 Cel. 960 126 678	Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb. Miraflores II Etapa, Piura ☎ +073 842335 Cel. 919 475 133

Figura 42. Cadena de custodia del segundo monitoreo. 76

Anexo 4. Informe de laboratorio de acuerdo al análisis del parámetro CT (primer monitoreo)



INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-5653

N° Id.: 000073841

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: Manuel Jesus Maguiña Cenas
2.-DIRECCIÓN	: Psje Reyes Suárez #143-Hualmay
3.-PROYECTO	: EFICIENCIAS DE LAS ESPECIES LEMNA MINOR Y EICHHORNIA CRASSIPES EN LA REMOCION DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL RIO HUAURA
4.-PROCEDENCIA	: EFICIENCIA DE LAS ESPECIES L.M. Y E.C. EN LA REMOCIÓN DE CT PRESENTES EN EL RÍO HUAURA
5.-SOLICITANTE	: MANUEL JESUS MAGUIÑA CENAS
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000001289-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-04-12

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua Natural
2.-Sub.Tipo producto	: Agua Superficial
3.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 7
4.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2023-03-31
5.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-03-31 al 2023-04-12

Eder Sergio Recuay Granados
Supervisor de laboratorio Agronomía
Ing. Químico
CIP N° 221809

Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662

Marleni V. Rivera Castromonte
Supervisor de Laboratorio de
Microbiología e Hidrobiología



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos 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. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

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

Pag. 1 de 4

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-5653

N° Id.: 0000073841

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-23-16409	M-23-16410	M-23-16411	M-23-16412			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	AS-T1-R2	AS-T2-R2	AS-T1-R3	AS-T2-R3			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial			
SUB PRODUCTO:							
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	30-03-2023	30-03-2023	30-03-2023	30-03-2023			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	30-03-2023	30-03-2023	30-03-2023	30-03-2023			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	330,0	700,0	330,0	130,0
Preparación de Muestras Aguas (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO	FINALIZADO	FINALIZADO	FINALIZADO

⁽¹⁾ pag1. El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " $<$ "= Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, " $<$ "= Menor que el L.D.M.

SEDE PRINCIPAL
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

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

Pág. 3 de 4

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-5653

N° Id.: 000073841

ITEM	5	6	7			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-23-16413	M-23-16414	M-23-16415			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	AS-T1-R1	PC-AS	AS-T2-R1			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial			
SUB PRODUCTO:						
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:		NO APLICA				
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	30-03-2023	30-03-2023	30-03-2023			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	30-03-2023	30-03-2023	30-03-2023			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	330,0	130,0	1 700,0
Preparación de Muestras Aguas (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO	FINALIZADO	FINALIZADO

¹) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "≤"= Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, "≤"= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

SEDE PRINCIPAL
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0758
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

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

Pag. 4 de 4

Anexo 5. Informes de laboratorio de acuerdo al análisis del parámetro CT (segundo monitoreo)



INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-7061

N° Id.: 0000075249

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : Manuel Jesus Maguiña Cenas
2.-DIRECCIÓN : Psje Reyes Suárez #143-Hualmay
3.-PROYECTO : EFICIENCIAS DE LAS ESPECIES LEMNA MINOR Y EICHHORNIA CRASSIPES EN LA REMOCION DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL RIO HUAURA
4.-PROCEDENCIA : NO APLICA
5.-SOLICITANTE : MANUEL JESUS MAGUIÑA CENAS
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000001289-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-05-02

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua Natural
2.-Sub.Tipo producto : Agua Superficial
3.-NÚMERO DE MUESTRAS : 1
4.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2023-04-20
5.-PERÍODO DE ENSAYO : 2023-04-20 al 2023-05-02


Eder Sergio Recuay Granados
Supervisor de laboratorio Agronomía
Ing. Químico
CIP N° 221809


Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662


Marleni V. Rivera Castromonte
Supervisor de Laboratorio de
Microbiología e Hidrobiología



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos 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. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

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

Pag. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-7051

N° Id.: 0000075239

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-23-19785
CÓDIGO DEL CLIENTE:				PC-AS
COORDENADAS:				E.0216125
UTM WGS 84:				N.8774566
PRODUCTO:				Agua Superficial
SUB PRODUCTO:				
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):				19-04-2023 13:51
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):				19-04-2023 13:56
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	110,0
Preparación de Muestras Aguas (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO

¹) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0758
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

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

Pag.3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-7055

N° Id.: 0000075243

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-23-19786
CÓDIGO DEL CLIENTE:				AS-T1-R1
COORDENADAS:				E.0216125
UTM WGS 84:				N 8774566
PRODUCTO:				Agua Superficial
SUB PRODUCTO:				
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):				19-04-2023 13:43
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):				19-04-2023 13:48
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	4,2
Preparación de Muestras Aguas (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0758
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

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

Pag.3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-7057

N° Id.: 0000075246

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-23-19771
CÓDIGO DEL CLIENTE:				AS-T1-R2
COORDENADAS:				E.0216125
UTM WGS 84:				N 8774566
PRODUCTO:				Agua Superficial
SUB PRODUCTO:				
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):				19-04-2023 13:45
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):				19-04-2023 13:50
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	3,7
Preparación de Muestras Aguas (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0758
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

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

Pag.3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-7059

N° Id.: 0000075247

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-23-19776
CÓDIGO DEL CLIENTE:				AS-T1-R3
COORDENADAS:				E.0216125
UTM WGS 84:				N 8774566
PRODUCTO:				Agua Superficial
SUB PRODUCTO:				
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):				19-04-2023 13:48
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):				19-04-2023 13:53
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	4,5
Preparación de Muestras Aguas (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0758
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

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

Pag.3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-7060

N° Id.: 0000075248

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-23-19777
CÓDIGO DEL CLIENTE:				AS-T2-R1
COORDENADAS:				E.0216125
UTM WGS 84:				N 8774566
PRODUCTO:				Agua Superficial
SUB PRODUCTO:				
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):				19-04-2023 13:35
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):				19-04-2023 13:40
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	17,0
Preparación de Muestras Aguas (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO

¹) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

 **SEDE PRINCIPAL**
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0758
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

 **SEDE ZARUMILLA**
 Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0636
 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

 **SEDE AREQUIPA**
 COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
 Arequipa
 Telf.: (+054) 616 843
 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

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

Pag.3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-7061

N° Id.: 0000075249

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-23-19778
CÓDIGO DEL CLIENTE:				AS-T2-R2
COORDENADAS:				E.0216125
UTM WGS 84:				N 8774566
PRODUCTO:				Agua Superficial
SUB PRODUCTO:				
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):				19-04-2023 13:38
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):				19-04-2023 13:43
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	<1,8
Preparación de Muestras Aguas (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0758
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

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

Pag.3 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-7062

N° Id.: 0000075250

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-23-19779
CÓDIGO DEL CLIENTE:				AS-T2-R3
COORDENADAS:				E.0216125
UTM WGS 84:				N 8774566
PRODUCTO:				Agua Superficial
SUB PRODUCTO:				
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):				19-04-2023 13:39
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):				19-04-2023 13:44
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) ²	NMP/100mL	NA	1,8	7,8
Preparación de Muestras Aguas (**)	no unidad	NA	NA	FINALIZADO

⁽¹⁾ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0758
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

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

Pag.3 de 3

Anexo 6. Certificados



Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CALIBRATION CERTIFICATE
LMI-FQ0041-598-2022

Fecha de emisión: 01/10/2022
Issue date

1.- SOLICITANTE : INVESTIGACIONES ECONOMICAS EN MINERIA, ENERGIA E HIDROCARBUROS S.A.C.
Applicant
Dirección : CAL LUIS ROMERO NRO. 1050 URB. ROMA, LIMA - LIMA - CERCADO DE LIMA
Address

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: MULTIPARAMETRO
Measuring Instrument *Multiparameter*
Marca : HACH Serie : 110200051268 Resolución : 0 a 14 pH
Brand *Serial* *1 μS/cm*
Modelo : HQ40D Procedencia : USA
Model *Made in*

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN Calibrado el día 01/10/2022 en el Laboratorio de INVEM S.A.C.
Date and place of calibration *Calibrated on 01/10/2022 in the INVEM S.A.C. Laboratory*

4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN
Calibration method
Comparación directa del pHímetro y conductímetro entre el valor medido por el instrumento y el valor de referencia.

5.- INSTRUMENTOS / EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD
Instruments / Measuring equipment and traceability

INSTRUMENTO / EQUIPO <i>Instrument / Equipment</i>	MARCA <i>Brand</i>	NÚMERO DE LOTE <i>Lot number</i>
Solucion Estandar 500 ml.	HACH	2283549
Solucion Buffer PH 7.00	HACH	A9226

6.- RESULTADOS
Results
Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento.
The results are shown on page 02 of this document

7.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN
Calibrations conditions

	Temperatura Ambiente Environment temperature	Humedad Relativa Relative humidity	Presión Atmosférica Atmospheric pressure
INICIAL <i>Initial</i>	25,0 °C	62,3 %	1000 mbar
FINAL <i>Final</i>	25,0 °C	62,1 %	1000 mbar

8.- OBSERVACIONES
Observations
La periodicidad de la calibración está en función del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
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.
The frequency of calibration depends on the use, care and maintenance of the measuring instruments.
The results should not be used as a certification of conformity with product standards or how Quality System Certificate of Entity that produce it.



Pág. 1 de 2

Calle Luis Romero N° 1050 – Urb. Roma – Cercado de Lima
Central Telefónica: (01) 686 1292
E-mail: invemsac@invemsac.com.pe
www.invemsac.com.pe

Figura 43. Certificado de calibración del multiparámetro (1/2).

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CALIBRATION CERTIFICATE
LMI-FQ0041-598-2022

Fecha de emisión: 01/10/2022
Issue date

9.- RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN
CALIBRATION RESULTS

SOLUCION PATRON <i>Solution patron</i>	VALOR NOMINAL <i>Nominal value</i>	VALOR ENCONTRADO <i>Value found</i>	DESVIACIÓN <i>Deviation</i>	INCERTIDUMBRE <i>Uncertainty</i>
Conductividad	1413 $\mu\text{S/cm}$	1412 $\mu\text{S/cm}$	1 $\mu\text{S/cm}$	0,5 $\mu\text{S/cm}$
PH	7	7.1	- 0,1	0,5

INVESTIGACIONES ECONÓMICAS EN
MINERÍA, ENERGÍA Y HIDROCARBUROS S.A.C.

Msc. Quím. JOSÉ LUIS QUEQUEJANA C.
Gerente General

FIN DEL DOCUMENTO
END OF DOCUMENT



Pág. 2 de 2

Calle Luis Romero N° 1050 – Urb. Roma – Cercado de Lima
Central Telefónica: (01) 686 1292
E-mail: invemsac@invemsac.com.pe
www.invemsac.com.pe

Figura 44. Certificado de calibración del multiparámetro (2/2).



CERTIFICATE OF ACCREDITATION

This is to attest that

ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L

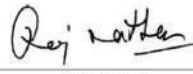
AV. GUARDIA CHALACA NO 1877 BELLAVISTA - PROV. CONSTITUCIONAL DEL CALLAO
LIMA, 07001, REPUBLIC OF PERU

Testing Laboratory TL-833

has met the requirements of AC89, *IAS Accreditation Criteria for Testing Laboratories*, and has demonstrated compliance with ISO/IEC Standard 17025:2017, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. This organization is accredited to provide the services specified in the scope of accreditation.

Effective Date November 4, 2022




President

IAS is an ILAC MRA Signatory

Visit www.iasonline.org for current accreditation information.

Figura 45. Certificado de acreditación de Analytical laboratory E.I.R.L.

Anexo 7. Evidencias fotográficas del experimento.



Figura 46. Medición de parámetros y toma de muestras del primer monitoreo.



Figura 47. Instalación del sistema de tratamiento.



Figura 48. Medición de parámetros y toma de muestras del segundo monitoreo.