

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“Microorganismos eficaces y su efecto en el tratamiento de aguas
loticas usados como agua de riego en lechuga (Lactuca sativa),
Amarilis - Huánuco, 2022”**

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

AUTOR: Vargas Alvarado, Hiroshi Glenn

ASESORA: Campos Ríos, Bertha Lucila

HUÁNUCO – PERÚ

2023



U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Biotecnología ambiental

Disciplina: Biotecnología ambiental

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

D

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47168307

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 19939411

Grado/Título: Magister en educación gestión y planeamiento educativo

Código ORCID: 0000-0002-5662-554X

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Condezo Beteta, Verenisa Nohely	Maestro en educación investigación y docencia superior	45728462	0009-0001-8221-7427
2	Vasquez Baca, Yasser	Título oficial de máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental	42108318	0000-0002-7136-697X
3	Duran Nieva, Alejandro Rolando	Biólogo - microbiólogo	21257549	0000-0001-5596-0445

H



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:15 horas del día 20 del mes de diciembre del año 2023, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Verenisa Nohely Condezo Beteta (Presidente)
- Mg. Yasser Vasquez Baca (Secretario)
- Blgo. Alejandro Rolando Duran Nieva (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 3099-2023-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"MICROORGANISMOS EFICACES Y SU EFECTO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS LOTICAS USADOS COMO AGUA DE RIEGO EN LECHUGA (*Lactuca sativa*), AMARILIS- HUANUCO, 2022"**. presentado por el (la) Bach. **VARGAS ALVARADO, HIROSHI GLENN**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO**.... Por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **14**.... y cualitativo de **BUENO**..... (Art. 47)

Siendo las **17:27** horas del día **20** del mes de **DICIEMBRE** del año **2023**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Mg. Verenisa Nohely Condezo Beteta
ORCID: 0009-0001-8221-7427
Presidente

Mg. Yasser Vasquez Baca
ORCID: 0000-0002-7136-697X
Secretario

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



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **Bertha Lucila CAMPOS RÍOS**, asesora del PA. **INGENIERÍA AMBIENTAL** y designada **RESOLUCIÓN N° 1999-2023-D-FI-UDH, del 08 de setiembre de 2023**; del Bachiller **Hiroshi Glenn VARGAS ALVARADO**, de la investigación titulada; **“MICROORGANISMOS EFICACES Y SU EFECTO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS LÓTICAS USADOS COMO AGUA DE RIEGO EN LECHUGA (*Lactuca sativa*), AMARILIS-HUÁNUCO, 2022”**

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 21% verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Cabe informar que se tuvieron las siguientes consideraciones para llegar a dicho porcentaje: se excluyó: caratula; índice, las tablas y los gráficos, la referencia bibliográfica previa revisión, las fuentes menores a 15 palabras.

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

Se expide la presente, a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 30 de enero de 2024

CAMPOS RIOS Bertha Lucila
DNI N° 19939411
Cód. ORCID N° 0000-0002-5662-554X

“MICROORGANISMOS EFICACES Y SU EFECTO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS LOTICAS USADOS COMO AGUA DE RIEGO EN LECHUGA (Lactuca sativa), AMARILIS-HUANUCO, 2022”

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uncp.edu.pe	1%
Fuente de Internet		
2	repositorio.unan.edu.ni	1%
Fuente de Internet		
3	repositorio.unp.edu.pe	1%
Fuente de Internet		
4	archive.org	1%
Fuente de Internet		
5	repositorio.lamolina.edu.pe	1%
Fuente de Internet		
6	qdoc.tips	1%
Fuente de Internet		
7	repositorio.unjfsc.edu.pe	1%
Fuente de Internet		
8	repository.javeriana.edu.co	1%
Fuente de Internet		

CAMPOS RIOS Bertha Lucila
DNI N° 19939411
Cód. ORCID N° 0000-0002-5662-554X

DEDICATORIA

A Dios Creador, fuente inagotable de sabiduría y guía, le dedico este humilde logro. Tu presencia constante en cada paso de mi vida me ha fortalecido y guiado en este viaje de aprendizaje y crecimiento.

A mis amados padres, Delma Alvarado y Wenceslao Alcedo, les dedico este logro por el amor incondicional, apoyo constante y sacrificios desinteresados han sido el motor que me impulsó a perseverar.

A mi querido hermano Anthony Alcedo, esta dedicatoria también es para ti. Tu aliento y apoyo han sido fundamentales para enfrentar los desafíos académicos y personales.

Esta tesis es un tributo a cada uno de ustedes, mi familia, mis pilares. Que esta dedicación refleje mi profundo agradecimiento por su influencia positiva en mi vida y en mi éxito.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad de Huánuco, institución que me brindó la oportunidad de adquirir conocimientos y desarrollar habilidades que hoy se reflejan en este trabajo.

Al Mg. Bertha Campos, mi asesora de tesis, a quien agradezco por su guía, paciencia y compromiso en cada etapa de este proceso.

A los distinguidos jurados de tesis, cuya revisión y análisis riguroso han enriquecido este trabajo. Agradezco sus valiosas sugerencias y comentarios constructivos, los cuales han contribuido a la calidad y profundidad de este estudio.

A los respetados docentes del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, quienes a través de su dedicación y compromiso con la educación han dejado una huella indeleble en mi formación.

A mis amigos, quienes han estado a mi lado en las jornadas académicas y en los momentos de recreo.

Cada uno de ustedes ha sido un pilar esencial en este trayecto. les agradezco sinceramente por formar parte de este logro y por haberme ayudado a alcanzar esta meta.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
INDICE DE TABLAS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPÍTULO I.....	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.3.OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.5.LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.6.VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1.ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	17
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	18

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	19
2.2. BASES TEÓRICAS	21
2.2.1. MICROORGANISMOS EFICACES (ME).....	21
2.2.2. PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUAS SUPERFICIALES.....	22
2.2.3. ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES.....	26
2.2.4. TRATAMIENTO DE AGUAS CON MICROORGANISMOS EFICACES (ME).....	27
2.2.5. MARCO NORMATIVO LEGAL	29
2.2.6. CONTAMINANTES DE LAS AGUAS LÓTICAS	31
2.2.7. CONTAMINANTES MICROBIANOS EN LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS	33
2.2.8. IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA.....	34
2.2.9. IMPACTOS A LA SALUD DE LOS CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA.....	35
2.2.10. LA LECHUGA (LACTUCA SATIVA)	35
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	37
2.4. HIPÓTESIS	39
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	39
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	40
2.5. VARIABLES	41
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	41
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	41
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	38
CAPÍTULO III	39
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	39

3.1.1. ENFOQUE	39
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	39
3.1.3. DISEÑO	39
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	40
3.2.1. POBLACIÓN.....	40
3.2.2. MUESTRA	41
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	41
3.3.1. TÉCNICAS.....	41
3.3.2. INSTRUMENTO	41
3.3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	41
3.4. PLAN DE ACTIVIDADES	43
3.4.1. ACTIVIDADES DEL ENSAYO 1	43
3.4.2. ACTIVIDADES DEL ENSAYO 2	43
CAPÍTULO IV.....	46
RESULTADOS.....	46
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	46
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	52
CAPÍTULO V.....	62
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	62
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXOS.....	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 ECA microbiológica para el riego de plantas no restringida y restringida	29
Tabla 2 Autoridades nacionales, regionales y locales de la gestión de recursos hídricos del agua en el Perú	31
Tabla 3 Virus, bacterias y protozoos detectados en diferentes muestras de agua de riego (cc/100 ml). Concentraciones medias Log ₁₀ (desviaciones estándar, porcentajes de muestras positivas). NA: no analizado ND: no detectado	32
Tabla 4 Niveles de riesgo asociados a diferentes aguas de origen, métodos de riego y tipos de cultivo	33
Tabla 5 Etapas fenológicas vegetativas de la lechuga	37
Tabla 6 Esquema de Análisis de Variancia para el diseño DCA.....	42
Tabla 7 Estadígrafos descriptivos de coliformes termotolerantes y Escherichia coli del agua tratada con EM.....	46
Tabla 8 Estadígrafos descriptivos de coliformes termotolerantes y Escherichia coli presentes en las hojas de lechuga	48
Tabla 9 Estadígrafos descriptivos de coliformes termotolerantes y E. coli presentes en el sustrato de lechuga	50
Tabla 10 Test de normalidad de Shapiro Wilks Modificado para contaminantes microbiológicos del agua tratada con EM	52
Tabla 11 Test de normalidad de Shapiro Wilks Modificado para contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga	53
Tabla 12 Test de normalidad de Shapiro Wilks Modificado para contaminantes microbiológicos del sustrato de lechuga	55
Tabla 13 Análisis de la varianza al 5% de margen de error para coliformes termotolerantes del agua tratada con EM	56
Tabla 14 Test de Kruskal Wallis al 5% de probabilidad de error para Escherichia coli en el agua tratada con EM	58
Tabla 15 Test de Wilcoxon para muestras independientes de los contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga	59
Tabla 16 Test de T para muestras independientes de los contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Histograma de datos de coliformes termotolerantes del agua tratada ajustados a una curva platicúrtica.....	47
Figura 2 Histograma de datos de E. coli ajustados del agua tratada una curva platicúrtica.....	47
Figura 3 Histograma de datos de coliformes termotolerantes de las hojas de lechuga ajustados a una curva platicúrtica	49
Figura 4 Histograma de datos de E. coli ajustados de las hojas de lechuga una curva platicúrtica	49
Figura 5 Histograma de datos de coliformes termotolerantes del sustrato de lechuga ajustados a una curva platicúrtica	51
Figura 6 Histograma de datos de E. coli ajustados del sustrato de lechuga ajustados a una curva platicúrtica.....	51
Figura 7 Q-Q plot de los residuos de los cuantiles de coliformes termotolerantes del agua tratada con EM	52
Figura 8 Q-Q plot de los residuos de los cuantiles de E. coli del agua tratada con EM.....	53
Figura 9 Q-Q plot de los residuos de los cuantiles de coliformes termotolerantes de las hojas de lechuga	54
Figura 10 Q-Q plot de los residuos de los cuantiles de E. coli de las hojas de lechuga	54
Figura 11 Q-Q plot de los residuos de los cuantiles de coliformes termotolerantes del sustrato de lechuga	55
Figura 12 Q-Q plot de los residuos de los cuantiles de E. coli del sustrato de lechuga	56
Figura 13 Promedios y agrupación estadística con el test de Jollife al 5% de error para coliformes termotolerantes del agua tratada con EM	57
Figura 14 Promedios y agrupación estadística con el test de Ranks al 5% de error para E. coli del agua tratada con EM	58
Figura 15 Medias agrupadas de coliformes termotolerantes y E. coli en las hojas de lechuga por tratamiento.....	60
Figura 16 Medias agrupadas de coliformes termotolerantes y E. coli en el sustrato de lechuga por tratamiento.....	61

RESUMEN

Los microorganismos eficaces (ME) degradan contaminantes y materia orgánica en el agua, convirtiéndolos en sustancias menos tóxicas. También, aceleran la descomposición natural de compuestos orgánicos contaminantes, mediante la generación de sustancias bioactivas que combaten patógenos y la producción de gases dañinos para el agua. En virtud de ello se efectuó el experimento, para determinar el efecto de los ME en el tratamiento de aguas lóxicas usadas como agua de riego en lechuga. Se efectuaron dos ensayos: en el primero, se efectuó la aplicación de las dosis de ME: 5 ml/ L (T1), 1,5 ml/ L (T2) y testigo 0,0 ml / L (T3), los cuales se aplicaron al agua de río (Huallaga), disponiendo de cinco envases de 18 L por tratamiento, aplicándose cada 15 días, ocasiones hasta los 45 días después de la instalación, pasado este tiempo se tomaron las muestras de agua para enviar al laboratorio para el análisis microbiológico de Coliformes termotolerantes y *E. coli*. En el ensayo dos se utilizaron dos dosis de ME: 1,5 ml/ L (T1) y 5 ml/ L (T2), estos fueron aplicados como agua de riego en plantas de lechuga (de 40 días de edad), con frecuencia de 15 días, hasta que la planta cumpla los 70 días de edad, finalizado el tiempo, se extrajeron dos hojas de lechuga por muestra y 1 kg de sustrato para el análisis de laboratorio de Coliformes termotolerantes y *E. coli*.

Los resultados indican que la dosis 5 ml/ L logró reducir el 98 y 100% de los contaminantes microbianos en estudio en el agua tratada, y más del 50% en hojas de lechuga y más de 40% en el sustrato respecto a la dosis 1,5 ml /L. En conclusión, los ME lograron un eficiente tratamiento de aguas lóxicas para ser empleadas como agua de riego en la lechuga.

Palabras clave: agua tratada, agua de riego, contaminantes microbiológicos, lechuga, dosis.

ABSTRACT

The EM degrade contaminants and organic matter in water, converting them into less toxic substances. They also accelerate the natural decomposition of contaminating organic compounds by generating bioactive substances that combat pathogens and producing harmful gases for the water. In light of this, the experiment was conducted to determine the effect of EM on the treatment of lotic waters used as irrigation water for lettuce. Two trials were carried out: in the first one, EM doses of 5 ml/L (T1), 1.5 ml/L (T2), and witness 0.0 ml/L (T3) were applied to river water (Huallaga). Each treatment consisted of five 18 L containers, applied every 15 days for 45 days after installation. Water samples were collected at the end of this period for laboratory analysis of Thermotolerant Coliforms and *E. coli*. In the second trial, two EM doses of 1.5 ml/L (T1) and 5 ml/L (T2) were used as irrigation water for 40-day-old lettuce plants, with a frequency of 15 days until the plants reached 70 days of age. At the end of the period, two lettuce leaves and 1 kg of substrate were collected for laboratory analysis of Thermotolerant Coliforms and *E. coli*.

The results indicate that the 5 ml/L dose reduced microbial contaminants by 98% and 100% in the treated water, over 50% in lettuce leaves, and over 40% in the substrate compared to the 1.5 ml/L dose. In conclusion, EM achieved efficient treatment of lotic waters for use as irrigation water for lettuce.

Keywords: treated water, irrigation water, microbiological contaminants, lettuce, dosage.

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos eficaces (ME) desarrollados en los años 80 por medio del científico japonés Teruo Higa, quien desarrolló una mezcla de cultivos microbianos con la capacidad de utilizarse en diferentes sectores de la actividad humana, especialmente en la salud, agricultura y medio ambiente. A raíz de la generación de la tecnología EM, se han efectuado diversos trabajos de investigación que han producido un impacto positivo en la sociedad.

El tratamiento de las aguas polucionadas con aplicación de ME son beneficiosos, debido a que existe base científica sólida que se logra estabilizar los parámetros fisicoquímicos y reducir los agentes microbiológicos contaminantes para usarlos en agricultura o actividades recreativas. Razón de ello, el presente trabajo de investigación tuvo la motivación principal de comprobar el efecto de los ME en el tratamiento de agua lóxicas para usarlo como fuente de agua en la producción de lechuga.

El capítulo 1 Problema de Investigación: estableció el contexto y la relevancia del tema de investigación, se presentará la pregunta central o el problema que se abordará en la tesis. Se justificará la importancia del estudio y se delimitarán los objetivos que se persiguen. En el capítulo 2 Marco Teórico: se realizó un análisis exhaustivo de la literatura existente relacionada con el tema de investigación. Se revisarán teorías, conceptos y estudios previos que respalden y contextualicen el problema planteado. Este capítulo sirve como base teórica para el estudio. Capítulo 3 Metodología de la Investigación se describieron detalladamente la metodología que se utilizará para llevar a cabo el estudio. Se explicarán los métodos de recolección y análisis de datos, la población y muestra de estudio, así como los instrumentos y técnicas que se emplearán.

En el capítulo 4 Resultados, se presentaron de manera objetiva y organizada los datos obtenidos durante la investigación. Pueden incluir tablas, gráficos y estadísticas relevantes que describan los hallazgos.

El capítulo 5 Discusión de Resultados: se interpretaron y analizaron los resultados presentados en el capítulo anterior. Se establecerán relaciones entre los hallazgos y la literatura revisada en el marco teórico, y se discutirán las implicaciones de los resultados. Siguen los apartados Conclusiones donde se resumieron los principales hallazgos y se responderá a la pregunta de investigación planteada. Se destacaron la contribución del estudio al campo y se mencionan posibles limitaciones, recomendaciones se ofrecerán sugerencias para futuras investigaciones o acciones que podrían derivarse de los resultados y conclusiones del estudio. Las referencias bibliográficas de todas las fuentes citadas y consultadas en la tesis, siguiendo el formato de citación APA 7ma edición.

Finalmente, los anexos donde se incluirán elementos adicionales que complementen la tesis, como instrumentos de recolección de datos, gráficos complejos o detalles específicos de la metodología.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El mundo está en creciente preocupación por la contaminación generalizada de las aguas, especialmente en las ciudades de los países en desarrollo, las aguas residuales parcialmente tratadas y sin ningún tratamiento previo, se descargan directamente en las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, lo que representa una amenaza para la salud humana y ambiental (Acuña-Montañéz et al., 2022).

El agua dulce es un recurso limitado; sin embargo, la acelerada urbanización y el aumento de la población han provocado su contaminación y degradación a través de las actividades humanas domésticas, industriales y agrícolas, cerca del 80% de las aguas residuales entra a las masas de agua sin un tratamiento adecuado (Mun-Wei y Swee, 2021). En el Perú, se vierten al alcantarillado el 22% (267,29 millones de m³/año) aguas residuales sin recibir ningún tratamiento de agua residual, siendo Huánuco uno de los departamentos que mayor volumen de vertimiento de aguas residuales sin tratamiento provisiona con 99,6% (Zela y Olivas, 2022).

El agua de riego agrícola ha sido identificada como una ruta probable de contaminación de los productos agrícolas, que al entrar en contacto con las porciones cosechables de la planta frescos pueden contaminarse con patógenos humanos presentes en el agua, detectándose a las bacterias *Escherichia coli* y *Salmonella* (Murphy et al., 2022). En el Perú, estudios han determinado incrementos de 7 a 60% respecto a los estándares de calidad ambiental (ECA) para *E. coli*, coliformes totales, fecales y termotolerantes y *Salmonella* en el agua de riego para los cultivos (Cortez et al., 2019; Guanilo et al., 2021 y Chuquilin, 2022). En Huánuco, se disponen de escasos estudios respecto al tema; sin embargo, Pardavé (2018) ha reportado a *E. coli*, coliformes y *Salmonella* en lechugas regadas con agua de río, agudizando el problema para los consumidores de vegetales provenientes de zonas donde la actividad agrícola es cercana a los ríos.

En la actualidad, se han desarrollado y utilizado ampliamente tecnologías verdes para dar solución a estos problemas medioambientales, por lo que una de las tecnologías verdes propuestas, es la aplicación de los microorganismos eficaces (ME), sin embargo, no se ha estudiado suficientemente su efecto en el tratamiento del agua (Mun Wei y Swee, 2021).

Por lo tanto, es posible efectuar tratamiento de aguas con los microorganismos eficaces (ME), ya que, existen investigaciones a nivel internacional (Zakaria et al., 2010; Stanley y Ekoh, 2017; Moros Vargas, 2018; Dobrzyński et al., 2022; Vijayanand et al., 2022); asimismo, de estudios a nivel nacional (Delgado Rojas, 2019; Guanilo et al., 2021; Mamani-Ccama et al., 2021) que demuestran la posibilidad de efectuar la investigación, ya que, en el departamento de Huánuco no se han desarrollado estudios en el tema, y que pueda consolidar los efectos de los ME en el tratamiento de aguas.

La problemática descrita ha motivado el desarrollo de la investigación, y representa una contribución en la búsqueda de alternativas de solución para la descontaminación de las aguas del río Huallaga, ya que, se tiene evidenciado su uso como agua de riego y los contaminantes microbianos adheridos a los productos agrícolas, lo que ocasiona perjuicio a la salud de las personas, al producir infecciones gastrointestinales y cáncer.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál será el efecto de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas lóxicas usadas como agua de riego en lechuga, Amarilis-Huánuco, 2022?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

1: ¿Cuál dosis de microorganismos eficaces tiene efecto en los contaminantes microbiológicos del agua tratada, Amarilis-Huánuco, 2022?

2: ¿Qué efecto tendrá el agua tratada usada como agua de riego en la presencia de contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga, Amarilis-Huánuco, 2022?

3: ¿Cuál será el efecto del agua tratada usada como agua de riego en la presencia de contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga, Amarilis - Huánuco, 2022?

1.3. OBJETIVO

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas lóxicas usados como agua de riego en lechuga, Amarilis-Huánuco, 2022.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1: Determinar dosis de microorganismos eficaces tiene efecto en los contaminantes microbiológicos del agua tratada, Amarilis-Huánuco, 2022.

2: Determinar el efecto del agua tratada usada como agua de riego en la presencia de contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga, Amarilis-Huánuco, 2022.

3: Determinar el efecto del agua tratada usada como agua de riego en la presencia de contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga, Amarilis-Huánuco, 2022.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El propósito básico de los EM es la restauración de un ecosistema saludable tanto en el suelo como en el agua mediante el uso de cultivos mixtos de microorganismos beneficiosos y de origen natural. Por lo tanto, la EM tiene un gran potencial en la creación de un entorno más adecuado para la existencia, propagación y prosperidad de la vida (Zakaria et al., 2010).

La tecnología EM produce productos finales seguros, limpios, no tóxicos y ecológicos, además de además de una menor cantidad de lodos, lo que le proporciona una amplia aceptación pública, estos consorcios incluyen varias especies de microbios que pueden emplearse para las aguas residuales y los residuos producidos por diferentes industrias (Mohamed et al., 2021)

Esta tecnología es rentable y respetuosa con el medio ambiente en el lugar de la contaminación (Mun Wei y Swee, 2021), es útil en la descontaminación del agua y restablecen el equilibrio natural del sistema acuático con efectos beneficiosos y efectos sostenibles (Ávila et al., 2021), tiene un gran potencial para crear un entorno adecuado para la existencia, propagación y prosperidad de la biota (Stanley y Ekoh, 2017).

Además, tiene el potencial de favorecer el crecimiento de las plantas y de residuos sólidos de forma ecológica (Jeyarani-Haripriya et al., 2022). Este consorcio de microorganismos, trabaja de forma sinérgica a través de la exclusión competitiva de bacterias dañinas, lo que resulta en el dominio de las especies beneficiosas (Dobrzyński et al., 2022), y con la posibilidad de reducir a 91 % de bacterias coliformes, el olor, y la creación de una capa de materia orgánica sobre la superficie (Centeno-Calderón et al., 2019).

Por lo tanto, la ejecución del estudio brindará tecnología barata, disponible y ecológica para el tratamiento de agua, aplicable en distintas actividades económicas, asimismo, se demostrará que el agua de río tratada con EM, puede emplearse como agua de riego para los cultivos.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio a desarrollar tendrá los siguientes considerandos:

- a) Los análisis de laboratorio serán exclusivamente para determinar los parámetros microbiológicos, debido al costo del análisis fisicoquímico del agua.
- b) La muestra del agua solo se tomará de un sector del río Huallaga, de la rivera del CIFO UNHEVAL.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio a desarrollar será viable por las siguientes consideraciones:

- a) Existen áreas disponibles para realizar los ensayos.
- b) El costo de la adquisición de los microorganismos eficaces activados para la ejecución del proyecto fue bajo.
- c) La lechuga es la especie vegetal que se emplea como indicador de los parámetros microbiológicos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Moros (2018) estudió el tema titulado: “*Presencia de bacterias mesófilas y coliformes del agua de riego en los cultivos de lechuga (Lactuca sativa) en la finca El Rubí de la vereda San José (Municipio Mosquera)*”. **Objetivo:** establecer la existencia de coliformes en el agua para riego y en las hojas de lechuga. **Metodología:** se tomaron muestras del agua riego y hojas frescas de lechuga, y en ellas se realizaron pruebas microbiológicas que determinaron la concentración de las bacterias coliformes. **Resultados:** se obtuvo en el agua de riego fue de $5,5 \times 10^5$ UFC/ml de bacterias coliformes y en las hojas de lechuga de $2,9 \times 10^5$ UFC/ml. **Conclusión:** El agua de la finca El Rubí no es apto para el riego de las plantas, por el alto nivel de bacterias coliformes.

Dobrzyński et al. (2022) estudiaron el tema intitulado: “*Response of physicochemical and microbiological properties to the application of effective microorganisms in the water of the Turawa Reservoir*”. **Objetivo:** evaluar el impacto de la tecnología EM en los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos seleccionados para la calidad del agua. **Metodología:** se aisló un área 750 m^2 con un dique flotante antiderrame (FINBOOM) de $15 \times 50 \times 2 \text{ m}$. el EM se aplicó de forma sólida: 2 bolas de Bocashi por m^2 sobre y por debajo del agua, también de manera líquida: con exudado líquidos de Bocashi a 5 (por debajo) y 10 L (sobre la superficie) a $10 \times 10^8 - 10 \times 10^{10}$. **Resultados:** Dos semanas después de la aplicación, en la mayoría de los casos, los valores de las propiedades de calidad del agua se conformaron cerca de los valores obtenidos antes de la aplicación. **Conclusión:** El efecto de la EM fue más bien a corto plazo, pero la optimización de las propiedades de la aplicación puede prolongar el efecto.

Vijayanand et al. (2022) investigó la temática titulada “*Model study on bioremediation process for the treatment of polluted river through effective microorganisms*”. **Objetivo:** determinar el efecto de los EMs para reducir la contaminación fisicoquímica y microbiológica. **Metodología:** Se recolectó muestras de agua del Río Noyyal, y se dispusieron de 1 L en 12 contenedores y se aplicó 1,5 L de EM en 1000 L; el efecto de los EMs se evaluó a los 2, 4, 6, 8 y 12 días. **Resultados:** de los análisis de laboratorio se obtuvo que no se observa un cambio considerable en los parámetros de conductividad, SDT, alcalinidad y dureza, pero si hubo cambios significativos en el oxígeno disuelto, DQO y DBO con una reducción de aproximadamente > 50%; además de estos se obtuvo que el recuento de coliformes totales, *E. coli* y Salmonella, se redujeron en un 95 % después de 6 días de tratamiento. **Conclusión:** los EMs expresan efecto significativo en la reducción de contaminantes microbianos.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Delgado (2019) estudio el tema titulada: “*Influencia de los microorganismos eficaces (EM agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del bioreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Concepción-2018*”. **Objetivo:** establecer la influencia del EM agua en la reducción de los indicadores fisicoquímicos y microbiológicos. **Metodología:** se dispusieron de 12 unidades experimentales agrupados en cuatro grupos, en ellas se inoculó 4, 6 y 8% de EM agua, y se monitoreo por 39 días. **Resultados:** se logró la estabilidad del pH, conductividad eléctrica y oxígeno; asimismo la reducción de coliformes totales, el aumento de los contaminantes metálicos, la relación del DQO y DBO con las dosis de EM agua.

Guanilo et al. (2021) investigó el tema titulado: “*Microorganismos eficientes en la descontaminación de agua subterránea y su implicancia en la producción y calidad de lechuga hidropónica*”. **Objetivo:** de determinar la concentración de EM que logre reducir los contaminantes microbianos en el agua subterránea y en la planta de lechuga.

Metodología: se aplicaron las dosis 0,05 y 0,01 % de EM para determinar su impacto en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua subterránea; el agua tratada se determinó su efecto en las características agronómicas e inocuidad sanitaria de la lechuga. **Resultados:** La dosis al 0,1% de EM logró incrementar la CE, disminuir la DQO y DBO, reducir la concentración de cationes y aniones, también consiguió remover íntegramente coliformes totales y fecales. El agua tratada con EM produjo excelentes lechugas en sus propiedades agronómicas e inocuidad **Conclusión:** Los EM trascienden en la descontaminación del agua y la producción inocua de cultivos agrícolas.

Mamani et al. (2021) estudio el tema titulado “*Depuración de aguas residuales domésticas con Microorganismos Eficientes en condiciones altiplánicas en sistema mixto (anaerobio-aeróbico)*”. **Objetivo:** evaluar los ME y la purificación del agua residual doméstico en condiciones altiplánicas. **Metodología:** Se aplicaron los tratamientos control (T1), 3 L (T2) 4L de ME (T3), a las aguas residuales que cada 5 días se monitorearon los siguientes: DBO, SST y CTT. **Resultados:** el T3 logró conseguir la remoción de DBO5, SST y CTT en 78, 73 y 99.97% para, respectivamente. **Conclusión:** en condiciones altiplánicas, los ME favorecen reducir los DBO5, SST y CTT.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Pardavé (2018) realizó el estudio titulado “Presencia de contaminantes en la hortaliza *Lactuca sativa* (lechuga) por el uso de agua de riego procedente del Río Huallaga en el caserío Culcuy, distrito Santa María del Valle, provincia y departamento Huánuco 01 de octubre al 03 de diciembre – 2017”. **Objetivo:** determinar el latente estado de contaminación de la lechuga por el riego con agua del río Huallaga. **Metodología:** se tomaron muestras de agua del río Huallaga, así como de hojas, raíz y suelo del cultivo de lechuga con el objeto de realizar el análisis microbiológico. **Resultados:** se establece que el agua del río Huallaga está contaminado y presentan *E. coli* y salmonella en la hoja, raíz y suelo del cultivo de lechuga. **Conclusión:** el agua de riego se

encuentra contaminado y no es apto para el uso en agricultura, ya que cualquier producto cosechado tendrá contaminantes microbianos.

Ángulo (2019) en la tesis “Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM™) sobre la calidad de aguas mieles del beneficio húmedo del café (*Coffea arabica* L.)”. **Objetivo:** determinar el efecto de tres dosis de EM™ en el tratamiento de aguas mieles. **Metodología:** consistió en aplicar las proporciones 1:3000, 1:5000 y 1:10000 (vol. de EM / vol. de aguas mieles) y un tratamiento sin EM™. La evaluación de los parámetros fisicoquímicos se efectuó a los 0, 10, 30 y 45 días, la profundidad de la toma de muestra entre 0 a 20 cm y 20 a 40 cm. **Resultados:** para efecto de profundidad y los días de muestreos no hubo significación. **Conclusión:** a medida que la dosis de EM™ se puede conseguir la neutralidad del pH, DBO y BQO.

Carhuaricra (2019) en la tesis “Fitorremediación por el proceso de fitodegradación con dos especies macrófitas acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales domésticas de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle (Huánuco), agosto – setiembre 2018”. **Objetivo:** evaluar la capacidad fitorremediadora de trébol de agua (*L. laevigatum*) y jacinto de agua (*E. crassipes*) en el tratamiento de aguas residuales por fitodegradación en la laguna de Pacaypampa. **Metodología:** Se creó un humedal artificial de flujo libre superficial, en el que se incorporó las plantas macrofitas flotantes trébol y jacinto de agua, evaluando en base a la duración de retención del sistema de 23,4; 31,2; 39 y 46,8 horas, para los parámetros: conductividad (C), pH, temperatura (T°), DBQ, DQO y coliformes termotolerantes (CT) y Sólidos Totales en Suspensión (STS), contrastados con los LMR para efluentes del PTAR **Resultados:** Conforme incrementaba el tiempo de retención del sistema, los parámetros estudiados, disminuyeron sus valores. **Conclusión:** las especies trébol y jacinto de agua consiguen fitorremediar por fitodegradación del efluente de la PTAR.

Borrovic (2022) realizó la investigación “Efecto de los microorganismos eficientes en aguas servidas de piscinas para su reutilización según los parámetros obtenidos en el distrito de Huánuco - Huánuco – 2021”. **Objetivo:** demostrar el efecto de microorganismos eficaces (ME) en el tratamiento de aguas servidas de piscinas para su reúso. **Metodología:** se tomaron de muestras de las aguas servidas de la piscina antes y después del tratamiento con ME, luego estas muestras se remitieron a DIGESA Huánuco. **Resultados:** Después de la aplicación del ME, las aguas servidas mostraron disminución de la mayoría de los parámetros fisicoquímicos, pero en los parámetros microbiológicos se evidenció incremento de coliformes termotolerantes conforme se aumentaba la dosis de ME y disminución de las bacterias heterotróficas en aguas servidas. **Conclusión:** los ME en concentraciones más altas son efectivos en la mayoría de los aspectos físicos, así como también en los aspectos químicos, en lugar de los aspectos microbiológicos.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MICROORGANISMOS EFICACES (ME)

Consta de más de 80 especies de microorganismos que se emplean para la biorremediación, siendo las cinco principales especies de EM: bacterias fotosintéticas (*Rhodobacter sphaeroides* y *Rhodopseudomonas palustris*) bacterias lácticas (*Lactobacillus plantarum*, *L. casei*), levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), actinomicetos (*Streptomyces albus*) y hongos fermentadores (*Aspergillus oryzae*) (Mun-Wei y Swee, 2021).

El mecanismo de acción de los ME se atribuye a los microorganismos antibacterianos, de bacterias ácido lácticas (BAL), mediante la producción de bacteriocinas como la nicina o a la reducción del pH mediante la producción de compuestos ácidos como el ácido láctico (Stanley y Ekoh, 2017). Se puede señalar que la BAL *Lactobacillus plantarum* puede producir compuestos similares a la bacteriocina, que tienen una actividad antagónica, así como *L. lactis*,

puede sintetizar nisina que tiene actividad contra enterococcus fecales (Dobrzyński et al., 2022).

Por su parte, las bacterias *Rhodopseudomonas* producen sustancias útiles (ácidos nucleicos, aminoácidos, azúcares y sustancias bioactivas) a partir de subproductos de residuos orgánicos y emisiones de gases nocivos, con energía solar y geotérmica (Acuña-Montañéz et al., 2022).; es así que, en estudios recientes atribuyen una ligera disminución de la población de enterococos en el agua por efecto de *Rhodobacter sphaeroides* (Dobrzyński et al., 2022).

Los *Saccharomyces*, un tipo de género de levaduras, generan una amplia gama de sustancias, entre las cuales se encuentran compuestos antibacterianos que se originan a partir de los aminoácidos y azúcares que son liberados por las bacterias fototróficas, así como compuestos bioactivos que incluyen hormonas y enzimas que estimulan la división celular activa (Acuña-Montañéz et al., 2022). La levadura *S. cereviceae* se reporta como uno de los actores antagonistas en la disminución del valor de bacterias coliformes (Dobrzyński et al., 2022).

2.2.2. PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUAS SUPERFICIALES

A) Parámetros físicos

- **Temperatura:** factor interviniente en la solubilidad de los gases, las sales del agua y las reacciones biológicas. La alteración de la temperatura por contaminación ambiental genera cambios, a mayor temperatura mayor probabilidad de microorganismos, pero también menor cantidad de gases disueltos (Severiche et al., 2013).
- **Color:** se origina por la presencia de diversas sustancias en solución, como iones metálicos, humus y materia orgánica disuelta. Se resalta el término "Color verdadero" utilizado para describir el color del agua una vez que se ha suprimido la turbiedad (Severiche et al., 2013).

- **Olor:** ocurren por la presencia de distintas sustancias, habitualmente orgánicas, aunque también producen olores de naturaleza inorgánica, como del sulfuro de hidrógeno (Severiche et al., 2013).
- **Turbidez:** manifestación de la propiedad visual de la dispersión y absorción de rayos luminosos, en lugar de transmitir sin alteración en la muestra; debido a la existencia del material coloidal y suspendido como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica finamente fraccionada, plancton y otros microorganismos (Severiche et al., 2013).
- **Conductividad eléctrica:** se refiere a la capacidad de una solución de agua para conducir electricidad, y este atributo está influenciado por la existencia de iones disueltos, sus niveles absolutos y relativos, su movilidad y su carga eléctrica, además de la temperatura y la viscosidad de la solución (Severiche *et al.*, 2013). La conductividad no está exclusivamente relacionada con la cantidad de iones presentes, sino que también está influenciada por factores como la carga eléctrica, el grado de disociación y la movilidad de los iones. Todos los valores de conductividad se registran a una temperatura de referencia de 25 °C y se expresan en unidades de $\mu\text{S/cm}$ (Custodio y Llamas, 2001).
- **pH:** se utiliza para determinar si una solución acuosa es ácida o alcalina y se calcula mediante la fórmula: $\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$. La presencia de sustancias disueltas puede modificar el equilibrio de disociación del agua, lo que tiene un impacto en el valor del pH. Las aguas con pH por debajo de 7 generalmente se consideran ácidas, mientras que aquellas con un pH por encima de 9 pueden ocasionar problemas en el crecimiento de las plantas (Custodio y Llamas, 2001).

- **Oxígeno disuelto:** su importancia radica en su capacidad para oxidar varios elementos que se encuentran en formas reducidas y en su capacidad para alterar la solubilidad de estos elementos. (Custodio y Llamas, 2001).

B) Parámetros químicos

- **Sulfatos:** son sales solubles con niveles de solubilidad variables en agua. La saturación del del SO_4Ca es a 1500 ppm en aguas puras, y hasta de 7200 ppm en aguas salinas, en cambio sufren reducción bacteriana en cuantiosa materia muerta. Pero en aguas dulces se presentan saturados entre 2 y 150 ppm (Custodio y Llamas, 2001).
- **Nitratos:** se cuantifican utilizando un espectrofotómetro a una longitud de onda de 220 nm. Sin embargo, en esta misma longitud de onda, la materia orgánica presente en las muestras también puede absorber luz. Por lo tanto, se lleva a cabo la medición a una longitud de onda de 275 nm para ajustar y corregir el valor de nitrato (Severiche et al., 2013). El ion nitrato suele estar presente en niveles que oscilan entre 0,1 y 10 ppm, pero en aguas contaminadas pueden alcanzar hasta 1000 ppm. Concentraciones elevadas de nitrato en el agua potable pueden causar cianosis en los niños (Custodio y Llamas, 2001).
- **Bicarbonatos (CO_3H^-) y carbonatos (CO_3^{2-}):** son responsables de la alcalinidad en el agua porque tienen la capacidad de neutralizar ácidos, actuando como un sistema de amortiguación para mantener el pH constante. Estos iones no son susceptibles a la oxidación ni a la reducción en entornos naturales y pueden precipitar fácilmente como carbonato de calcio (Custodio y Llamas, 2001).

- **Cloruros (Cl⁻):** suelen estar ligados al ion Na⁺ y se hallan en concentraciones de 10 a 250 ppm en aguas dulces. En aguas superficiales, pueden encontrarse en niveles mucho más altos. Concentraciones elevadas son dañinas para muchas plantas y hacen que el agua sea corrosiva (Custodio y Llamas, 2001).
- **Fosfato (PO₄³⁻):** el fósforo se presenta generalmente en forma de fosfatos en las aguas naturales y residuales. Estos son clasificados en ortofosfatos, fosfatos condensados (piro, meta y otras polifosfatos) y fosfatos enlazados orgánicamente (Severiche et al., 2013). Altas concentraciones de Na⁺ en el agua pueden tener un efecto perjudicial en las plantas, ya que, disminuyen la capacidad de permeabilidad del suelo. Esto se vuelve especialmente problemático cuando las concentraciones de calcio (Ca) y magnesio (Mg) son bajas (Custodio y Llamas, 2001).

C) Parámetros microbiológicos

- **Coliformes totales:** el grupo coliformes se define como todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermenta la lactosa en cultivos a temperaturas de 35 a 37 °C. Produciendo ácido y gas (CO₂) Entre ellos se encuentra la *E. coli*, *Citrobacter* *Enterobacter* y *Klebsiella* (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2011).
- **Coliformes fecales (termotolerantes):** son un grupo de microorganismos que tienen la capacidad de fermentar la lactosa a temperaturas de 44°-45°C. Este grupo incluye principalmente el género *E. coli* y se utilizan como indicadores de la calidad del agua debido a su origen mayoritario en las heces (Easton, 1998). Los coliformes fecales se distinguen de los demás microorganismos, porque son indol positivo, su rango de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (0 a

45°C) y son indicadores de higiene en alimentos y en aguas, ya que las heces contienen dichos microorganismos, siendo E. coli entre 90 a 100% presentes en flora intestinal, mientras que en aguas residuales y muestras de agua contaminadas este porcentaje disminuye hasta un 59% (Gómez et al, 1999).

2.2.3. ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES

A) Preliminar

El proceso de tratamiento de aguas, el desbaste retiene partículas grandes para prevenir problemas en equipos posteriores. La homogenización busca uniformar caudales y características del efluente, evitando fluctuaciones perjudiciales. Se necesita agitación y control de pH, y en casos específicos, múltiples etapas de operación. En situaciones de vertidos de bajo volumen, la neutralización se realiza de manera intermitente (Rigola, 1999).

B) Primario

En esta etapa se eliminan sólidos pesados, como la arena, utilizando principalmente la fuerza de la gravedad. Además, continúa reduciendo los sólidos disueltos, la turbidez y parte de la materia orgánica en el agua. También airea el agua y permite que se sedimenten partículas más finas, como polvo y tierra. Esta etapa garantiza un flujo de agua constante hacia las unidades posteriores y puede eliminar una pequeña cantidad de contaminación bacteriológica (Rigola, 1999).

C) Secundario

Implica un proceso biológico aerobio seguido de una decantación secundaria. En este proceso biológico, las bacterias y otros microorganismos descomponen y metabolizan la materia orgánica soluble y coloidal, como la DQO y la DBO, hasta alcanzar niveles de alrededor de 100 mg/l. La velocidad

de degradación está relacionada con la presencia de microorganismos adecuados. Aunque la mayoría de las sustancias orgánicas, especialmente las de origen natural, se descomponen, algunas sustancias sintéticas son resistentes a este proceso (Rigola, 1999).

D) Terciario

Son necesarios cuando se requiere una depuración adicional de las aguas residuales, más allá de lo logrado con los tratamientos primarios y secundarios. La filtración se emplea para eliminar los sólidos que podrían haberse arrastrado en la salida del decantador secundario, y también se utiliza en aplicaciones especiales. El medio de filtración puede ser arena, grava, antracita u otro material apropiado, o incluso una combinación de estos materiales (Rigola, 1999).

2.2.4. TRATAMIENTO DE AGUAS CON MICROORGANISMOS EFICACES (ME)

El tratamiento del agua debe consistir en eliminar los microorganismos patógenos (virus y bacterias), las sustancias tóxicas y los agentes de retención de sólidos para que no acaben en los cauces naturales que sirven de sustento a otras comunidades de plantas y animales, reduciendo así el impacto negativo de la contaminación en los ecosistemas acuáticos y permitiendo su recuperación (Centeno-Calderón et al., 2019).

Los ME degradan materias orgánicas y contaminantes en el agua a sustancias menos o no tóxicas. La alta concentración de contaminantes sirve como sustrato y nutrientes para el crecimiento y la reproducción de los microbios. Dos tipos de tecnología EM muestran un gran potencial para su uso en la biorremediación del agua, que son la solución activada EM (EMAS) y la bola de lodo EM (Mun Wei y Swee, 2021).

Los ME aceleran la descomposición natural de los compuestos orgánicos que contaminan el agua, mediante la producción de sustancias

bioactivas que actúan sobre los patógenos de la putrefacción y la producción de gases nocivos que contaminan el agua y provocan malos olores, para lograr tal fin es necesario aplicar mensualmente 1 litro de EM por cada 10.000 litros de agua contaminada (1: 10 000) y hacer seguimiento de 1 a 6 meses; el método y la dosis de aplicación, pueden variar según las condiciones locales del sistema (Ávila et al., 2021). Es posible que el efecto antagonistas de los EM se pueda evidenciar después de tres meses y al cabo de seis meses se obtienen poblaciones por debajo de los límites permisibles (Centeno-Calderón et al., 2019).

El estudio de Vijayanand et al. (2022) demuestra que en el tratamiento de los parámetros representantes de las contaminaciones microbiológicas del agua, como los recuentos de coliformes totales (CC totales), *Escherichia coli* y los niveles de *Salmonella*, se redujeron considerablemente después de 6 días de tratamiento, con una reducción de aproximadamente el 95%; en las aislamientos en laboratorio se pudo observar la presencia de crecimiento bacteriano grampositivo sobre las colonias contaminantes, además, los niveles de color, olor y turbidez se eliminaron por completo.

Los microorganismos eficaces como *Aspergillus sp*, *Penicillium sp* y *Lactobacillus plantarum* son eficaces en la reducción de los microorganismos patógenos, la DBO, la DQO y la eliminación de los metales pesados (zinc, hierro y níquel) hasta un nivel indetectable; para el caso de los metales pesados, es posible mantenerlos dentro de los límites permitidos por los organismos reguladores (Stanley y Ekoh, 2017).

Estudios en Egipto, confirman que los ME en un experimento eliminaron varias sustancias del agua residual en porcentajes variables, como sigue SST (98,5 %), nitrato (NO_3) (85,9%), DQO (76,6 %), DBO (75,9 %) y TDS (11 %). Respecto al número más probable para los coliformes fecales y totales fue del 99,8 y del 99,9%, respectivamente, a una concentración de 5 ml.L^{-1} de agua residual tras un periodo de incubación de 20 días (Safwat y Matta, 2021).

El Estado Peruano ha dispuesto de estándares de calidad ambiental (ECA) para el recurso hídrico, donde señala los parámetros y límites máximos permisibles que el agua de riego en la categoría 3D1 se disponen a cumplir en el parámetro *E. coli* y Coliformes termotolerantes, en la Tabla 1 se observan los parámetros microbiológicos (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017).

Tabla 1

ECA microbiológica para el riego de plantas no restringida y restringida

Microbios	Unidad de medida	D1: Agua para riego no restringido (parques y jardines)	D2: Agua para riego restringido
<i>E. coli</i>	NMP/100 ml	1000	No aplica
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	1000	2000

Nota. MINAM (2017).

2.2.5. MARCO NORMATIVO LEGAL

A) Marco normativo de las aguas superficiales

Constitución Política del Perú.

Ley General del Ambiente, Ley N° 28611.

El Decreto Legislativo N° 997 del año 2008 establece la creación de la Autoridad Nacional del Agua. Esta entidad actúa como el órgano principal y la máxima autoridad técnico-normativa en el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. Su competencia se extiende a nivel nacional en lo que respecta a la gestión del agua en todo el territorio peruano.

La Ley de Recursos Hídricos, que es la Ley N° 29338 y ha experimentado modificaciones mediante el Decreto Legislativo N° 1285, junto con el Reglamento de dicha ley aprobado por el Decreto Supremo N° 001-2010-AG y sus respectivas enmiendas.

En relación a la normativa sobre recursos hídricos para cuerpos de agua, el Artículo 81 establece que la clasificación de la calidad de los cuerpos de agua en el territorio nacional, ya sea

en tierra o en el mar, se realizará según sus usos de la siguiente manera: I. Para abastecimiento de la población y actividades recreativas. II. Para actividades marino-costeras. III. Para el riego de cultivos de tallo bajo y tallo alto, así como para el suministro de agua a animales. IV. Para la preservación y conservación del entorno acuático.

B) Marco normativo institucional de aguas superficiales

Mediante el D.S. N°003 - 2010 – MINAM - Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR) El objetivo principal del decreto supremo es evaluar la concentración o nivel de elementos, sustancias y parámetros físicos, bioquímicos y biológicos que definen una fuente de emisión. Cuando estos valores se superan, pueden generar daños en la salud, el bienestar humano y el entorno ambiental.

A través del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se ratificaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua). Estos estándares definen los niveles de concentración o grado de elementos, sustancias y parámetros físicos, químicos y microbiológicos que pueden estar presentes en el agua.

El Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM establece que, a partir del 1 de abril de 2010, los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua son de aplicación obligatoria para la obtención de permisos de vertimiento. Además, especifica que la Autoridad Nacional del Agua debe utilizar las categorías definidas en estos estándares para clasificar la calidad de los cuerpos de agua. Para evaluar la calidad del agua superficial, se utilizaron principalmente las categorías "Riego de Vegetales y Bebida de Animales" y "Poblacional y Recreacional", según lo establecido en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Tabla 2

Autoridades nacionales, regionales y locales de la gestión de recursos hídricos del agua en el Perú

Entidades públicas	Descripción
Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Organismo líder y máxima autoridad técnica y normativa en el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos de Perú.
Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (DGCRH)	Organismo nacional responsable de identificar los problemas de contaminación en todas las cuencas del país, así como de identificar a los agentes, actores y usuarios involucrados en dichos problemas.
Autoridad Administrativa del Agua (AAA)	Órgano descentralizado que supervisa y administra los recursos hídricos en su respectiva región.
Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC)	Lugares institucionales de encuentro y conversación donde participan los actores locales y regionales involucrados en la gestión del agua en las cuencas.
Administración Local de Agua (ALA)	Divisiones dentro de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) que gestionan los recursos hídricos en sus áreas geográficas específicas.

Nota. Ley N° 29338.

2.2.6. CONTAMINANTES DE LAS AGUAS LÓTICAS

El agua de riego utilizada en los campos de cultivo procede de diversas de fuentes de agua y se necesitan muchos conocimientos para relacionar los factores de riesgo asociados a los coeficientes de transferencia de patógenos por fuente, concentración y uso. Entre las principales fuentes de agua utilizadas para el riego, se puede identificar, de menor a mayor riesgo de contaminación, los pozos, la recogida de agua de lluvia los ríos y los embalses (Tombini-Decol et al., 2017).

Las aguas subterráneas son las que proporcionan el 50% del agua potable en todo el mundo y el 70% en la agricultura, estudios revelan que se detectaron patógenos emergentes, como el VHE, *Arcobacter* spp. y *Helicobacter pylori*. La presencia del VHE en las aguas subterráneas puede atribuirse directamente a la presencia de ganado en la zona de recarga del acuífero, ya que, también se detectó contaminación fecal porcina (PAdV) y no se encontró ningún virus humano en esa muestra. Esto evidencia que existe impacto del ganado y de las prácticas agrícolas en la calidad microbiana del agua del río (Rusiñol et al., 2020).

A pesar del escaso número de casos confirmados o circunstanciales de contaminación de las frutas y hortalizas por el agua de riego, los estudios de laboratorio han dilucidado los posibles mecanismos de contaminación de las frutas y hortalizas por patógenos transmitidos por el agua. Los estudios de laboratorio y de campo demuestran que los patógenos y los organismos indicadores transmitidos por el agua de riego a las frutas y hortalizas pueden permanecer viables durante periodos de tiempo variables en función de las condiciones ambientales. La *E. coli* no patógena persistió hasta 28 días, mientras que la *E. coli* O157:H7 no sobrevivió más de 14 días en plantas de espinacas inoculadas (Pachepsky et al., 2011).

Tabla 3

Virus, bacterias y protozoos detectados en diferentes muestras de agua de riego (cc/100 ml). Concentraciones medias Log₁₀ (desviaciones estándar, porcentajes de muestras positivas). NA: no analizado ND: no detectado (Rusiñol et al., 2020).

Microbios	Agua subterránea	Agua embalsada	Agua de río	Agua reciclada
Adenovirus humano	1,44 (0,42; 17%)	ND	1,41 (0,22; 17%)	1,49 (0,47; 33%)
JC poliomarivirus humano	ND	ND	ND	1,44 (8%)
Poliomavirus células Merkel	ND	ND	1,74 (0,20; 17%)	ND
Norovirus genogrupo I	ND	ND	ND	1,68 (8%)
Norovirus genogrupo II	ND	ND	2,42 (0,24; 17%)	2,45 (0,22; 25%)
Enterovirus humano	ND	ND	ND	ND
Hepatitis B	2,13 (8%)	ND	ND	ND
<i>Escherichia coli</i>	2,03 (0,42; 33%)	2,20 (0,21; 25%)	2,09 (0,84; 100%)	2,02 (0,51; 83%)
Enterococcus intestinal	2,22 (0,24; 17%)	2,17 (0,26; 25%)	2,07 (0,81; 58%)	1,54 (0,36; 92%)
Bacteria heterotrópico	3,85 (1,15; 75%)	2,42 (0,24; 100%)	4,85 (0,59; 100%)	5,55 (0,58; 100%)
<i>Aeromonas</i> spp.	5,05 (1,13; 78%)	NA	4,83 (1,19; 100%)	NA
<i>Arcobacter</i> spp.	3,97 (1,33; 33%)	NA	6,72 (1,64; 50%)	NA
<i>Legionella</i> spp.	3,52 (1,40; 61%)	ND	ND	3,37 (1,68; 33%)
<i>Helicobacter pylori</i>	Detectado (100%)	Detectado (50%)	Detectado (100%)	Detectado (100%)
<i>Blastocysts</i> sp	ND	ND	ND	ND
<i>Acanthamoeba castellanii</i>	Detectado (100%)	Detectado (100%)	Detectado (100%)	Detectado (100%)
<i>Cryptosporidium parvum</i>	ND	ND	ND	ND

<i>Giardia duodenalis</i>	ND	ND	ND	ND
---------------------------	----	----	----	----

Nota. Pachepsky et al (2011).

La contaminación por patógenos a través del agua de riego es más preocupante cuando el riego se realiza justo antes de la cosecha. Por ejemplo, agua con 2,5 log CFU de *Salmonella* spp. fue suficiente para para la contaminación y la persistencia del patógeno en las plantas durante al menos 48 h después del riego por aspersión, otros estudios han informado de la persistencia de *E. coli* tras el riego por aspersión durante hasta 27 días. (Uyttendaele et al., 2015).

2.2.7. CONTAMINANTES MICROBIANOS EN LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS

Los patógenos sobreviven y proliferan en lugares con nutrientes disponibles, en consecuencia, la rizosfera de las plantas ha demostrado ser un reservorio de bacterias patógenas a humanos, estos persisten por su inclusión en la filosfera de las plantas. Las bacterias patógenas utilizan celulosa y fimbrias agregativas para su adhesión a las superficies de las plantas; la transferencia de *Salmonella* a las hojas de perejil a través del agua de riego depende de la capacidad de las cepas en la formación de proteínas Curly, también se produce adhesión significativa mayor de *E. coli* O157:H7 en la lechuga iceberg y *E. coli* negativas en repollo (Pachepsky et al., 2011).

Tabla 4

Niveles de riesgo asociados a diferentes aguas de origen, métodos de riego y tipos de cultivo

Nivel de riesgo	Fuente de agua	Método de riego	Tipo de cultivo
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> • Agua potable municipal • Agua subterránea recogida en pozos profundos/perforaciones • Agua de lluvia (recogida en sistemas cerrados) • Aguas subterráneas procedentes de pozos/taladros profundos 	<ul style="list-style-type: none"> Aguas subterráneas Goteo Surco 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultivos de raíz (p. ej., cebollas) • Foliar bajo (p. ej., lechuga) • Fuera del suelo (por ejemplo, tomates)

Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Agua de lluvia residual adecuada-mente tratada (recogida en sistemas cerrados) 	Pulverización Riego de superficie con regaderas	<ul style="list-style-type: none"> • Árboles frutales (p. ej., manzana, mango)
	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas superficiales en proximidad de animales/habitación humana. 		<ul style="list-style-type: none"> • Cultivos foliares bajos (p. ej., lechuga) / de raíz
	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas residuales crudas / mal tratadas 		<ul style="list-style-type: none"> • Cultivos de raíz (p. ej., cebollas)

Nota. Uyttendaele et al (2015).

Algunos retos en la producción de productos frescos seguros, lo que ha ido acompañado de un aumento en el número de brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos asociados a los productos. El mayor riesgo de contaminación se puede atribuir a la combinación de aguas residuales crudas/mal tratadas que se utilizan para el riego superficial riego superficial con regaderas aplicadas a plantas de bajo follaje, como la lechuga como las lechugas o los cultivos de raíces como las cebollas o las zanahorias (Uyttendaele et al., 2015).

2.2.8. IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA

En época lluviosa, la estructura del ambiente lótico y léntico es afectada por la influencia de crecidas esto genera arrastre de mayor carga orgánica, como turbidez, siendo un factor que puede mayor carga microbiana o coliformes fecales, el cual genera una disminución > 50% en la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos, y ligeramente en la diversidad, lo que indica que existen especies de macroinvertebrados sensibles y tolerantes a niveles altos de contaminantes (Pérez-Gómez et al., 2020).

Las altas concentraciones de *E. coli*, los elevados valores de temperatura, pH, turbidez y otros factores limitan las poblaciones de macroinvertebrados especialmente de los géneros *Hyalabella*, *Macrelmis*, *Americabaetis*, *Leptoplebidae*, *Tenagobia* y *Sympetrum*, constituyendo estos como los principales indicadores biológicos de la calidad del agua (Forero, 2017).

2.2.9. IMPACTOS A LA SALUD DE LOS CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA

La transmisión de los agentes patógenos mencionados a través del agua ha sido confirmada mediante investigaciones epidemiológicas y casos documentados. Para demostrar su capacidad de causar enfermedades, es necesario reproducir la enfermedad en poblaciones susceptibles. Algunos de estos agentes patógenos provocan enfermedades graves que, en ocasiones, pueden ser letales, como la fiebre tifoidea, el cólera, la hepatitis infecciosa (hepatitis A o E) y las enfermedades causadas por *Shigella* spp. y *E. coli* O157. Otros suelen asociarse a resultados menos graves, como la diarrea autolimitada (*Norovirus* o *Cryptosporidium*). (OMS, 2011).

Algunos de los agentes patógenos se encuentran en cantidades limitadas en el entorno, lo que puede causar enfermedades en grupos de población más vulnerables, como adultos mayores, niños, pacientes con quemaduras extensas, personas bajo tratamiento inmunosupresor o con el VIH. A nivel mundial, un caso importante de enfermedad diarreica es el *Campylobacter*, el cual es relativamente común en el medio ambiente y ha estado relacionado con brotes transmitidos por el agua. Esta enfermedad puede provocar una amplia gama de síntomas, pero su tasa de mortalidad es baja debido a la baja dosis infecciosa requerida, que es inferior a 1000 organismos, en comparación con otros agentes patógenos bacterianos. (OMS, 2011).

2.2.10. LA LECHUGA (LACTUCA SATIVA)

A) Origen y taxonomía

Originaria de la cuenca del Mediterráneo, siendo un alimento popular en el Antiguo Egipto, Persia y Roma, China (Marhuenda y García, 2016). Las primeras variedades de lechuga presentaban hojas sueltas. Las civilizaciones persa y griega ya estaban cultivando lechuga en los siglos V y IV a.C. En Europa, durante el siglo XVI, se comenzaron a cultivar

variedades de lechuga con hojas más compactas formando cogollos.

Desde el punto de vista taxonómico, Jaramillo *et al* (2016) indica la siguiente taxonía clasificadas para lechuga

Clase: Angiosperma

Orden: Asterales,

Familia: Asteraceae,

Género: *Lactuca*

Especie: *Lactuca sativa*

B) Aspectos botánicos

La lechuga posee una raíz principal de crecimiento rápido, de tamaño corto y con numerosas raíces laterales que en conjunto se desarrollan en los primeros 5 a 30 cm de la superficie del suelo y son útiles en la absorción de nutrientes y agua (Jaramillo *et al*, 2016). Las hojas, que son la parte de la planta que se consume, son grandes y abundantes, presentando una amplia variedad de formas, como ovaladas, alargadas, con bordes rizados o lisos, y pueden tener un aspecto brillante u opaco. Estas diferencias están relacionadas con las características específicas de cada variedad de lechuga (Ávila, 2015). El tallo es corto y sin ramificaciones durante la fase vegetativa de la planta, pero puede llegar a medir hasta 1,20 metros y desarrollar ramificaciones en la base durante la fase reproductiva (Jaramillo *et al.*, 2016). Las flores se encuentran agrupadas en estructuras llamadas capítulos, que contienen de 10 a 20 pequeñas flores de color amarillo dispuestas en racimos o corimbos (Marhuenda y García, 2016).

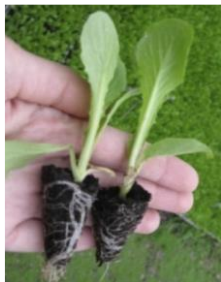



C) Ecología

La lechuga se adapta muy bien a climas frescos y húmedos, respecto a la temperatura, el rango adecuado se

encuentra entre los 15 y 20 °C, el cual favorece el crecimiento y buen desarrollo; por otro lado, la luminosidad también es un factor que incide en la productividad de lechuga, así como en el sabor, textura y color (Ávila, 2015). La planta de lechuga es muy susceptible a la pérdida de agua, debido a que la mayor parte de la planta está expuesta al ambiente, los síntomas de pérdida de agua se muestran como pérdida de turgencia en las hojas, pérdida de firmeza y por ello pierden su apariencia fresca (Cerdas y Montero, 2004).

Tabla 5

Etapas fenológicas vegetativas de la lechuga

1 – Etapa de plántula		2 – Etapa de roseta	
	Fase comprendida desde la emergencia hasta la aparición de la 3 o 4 hoja verdadera. Duración 3 a 5 semanas		Se forman de 12 a 14 hojas verdaderas. Disminuye la relación largo – ancho de las hojas
3 – Formación de cabeza		4 - Madurez	
	Caracterizado por el encurvamiento de la nervadura central, y continúan saliendo hasta quedar envueltas por las hojas exteriores		Presenta un cogollo firme, generado por un gran número de hojas en el interior. Duración entre 60 a 120 días.

Nota. Ávila (2015)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Actinomycetes

Bacterias filamentosas, que tienen similitudes morfológicas con los hongos, tienen un crecimiento ramificado y se dividen en elementos bacterianos. Se encuentran en el suelo y desempeñan un papel crucial en la solubilización de la pared celular y sus componentes en plantas, hongos e insectos (Morocho y Leiva-Mora, 2019).

Agua de riego

Agua utilizada en la agricultura proviene de diversas fuentes, que incluyen el suministro municipal, la lluvia, aguas subterráneas, aguas superficiales (como canales, estanques, embalses y lagos) y aguas residuales (Uyttendaele et al., 2015).

Aguas lólicas

Corrientes de agua en forma de ríos y arroyos que se encuentran en las regiones hidrográficas del Pacífico, Amazonas y Titicaca. En estas áreas, se llevan a cabo actividades comerciales y agrícolas de importancia (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2018).

Bacterias ácido lácticas

Microorganismos Gram positivos y pueden prosperar en rangos de pH muy bajos (tan bajo como 3,2) y muy altos (tan alto como 9,6). Sin embargo, la mayoría de ellos se desarrolla mejor en un pH de alrededor de 4 a 4,5. Estas adaptaciones les permiten sobrevivir en entornos donde otros microorganismos no pueden hacerlo (Morocho y Leiva-Mora, 2019)

Bacterias fototróficas

Se trata de una comunidad de microorganismos autótrofos facultativos que emplean moléculas orgánicas liberadas por las raíces de las plantas como su fuente principal de carbono y utilizan tanto la luz solar como la energía térmica del suelo como fuente de energía (Morocho y Leiva-Mora, 2019).

Coliforme total

Conjunto de bacterias que se encuentran en nuestro entorno, y la mayoría de ellas no representan una amenaza para la salud humana. No obstante, estas bacterias generalmente no se encuentran de manera natural en las aguas subterráneas y su presencia puede indicar la posible existencia de otros organismos dañinos (Sigler y Bauder, 2012, p. 1).

Escherichia coli

Este subgrupo pertenece a la categoría de Coliforme Total y tiene su origen en las deposiciones de animales de sangre caliente. La detección de

E. coli en el agua indica que ha habido contacto con heces y representa un riesgo inmediato para la salud humana. (Sigler y Bauder, 2012, p. 2).

Levaduras

grupo de hongos tiene la capacidad de utilizar diversas fuentes de carbono, como glucosa, sacarosa, fructosa, galactosa, maltosa, suero hidrolizado y alcohol, como también de obtener energía y fuentes de nitrógeno a partir de amoníaco, urea, sales de amonio y mezcla de aminoácidos. (Morocho y Leiva-Mora, 2019).

Microorganismos eficaces

Es el consorcio compuesto de 80 microorganismos, agrupadas en cuatro grupos de microorganismos: bacterias ácido lácticas, bacterias fototróficas, levaduras y actinomicetos; estos se encuentran en coexistencia de los mismos en un medio de cultivo apropiado, el cual sirve para producir sustancias básicas en la alimentación de otros organismos (Acuña-Montañéz et al., 2022).

Salmonella

Es uno de los agentes más importantes por el daño que causa a la salud pública y animal; es el agente etiológico bacteriano más común en los brotes de origen alimentario (Barreto et al., 2016).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Hi: Los microorganismos eficaces tienen efecto significativo en el tratamiento de aguas lóaticas usadas como agua de riego en lechuga, Amarilis-Huánuco.

Ho: Los microorganismos eficaces no tienen efecto significativo en el tratamiento de aguas loticas usados como agua de riego en lechuga, Amarilis-Huánuco.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Hipótesis específica 1:

- Hi: Las dosis de microorganismos eficaces tienen efecto significativo en los contaminantes microbiológicos del agua tratada.
- Ho: Las dosis de microorganismos eficaces no tienen efecto significativo en los contaminantes microbiológicos del agua tratada.

Hipótesis específica 2:

- Hi: El agua tratada con microorganismos eficaces usado como agua de riego tiene efecto significativo en la presencia de contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga.
- Ho: El agua tratada con microorganismos eficaces usado como agua de riego no tiene efecto significativo en la presencia de contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga.

Hipótesis específica 3:

- Hi: El agua tratada con microorganismos eficaces usado como agua de riego tiene efecto significativo en la presencia de contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga.
- Ho: El agua tratada con microorganismos eficaces usado como agua de riego no tiene efecto significativo en la presencia de contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Microorganismos eficaces

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Tratamiento de aguas lólicas usado como agua de riego.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TÍTULO: MICROORGANISMOS EFICACES Y SU EFECTO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS LÓTICAS USADOS COMO AGUA DE RIEGO EN LECHUGA, AMARILIS-HUÁNUCO, 2022

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Independiente		
Microorganismos eficaces	Dosis de microorganismos eficaces	T1 = 5 ml / L T2 = 1,5 ml / L T3 = 0:0 (testigo)
	Agua tratada con microorganismos eficaces	T1: 1,5 ml / L T2: 5 ml / L
Dependiente		
Tratamiento de aguas lóaticas usado como agua de riego	Contaminantes microbiológicos en el agua tratada	
	Contaminantes microbiológicos en las hojas de lechuga	Concentración de contaminantes microbiológicos – <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 ml) – Coliformes totales (NMP/100 ml)
	Contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

La investigación siguió el proceso del enfoque Cuantitativo, a lo que Hernández Sampieri et al. (2014) afirman que “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p. 4).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El estudio fue desarrollado en el nivel Explicativo, según Hernández Sampieri et al. (2014) implica que “(..) se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables” (p. 95).

3.1.3. DISEÑO

El estudio se ejecutó dentro de los principios del diseño Experimental, en el que Hernández Sampieri et al. (2014) manifiestan que “(...) se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador” (p. 129).

El diseño experimental que se utilizó en el primer ensayo del estudio fue el Diseño Completamente al Azar (DCA) el cual tendrá de cinco repeticiones y tres tratamientos, los que en total sumaron de 15 unidades experimentales (UE). El DCA dispone de la siguiente expresión matemática:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Observación de la unidad experimental; U = Media general; T_i = efecto del i – ésimo tratamiento; E_{ij} = Error aleatorio

En el segundo ensayo se empleó un diseño experimental de tipo puro denominada Diseño con posprueba únicamente y grupo de control, el cual implica “dos grupos, uno recibe el tratamiento experimental y el otro no (grupo de control)” (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 142). El ensayo tendría el siguiente diagrama:

$$\begin{array}{ccc} RG_1 & X & O_1 \\ RG_2 & — & O_2 \end{array}$$

Dónde:

RG_1 = Respuesta del grupo experimental

RG_2 = Respuesta del grupo control

O_1 = Observación del grupo experimental

O_2 = Observación grupo control

X = Tratamiento

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Según Hernández Sampieri et al. (2014) se concibe como población al “conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (p. 174). En ese sentido, se dispuso de dos grupos poblacionales:

- Para el ensayo 1: comprendió las aguas del río Huallaga de la ribera cercana al Centro de Investigación Frutícola Olerícola (CIFO) perteneciente a la Universidad Nacional Hemilio Valdizán, ubicada en el distrito de Pillcomarca.
- Para el ensayo 2: se tuvo una población de 28 macetas con lechuga, donde se aplicará el agua tratada con la dosis óptima de microorganismos eficaces.

3.2.2. MUESTRA

La muestra estuvo conformada por un número representativo de la población. Para efectuar el estudio se tuvo dos grupos muestrales:

- Para el ensayo 1: 108 litros de agua del río Huallaga, el cual fue obtenido de las ribera cercana al CIFO.
- Para el ensayo 2: se realizó aleatoriamente la selección de 10 macetas por cada tratamiento, que en total sumarían 20 macetas como muestra, de los cuales se evaluaron las hojas de lechuga y el sustrato.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS

Por ser un estudio explicativo – experimental se usó la técnica de la observación, porque según Hernández Sampieri et al. (2014) “el registro es sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías” (p. 252).

3.3.2. INSTRUMENTO

El instrumento correspondiente para el estudio fue la ficha de recolección de datos cuantitativos, donde se consignaron el resultado del análisis de los parámetros microbiológicos, respecto a la concentración de *E. coli* y Coliformes totales

3.3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se efectuó el análisis de la normalidad para el cumplimiento del supuesto del diseño estadístico experimental y definir las pruebas correctas:

A) Para el ensayo 1

El contraste de la hipótesis 1 se realizó el análisis de varianza o llamado también prueba de Fischer y para la comparación de los promedios, la Prueba de Rangos Múltiples de

Duncan al 95% de confianza para ambas pruebas en el caso de coliformes termotolerantes. Se determinó el Coeficiente de Variabilidad (CV), para determinar la dispersión de los datos del estudio.

Por otro lado, en el caso de los datos provenientes de *E. coli* se efectuó con las pruebas de Kruskal Wallis para el contraste de la hipótesis y el de Ranks para las medias.

Tabla 6

Esquema de Análisis de Variancia para el diseño DCA

Fuente de Variación (FV)	Grados de libertad (gl)	Esperados Cuadrados Medios (ECM)
Tratamientos	$(t - 1) = 2$	$\alpha 2e + r\alpha^2 t$
Error experimental	$(r - 1) (t - 1) = 24$	$\alpha 2e$
TOTAL	$(r t - 1) = 27$	

$$CV (\%) = \frac{\sqrt{CME}}{\text{Promedio}} \times 100$$

B) Para el ensayo 2

El contraste de la hipótesis 2 se efectuó con la prueba de Wilcoxon para muestras independientes al 5% de probabilidad de error. En cambio, para la hipótesis 3 se realizó la prueba de t – muestras independientes, ya que según Hernández Sampieri *et al* (2014), esta prueba requiere de contar con un tratamiento y un control

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{s^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Donde:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 + \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

3.4. PLAN DE ACTIVIDADES

3.4.1. ACTIVIDADES DEL ENSAYO 1

A) Recolección y distribución del agua de río

Consistió en recolectar 225 L de agua de río, específicamente de la ribera del río Huallaga del Centro de Investigación Frutícola Olerícola (CIFO) de propiedad de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Esta agua recolectada se llevó al lugar del ensayo donde se distribuyó 15 L del agua de río en los recipientes (baldes) de polietileno de 18 L de capacidad.

B) Aplicación de los microorganismos eficaces (ME) activado

El EM Activado fue adquirido de la empresa Bioabonos JVR. El producto fue añadido de acuerdo a las concentraciones en estudio: 5,00 (T2) y 1,50 ml (T3) por recipiente con una jeringa y se removió hasta disolverlo. Al cabo de 15 días, se realizó una segunda aplicación del EM Activado.

C) Monitoreo del agua de río

Comprendió en sacar una muestra de 500 ml a 20 cm del nivel de agua en el recipiente a los 45 días después de instalado el ensayo. En total se tuvieron 15 muestras de agua, los cuales se rotularon con la información necesaria.

D) Envío de muestras al laboratorio

Las muestras de agua se trasladaron al Laboratorio para que realicen el análisis microbiológico respecto a la concentración de contaminantes microbiológicos como *E. coli* y Coliformes totales.

3.4.2. ACTIVIDADES DEL ENSAYO 2

A) Llenado de sustrato en los envases

El sustrato consistió de 150 kg aproximadamente de tierra agrícola y se obtuvo del Vivero Municipal del Distrito de Amarilis,

el cual se distribuyó equitativamente en los 30 envases de polietileno de 4,5 kg de capacidad.

B) Acondicionamiento del vivero

En el lugar de instalación del vivero orientando de Este-Oeste, se dispuso de 6 postes de madera de 1,70 m de largo, en la base del poste se colocará un soporte rustico (balde con piedras) para que el poste quede erguido. En la parte superior se instaló una malla raschell al 50% de sombra, con la finalidad de atenuar los rayos solares a las plantas de lechuga

C) Siembra de lechuga

Se realizó el enfilado de los recipientes de con sustrato (15 por tratamiento, y de 30 en total), y se efectuó un riego ligero con usando el agua de los tratamientos en estudio. Culminado las labores anteriores, se procedió a realizar un agujero de 2 cm de profundidad en el centro del recipiente, colocando 1 semilla de lechuga sobre ella, luego se cubrió con una capa tierra.

D) Aplicación de agua de riego

Consistió en aplicar el riego de las plantas de lechuga con el agua procedente de las dosis de EM. El riego correspondiente se hizo mediante una regadera, el cual fue exclusivo para cada tratamiento, según las necesidades de la planta, dirigiendo el riego a la planta y al suelo.

E) Muestreo y envío de muestras al laboratorio

Al cabo de 70 días después de la siembra se realizó la cosecha de las lechugas, donde se cortaron la base la planta con un cuchillo. Seguidamente, aleatoriamente se eligieron 10 plantas de lechuga, de donde se retiraron al azar 2 hojas de lechuga fresca y 500 gramos de sustrato, ambas muestras se colocaron en bolsas isopropílicas de un (1) kilogramo, con el respectivo rótulo, señalando: fecha, tipo de muestra, lugar y nombres completos del colector. Estas muestras se enviaron al

laboratorio correspondiente para el análisis microbiológico de *E. coli* y Coliformes totales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

A) Ensayo 1: Estadísticos descriptivos de los contaminantes microbiológicos del agua tratada

En cuanto al análisis descriptivo de los contaminantes microbiológicos del agua tratada con microorganismos eficaces (ME) establecen una alta variabilidad, con rango amplio, distribución heterogénea con asimetría positiva y curva de forma platicúrtica, es decir la mayor parte de los datos son inferiores a la media y que están poco concentrados de ella, dichas medias generales fueron de 49,67 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes y de 31,60 NMP/100 ml para *E. coli* (Tabla 7).

Tabla 7

Estadígrafos descriptivos de coliformes termotolerantes y Escherichia coli del agua tratada con EM

Estadígrafos descriptivos	Coliformes termotolerantes	<i>E. coli</i>
Media	49,67	31,60
Desviación estándar	61,29	46,26
Coficiente de variabilidad (%)	81,04	68,31
Error estándar de la media	15,82	11,94
Rango	150,00	96,00
Varianza	3756,24	2140,11
Asimetría	0,82	0,79
Curtosis	-1,35	-1,61

Nota. Medidas de tendencia central, dispersión y distribución en el agua tratada con EM.

En las Figuras 1 y 2 se observan los datos de coliformes termotolerantes y *E. coli* representados en histogramas con ajuste normal, estas figuras confirman la distribución platicúrtica, donde los datos muestran una menor concentración alrededor de la media, y se observa una mayor presencia de valores atípicos, siendo el pico más suave en *E. coli* que para coliformes termotolerantes.

Figura 1

Histograma de datos de coliformes termotolerantes del agua tratada ajustados a una curva platicúrtica

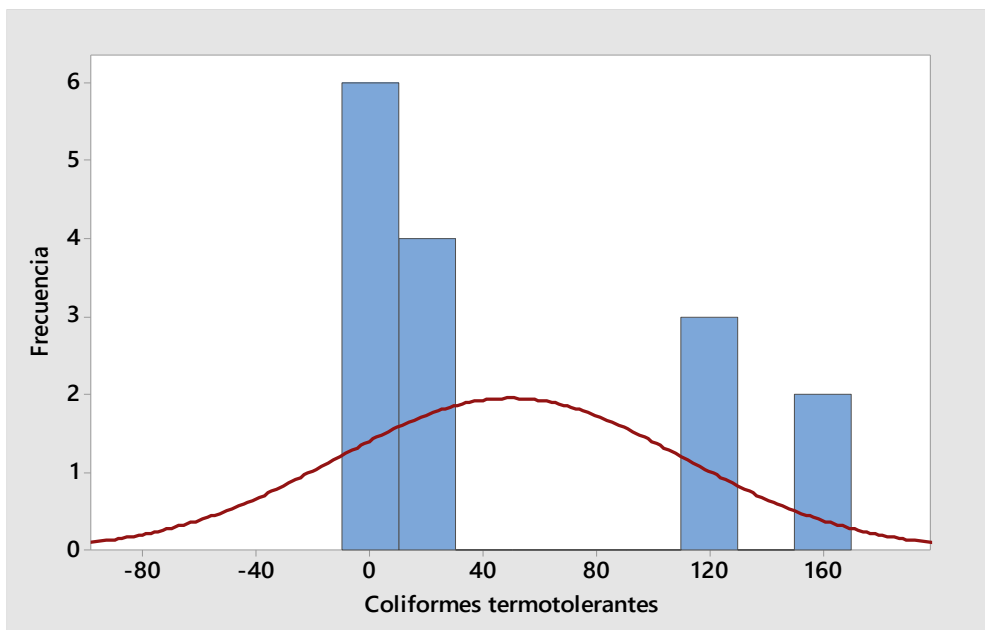
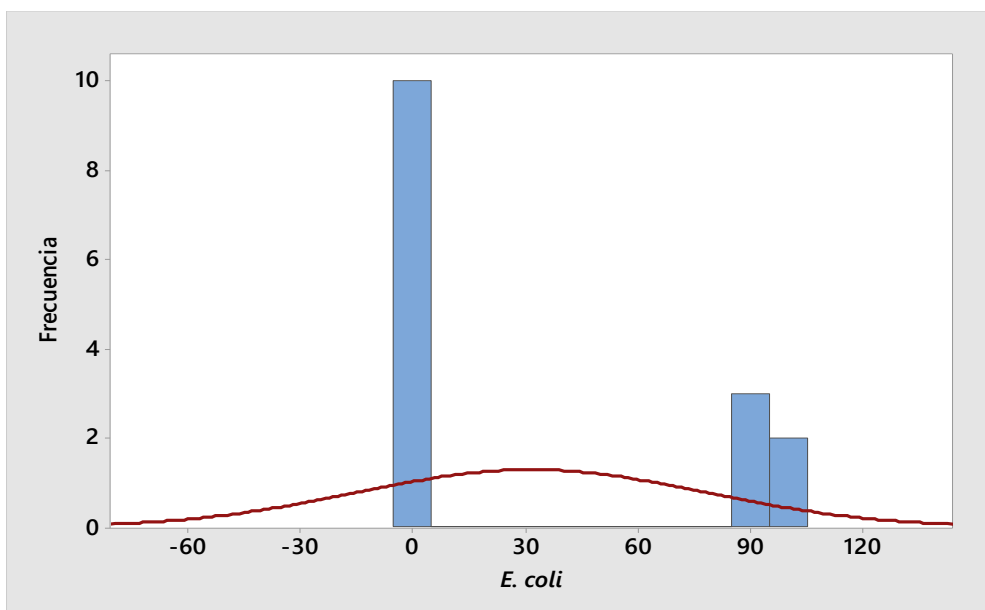


Figura 2

Histograma de datos de E. coli ajustados del agua tratada una curva platicúrtica



B) Ensayo 2: Estadísticos descriptivos de los contaminantes microbiológicos de hojas de lechuga y suelo.

Respecto a los estadígrafos descriptivos de los contaminantes microbiológicos presentes en la hoja de lechuga determina que existe una estrecha variabilidad, con rango reducido, distribución con asimetría

positiva y curva de forma platicúrtica, es decir la mayor parte de los datos son inferiores a la media y que están moderadamente concentrados de ella, dichas medias generales fueron de 2,61 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes y de 0,96 NMP/100 ml para *E. coli* (Tabla 8).

Tabla 8

Estadísticos descriptivos de coliformes termotolerantes y Escherichia coli presentes en las hojas de lechuga

Estadísticos descriptivos	Coliformes termotolerantes	<i>E. coli</i>
Media	2,61	0,96
Desviación estándar	0,709	0,988
Coefficiente de variabilidad (%)	27,16	100
Error estándar de la media	0,159	0,221
Rango	1,800	2,000
Varianza	0,503	0,975
Asimetría	0,180	0,017
Curtosis	-1,739	-2,209

Nota. Medidas de tendencia central, dispersión y distribución en hojas de lechuga.

En las Figuras 3 y 4 se exploran los datos de coliformes termotolerantes y *E. coli* simbolizados en histogramas con ajuste normal, estas figuras corroboran la distribución platicúrtica, donde los datos revelan concentración menor alrededor de la media, además, existe una mayor presencia de valores atípicos. El pico de la distribución es más suavizado en *E. coli* que para coliformes termotolerantes.

Figura 3

Histograma de datos de coliformes termotolerantes de las hojas de lechuga ajustados a una curva platicúrtica

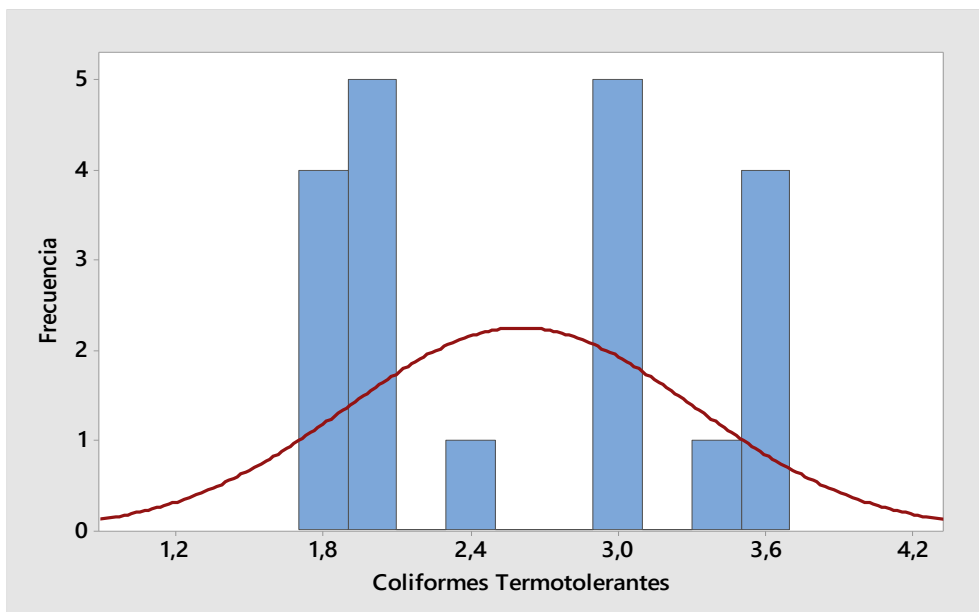
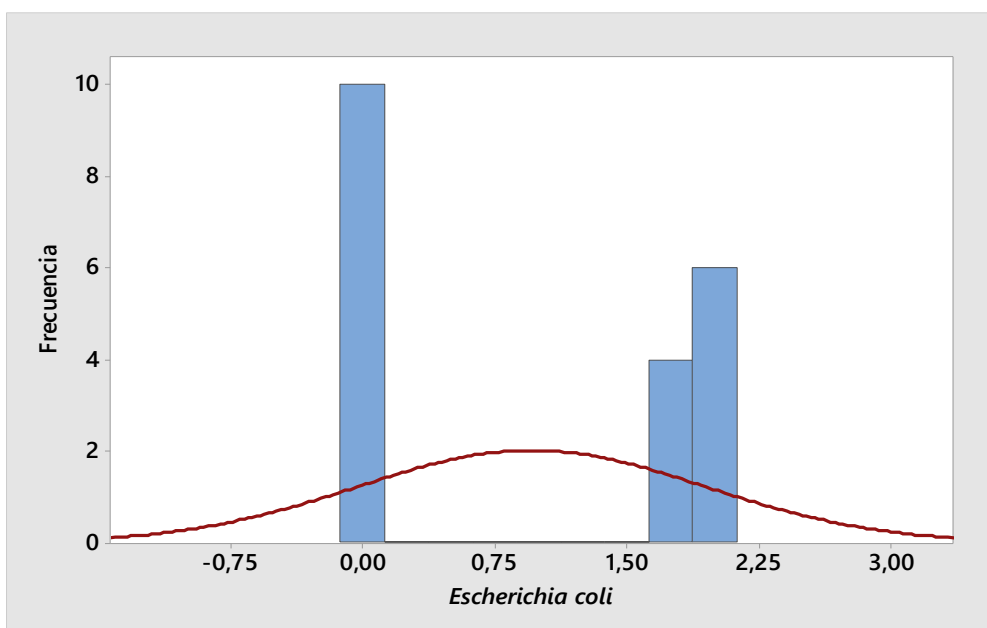


Figura 4

Histograma de datos de E. coli ajustados de las hojas de lechuga una curva platicúrtica



Respecto a los estadígrafos descriptivos de los contaminantes microbiológicos presentes en el sustrato de lechuga establece que existe una ajustada variabilidad, siendo más heterogénea en coliformes termotolerantes que en *E. coli*, distribución con asimetría positiva y curva de forma platicúrtica, es decir La mayoría de los datos se encuentran por debajo de la media y están moderadamente agrupados en relación a ella,

dichas medias generales fueron de 8,67 NMP/100 ml para coliformes termotolerantes y de 6,12 NMP/100 ml para *E. coli* (Tabla 9).

Tabla 9

Estadígrafos descriptivos de coliformes termotolerantes y E. coli presentes en el sustrato de lechuga

Estadígrafos descriptivos	Coliformes termotolerantes	<i>E. coli</i>
Media	8,67	6,12
Desviación estándar	3,14	2,15
Coefficiente de variabilidad (%)	36,22	35,13
Error estándar de la media	0,703	0,481
Rango	7,50	4,70
Varianza	9,88	4,63
Asimetría	0,043	0,015
Curtosis	-2,07	-2,198

Nota. Medidas de tendencia central, dispersión y distribución en el sustrato de lechuga.

Las Figuras 5 y 6 analizan los datos de coliformes termotolerantes y *E. coli* mediante histogramas ajustados a una distribución normal. Estas representaciones confirman la naturaleza platicúrtica de la distribución, donde los datos muestran una concentración menor alrededor de la media, y también revelan una mayor cantidad de valores atípicos. El pico de la distribución es más suave en el caso de *E. coli* en comparación con los coliformes termotolerantes.

Figura 5

Histograma de datos de coliformes termotolerantes del sustrato de lechuga ajustados a una curva platicúrtica

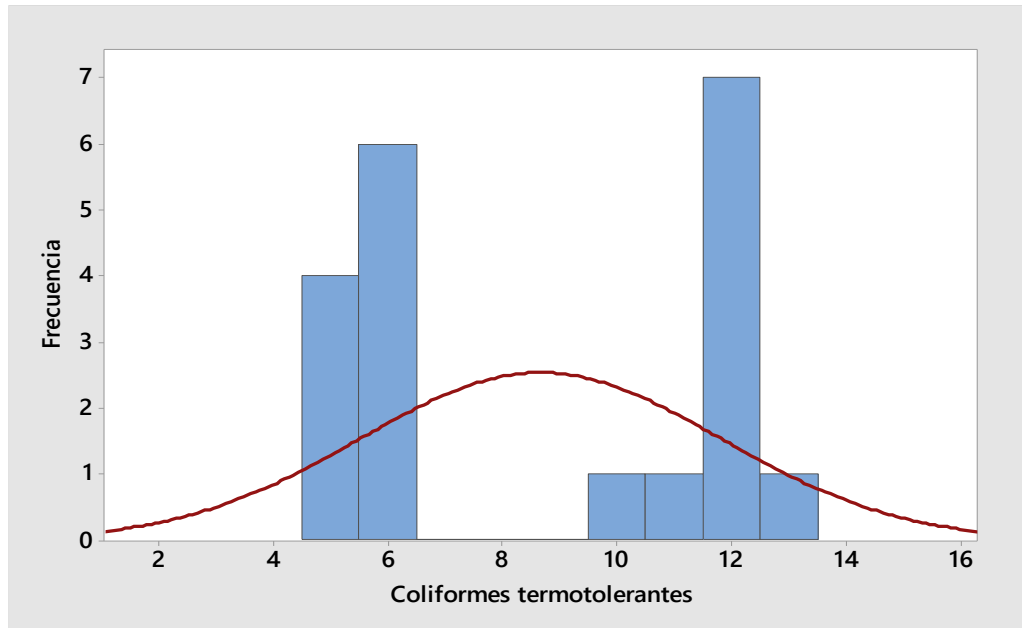
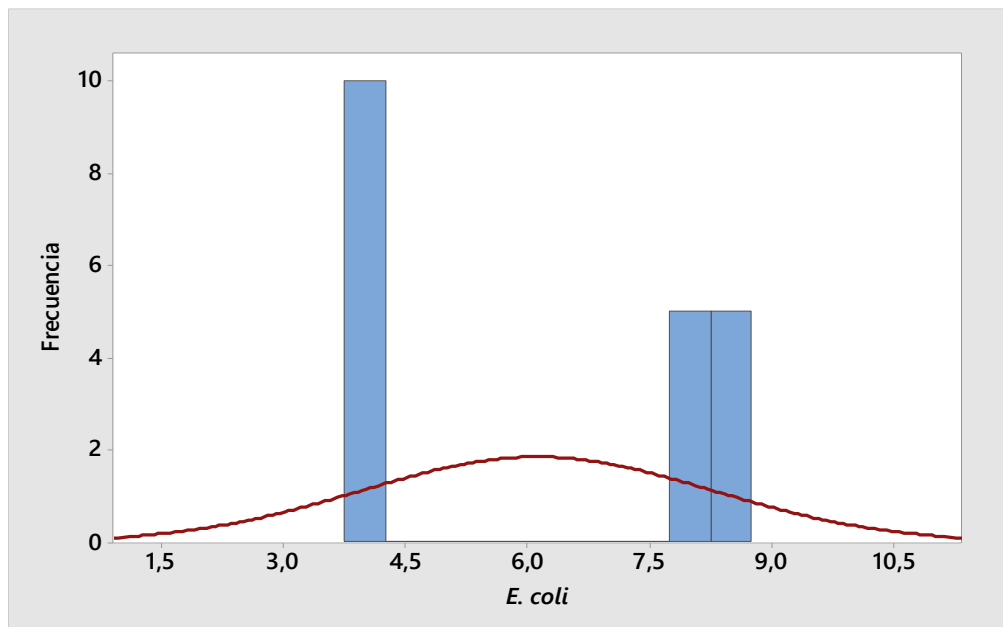


Figura 6

Histograma de datos de E. coli ajustados del sustrato de lechuga ajustados a una curva platicúrtica



4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

A) Contraste de la normalidad del ensayo 1

Realizado el test de normalidad en la Tabla 10, se determina que los datos son normales en Coliformes termotolerantes, ya que el valor de P supera al nivel de significancia (0,05), no obstante, en *E. coli* los datos fueron no normales porque el valor de P fue inferior al nivel de significancia (0,05). Estos resultados permitieron establecer las pruebas estadísticas correspondientes. En las Figuras 7 y 8 se muestran el ajuste de los residuos de los valores a una línea normal, y el coeficiente de determinación (R²) con 0,87 y 0,79 en coliformes termotolerantes y *E. coli* respectivamente.

Tabla 10

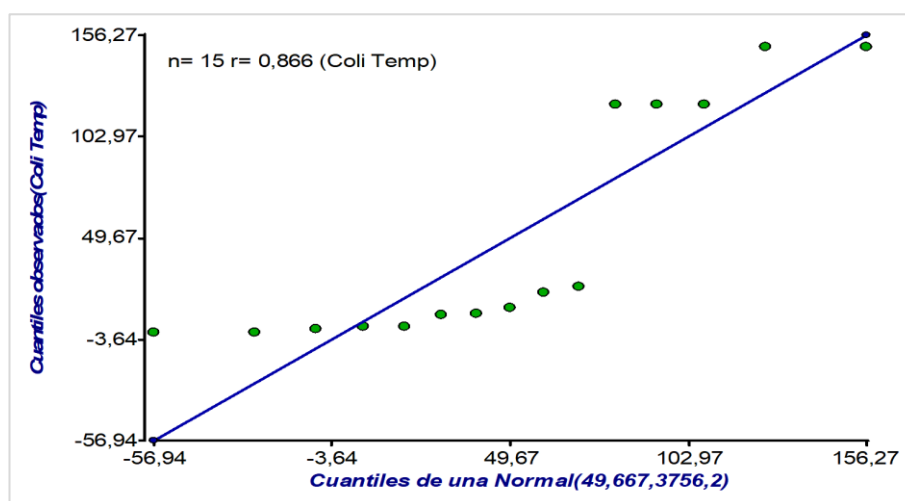
Test de normalidad de Shapiro Wilks Modificado para contaminantes microbiológicos del agua tratada con EM

Residuos de la variable	D.E.	W*	P (Unilateral D)
Coliformes termotolerantes	9,53	0,89	0,1270
<i>E. coli</i>	0,59	0,74	<0,0001

Nota. Demostración de la normalidad en Coliformes termotolerantes y la no normalidad en *E. coli*. Por lo que, se usó la estadística paramétrica para Coliformes termotolerantes y la no paramétrica para *E. coli*.

Figura 7

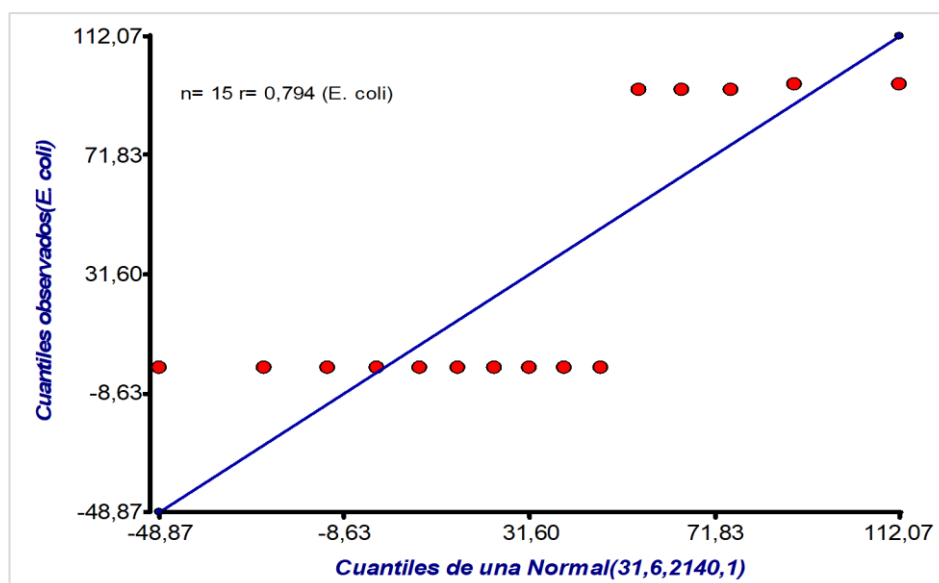
Q-Q plot de los residuos de los cuantiles de coliformes termotolerantes del agua tratada con EM



Nota. Verificación gráfica de la normalidad en Coliformes termotolerantes, donde los puntos residuales están cercanas a la recta normal.

Figura 8

Q-Q plot de los residuos de los cuantiles de *E. coli* del agua tratada con EM



Nota. Verificación gráfica de la normalidad en Coliformes termotolerantes, donde los puntos residuales están lejanas a la recta normal.

B) Contraste de la normalidad del ensayo 2

El test de normalidad en la Tabla 11, determina que los datos no son normales en Coliformes termotolerantes y *E. coli*, ya que el valor de P fue inferior al nivel de significancia (0,05). Estos resultados establecen las pruebas estadísticas correspondientes. En las Figuras 9 y 10 se muestran el ajuste de los residuos de los valores a una línea normal, y el coeficiente de determinación (R2) con 0,94 y 0,90 en coliformes termotolerantes y *E. coli* respectivamente.

Tabla 11

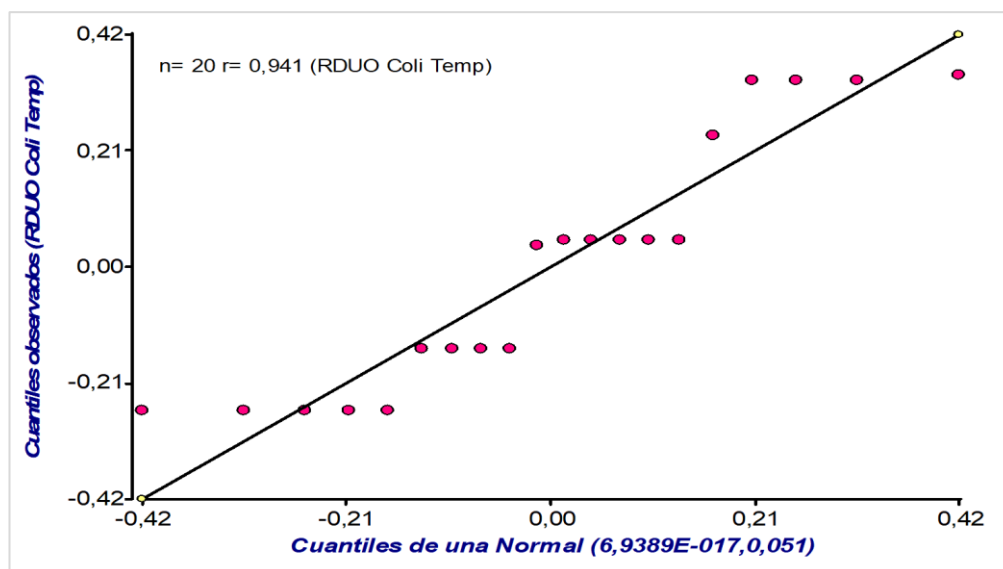
Test de normalidad de Shapiro Wilks Modificado para contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga

Residuos de la variable	D.E.	W*	P (Unilateral D)
Coliformes termotolerantes	0,23	0,82	0,0010
<i>E. coli</i>	0,07	0,76	<0,0001

Nota. Demostración de la no normalidad en Coliformes termotolerantes y *E. coli* sobre hojas de lechuga. Por lo que, se usó la estadística no paramétrica para Coliformes termotolerantes y *E. coli*.

Figura 9

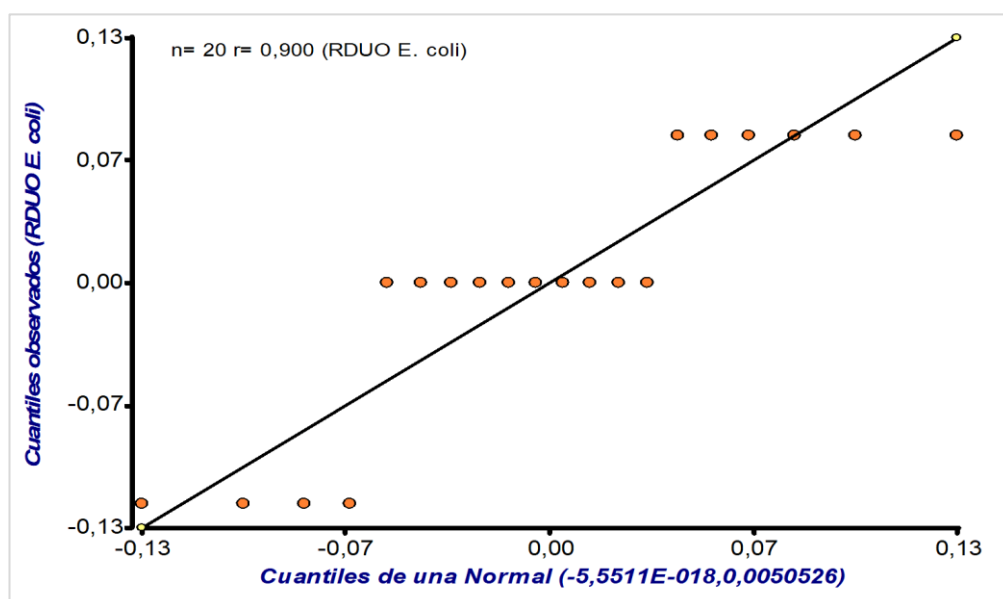
Q-Q plot de los residuos de los cuantiles de coliformes termotolerantes de las hojas de lechuga



Nota. Verificación gráfica de la normalidad en Coliformes termotolerantes, donde los puntos residuales están lejanas a la recta normal.

Figura 10

Q-Q plot de los residuos de los cuantiles de *E. coli* de las hojas de lechuga



Nota. Verificación gráfica de la normalidad en Coliformes termotolerantes, donde los puntos residuales están lejanas a la recta normal.

El test de normalidad en la Tabla 12, determina que los datos son normales en Coliformes termotolerantes y *E. coli*, ya que el valor de P supera al nivel de significancia (0,05). Estos resultados establecen las pruebas estadísticas correspondientes. En las Figuras 11 y 12 se exponen el ajuste de los residuos de los valores a una línea normal, y el

coeficiente de determinación (R2) con 0,96 y 0,97 en coliformes termotolerantes y *E. coli* respectivamente.

Tabla 12

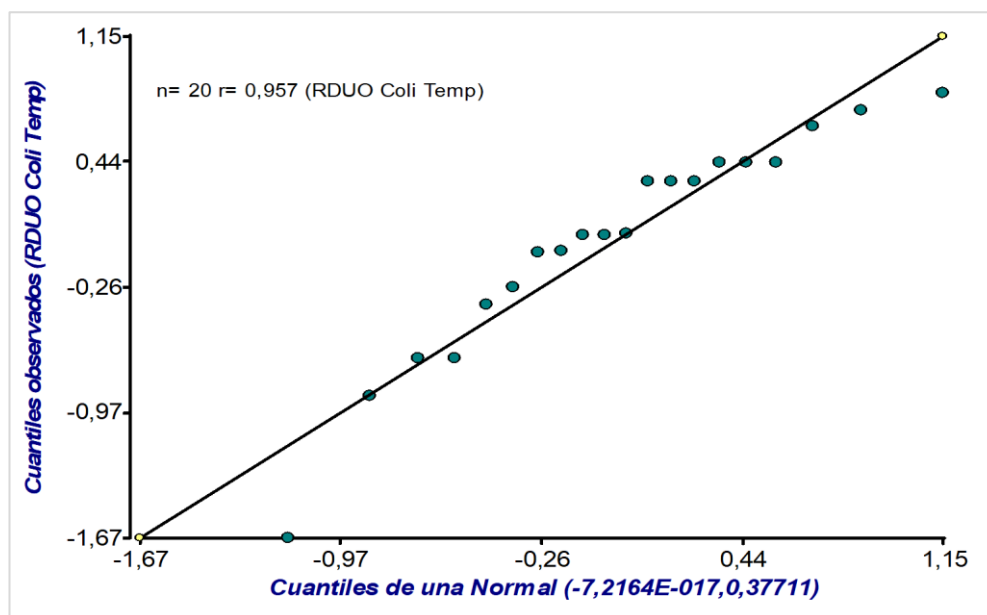
Test de normalidad de Shapiro Wilks Modificado para contaminantes microbiológicos del sustrato de lechuga

Residuos de la variable	D.E.	W*	P (Unilateral D)
Coliformes termotolerantes	0,61	0,92	0,2321
<i>E. coli</i>	0,18	0,89	0,0737

Nota. Demostración de la normalidad en Coliformes termotolerantes y *E. coli*. Por lo que, se usó la estadística paramétrica para ambas variables.

Figura 11

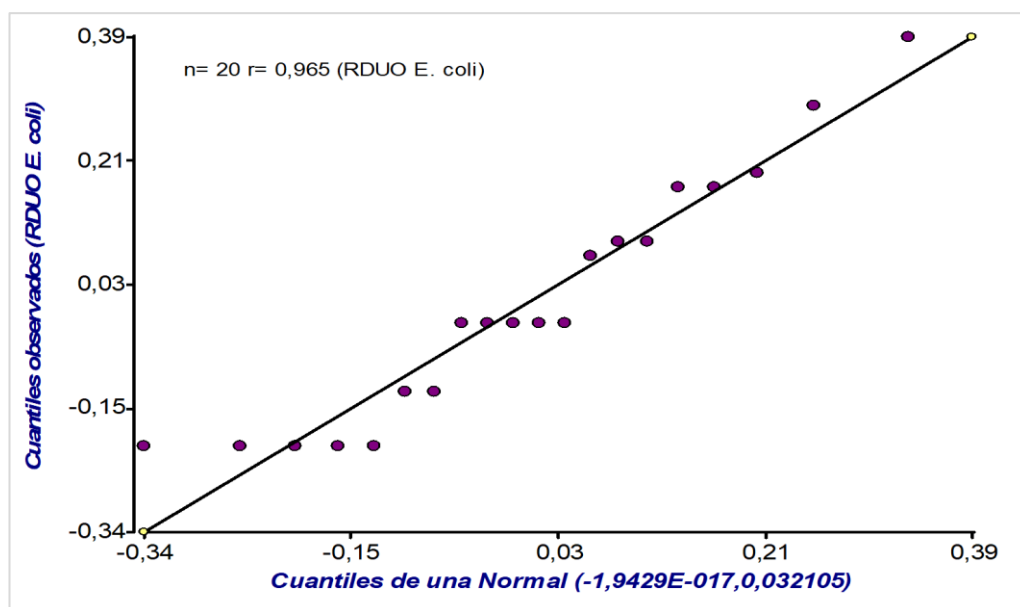
Q-Q plot de los residuos de los cuantiles de coliformes termotolerantes del sustrato de lechuga



Nota. Verificación gráfica de la normalidad en Coliformes termotolerantes en el sustrato, donde los puntos residuales están cercanas a la recta normal.

Figura 12

Q-Q plot de los residuos de los cuantiles de *E. coli* del sustrato de lechuga



Nota. Verificación gráfica de la normalidad en *E. coli* en el sustrato, donde los puntos residuales están cercanas a la recta normal.

C) Contraste estadístico de la hipótesis específica 1

Tabla 13

Análisis de la varianza al 5% de margen de error para coliformes termotolerantes del agua tratada con EM

F.V.	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	Valor crítico F	p-valor
Tratamientos	2	51316,93	25658,47	242,37	<0,0001
Error	12	1270,4	105,87		
Total	14	52587,33			

CV = 20,72 %

$\bar{y}.. = 49,67$

H1: Las dosis de microorganismos eficaces tendrán efecto significativo en los contaminantes microbiológicos del agua tratada.

H0: Las dosis de microorganismos eficaces no tendrán efecto significativo en los contaminantes microbiológicos del agua tratada.

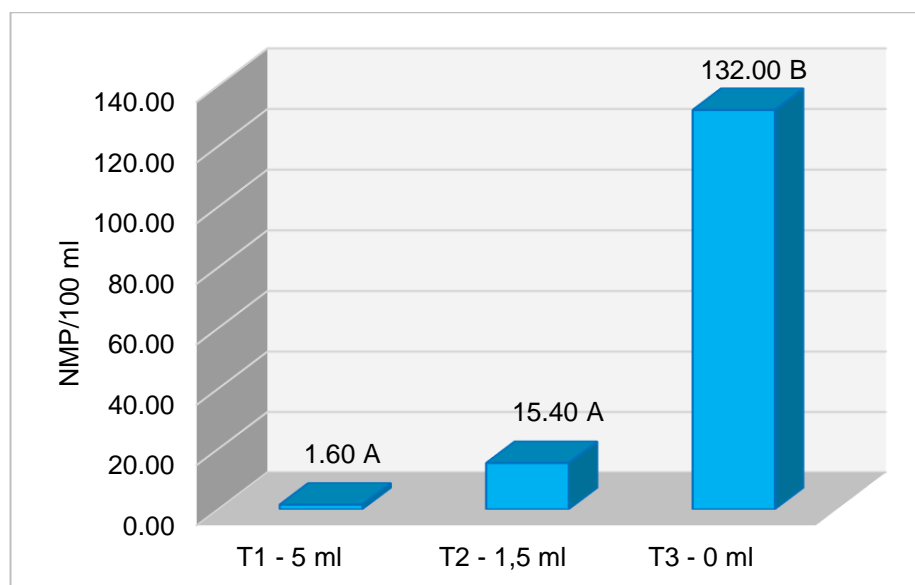
De acuerdo a los resultados del Análisis de la varianza de la Tabla 13 determinan que el valor de p de la fuente tratamientos estuvo dentro del nivel de significancia al 5% de margen de error, es decir que los tratamientos tuvieron efecto significativo sobre la variable coliformes termotolerantes. El coeficiente de variabilidad fue de 20,97 lo que indica

la confiabilidad de los datos evaluados, y la media de 49,67 NMP/100 ml.

Además, se efectuó un test de comparación de media de Jollife al 5% de probabilidad de error en la Figura 13, donde se distinguen a los tratamientos T1: 5 ml de EM y T2: 1,5 ml de EM como grupo no significativo y difiere del tratamiento T3: 0,0 ml de EM. Las medias se encuentran representados en la Figura 13, con su respectiva agrupación estadística, en el que el tratamiento T1: 5 ml tuvo una media menor de 1,60 NMP/100 ml de Coliformes termotolerantes y la mayor concentración se observa en el tratamiento T3: 0 ml con 132,00 NMP/100 ml.

Figura 13

Promedios y agrupación estadística con el test de Jollife al 5% de error para coliformes termotolerantes del agua tratada con EM



Nota. A mayor dosis del EM es posible obtener menor concentración de coliformes termotolerantes en el agua.

Los resultados del test de Kruskal Wallis de la Tabla 14 establecen que el valor de p estuvo dentro del nivel de significancia al 5% de margen de error, es decir, que los tratamientos tuvieron efecto significativo sobre la variable E. coli. Además, se efectuó un test de Ranks que comparó las medias al 5% de probabilidad de error en la Figura 14, donde los tratamientos T1: 1,5 ml de EM y T2: 5,0 ml de EM constituyen un grupo no significativo y difieren del tratamiento T3: 0,0 ml de EM. Las medias

se encuentran representados en la Figura 14, con su respectiva agrupación estadística, en el que los tratamientos T1: 1,5 ml de EM y T2: 5,0 ml de EM registran un valor de 0,0 NMP/100 ml y la mayor concentración en el tratamiento T3: 0 ml con 94.80 NMP/100 ml.

Tabla 14

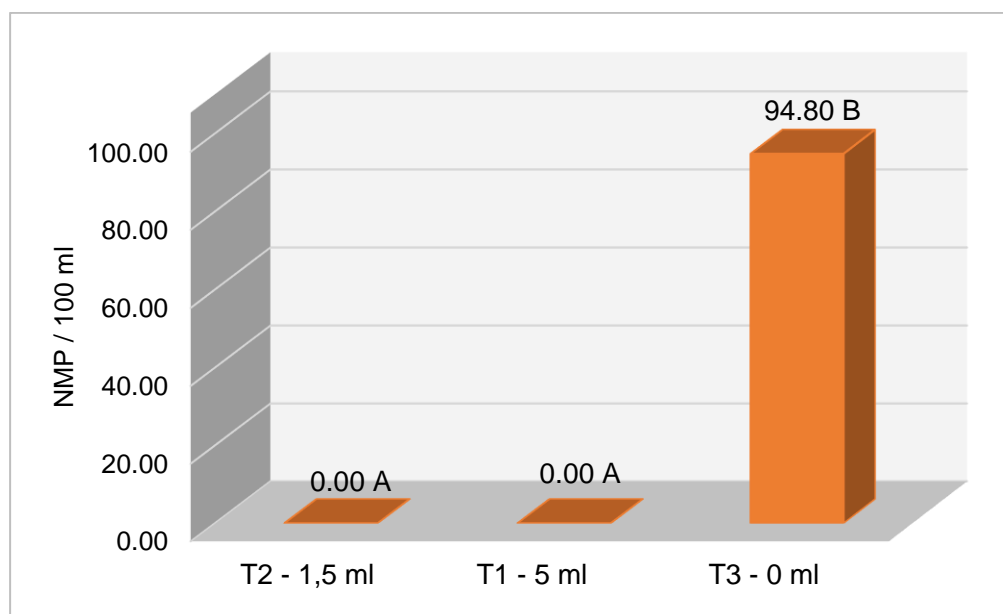
Test de Kruskal Wallis al 5% de probabilidad de error para Escherichia coli en el agua tratada con EM

Tratamientos	Medias	D.E.	Medianas	H	p
T1 - 5 ml	0,0	0	0,0	9,38	0,0012
T2 - 1,5 ml	0,0	0	0,0		
T3 - 0 ml	94,8	1,1	94,0		

Nota. La probabilidad de 0,012 indica la significación de la prueba estadística.

Figura 14

Promedios y agrupación estadística con el test de Ranks al 5% de error para E. coli del agua tratada con EM



Nota. Las dosis del EM logran la concentración de E. coli en el agua.

D) Contraste estadístico de la hipótesis específica 2

- Hi: El agua tratada con microorganismos eficaces usada como agua de riego tendrá efecto significativo en la presencia de contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga.

- Ho: El agua tratada con microorganismos eficaces usada como agua de riego no tendrá efecto significativo en la presencia de contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga.

Tabla 15

Test de Wilcoxon para muestras independientes de los contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	W	P (2 colas)
Coli Temp	T1-1,5 ml	T2-5,0 ml	3,26	1,95	155	0,0001
E. coli	T1-1,5 ml	T2-5,0 ml	1,92	0	155	<0,0001

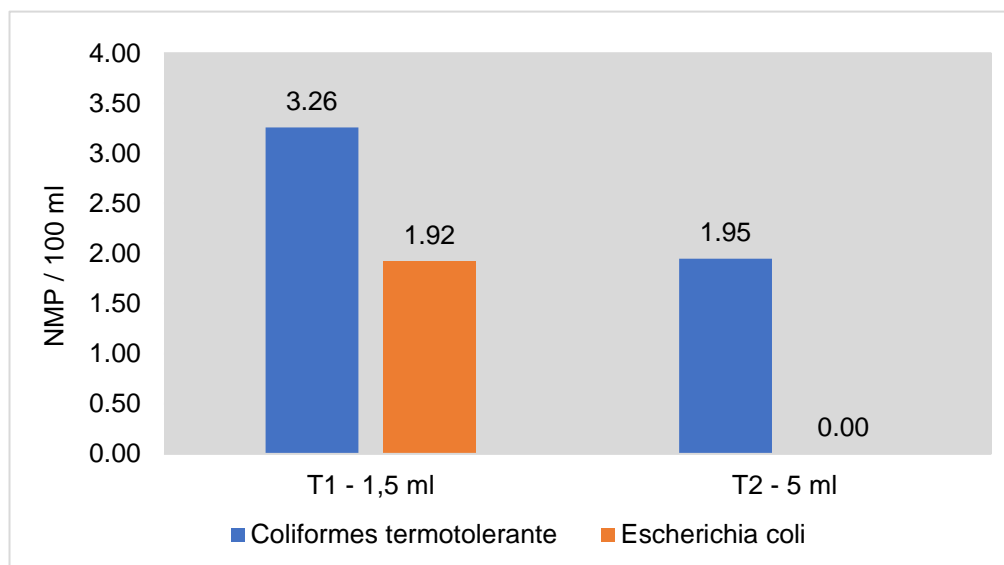
Nota. La prueba estadística bilateral determina efecto significativo de las dosis de EM en hojas de lechuga.

De acuerdo a los resultados del Test de Wilcoxon para muestras independientes de la Tabla 15 decretan que el valor de p estuvo dentro del nivel de significancia al 5% de margen de error, es decir que los tratamientos T1: 1,5 ml de EM y T2: 5,0 ml de EM fueron estadísticamente diferentes. Por lo tanto, se acepta la hipótesis de investigación donde el agua tratada con EM ejerce efecto significativo en la presencia de contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga.

Las medias se encuentran representados en la Figura 15, en el que el T2: 5,0 ml de EM demostró medias menores con 1,95 y 0,00 NMP/100 ml de Coliformes termotolerantes y *E. coli* respectivamente, la mayor concentración se observa en el tratamiento T1: 1,5 ml con 3,26 y 1,92 NMP/100 ml de Coliformes termotolerantes y *E. coli* respectivamente. Además, se observa que el tratamiento T2: 5,0 ml de EM logra reducir significativamente los Coliformes termotolerantes y *E. coli* respecto a la ECA categoría 3D1 (riego no restringido).

Figura 15

Medias agrupadas de coliformes termotolerantes y E. coli en las hojas de lechuga por tratamiento



Nota. Existe mayor susceptibilidad del E. coli a la aplicación de EM que los coliformes termotolerantes.

E) Contraste estadístico de la hipótesis específica 3

- Hi: El agua tratada con microorganismos eficaces usada como agua de riego tendrá efecto significativo en la presencia de contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga.
- Ho: El agua tratada con microorganismos eficaces usada como agua de riego tendrá efecto significativo en la presencia de contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga.

Tabla 16

Test de T para muestras independientes de los contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	(1)-(2)	LI (95)	LS (95)	T	p-valor
Coli. Temp	T1-1,5 ml	T2-5,0 ml	11,67	5,66	6,01	5,42	6,6	21,3	<0,0001
E. coli	T1-1,5 ml	T2-5,0 ml	8,21	4,03	4,18	4	4,36	50,77	<0,0001

Nota. La prueba estadística bilateral determina efecto significativo de las dosis de EM en el sustrato de lechuga.

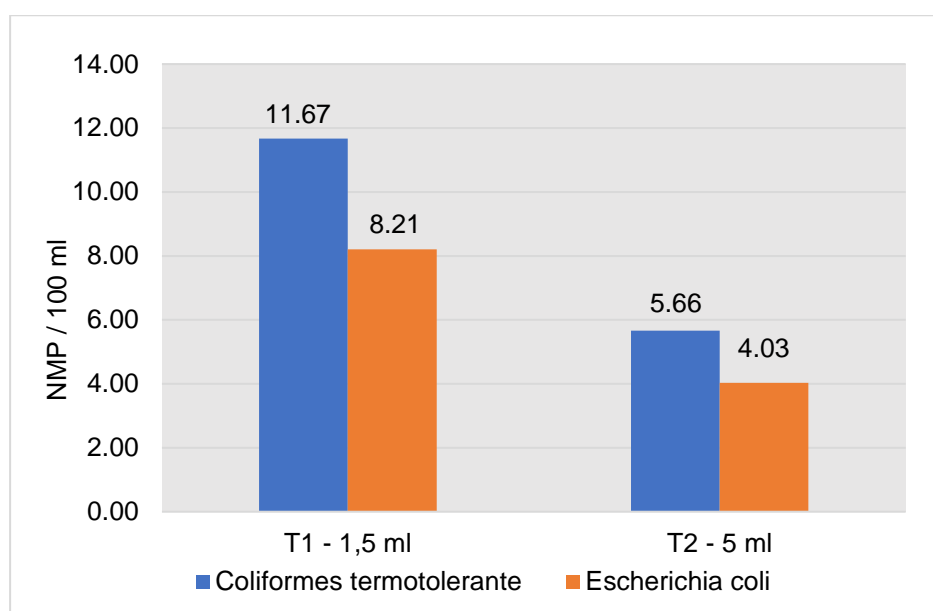
Los resultados del Test de T para muestras independientes de la Tabla 16 señalan que el valor de p estuvo dentro del nivel de significancia

(5% de margen de error), es decir, los tratamientos T1: 1,5 ml de EM y T2: 5,0 ml de EM fueron estadísticamente distintos. Por lo tanto, se acepta la hipótesis de investigación donde el agua tratada con ME tienen efecto significativo en los contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga.

Las medias se encuentran representados en la Figura 16, donde el tratamiento T2: 5,0 ml de EM demostró concentraciones medias bajas de 5,66 y 4,03 NMP/100 ml de Coliformes termotolerantes y *E. coli* respectivamente, la mayor concentración se obtuvo en el tratamiento T1: 1,5 ml con 11,67 y 8,21 NMP/100 ml de Coliformes termotolerantes y *E. coli* respectivamente.

Figura 16

Medias agrupadas de coliformes termotolerantes y E. coli en el sustrato de lechuga por tratamiento



Nota. Demostración del efecto del EM sobre el sustrato de lechuga, donde a mayor dosis se logra reducir las concentraciones de Coliformes termotolerantes y *E. coli*.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del trabajo de investigación demuestran la existencia concentraciones bajas de Coliformes termotolerantes y *E. coli* en las aguas lóxicas del río Huallaga, hojas y sustrato de lechuga, tal como mencionan Moros (2018) y Pardavé (2018) quienes encontraron la presencia de bacterias coliformes, *Escherichia coli* y salmonella en el agua de riego, hojas y sustrato de lechuga. La contaminación del agua de riego, se debe a la procedencia de la fuente de agua (Tombini-Decol et al., 2017) y constituye el único medio de transmisión de agentes contaminantes hacia las frutas y verduras (Pachepsky et al., 2011).

En el ensayo 1 se demostró que los microorganismos eficaces permitieron la reducción de los contaminantes microbianos coliformes termotolerantes y *E. coli*, del que destacó fue la dosis de 5 ml / L de agua de río al reducir el 98% de coliformes termotolerantes y en las dosis de 1,5 y 5 ml / L de agua de río consiguió la disminución de concentraciones de *E. coli* a un 100%. Estos resultados coinciden con los estudios hechos por Delgado (2019), Guanilo et al. (2021), Mamani et al. (2021), Safwat y Matta (2021), Borrovic (2022), Dobrzyński et al. (2022), Vijayanand et al. (2022), quienes al aplicar microorganismos eficaces lograron reducir a más del 90% los coliformes totales, *E. coli* o Salmonella en el agua tratada, ya sea en agua de río o servidas. El impacto producido por lo microorganismos eficaces se atribuye a la actividad antimicrobiana de bacterias lácticas quienes generan niacina y ácido láctico contra bacterias fecales (Stanley y Ekoh, 2017, Dobrzyński et al., 2022). La alta concentración de contaminantes sirve como sustrato y nutrientes para el crecimiento y la reproducción de los microbios (Mun Wei y Swee, 2021)

En el ensayo 2 se comprobó que los microorganismos eficaces logran reducir la concentración de los contaminantes microbianos coliformes termotolerantes y *E. coli* en las hojas y sustrato de lechuga, en el cual destacó la dosis de 5 ml / L de agua de río al reducir más del 50% de coliformes termotolerantes y 100 % de *E. coli* respecto a la dosis de 1,5 ml / L de agua

de río en hojas de lechuga. Igualmente fue significativa la disminución de los contaminantes microbianos con la dosis de 5,0 ml / L de agua de río en el sustrato de lechuga, debido a que redujo en 48 y 49% a coliformes termotolerantes y *E. coli* respectivamente, en relación a la dosis de 1,5 ml / L agua de río. El efecto observado se corrobora con los resultados de los estudios realizados por Moros (2018) y Guanilo et al. (2021) quienes evidencian científicamente la reducción de agentes contaminantes microbiológicos en las hojas de lechuga por efecto de la aplicación de microorganismos eficaces. El efecto observado se debe a atribuyen una ligera disminución de la población de enterococos en el agua por efecto de *Rhodobacter sphaeroides*, así como la levadura *S. cereviceae* quien se reporta como antagonista de bacterias coliformes (Dobrzyński et al., 2022), así como de actinomicetos que son especies fundamentales para el tratamiento de agua (Mun-Wei y Swee, 2021).

CONCLUSIONES

Conclusión general

Los microorganismos eficaces tuvieron efecto significativo en el tratamiento de aguas loticas usados como agua de riego en lechuga, Amarillis-Huánuco.

Conclusiones específicas

1. Las dosis de microorganismos eficaces tuvieron efecto significativo en los contaminantes microbiológicos del agua tratada, al reducir el 98% de coliformes termotolerantes en la dosis de 5,00 ml / L y de 100 % en *E. coli* con las dosis de 1,5 y 5 ml / L de agua de río.
2. El agua tratada con microorganismos eficaces usado como agua de riego tuvo efecto significativo en la presencia de contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga, donde la dosis de 5 ml / L de agua de río al reducir más del 50% de coliformes termotolerantes y 100 % de *E. coli* respecto a la dosis de 1,5 ml / L de agua de río.
3. El agua tratada con microorganismos eficaces usado como agua de riego demostró efecto significativo en la presencia de contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga, ya que la disminución de los contaminantes microbianos con la dosis de 5,0 ml / L de agua de río en el sustrato de lechuga, debido a que redujo en 48 y 49% a coliformes termotolerantes y *E. coli* respectivamente, en relación a la dosis de 1,5 ml / L agua de río

RECOMENDACIONES

1. Para el tratamiento de agua lóaticas con fines de uso como agua de riego, ya sea a nivel de invernadero, vivero o campo definitivo emplear la dosis de 5,0 ml / L de agua, debido a que logra reducir de 98 y 100% de coliformes termotolerantes y *E. coli* respectivamente.
2. A los tesisistas de pre y posgrado, incluir en futuras investigaciones, a los indicadores fisicoquímicos del agua y metales pesados en el tratamiento de agua con fines de riego.
3. Realizar ensayos usando otras fuentes de agua contaminada con aplicaciones de microorganismos eficaces.
4. Activar los microorganismos eficaces con melaza de caña previa a la aplicación del tratamiento de aguas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña-Montañéz, N., Huamaní-Quispe, N. M., & Toribio-Román, F. M. (2022). Evaluación de la remoción de materia orgánica por medio de microorganismos eficientes en el tratamiento de aguas residuales. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos*, 14(S1), 417-427. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2644>
- Angulo, J. J. (2019). *Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM™) sobre la calidad de aguas mieles del beneficio húmedo del café (Coffea arábica L.)*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de La Selva.
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2018). *Los cuerpos de agua continentales y superficiales*. Ministerio del Ambiente. <https://bit.ly/3QsjGe1>
- Ávila, E. (2015). Manual de lechuga. Cámara de Comercio de Bogotá. <http://hdl.handle.net/11520/14316>
- Ávila, G. M., Gabardo, G., Clock, D. C., & Lima Junior, Q. S. (2021). Use of efficient microorganisms in agriculture. *Research, Society and Development*, 10(8), e40610817515. DOI: 10.33448/rsd-v10i8.17515
- Barreto, M., Castillo-Ruiz, M., & Retamal, P. (2016). Salmonella enterica: una revisión de la trilogía agente, hospedero y ambiente, y su trascendencia en Chile. *Rev. Chilena Infectología*, 33(5), 547-557. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rci/v33n5/art10.pdf>
- Borrovic, D. A. (2022). *Efecto de los microorganismos eficientes en aguas servidas de piscinas para su reutilización según los parámetros obtenidos en el distrito de Huánuco - Huánuco – 2021*. Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3558>
- Carhuaricra, P. (2019). *Fitorremediación por el proceso de fitodegradación con dos especies macrófitas acuáticas, Limnobium laevigatum y Eichhornia crassipes para el tratamiento de aguas residuales*

domésticas de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle (Huánuco), agosto – setiembre 2018. Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/1598>

Centeno-Calderón, L. G., Quintana-Díaz, A., & López-Fuentes, L. (2019). Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú. *Arnaldoa*, 26(1), 433-446. DOI: 10.22497/arnaldoa.261.26123

Cerdas, M. del M. y Montero, M. E. (2004). Guías técnicas del manejo poscosecha de apio y lechuga para el mercado fresco. Ministerio de Agricultura y Ganadería, FITTACORI y Universidad de Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/J11-8683.pdf>

Cortez, A. A., Santa Cruz, A. P., Hernández, A. D., Romero, J. L. (2019). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en el río Huaura – 2018. *Big Bang Faustiniiano*, 8(1): 17-20. <https://doi.org/10.51431/bbf.v8i4.556>

Chuquillin, C. (2022). *Impacto de la calidad bacteriológica del agua de riego en el cultivo de lechuga en una zona agrícola del caserío de Huacariz, Cajamarca-2019*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Cajamarca. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4980>

Delgado Rojas, J. E. (2019). *Influencia de los microorganismos eficaces (En agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del bioreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Concepción-2018*. Tesis de pregrado, Universidad Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7027>

Dobrzyński, J., Kulkova, I., Wierzchowski, P. S., & Wróbel, B. (2022). Response of physicochemical and microbiological properties to the application of effective microorganisms in the water of the Turawa Reservoir. *Water*, 14(12). DOI: 10.3390/w14010012

- Easton, J. (1998). *El desarrollo de una metodología de evaluación de riesgos para evaluar los efectos adversos de la salud urbana de los agentes patógenos*. Programa de Ingeniería de Salud Ambiental.
- Forero, J. (2017). *Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta de del Río Frío (Tabio, Cundinamarca)*. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. <http://hdl.handle.net/10554/34419>
- Gómez, M.; Peña, P.; Vásquez, M. (1999) *Determinación y Diferenciación Echerichia coli y coliformes totales usando un sustrato cromógeno*. Laboratorio Central. Acuagest.
- Guanilo, R., Cornejo, J., Zamora, C., Quevedo, T., & García, R. (2021). Microorganismos eficientes en la descontaminación de agua subterránea y su implicancia en la producción y calidad de lechuga hidropónica. *Manglar*, 18(1), 77-82. DOI: 10.17268/manglar.2021.010
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). McGraw Hill Education. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Jaramillo, J., Aguilar, P., Tamayo, P., Arguello, E. y Guzmán, M. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el Oriente Antioquino. CORPOICA. https://issuu.com/sheencat90/docs/manual_del_cultivo_de_la_lechuga
- Jeyarani-Haripriya, R., Kalaiselvi, P., Parameswari, E. R., & Jayakanthan, M. (2022). Assessing the pollution reduction potential of organically formulated Effective Microorganisms (EM) in sewage water. *Ecology, Environment and Conservation*, 28, S130-S135. DOI: 10.53550/EEC.2022.v28i03s.017
- Mamani-Ccama, N. T., Chavez-Molina, R. D., Vigo-Rivera, J. E., & Callata-Chura, R. A. (2021). Depuración de aguas residuales domésticas con Microorganismos Eficientes en condiciones altiplánicas en sistema mixto (anaerobio-aeróbico). *UNACIENCIA*, 14(26), 60-67. DOI: 10.35997/unaciencia.v14i26.615

- Marhuenda, J. y García, J. (2016). Lechuga en Maroto-Borrego, J.V. y Baixauli, C. (Ed.), *Cultivos hortícolas al aire libre*. Almería, (pp. 239-274). Cajamar Caja Rural. <https://www.floresyplantas.net/wp-content/uploads/libro-cultivos-horticola-s-al-aire-libre.pdf>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y disposiciones complementarias*. Gobierno del Perú. <https://bit.ly/3JVesFc>
- Mohamed, A., Tabani, Y., Marwa, A., & A., A. (2021). Application of effective microorganisms technology on dairy wastewater treatment for irrigation purposes. *Journal of degraded and mining lands management*, 8(4), 2917-2923. DOI: 10.15243/jdmlm.2021.084.2917.
- Morocho, M., & Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>
- Moros Vargas, D. C. (2018). *Presencia de bacterias mesófilas y coliformes del agua de riego en los cultivos de lechuga (Lactuca sativa) en la finca El Rubí de la vereda San José (Municipio Mosquera)*. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana. <http://hdl.handle.net/10554/35087>
- Mun Wei, S. H., & Swee, S. T. (2021). Investigation on the efficiency of Effective Microorganisms for polluted water treatment. *Applied Microbiology: Theory & Technology*, 2(1), 1-17. DOI: 10.37256/amtt.212021683
- Murphy, C., Strawn, L. K., Chapin, T. K., McEgan, R., Gopidi, S., Friedrich, L., Goodridge, L. K., Weller, D. L., Schneider, K., & Danyluk, M. D. (2022). Factors Associated With E. coli Levels in and Salmonella contamination of agricultural Water Differed Between North and South Florida Waterways. En J. Liao, Y. Huang, J. Kovac, & D. L. Weller, *Functional Diversity of Aquatic Microorganisms and Their Roles in Water Quality* (págs. 99-124). *Frontiers in Water*. DOI: 10.3389/frwa.2021.750673

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2011, 4ta Ed). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. <https://bit.ly/3rfEudG>
- Pachepsky, Y., Shelton, D. R., McLain, J. E., & Mandrell, R. E. (2011). Irrigation waters as a source of pathogenic microorganisms in produce: a review. En D. L. Sparks, *Advances in Agronomy* (págs. 73-138). Academic Press, Elsevier Inc. <https://bit.ly/3duyEBx>
- Pardavé Morales, T. G. (2018). *Presencia de contaminantes en la hortaliza Lactuca sativa (lechuga) por el uso de agua de riego procedente del Rio Huallaga en el caserío Culcuy, distrito Santa María del Valle, provincia y departamento Huánuco 01 de octubre al 03 de diciembre - 2017*. Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/1285>
- Pérez-Gómez, G., Alvarado-García, V., Rodríguez-Rodríguez, J. A., Herrera, F., Sánchez-Gutiérrez, R. (2021). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua superficial del río Grande de Tárcoles, Costa Rica: un enfoque ecológico. *Cuadernos de Investigación UNED*, 13(1), 3148 DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v13i1.3148>
- Rigola, M. (1999). *Tratamiento de aguas industriales : aguas de proceso y residuales*. Alfaomega Grupo Editor.
- Rusiñol, A., A., H., Cárdenas-Youngs, Y., Fernández-Bravo, A., Pérez-Cataluña, A., Moreno-Mesoner, L., Moreno, Y., Calvo, M., Luis-Alonso, J., José-Figueras, M., Araujo, R., Bofill-Masa, S., & Girones, R. (2020). Microbiological contamination of conventional and reclaimed irrigation water: Evaluation and management measures. *Science of the Total Environment*, 710, 136298. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.136298
- Safwat, M., & Matta, M. E. (2021). Environmental applications of Effective Microorganisms: a review of current knowledge and recommendations for future directions. *Journal of Engineering and Applied Science*, 68(48), 1-12. DOI: 10.1186/s44147-021-00049-1
- Sigler, W. A., & Bauder, J. (15 de Noviembre de 2012). *Coliforme Total y la Bacteria E. coli*. Region8water: <https://bit.ly/3QGpCQa>

- Stanley, H. O., & Ekoh, P. E. (2017). Impact of Effective Microorganisms on the Microbiological and Physicochemical Parameters of Produced Water. *International Annals of Science*, 3(1), 6-12. DOI: 10.21467/ias.3.1.6-12
- Tombini-Decol, L., Sopeña-Casarin, L., Titze-Hessel, C., Fösch-Batista, A. C., Allende, A., & Tondo, E. C. (2017). Microbial quality of irrigation water used in leafy green production in Southern Brazil and its relationship with produce safety. *Food Microbiology*, 65, 105-113. DOI: 10.1016/j.fm.2017.02.003
- Uyttendaele, M., Lee-Ann, J., Amoah, P., Chiodini, A., Cunliffe, D., Jacxsens, L., Holvoet, K., Lise Korsten, L. M., McClure, P., Medema, G., Samper, I., & Rao-Jasti, P. (2015). Microbial hazards in irrigation water: Standards, norms, and testing to manage use of water in fresh produce primary production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(4), 336-356. DOI: 10.1111/1541-4337.12133
- Vijayanand, P. S., Viswanathan, G., Manjunath, N. V., Balakrishnaraja, B., Dharchana, D., & Ragashravanthi, R. (2022). Model study on bioremediation process for the treatment of polluted river through effective microorganisms. *Materials Today: Proceedings*. DOI: 10.1016/j.matpr.2022.05.045
- Zakaria, Z., Gairola, S., & Shariff, B. M. (2010). Effective Microorganisms (EM) technology for water quality restoration and potential for sustainable water resources and management. *5th International Congress on environmental Moddelling of Software*. Ottawa-Ontario: BYU ScholarsArchive. <https://bit.ly/3dsufyZ>
- Zela, J. y Olivas, G. (2022). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el ámbito de las empresas prestadoras 2022*. SUNASS. <https://bit.ly/3LSisah>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Vargas Alvarado, H. (2024). *Microorganismos eficaces y su efecto en el tratamiento de aguas loticas usados como agua de riego en lechuga (Lactuca sativa), Amarilis - Huánuco, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

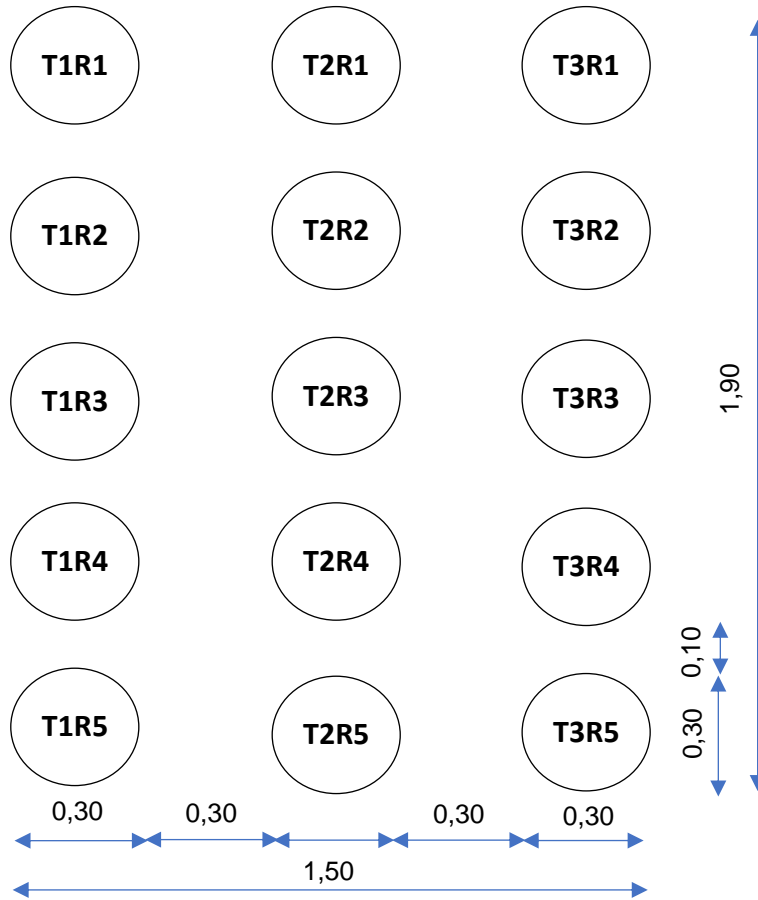
TÍTULO: “EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICACES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS LOTICAS USADOS COMO AGUA DE RIEGO EN LECHUGA, AMARILIS-HUANUCO, 2022”

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	Metodología	Población y muestra	Técnicas e instrumentos
<p>Problema general ¿Cuál será el efecto de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas loticas usados como agua de riego en lechuga, Amarilis-Huánuco, 2022?</p> <p>Problemas específicos ¿Cuál dosis de microorganismos eficaces tiene efecto en los contaminantes microbiológicos del agua tratada? ¿Qué efecto tendrá el agua tratada usada</p>	<p>Objetivo General Determinar el efecto de los microorganismos eficaces en el tratamiento de aguas loticas usados como agua de riego en lechuga, Amarilis-Huánuco, 2022</p> <p>Objetivos específicos Determinar dosis de microorganismos eficaces tiene efecto en los contaminantes microbiológicos del agua tratada Determinar el efecto del agua tratada usada como agua de riego en la presencia de</p>	<p>Hipótesis general Hi: Los microorganismos eficaces tendrán efecto significativo en el tratamiento de aguas loticas usados como agua de riego en lechuga, Amarilis-Huánuco. Ho: Los microorganismos eficaces no tendrán efecto significativo en el tratamiento de aguas loticas usados como agua de riego en lechuga, Amarilis-Huánuco.</p> <p>Hipótesis específicas HE1: Las dosis de microorganismos eficaces tendrán efecto significativo en los contaminantes</p>	<p>Variables: Independiente Microorganismos eficaces</p> <p>Indicadores</p> <p>Dependiente Tratamiento de aguas loticas usados como agua de riego</p> <p>Indicador Contaminantes microbiológicos en el agua Contaminantes microbiológicos en las hojas de lechuga</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo.</p> <p>Nivel: Explicativo.</p> <p>Diseño: Experimental, se empleará en el primer ensayo del estudio será el Diseño Completamente al Azar (DCA) el cual tendrá de cinco repeticiones y tres tratamientos, los que en total suman de 15 unidades experimentales (UE). En el segundo ensayo se empleará un diseño</p>	<p>Población: Comprenderá las aguas del río Huallaga para el ensayo 1. Por otro lado, también se tendrá una población de 40 macetas con lechuga.</p> <p>Muestra: Para el Ensayo 1, se empleará 108 litros de agua de río Huallaga. En el caso del Ensayo 2 se elegirán aleatoriamente 10 macetas para realizar la</p>	<p>Técnicas: Por ser un estudio explicativo – experimental se usará la técnica de la observación.</p> <p>Instrumentos: Hoja de campo (ficha de recolección de datos) donde se consignarán el resultado del análisis de los parámetros microbiológicos, respecto a la concentración de <i>E. coli</i> y</p>

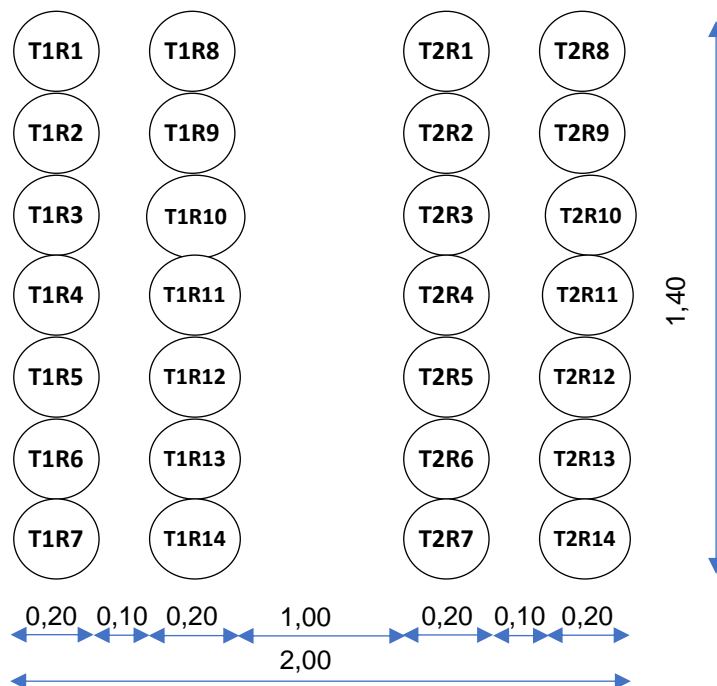
<p>como agua de riego en la presencia de contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga?</p> <p>¿Cuál será el efecto del agua tratada usada como agua de riego en la presencia de contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga?</p>	<p>contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga.</p> <p>Determinar el efecto del agua tratada usada como agua de riego en la presencia de contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga</p>	<p>microbiológicos del agua tratada.</p> <p>El agua tratada con microorganismos eficaces usada como agua de riego tendrá efecto significativo en la presencia de contaminantes microbiológicos de las hojas de lechuga.</p> <p>El agua tratada con microorganismos eficaces usada como agua de riego tendrá efecto significativo en la presencia de contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga.</p>	<p>Contaminantes microbiológicos en el sustrato de lechuga</p>	<p>experimental denominada Diseño con posprueba únicamente y grupo de control. El ensayo tendría el siguiente diagrama:</p>	<p>evaluación en Coliformes las hojas y totales. sustrato.</p>
$ \begin{array}{ccc} RG_1 & X & 0_1 \\ RG_2 & - & 0_2 \end{array} $					

ANEXO 2

DISTRIBUCIÓN DE LOS RECIPIENTES PARA EL ENSAYO 1

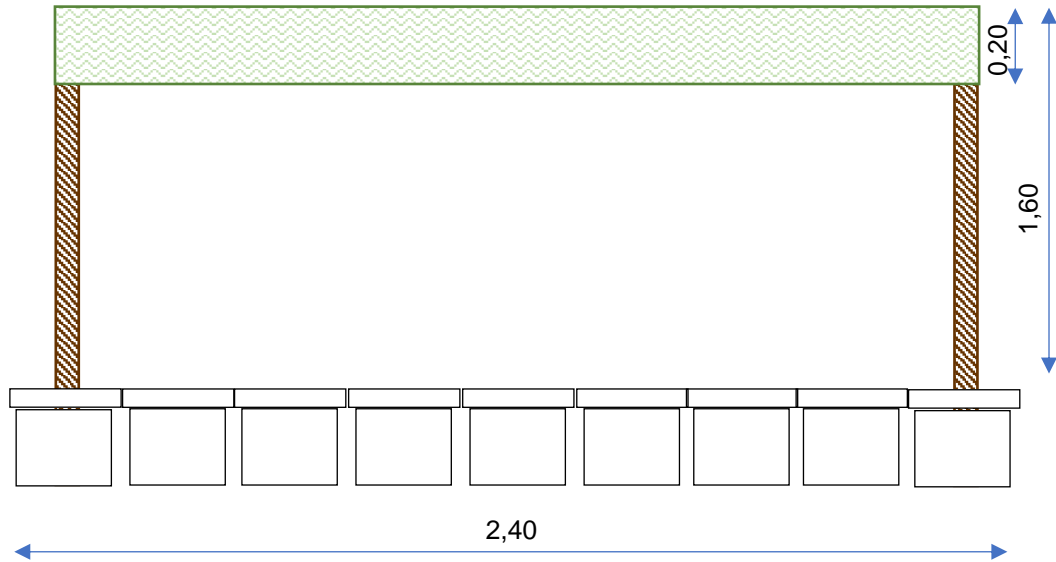


DISTRIBUCIÓN DE LOS RECIPIENTES PARA EL ENSAYO 2

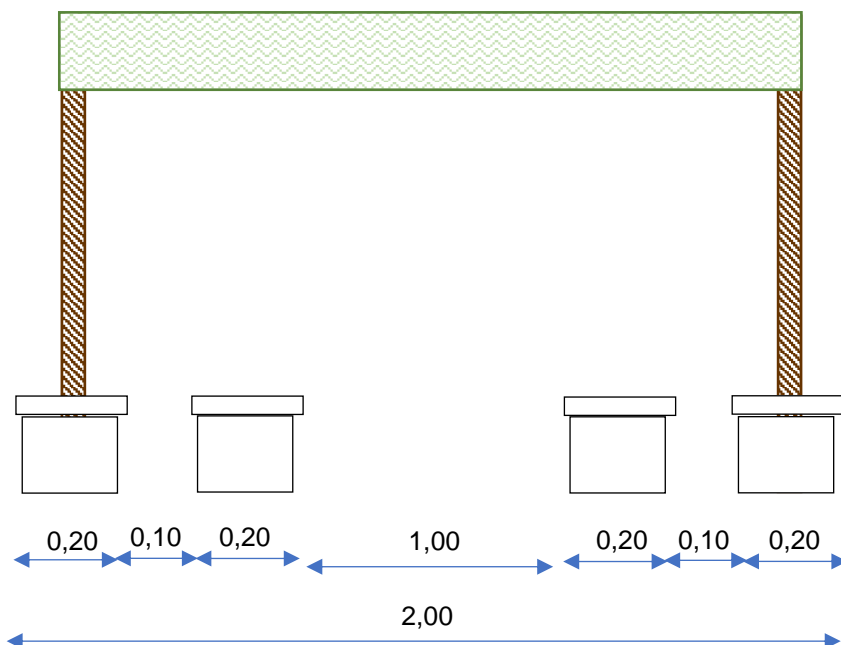


ANEXO 3

DISEÑO DEL VIVERO DE LECHUGA VISTA LATERAL



DISEÑO DEL VIVERO DE LECHUGA VISTA FRONTAL



ANEXO 4
INSTRUMENTOS Y BASE DE DATOS

HOJA DE CAMPO: Ensayo 1			
Tesista: Hiroshi Glenn Vargas Alvarado			
Fecha:			
Tratamientos	Repetición	NMP/100 ml	
		E. coli	Colif. Termotolerantes
T1: 5 ml / L	R1	0	0
T1: 5 ml / L	R2	0	0
T1: 5 ml / L	R3	0	3
T1: 5 ml / L	R4	0	2
T1: 5 ml / L	R5	0	3
T2: 1,5 ml / L	R1	0	13
T2: 1,5 ml / L	R2	0	10
T2: 1,5 ml / L	R3	0	24
T2: 1,5 ml / L	R4	0	9
T2: 1,5 ml / L	R5	0	21
T3: 0 ml / L	R1	94	120
T3: 0 ml / L	R2	94	120
T3: 0 ml / L	R3	96	150
T3: 0 ml / L	R4	94	120
T3: 0 ml / L	R5	96	150

HOJA DE CAMPO: Ensayo 2

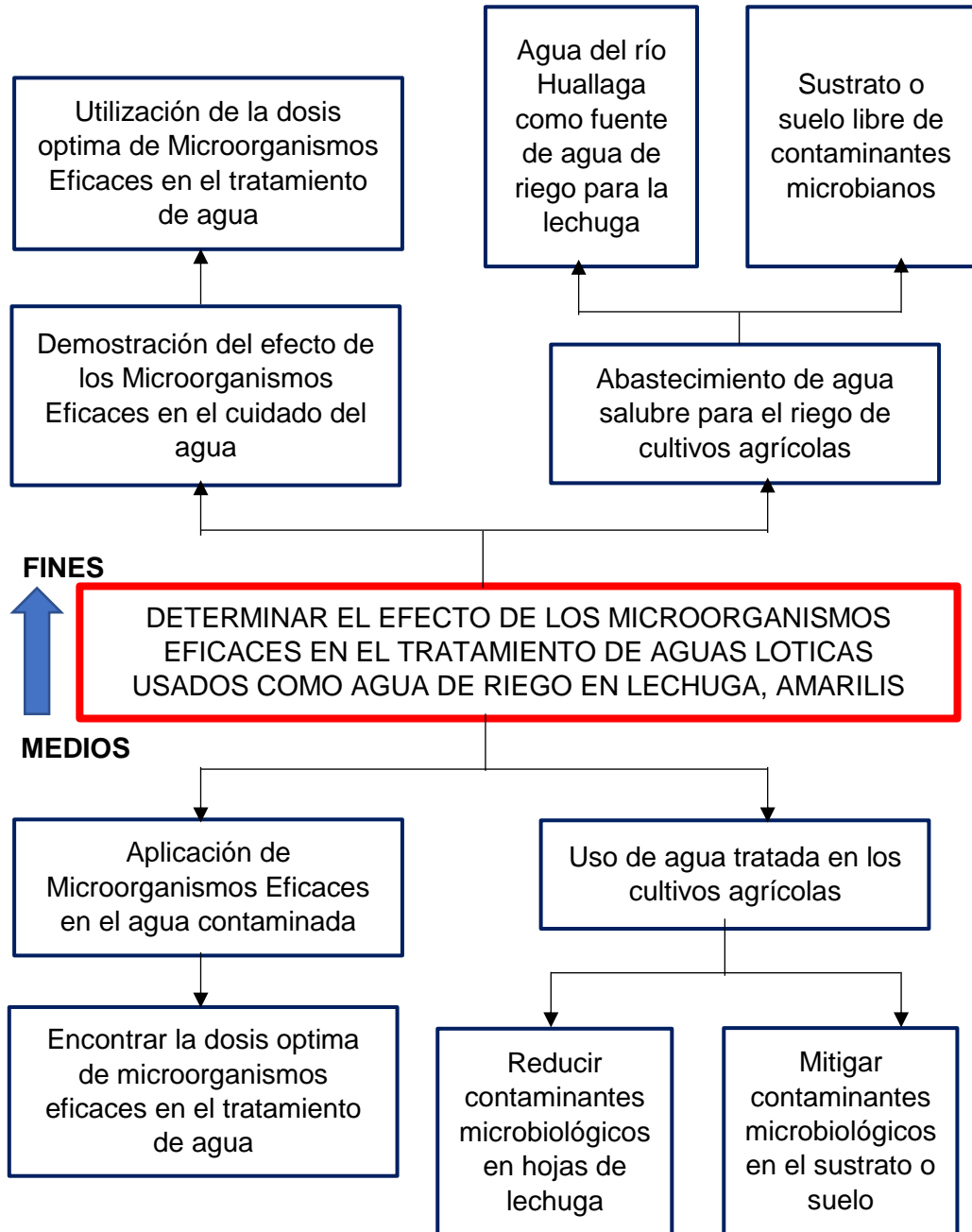
Tesista: Hiroshi Glenn Vargas Alvarado

Fecha:

Tratamientos	Repetición	Sustrato		Hojas de lechuga	
		NMP/100 ml		NMP/100 ml	
		E. coli	Colif. Termot.	E. coli	Colif. Termot.
T1: Dosis EM 1,5 ml / L	R1	8,3	12	1,8	3,6
T1: Dosis EM 1,5 ml / L	R2	8	11,7	2	3
T1: Dosis EM 1,5 ml / L	R3	8,4	12,5	2	3
T1: Dosis EM 1,5 ml / L	R4	8,6	10	2	3,3
T1: Dosis EM 1,5 ml / L	R5	8	12	2	3
T1: Dosis EM 1,5 ml / L	R6	8,3	11,6	1,8	3,6
T1: Dosis EM 1,5 ml / L	R7	8	10,8	1,8	3
T1: Dosis EM 1,5 ml / L	R8	8	12,4	1,8	3,5
T1: Dosis EM 1,5 ml / L	R9	8,5	12	2	3
T1: Dosis EM 1,5 ml / L	R10	8	11,7	2	3,6
T2: Dosis EM 5,0 ml / L	R1	4,0	6,1	0	1,8
T2: Dosis EM 5,0 ml / L	R2	4,2	5,7	0	2
T2: Dosis EM 5,0 ml / L	R3	3,9	5	0	2,3
T2: Dosis EM 5,0 ml / L	R4	4	5,6	0	2
T2: Dosis EM 5,0 ml / L	R5	4	6,1	0	2
T2: Dosis EM 5,0 ml / L	R6	4	5,3	0	1,8
T2: Dosis EM 5,0 ml / L	R7	3,9	6,3	0	1,8
T2: Dosis EM 5,0 ml / L	R8	4,1	5,4	0	1,8
T2: Dosis EM 5,0 ml / L	R9	4	6,1	0	2
T2: Dosis EM 5,0 ml / L	R10	4,2	12	1,8	2
Muestra en blanco	M	-	-	5,37	6,31

ANEXO 5

ARBOL DE MEDIOS Y FINES



ARBOL DE CAUSAS Y EFECTOS



ANEXO 6

PANEL FOTOGRAFICO



Distribución del agua de río



Aplicación de ME en el agua de río.



Muestreo del agua tratada con las dosis de ME y del testigo



Instalación del vivero de lechuga



Muestreo de hojas de lechuga y del sustrato



Rotulado de muestras de hojas de lechuga

ANEXO 7

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO – ENSAYO 1

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUAS REG.: 029 - 2023- LMAA-LRRSP- HCO

NOMBRE DEL PROYECTO: "MICROORGANISMOS EFICACES Y SU EFECTO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS LOTICAS USADAS COMO AGUA DE RIEGO EN LECHUGA (*Lactuca sativa*), AMARILIS - HUANOUCO."
 SOLICITANTE : HIROSHI GLENN VARGAS ALVARADO.

FECHA DE MUESTREO: 22-05-23 HORA 8:00 a.m. FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 22-05-23 HORA: 13:00 pm. MUESTRA TOMADA: INTERESADO
 MUESTRA PRESERVADA SI () NO (X)

RESULTADOS

MICROREDES Y ESTABLECIMIENTOS	LOCALIDADES	PUNTOS DE MUESTREO	FUENTE	Nº DE MUESTRA	ENSAYOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS						ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS			
					Cond. (umho/cm)	Sol. T. mg/l	Turb. UNT	Color UCV	PH	Cloro	Col. T. NMP/100ml	Col Term. NMP/100ml	Bact. Heterot. UFC/ml	E. coli NMP/100ml
AMARILIS		T1 R1 5ml	SUPERFICIAL	062	373	-	-	2	8,3	-	-	0	-	<1,8
AMARILIS		T1 R2 5ml	SUPERFICIAL	063	374	-	-	2	8,3	-	-	0	-	<1,8
AMARILIS		T1 R3 5ml	SUPERFICIAL	064	375	-	-	3	8,3	-	-	3	-	<1,8
AMARILIS		T1 R4 5ml	SUPERFICIAL	065	375	-	-	2	8,3	-	-	2	-	<1,8
AMARILIS		T1 R5 5ml	SUPERFICIAL	066	382	-	-	3	8,3	-	-	3	-	<1,8
AMARILIS		T2 R1 1,5ml	SUPERFICIAL	067	390	-	-	31	8,1	-	-	13	-	<1,8
AMARILIS		T2 R2 1,5ml	SUPERFICIAL	068	392	-	-	29	8,2	-	-	10	-	<1,8
AMARILIS		T2 R3 1,5ml	SUPERFICIAL	069	395	-	-	31	8,2	-	-	24	-	<1,8
AMARILIS		T2 R4 1,5ml	SUPERFICIAL	070	396	-	-	23	8,2	-	-	5	-	<1,8
AMARILIS		T2 R5 1,5ml	SUPERFICIAL	071	394	-	-	30	8,1	-	-	21	-	<1,8
AMARILIS		T3 R1 0	SUPERFICIAL	072	320	-	-	17	8,2	-	-	120	-	94
AMARILIS		T3 R2 0	SUPERFICIAL	073	320	-	-	17	8,2	-	-	120	-	94
AMARILIS		T3 R3 0	SUPERFICIAL	074	319	-	-	19	8,1	-	-	150	-	96
AMARILIS		T3 R4 0	SUPERFICIAL	075	319	-	-	17	8,1	-	-	120	-	94
AMARILIS		T3 R5 0	SUPERFICIAL	076	320	-	-	18	8,2	-	-	150	-	96
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES ECA D.S. Nº 094-2017-MINAM - CATEGORÍA 3					2600	***	**	100	6.5-8.5	**	**	1000	-	1000

MUESTRA AGOTADA EN LOS ENSAYOS

Microorganismo	Método de Ensayo
Coliforme termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E. 23 ^{ed} Ed 2017 Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group, fecal coliform procedure.
Escherichia coli	SMEWW-APHA AWWA-WEF Part 9221 F1 23 ^{ed} Ed. 2017. Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group.

Huánuco, 02 de junio de 2023

Jr. Dámaso Beraún Nº 1017 ☎ (062) 513410-513380-517521 Fax (062) 513261

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO – ENSAYO 2

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUAS REG.: 077 - 2023- LMAA-LRRSP- HCO

NOMBRE DEL PROYECTO: "MICROORGANISMOS EFICACES Y SU EFECTO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS LOTICAS USADAS COMO AGUA DE RIEGO EN LECHUGA (*Lactuca sativa*), AMARILIS - HUANOUCO."
 SOLICITANTE : HIROSHI GLENN VARGAS ALVARADO.

FECHA DE MUESTREO: 19-06-23 HORA 6:00 a.m. FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 19-06-23 HORA: 13:00 pm. MUESTRA TOMADA: INTERESADO
 MUESTRA PRESERVADA SI () NO (X)

RESULTADOS

MICROREDES Y ESTABLECIMIENTOS	LOCALIDADES	PUNTOS DE MUESTREO	FUENTE	Nº DE MUESTRA	ENSAYOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS						ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS			
					Cond. (umho/cm)	Sol. T. mg/l	Turb. UNT	Color UCV	PH	Cloro	Col. T. NMP/100ml	Col Term. NMP/100ml	Bact. Heterot. UFC/ml	E. coli NMP/100ml
AMARILIS		T1-1 S ml - R1	-	106	-	-	-	-	8,0	-	-	3,60	-	1,80
AMARILIS		T1-1 S ml - R2	-	107	-	-	-	-	8,0	-	-	3,00	-	2,00
AMARILIS		T1-1 S ml - R3	-	108	-	-	-	-	7,0	-	-	3,00	-	2,00
AMARILIS		T1-1 S ml - R4	-	109	-	-	-	-	7,2	-	-	3,30	-	2,00
AMARILIS		T1-1 S ml - R5	-	110	-	-	-	-	7,0	-	-	3,00	-	2,00
AMARILIS		T1-1 S ml - R6	-	111	-	-	-	-	7,0	-	-	3,60	-	1,80
AMARILIS		T1-1 S ml - R7	-	112	-	-	-	-	8,0	-	-	3,00	-	1,90
AMARILIS		T1-1 S ml - R8	-	113	-	-	-	-	8,0	-	-	3,50	-	1,80
AMARILIS		T1-1 S ml - R9	-	114	-	-	-	-	7,2	-	-	3,00	-	2,00
AMARILIS		T1-1 S ml - R10	-	115	-	-	-	-	8,0	-	-	3,60	-	2,00
AMARILIS		T2-5 0 ml - R1	-	116	-	-	-	-	7,0	-	-	1,80	-	0,00
AMARILIS		T2-5 0 ml - R2	-	117	-	-	-	-	7,0	-	-	2,00	-	0,00
AMARILIS		T2-5 0 ml - R3	-	118	-	-	-	-	8,0	-	-	2,30	-	0,00
AMARILIS		T2-5 0 ml - R4	-	119	-	-	-	-	7,2	-	-	2,00	-	0,00
AMARILIS		T2-5 0 ml - R5	-	120	-	-	-	-	8,0	-	-	2,00	-	0,00
AMARILIS		T2-5 0 ml - R6	-	121	-	-	-	-	7,0	-	-	1,80	-	0,00
AMARILIS		T2-5 0 ml - R7	-	122	-	-	-	-	7,0	-	-	1,80	-	0,00
AMARILIS		T2-5 0 ml - R8	-	123	-	-	-	-	7,0	-	-	1,80	-	0,00
AMARILIS		T2-5 0 ml - R9	-	124	-	-	-	-	7,0	-	-	2,00	-	0,00
AMARILIS		T2-5 0 ml - R10	-	125	-	-	-	-	7,0	-	-	2,00	-	0,00
AMARILIS		Muestra en blanco	-	126	-	-	-	-	7,0	-	-	6,31	-	5,37
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES ECA D.S. Nº 094-2017-MINAM - CATEGORÍA 3					2600	***	**	100	6.5-8.5	**	**	1000	-	1000

MUESTRA AGOTADA EN LOS ENSAYOS

Jr. Dámaso Beraún Nº 1017 ☎ (062) 513410-513380-517521 Fax (062) 513261

ANEXO 8

MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

