

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y  
AMBIENTAL**

**NIVEL DE CONTAMINACIÓN DEL EFLUENTE DE LAS  
DOS LAGUNAS DE OXIDACIÓN EN AGUA DEL CANAL  
DE RIEGO DEL CASERÍO SAMBIMERA – JAÉN - 2023**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

**Autor (es):**

**Bach. Gladys Yessica Cieza Barrios**

**Bach. Cassandra Antuane Vásquez Arenas**

**Asesor:**

**Dr. Lupo Leonidas Varas Ponce**

**Línea de investigación :**

**Conservación, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales**

**JAÉN-PERÚ 2024**

# Gladys Y. Cieza Barrios; Cassandra A. Vásquez Aren...

## NIVEL DE CONTAMINACIÓN DEL EFLUENTE DE LAS DOS LAGUNAS DE OXIDACIÓN EN AGUA DEL CANAL DE RIEGO D...

 My Files

 My Files

 Universidad Nacional de Jaen

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::20206:412174212

62 Páginas

Fecha de entrega

3 dic 2024, 9:57 a.m. GMT-5

9,754 Palabras

Fecha de descarga

3 dic 2024, 10:24 a.m. GMT-5

54,869 Caracteres

Nombre de archivo

GLADYS YESSICA CIEZA BARRIOS Y CASSANDRA ANTUANE VÁSQUEZ ARENAS - INFORME (1) - GLAD....pdf

Tamaño de archivo

3.3 MB

## 5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

### Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN  
  
*Dr. Alexander Huamán Mera*  
Responsable de la Unidad de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**Ley de Creación N° 29304**  
**Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-**  
**SUNEDU/CD**

**FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN**

En la ciudad de Jaén, el día 13 de Diciembre del año 2024, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente : Dr. Juan Manuel Garay Román  
Secretario : Dr. Segundo Edilberto Vergara Medina  
Vocal : Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo, para evaluar la Sustentación del Informe Final:

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

Titulado: Nivel de continuación de efluentes de los dos legajos de explotación en agua del Canal de riego del cosmo Sambornera - Jan 2023



Presentado por estudiante/egresado o Bachiller Gladys Yessica Cieza Barrios, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental

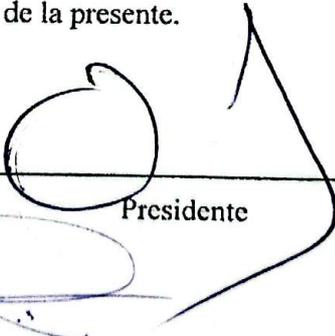
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

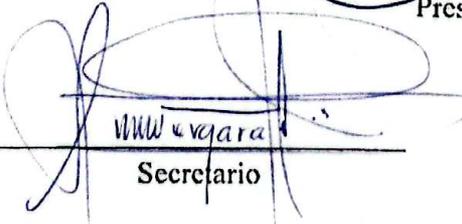
- (  ) Aprobar ( ) Desaprobar (  ) Unanimidad ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |               |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )           |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )           |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( <u>15</u> ) |
| d) Regular     | 13         | ( )           |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )           |

Siendo las 11:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Vocal

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 13 de Diciembre del año 2024, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Dr. Juan Manuel Garay Román  
Secretario: Dr. Segundo Edelberto Veigara Medrano  
Vocal: Mg. Annick Estefany Huochea Castillo, para evaluar la Sustentación del Informe Final:

- Trabajo de Investigación  
 Tesis  
 Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: Nivel de Continuación del afluente de los dos Logueros de oxidación en agua del canal de riego del Coseño Sombimera - Jaén - 2023



Presentado por estudiante/egresado o Bachiller Cassandra Anteaque Vázquez Arends, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- Aprobar       Desaprobar       Unanimidad       Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )    |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )    |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( 15 ) |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )    |

Siendo las 11:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

[Signature]  
Presidente

[Signature]  
Secretario

[Signature]  
Vocal

**DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO**

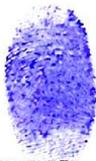
Nosotras, Gladys Yessica Cieza Barrios con DNI N° 75458112 y Cassandra Antuane Vásquez Arenas DNI N° 73489700, bachilleres de la carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén, teniendo como asesor al Dr. Lupo Leonidas Varas Ponce, con DNI N° 17834600 con profesión/ grado de Doctorado en Ingeniería Química con conocimiento del reglamento General de Grado Académico y Título Profesional de la Universidad Nacional de Jaén.

Declaramos bajo juramento ser autores del **trabajo de investigación** “Nivel de contaminación del efluente de las dos lagunas de oxidación en agua del canal de riego del caserío Sambimera – Jaén – 2023”

1. El mismo que presentamos para optar: ( ) Grado Académico de Bachiller (X) Título Profesional.
2. El Trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. El Trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
4. El Trabajo de investigación no ha sido publicado ni presentado anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados. Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del **Trabajo de investigación**, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNJ en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del **Trabajo de investigación**.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones civiles y penales que de nuestra acción se deriven.

Jaén, 25 de febrero del 2025.

Firma – Huella Digital


Firma – Huella Digital


Firma – Huella Digital

## ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS .....	3
2.1. Objeto de estudio .....	3
2.2. Zona de estudio .....	3
2.2.1. Ubicación del área de estudio.....	3
2.2.2. Población, Muestra y Muestreo .....	6
2.2.3. Materiales y equipos.....	6
2.2.4. Métodos .....	7
2.2.5. Técnicas .....	7
2.2.6. Metodología.....	8
2.2.7. Procedimiento.....	9
III. RESULTADOS.....	12
IV. DISCUSIÓN .....	27
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
AGRADECIMIENTO .....	36
DEDICATORIA.....	37
ANEXOS .....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Mapa de ubicación del área de estudio .....	4
<b>Figura 2</b> Ubicación del área de estudio .....	5
<b>Figura 3</b> Georreferenciación y medición para ubicación de estaciones de muestreo en el canal de riego.....	9
<b>Figura 4</b> Toma de muestras en la estación de muestreo 4.....	10
<b>Figura 5</b> Medición de parámetros físicos (pH, STD, C.E, temperatura ambiental) in situ .....	11
<b>Figura 6</b> Medición de parámetros (oxígeno disuelto) en laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental-UNJ.....	12
<b>Figura 7</b> Sólidos Totales Disueltos por mes de muestreo por estación de muestreo.....	16
<b>Figura 8</b> Potencial de Hidrógeno por mes de muestreo por estación de muestreo.....	17
<b>Figura 9</b> Conductividad Eléctrica por mes de muestreo por estación de muestreo.....	18
<b>Figura 10</b> Temperatura de agua por mes de muestreo por estación de muestreo.....	19
<b>Figura 11</b> Oxígeno Disuelto (mg/L) por mes de muestreo por estación de muestreo...	20
<b>Figura 12</b> Demanda Bioquímica de Oxígeno por mes de muestreo por estación de muestreo .....	21
<b>Figura 13</b> Ejecución de fitorremediación (a) colocación de las plantas fitorremediadoras en tinajas (b) Obtención de muestra el 30 de noviembre del 2023.....	42
<b>Figura 14</b> Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO (mg/L) por mes de muestreo por planta.....	43
<b>Figura 15</b> Georreferenciación de estaciones de muestreo .....	51
<b>Figura 16</b> Medición del ancho del canal de riego.....	51
<b>Figura 17</b> Distancia entre estaciones de muestreo 1 y 2.....	51

<b>Figura 18</b> Tomando muestra para fitorremediar.....	51
<b>Figura 19</b> Tratamiento de fitorremediación.....	52
<b>Figura 20</b> Toma de muestra para análisis de laboratorio.....	52
<b>Figura 21</b> Toma de muestra del canal de riego para analizar .....	52
<b>Figura 22</b> Medición de parámetros en una simulación casera utilizando plantas fitorremediadoras.....	52
<b>Figura 23</b> Toma de muestras de los tratamientos .....	53
<b>Figura 24</b> Medición de la temperatura ambiental in situ.....	53
<b>Figura 25</b> Etiquetado de envases .....	53
<b>Figura 26</b> Medición de parámetros físicos (oxígeno disuelto, pH, C.E, temperatura y STD) .....	54
<b>Figura 27</b> Muestras a analizar .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Puntos de georreferenciación de estaciones de muestreo ubicadas en el cuerpo de agua del canal de riego .....	3
<b>Tabla 2</b> Caracterización física del área de estudio.....	13
<b>Tabla 3</b> Ubicación de las estaciones de muestreo.....	14
<b>Tabla 4</b> Resultados generales de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos .	14
<b>Tabla 5</b> Coliformes Termotolerantes presentes en las estaciones de muestreo del cuerpo de agua del canal de riego .....	22
<b>Tabla 6</b> Promedio final de los valores de parámetros fisicoquímicos de las estaciones de muestreo en el cuerpo de agua del canal de riego .....	23
<b>Tabla 7</b> Comparación de parámetros fisicoquímicos con el estándar de calidad ambiental Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.....	23
<b>Tabla 8</b> Determinación de excedentes para el cálculo del Índice de Calidad de Agua .	25
<b>Tabla 9</b> Determinación de factores para encontrar ICA-PE .....	25
<b>Tabla 10</b> Ventajas y desventajas de las dos especies fitorremediadoras. ....	41
<b>Tabla 11</b> Resultados de DBO en prueba piloto .....	42

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo 1</b> Propuesta de mejora al tratamiento de aguas residuales municipales en las lagunas de oxidación del caserío Sambimera - Bellavista.....	39
<b>Anexo 2</b> Análisis químico y biológico de agua.....	46
<b>Anexo 3</b> Análisis químico y biológico de agua.....	46
<b>Anexo 4</b> Análisis químico y biológico de agua.....	46
<b>Anexo 5</b> Permiso para la realización de análisis en las lagunas de oxidación-Caserío Sambimera.....	47
<b>Anexo 6</b> Oficio para uso de equipos en campo a la escuela de Ingeniería Forestal y Ambiental .....	48
<b>Anexo 7</b> Parámetros Categoría 3 Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM .....	49
<b>Anexo 8</b> Parámetros Categoría 3 Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM .....	50
<b>Anexo 9</b> Fotografías del proceso de investigación .....	51 - 54

## RESUMEN

La contaminación del canal de riego Sambimera, es provocada por el agua residual generada por la población debido a que no se realiza ningún pretratamiento antes de verterse. El objetivo de la investigación fue determinar el nivel de contaminación generado por el efluente de las dos lagunas de oxidación en el agua del canal de riego del caserío Sambimera. A través de una metodología no experimental con alcance descriptivo – cualitativo y analítico inductivo - deductivo, aleatoria de las estaciones de muestreo del canal de riego fueron EM1, EM2, EM3 y EM4 donde se determinaron el valor de los parámetros durante tres meses consecutivos; también se tomaron en cuenta dos puntos de muestreo de la segunda laguna de oxidación, para la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* y *Limnocharis flava*, que fue por un lapso de dos meses consecutivos. Los resultados obtenidos demuestran que en noviembre el canal de riego por consecuencia de la lluvia presentó mayor concentración en STD (162 a 237) ppm, y C.E (327 a 560)  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en cuanto a la fitorremediación la planta más efectiva fue el *E. crassipes* con valores mínimos. En conclusión, el nivel de contaminación generado por el efluente de las dos lagunas de oxidación fue de 58.42 clasificándose como malo según el ICA-PE de donde se obtuvieron las fórmulas para su valoración.

Palabras claves: Agua residual, caracterización y fitorremediación

## ABSTRACT

The contamination of the Sambimera irrigation canal is caused by wastewater generated by the population due to the lack of any pre-treatment before being discharged. The objective of the research was to determine the level of contamination generated by the effluents of the two oxidation lagoons in the irrigation canal water of the Sambimera hamlet. Through a non-experimental methodology with a descriptive - qualitative and analytical inductive - deductive scope, the random sampling stations of the irrigation canal were EM1, EM2, EM3 and EM4 where the value of the parameters was determined for three consecutive months; two sampling points were also taken into account from the second oxidation lagoon, for phytoremediation with *Eichhornia crassipes* and *Limnocharis flava*, which was for a period of two consecutive months. The results obtained show that in november the irrigation canal, as a consequence of the rain, presented a higher concentration in STD (162 to 237) ppm, and C.E (327 to 560)  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , in terms of phytoremediation the most effective plant was *E. crassipes* with minimum values. In conclusion, the level of contamination generated by the effluents of the two oxidation lagoons was 58.42, classified as bad according to the ICA-PE from which the formulas for its valuation were obtained.

Key words: Wastewater, characterization, phytoremediation.

## I. INTRODUCCIÓN

El uso de aguas residuales para la agricultura es una alternativa cada día más utilizada a nivel mundial, siendo un recurso escaso y valioso. Para el riego de cultivos debe cumplir con parámetros establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), y así los productos en cultivo no sean alterados (Winpenny et al., 2013). La eliminación de las aguas residuales sin tratar al ambiente causa daños directos en cuerpos de agua y el suelo (Plevich et al., 2012); el efluente provoca problemas a la salud de la población generando enfermedades contagiosas, a través de microorganismos que se encuentran en el medio ambiente presente en las excretas (Steffen et al., 2015), por otro lado, ocasiona daño en el ambiente, alterando las características de los ecosistemas (Yi et al., 2011).

En una investigación realizada en Puerto Maldonado sobre la contaminación de agua superficial de la periferia urbana, el oxígeno disuelto (OD) se encontró que cumple con los estándares de calidad ambiental del agua (ECA),  $OD \geq 5$  ppm, (Ibana - lopez et al., 2021), por otro lado en Chachapoyas el estudio realizado por (Ortiz *et al.*, 2016) muestran que el potencial de hidrógeno (pH) abarca un rango de 7.93 a 8.49 siendo un agua alcalina, temperatura en el rango de 16.1 °C a 20.1 °C, O.D en un intervalo de 3.13 mg/L – 8.2 mg/L, sólidos totales disueltos (STD) abarca de 109.4  $\mu$ S/cm – 546.4  $\mu$ S/cm, y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) entre 0.62 mg/L– 92.04 mg/L que no cumple con los estándares de calidad ambiental para agua en categoría 3.

Actualmente el cuerpo de agua del canal del Caserío de Sambimera es contaminada por el efluente de las dos lagunas de oxidación del mismo caserío, que se utiliza para irrigar cultivos de arroz, frutales y otras actividades agrícolas y domésticas. Cabe señalar, que este efluente ocasiona problemas a la salud pública y los ecosistemas

presentes, siendo un descuido de las autoridades que al tener conocimiento de la problemática existente no realizan control alguno de la calidad del agua de dicho canal.

La realidad sobre la contaminación del canal de riego, se observó que sufre un mayor impacto por el agua residual que genera la población de Sambimera debido a que no se realiza ningún pretratamiento antes de ingresar a las dos lagunas de oxidación desconociéndose la composición fisicoquímica y microbiológica al momento del vertido.

La presente investigación se justificó porque tiene beneficios sanitarios y ambientales para la población de Sambimera y caseríos aledaños, asimismo, cumplir con la normativa nacional vigente en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM como fuente para riego de cultivos tallo bajo. El objetivo general de la investigación fue determinar el nivel de contaminación generado por el efluente de las dos lagunas de oxidación en el agua del canal de riego del caserío Sambimera – Jaén - 2023. Los objetivos específicos fueron: caracterizar el agua del canal de riego en los cuatro puntos de muestreo; evaluar los parámetros fisicoquímicos (Potencial de hidrógeno [pH], temperatura ambiental y del agua, conductividad eléctrica [CE], sólidos totales disueltos [STD] y oxígeno disuelto [OD]), parámetros químicos (Demanda bioquímica de oxígeno [DBO]) y microbiológicos (coliformes termotolerantes) presentes en los cuatro puntos de muestreo (Estación de Muestreo 1, Estación de Muestreo 2, Estación de Muestreo 3 y Estación de Muestreo 4) y elaborar una propuesta de solución al problema planteado.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Objeto de estudio

El cuerpo de agua contaminado del canal de riego del caserío Sambimera – Jaén, fue evaluado el 31 de octubre, 30 noviembre y el 29 de diciembre de 9:00 am a 10: 00 am, siendo un estudio transversal.

### 2.2. Zona de estudio

#### 2.2.1. Ubicación del área de estudio

El canal de riego, se encuentra ubicado a 381 metros del centro del caserío Sambimera y a 50 metros de la carretera que pasa al caserío Tambillo (Figura 1). Según censo poblacional del caserío Sambimera realizado el 2017 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) la población es de 1700 residentes y 500 viviendas (INEI, 2017). El caserío Sambimera posee una altitud de 792 m.s.n.m., la temperatura oscila entre 35°C y 38°C, siendo la época más calurosa entre los meses de octubre a diciembre y la de mayor precipitación 61 mm, el período comprendido entre enero a marzo (DePeru.com, 2023). Para la georreferenciación de las estaciones de muestreo se utilizó el GPS marca GARMIN 65s (Tabla 1) y (Figura 2).

**Tabla 1**

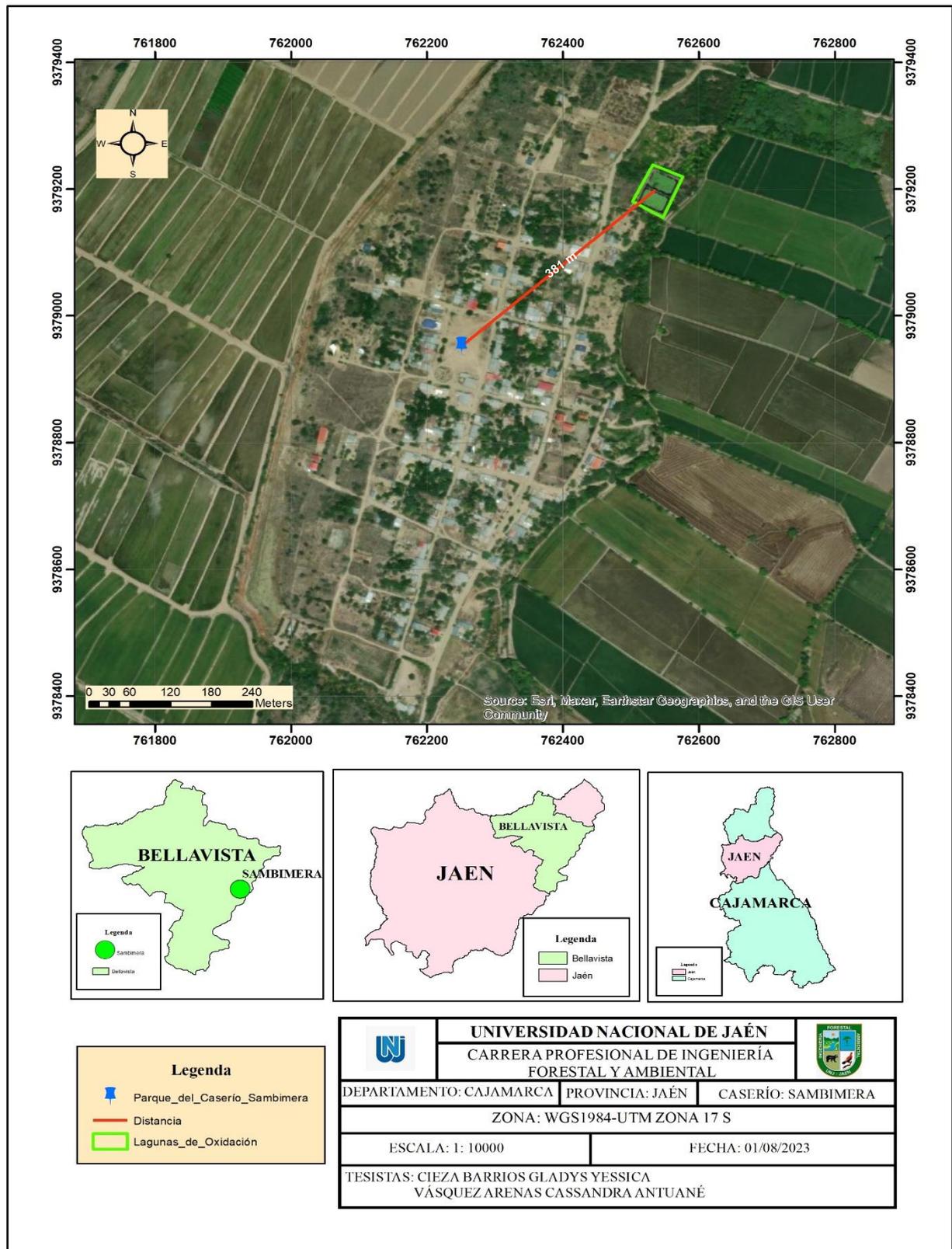
*Puntos de georreferenciación de estaciones de muestreo ubicadas en el cuerpo de agua del canal de riego*

Estaciones de muestro	Coordenadas UTM (m)		Código
	X	Y	
Estación muestro 1	762603	9379215	EM1
Estación muestro 2	762585	9379191	EM2
Estación muestro 3	762611	9379244	EM3
Estación muestro 4	762600	9379215	EM4

*Nota:* procesadas en el ArcMap 10.8, con licencia 140400032114 (2023).

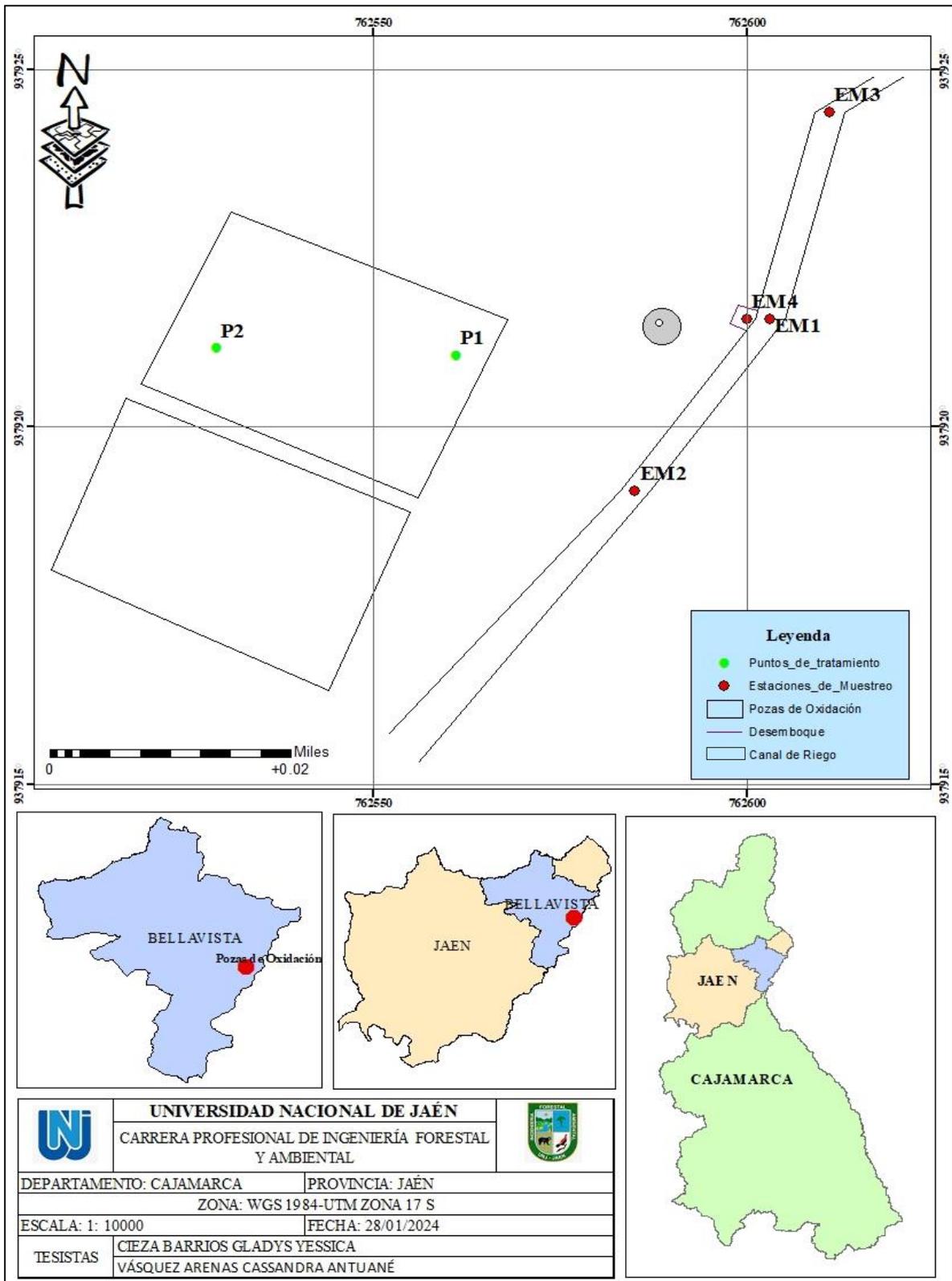
**Figura 1**

Mapa de ubicación mostrando la distancia del centro del caserío Sambimera hacia las lagunas de oxidación



Nota: Los Shapefile fueron obtenidos del GEO GPS PERÚ, Google Earth Pro y elaborados en ArcMap 10.8, con licencia 140400032114 (2023).

**Figura 2**  
Ubicación del área de estudio



*Nota:* Los Shapefile fueron obtenidos del GEO GPS PERÚ, datos georreferenciados con GPS (marca Garmin 65s) y elaborados en ArcMap 10.8, con licencia 140400032114 (2023)

## 2.2.2 Población, Muestra y Muestreo

Población: Agua del canal de riego

Muestra

El criterio de selección de estos puntos de nuestros se referenciaron 4 puntos como estaciones de muestreo, según se observa en la Figura 2, EM2 ubicado 30 metros aguas arriba antes del punto de unión de la mezcla del efluente con el agua del canal de riego (EM1), EM3 ubicado 30 metros aguas abajo después de la EM1 y la EM4 es el punto de descarga del efluente de las dos lagunas de oxidación hacia el cuerpo de agua del canal de riego. La cantidad de agua requerida por cada muestra es de 500 ml.

Muestreo

Debido a conversaciones previas realizadas con la población por conveniencia se realizó el muestreo en los meses octubre, noviembre y diciembre del año 2023, ya que son meses más factibles de riego, se estableció 4 estaciones de muestreo. Los criterios de selección fueron la cercanía de las estaciones de muestreo a las pozas de arroz y la variación de la contaminación del efluente de las dos lagunas de oxidación en el cuerpo de agua del canal de riego.

## 2.2.3 Materiales y equipos

Materiales de campo

- Mascarillas, guantes de látex, gorras de laboratorio, botas de seguridad, contenedor de tecnopor (Largo 69 cm x Ancho 48 cm x Alto 27 cm), plumón color negro indeleble, botellas plásticas de muestreo de 500 ml (alto 14.1 cm x 20.4 cm de diámetro) y banderines cuadrados de plástico de 30 cm de lado.

#### Materiales de gabinete

- Libreta, lapicero, lápiz, borrador, tajador, papel bon A4, laptop hp Intel CORE i5, memoria USB 8GB, eetiquetas para rotular, reloj, tijera, bolsas negras, cinta embalaje y cinta aislante, caja de cartón.

#### Materiales y equipos de laboratorio

- Guardapolvos color blanco drill, , vasos de precipitación de 80 ml, GPS (marca Garmin 65s), combo pH & EC (marca Hanna), multiparámetro (marca WTW, modelo multi 3630 IDS) y termohigrómetro (Psicrómetro) de marca Extech, modelo RH390.

#### 2.2.4 Métodos

El método de investigación fue no experimental con alcance descriptivo - cualitativo y analítico inductivo - deductivo, es una investigación transversal (por ser de tiempo corto), ya que describe y analiza los efectos en el nivel de contaminación, debido a los parámetros físicos, químicos y microbiológicos ocasionados por el efluente de las dos lagunas de oxidación en el cuerpo de agua del canal de riego Sambimera.

#### 2.2.5 Técnicas

- Observación

Consistió en observar el área de estudio a realizar los cambios ambientales producidos durante el desarrollo del proyecto, fue importante, ya que la evaluación de los parámetros físicos y la toma de características fue in situ tanto en el cuerpo de agua del canal de riego Sambimera y en las lagunas de oxidación.

- Recolección de datos

- Fuente primaria: georreferenciación de estaciones de muestreo, lectura parámetros físicos, químicos y microbiológicos, registros mensuales de medición de parámetros, fotografías del área de estudio entre otros registros importantes en la ejecución de la investigación.
- Fuente secundaria: se tomó citas de diversas bibliografías como libros, artículos de revistas científicas y otras fuentes de información relacionadas con estudios de caracterización en cuerpos de agua de canales de riego.

- Procesamiento de información

El trabajo en gabinete se llevó a cabo analizando la información obtenida in situ, lo cual nos ayudó a validar los objetivos planteados mediante los resultados obtenidos, estos deben encontrarse dentro de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3 riego de vegetales de tallo bajo y alto, estipulados en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

El procesamiento de datos obtenidos se llevó a cabo mediante softwares:

- ArMap 10.8, con licencia 140400032114.
- IBM SPSS Statistics 26

## 2.2.6 Metodología

La ejecución del proyecto consto de dos etapas:

- Etapa del trabajo de campo: abarca la localización de las estaciones de muestreo (EM) en el cuerpo de agua del canal de riego Sambimera, determinando las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator), la inspección ocular directa entre ellos los registros de profundidad y ancho del canal, características del medio y la toma de muestras de aguas.

- Etapa del trabajo de gabinete: abarca la lectura de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del cuerpo de agua del canal de riego, lagunas de oxidación y análisis de las muestras en laboratorios para contrastar con el ECA para agua de riego categoría 3.
- Finalmente se realizó una comparación entre los datos obtenidos de las cuatro estaciones de muestreo para conocer el efecto del efluente de las dos lagunas de oxidación en el cuerpo de agua del canal de riego Sambimera.

### 2.2.7 Procedimiento

A continuación, se describe el procedimiento utilizado para cumplir cada objetivo.

*Primer Objetivo:* Caracterizar del lugar físico de las cuatro estaciones de muestreo.

1. Se recorrió alrededor de las dos lagunas de oxidación para reconocer las puertas de desfogue que puedan existir en su estructura, también se hizo el recorrido en el canal de riego con ayuda de un GPS identificando y georreferenciando las estaciones de muestreo, colocando los banderines en las estaciones de muestreo, tal como se muestra en la Figura 3.

**Figura 3**

*Georreferenciación y medición para ubicación de estaciones de muestreo en el canal de riego.*



*Segundo Objetivo:* Evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en las cuatro estaciones de muestreo.

1. La toma de muestra se realizó a 30 cm de profundidad de la superficie del agua y una distancia de 1.10 m del borde del canal que es la mitad del ancho del canal, utilizando botellas plásticas esterilizadas de 500 ml, teniendo en cuenta que antes de usarlo se procedió a etiquetarlos, utilizando plumón indeleble, con la finalidad de que no se borre la información registrada. Así mismo antes de tomar la muestra se enjuagó el recipiente tres veces con el agua de muestreo para no alterar los datos.

**Figura 4**

*Toma de muestras en la estación de muestreo 4*



2. Una vez obtenida las muestras, se procedió a tomar los datos in situ de los parámetros físicos (potencial de hidrógeno, temperatura ambiental, temperatura del agua, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos), utilizando el equipo Combo pH & EC y el Termohigrómetro.

**Figura 5**

*Medición de parámetros físicos (pH, STD, C.E, temperatura ambiental) in situ*



3. Se empacaron las muestras para su traslado pertinente a la ciudad de Jaén y la ciudad de Trujillo, tomando las medidas del caso manteniendo una refrigeración de 15°C. Por lo tanto, ya una vez las muestras en el laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén se procedió, a realizar el análisis de los parámetros físicos y químicos (sólidos totales, sólidos suspendidos y oxígeno disuelto), utilizando el Multiparámetro, resultados que se muestran en la tabla N° 04; los análisis químicos (DBO) fueron cuantitativos y microbiológicos (coliformes termotolerantes) fueron cualitativos. Las muestras fueron procesados en el laboratorio RIVELAB de la ciudad de Trujillo.

**Figura 6**

*Medición de parámetros (oxígeno disuelto) en laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental-UNJ*



4. Ya obtenidos los datos pertinentes se procedió a su procesamiento de información mediante software en la sala de cómputo del Departamento de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional De Jaén.

*Tercer Objetivo:* Elaboración de propuesta de solución al problema planteado.

La propuesta de solución se encuentra desarrollado en el (Anexo 1).

### III. RESULTADOS

*Primer Objetivo:* Caracterizar el lugar físico de las cuatro estaciones de muestreo.

Las aguas residuales domiciliarias son recolectadas por tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC), son vertidas a la primera laguna de oxidación sin previo tratamiento, a través de canales de cemento. El proceso de oxidación en la primera laguna se desarrolla principalmente a través de la acción de microorganismos aeróbicos, como bacterias (*Pseudomonas*, *Salmonella*, *Escherichia coli*), que descomponen la materia orgánica presente en el agua residual, luego el efluente pasa a la segunda laguna de oxidación donde el agua residual que ingresa se mezcla con agua residual retenida, y

se airea de forma natural. Los microorganismos presentes utilizan el oxígeno disuelto presente para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales, producto de este proceso se libera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua, así como también, nitratos y fosfatos (Soto, et al., 2015)

Para realizar la caracterización física del área de estudio se recorrió y agregó las estaciones de muestreo georreferenciándolas, para posteriormente tomar nota de la caracterización. Así mismo, se georreferenció la ubicación de las dos lagunas de oxidación con ayuda del GPS marca GARMIN 65s.

**Tabla 2**  
Caracterización física del área de estudio

Aspecto	Valor / Característica / Cultivo
Temperatura	33 °C - 36 °C
Humedad relativa (HR%)	65 - 66%
Altitud	391 - 399 m.s.n.m
Tipo de suelo	Franco-arenoso con presencia de caracol manzana ( <i>Pomacea canaliculata</i> )
Vegetación circundante	cacao criollo ( <i>Theobroma cacao</i> L.) arroz valor ( <i>Oriza sativa</i> L.) mango criollo ( <i>Mangifera indica</i> ) ciruela criolla ( <i>Spondias purpurea</i> )

En la Tabla 2 nos permite conocer las características que presenta el área de estudio, teniendo en cuenta que la temperatura oscilo entre 33 – 36 °C y una humedad relativa entre 65 – 66% durante los meses de octubre a diciembre del 2023 que fueron tomados por el Termohigrómetro del laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

**Tabla 3***Ubicación de las estaciones de muestreo*

Estaciones de muestreo	Distancia entre las estaciones de muestreo
EM1	Punto de mezcla entre el agua del canal y efluente de las dos lagunas de oxidación
EM2	30 metros aguas arriba de las EM1
EM3	30 metros aguas abajo de las EM1
EM4	Efluente de las dos lagunas de oxidación

Nota: La distancia de las estaciones de muestreo fue aleatoria.

*Segundo Objetivo:* Evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos presentes en las cuatro estaciones de muestreo.

Los resultados obtenidos producto de la caracterización físicos, químico y microbiológico de las 4 estaciones de muestreo del cuerpo de agua del canal de riego

Sambimera se muestran a continuación:

**Tabla 4***Resultados generales de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos*

Estaciones	STD (ppm)	pH	C.E (μS/cm)	T° AGUA (°C)	O.D (mg/L)	DBO (mg/L)	Coliformes termotolerantes
Primer muestreo 31/10/23	EM1	168	8.21	322	23.00	7.78	<i>Escherichia coli, Salmonella typhimurium, Clostridium perfringens.</i>
	EM2	155	8.06	309	23.00	8.95	<i>Escherichia coli, Salmonella paratyphi</i>
	EM3	159	8.17	317	23.00	8.63	<i>Leptospira spp, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Salmonella typhimurium, Streptococcus spp.</i>
	EM4	226	8.55	452	25.00	7.01	<i>Escherichia coli, Helicobacter spp, Enterococci spp, Klebsiella pneumoniae.</i>
EM1	179	8.40	472	26.00	7.10	71	<i>Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa,</i>

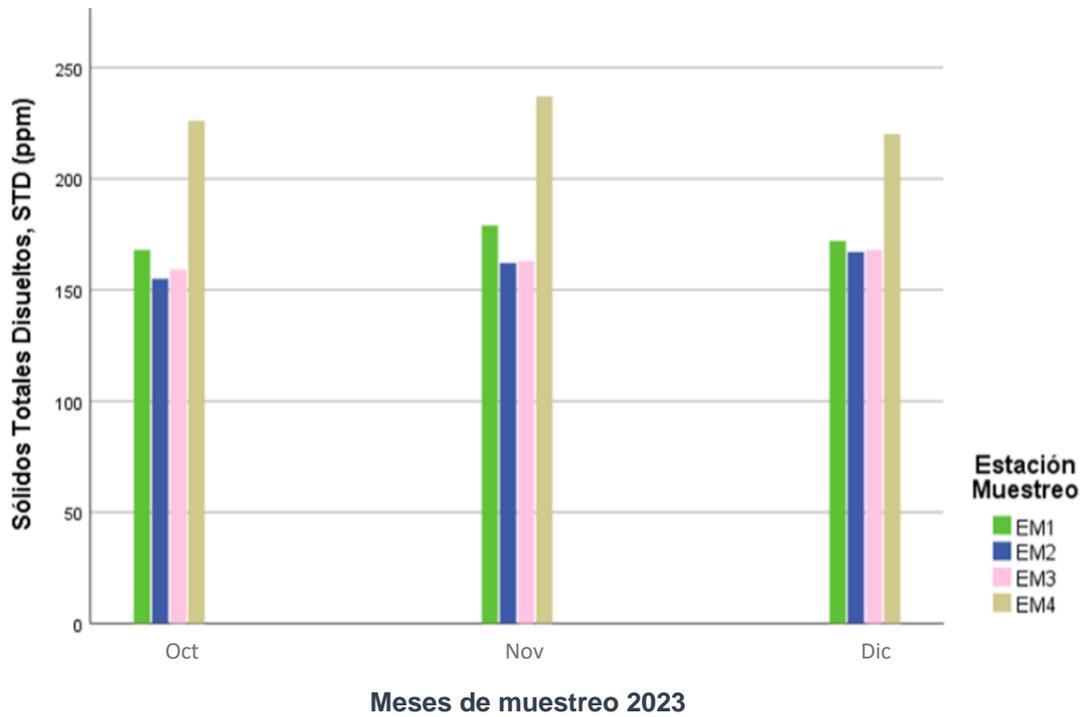
Segundo muestreo 30/11/2023	EM2	162	8.14	327	25.60	7.77	32	<i>Enterococci spp, Salmonella typhimurium</i>
	EM3	163	8.16	350	25.60	7.97	51	<i>Escherichia coli, Arcobacter spp</i>
	EM4	237	8.80	560	26.60	6.98	110	<i>Pseudomonas aeruginosa, Salmonella typhimurium, Streptococcus spp, Escherichia coli</i>
Tercer muestreo 29/12/2023	EM1	172	8.07	343	25.50	7.30	63	<i>Escherichia coli, Helicobacter spp, Enterococci spp, Klebsiella pneumoniae, Salmonella typhimurium.</i>
	EM2	167	7.95	335	25.30	7.27	38	<i>Escherichia coli, Enterococci spp, Salmonella typhimurium</i>
	EM3	168	7.96	333	25.30	7.29	57	<i>Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli</i>
	EM4	220	8.76	441	25.80	6.69	122	<i>Clostridium perfringens, Salmonella paratyphi, Streptococcus spp, Escherichia coli, Shygella dysenteriae</i>

Nota: STD ( Sólidos totales disueltos), pH (Potencial de hidrogeno), C.E (Conductividad eléctrica), T° (temperatura), OD (Oxígeno disuelto) y DBO (Demanda bioquímica de oxígeno)

➤ Parámetros físicos:

Los parámetros físicos: Sólidos Totales Disueltos, potencial de Hidrógeno, Conductividad Eléctrica Temperatura del agua, y Oxígeno Disuelto que analizaron en el laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

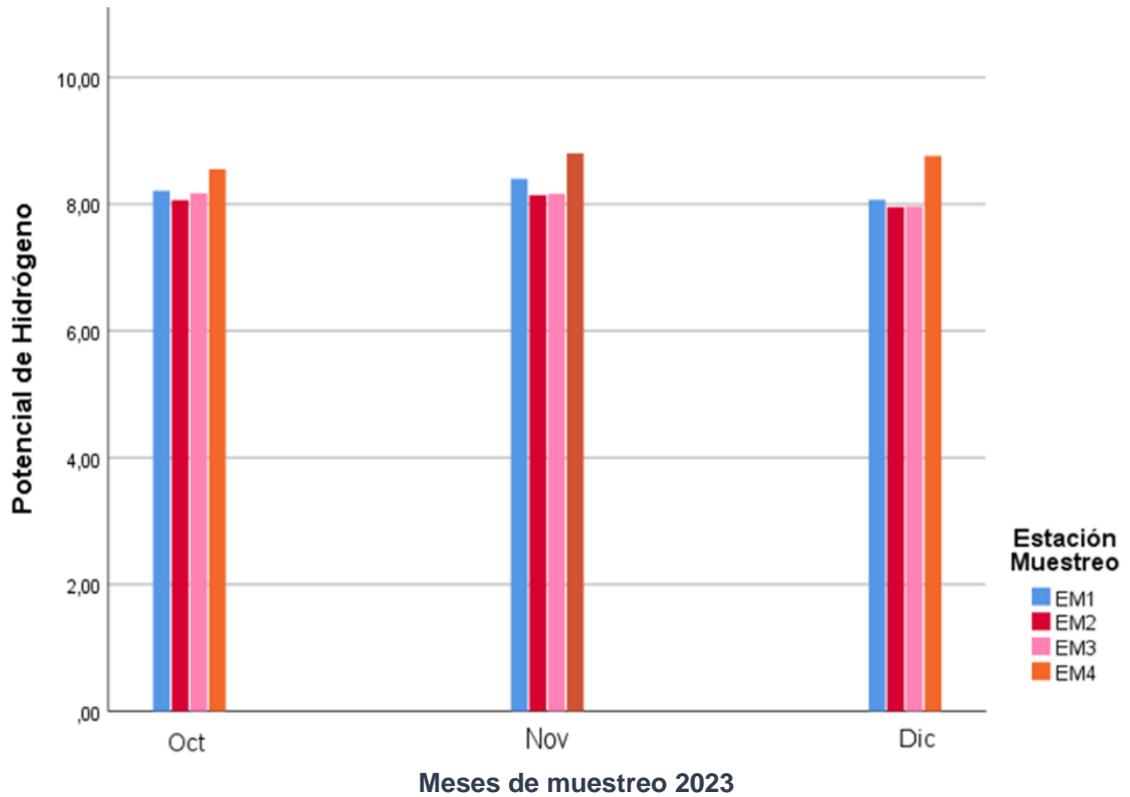
**Figura 7**  
*Sólidos Totales Disueltos por mes de muestreo por Estación de Muestreo*



*Nota:* Los datos fueron tomados in situ con el Combo pH & CE.

En la figura 7 se observa que, las EM1 y EM4 son superiores en todos los meses de muestreo en la concentración de STD que las EM2 y EM3 con un intervalo de (168-237 ppm) (Tabla 4), debido a que las estaciones de muestreo están muy cercanas al efluente de salida de las dos lagunas de oxidación (Figura 2).

**Figura 8**  
*Potencial de Hidrógeno por mes de muestreo por Estación de Muestreo*

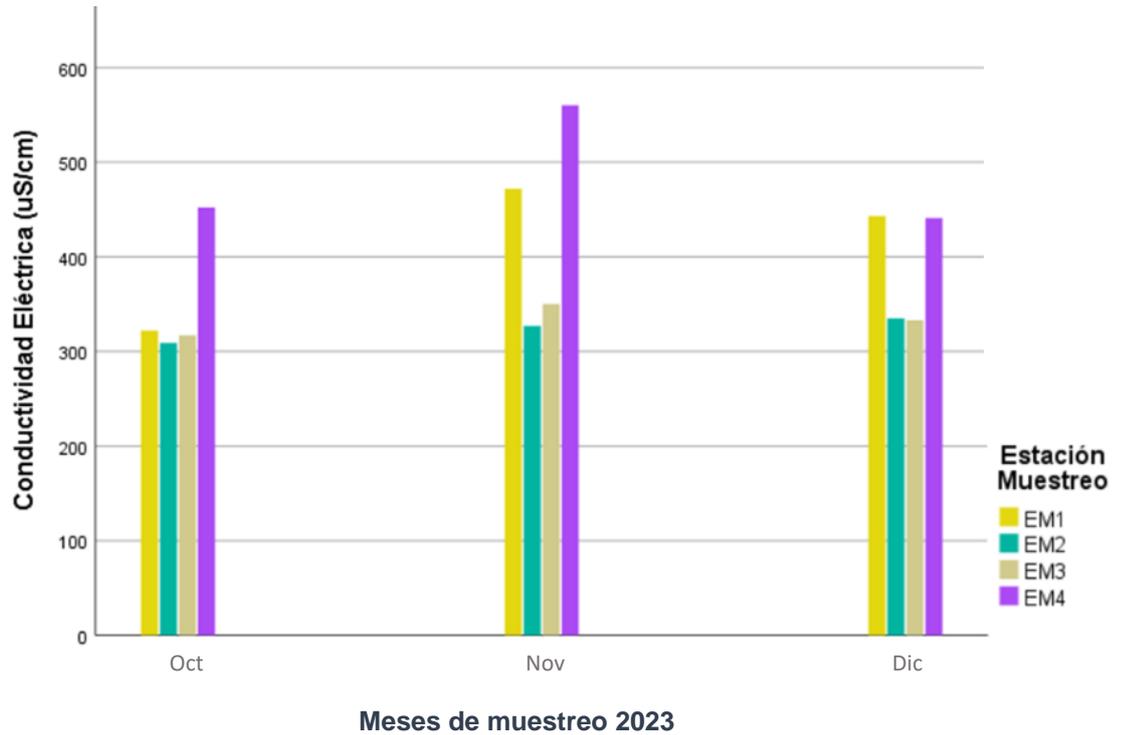


*Nota:* Los datos fueron tomados in situ con el Combo pH & CE

En la Figura 8 se observa que los mayores niveles de pH presentaron un rango de (8.14 – 8.8) que fue en el segundo muestreo, según la tabla 04 es correspondiente a noviembre el cual se relaciona con la temperatura del agua que es más elevada, este aumento fue ocasionado por las altas temperaturas ambientales por consecuencia originan la evaporación del agua presente y aumenta la concentración de pH en el agua.

**Figura 9**

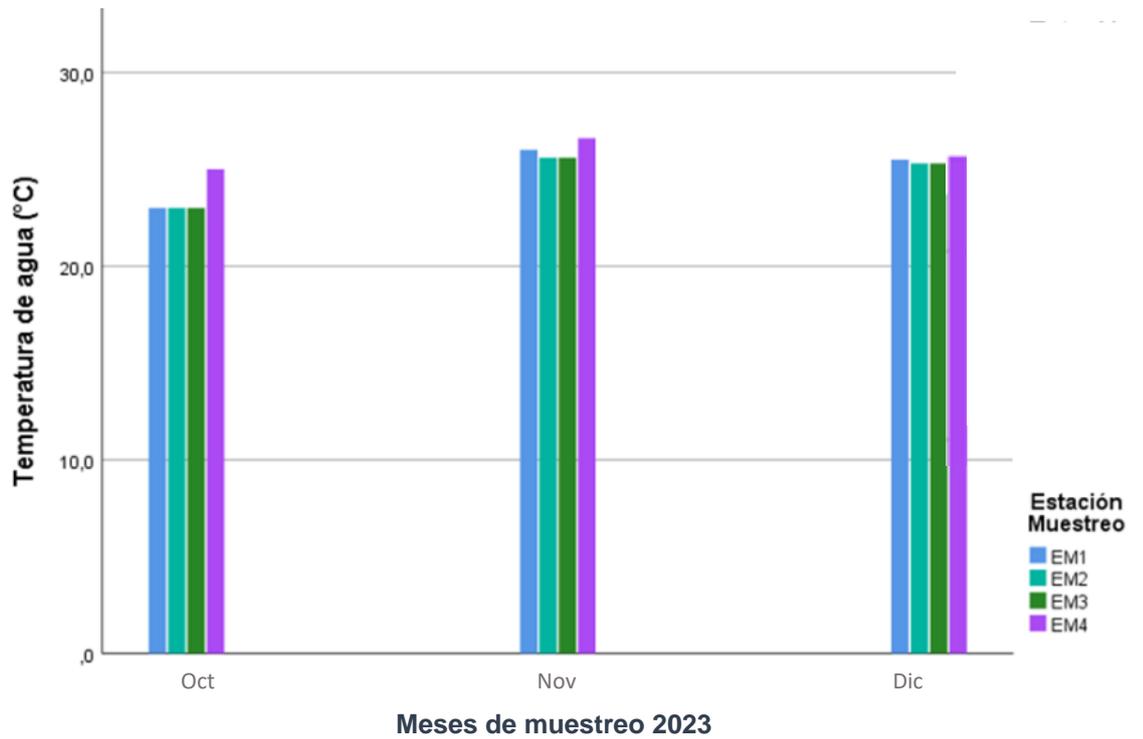
*Conductividad Eléctrica por mes de muestreo por Estación de Muestreo*



Nota: Los datos fueron tomados in situ con el Combo pH & CE

En la Figura 9 se muestra que la mayor concentración de C.E se dio en noviembre en un rango de (327 – 560  $\mu\text{S/cm}$ ) y en octubre hubo menor concentración de C.E con un rango de (309 – 452  $\mu\text{S/cm}$ ), según la tabla 4. Según se observa la EM4 presenta mayor concentración de este parámetro en los tres meses de muestreo.

**Figura 10**  
*Temperatura de agua por mes de muestreo por Estación de muestreo*

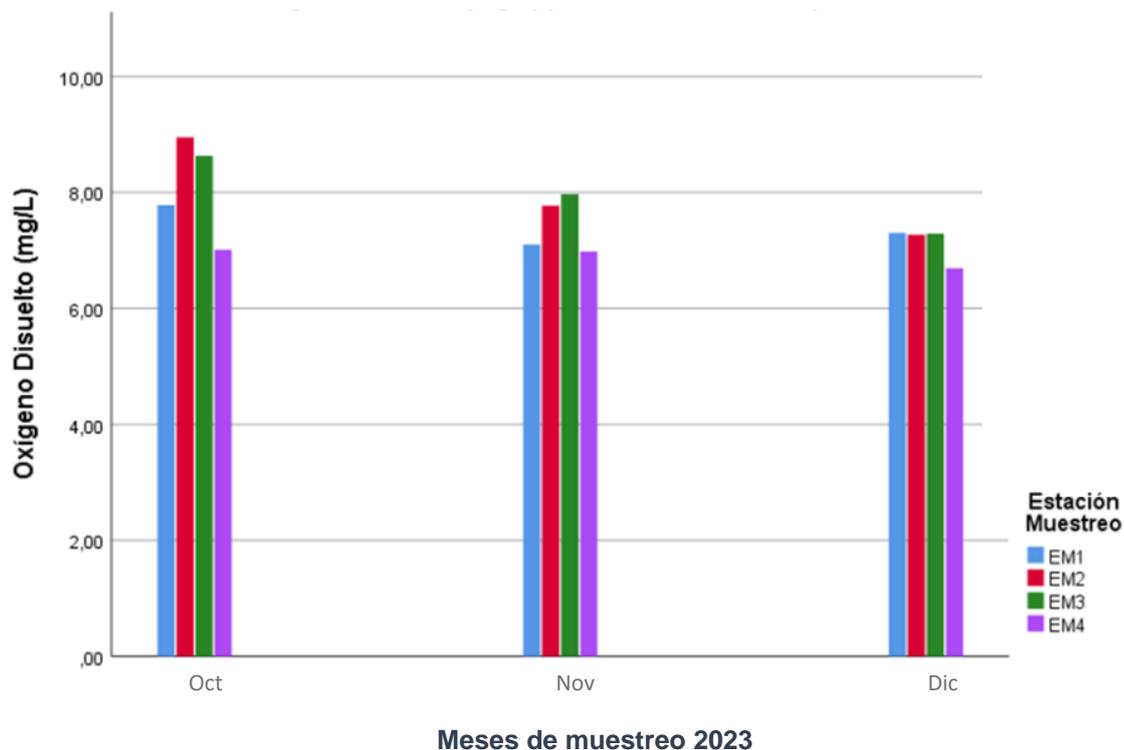


*Nota:* Los datos fueron tomados in situ con el Combo pH & CE

En la Figura 10 se observa que los mayores niveles de Temperatura del agua presentaron un rango de (25.6 – 26.6 °C) que fue en el segundo muestreo, según la tabla 04 es correspondiente a noviembre el cual se relaciona con la temperatura ambiental que fué mayor a 36 °C causando un incremento en la T° del cuerpo de agua del canal de riego.

**Figura 11**

*Oxígeno Disuelto (mg/L) por mes de muestreo por Estación de muestreo*



*Nota:* las muestras fueron cuantizadas en el laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental de la UNJ, con el Multiparámetro marca WTW 360

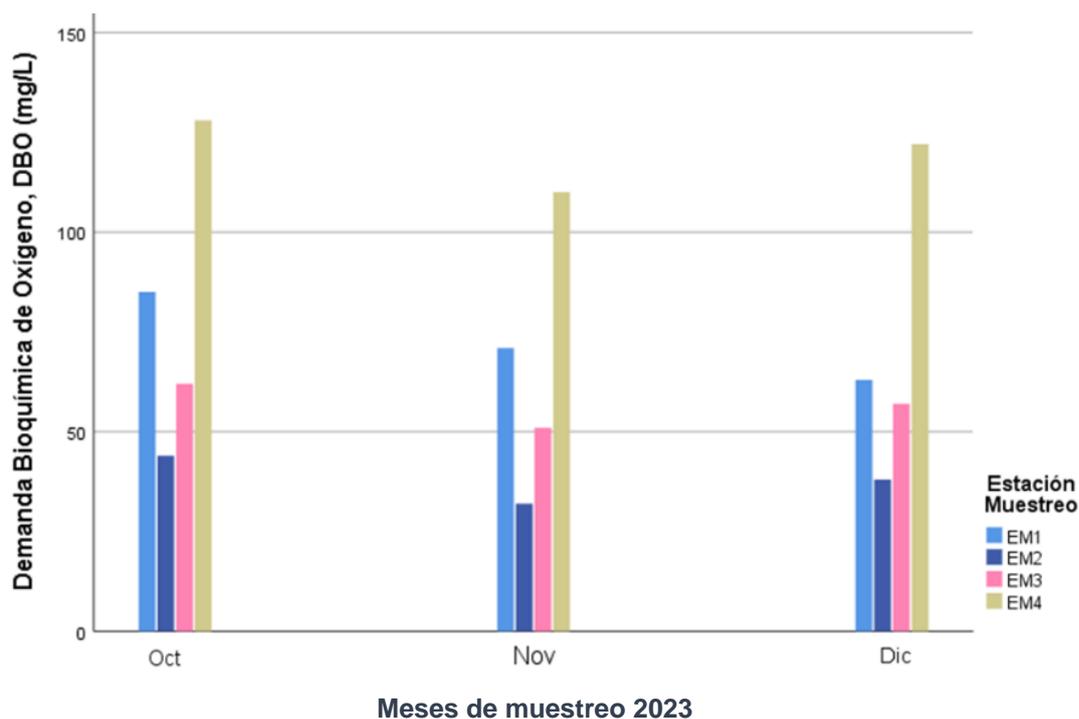
La Figura 11 muestra que el oxígeno disuelto es mayor en las estaciones EM2 y EM3 con un intervalo de (7.27 – 8.95 mg/L) (Tabla 4), debido a la aireación del flujo del agua que transcurre por el canal, en cambio en la EM4 se puede observar que los valores del parámetro son menores (6.69 – 7.01 mg/L) (Tabla 4), ya que es efluente de las dos lagunas de oxidación donde los microorganismos han consumido el OD en la laguna de oxidación N° 2, por consecuencia de la degradación de materia orgánica, por ende, en la EM1 al ser la mezcla del efluente y agua de canal su valor es intermedio.

➤ Parámetros químicos

La Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) correspondiente a las aguas de las 4 estaciones de muestreo, en los tres meses consecutivos se comportó como se muestra en la Figura 12.

**Figura 12**

*Demanda Bioquímica de Oxígeno por mes en las estaciones de muestreo*



*Nota:* las muestras fueron analizadas en el laboratorio RIVELAB de la ciudad de Trujillo.

En la figura 12 se observa que en el mes de octubre en la EM4 existe mayor presencia de DBO con un valor de (128 ppm) debido a que es el efluente de las dos lagunas de oxidación. Mientras que, en la EM2 tiene un valor de (32 ppm) según la tabla 4, existió menor presencia de este parámetro en el mes de noviembre a causa de las elevadas temperaturas que ocasiono la disminución del cauce del canal de riego.

➤ Parámetros microbiológicos

Los coliformes termotolerantes correspondientes que fueron encontrados en las muestras de las aguas de las 4 estaciones de muestreo se exponen en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Coliformes Termotolerantes presentes en las estaciones de muestreo del cuerpo de agua del canal de riego*

Estaciones	Meses de muestreo		
	Octubre	Noviembre	Diciembre
EM1	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Clostridium perfringens</i> .	<i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Enterococci spp</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococci spp</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>
EM2	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella paratyphi</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Arcobacter spp</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Escherichia coli</i>
EM3	<i>Leptospira spp</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Streptococcus spp</i> .	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Streptococcus spp</i> , <i>Escherichia coli</i>	<i>Clostridium perfringens</i> , <i>Salmonella paratyphi</i> , <i>Streptococcus spp</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Shygella dysenteriae</i>
EM4	<i>Escherichia coli</i> , <i>Helicobacter spp</i> , <i>Enterococci spp</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> .	<i>Escherichia coli</i> , <i>Helicobacter spp</i> , <i>Enterococci spp</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> .	<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococci spp</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Shigella dysenteriae</i>

*Nota:* las muestras fueron analizadas en el laboratorio RIVELAB de la ciudad de Trujillo.

La tabla 5 presenta un muestreo cualitativo donde menciona las diversas variedades de bacterias presentes en las estaciones de muestreo. La *Escherichia coli*, es la bacteria más concurrida en las muestras tomadas, la cual genera alteraciones en la salud de la población. También, se puede observar que en la EM2 hay menor cantidad de variedades de bacterias, esto se debe a que es el agua del canal de riego.

Nivel de contaminación en el canal de Riego

Para determinar el nivel de contaminación en el canal de riego Sambimera se realizaron pruebas y análisis específicos para evaluar la calidad del agua, tomando

en cuenta análisis físicos, químicos y microbiológicos, realizándose en el canal de riego y efluente de las dos lagunas de oxidación, una vez completados los análisis se compararon los resultados con los Estándares de Calidad del Agua (ECA) categoría 3 que hace referencia al riego de vegetales de tallo alto y bajo:

**Tabla 6**

*Promedio final de los valores de parámetros fisicoquímicos de las estaciones de muestreo en el cuerpo de agua del canal de riego*

Parámetros	Promedio EM1	Promedio EM2	Promedio EM3	Promedio EM4	Promedio TOTAL
pH	8.2	8.1	8.1	8.7	8.3
Temperatura del agua	24.8	24.6	24.6	25.1	24.8
Conductividad Eléctrica	379.0	323.7	333.3	484.3	380.1
STD	173.0	161.3	163.3	227.7	181.3
Oxígeno disuelto	7.4	8.0	8.0	6.9	7.6
DBO	73.0	38.0	56.7	120.0	71.9

La tabla 6, tenemos los promedios de las cuatro estaciones de muestreo que fueron obtenidos durante los tres meses de estudio. En el promedio de EM4 se obtuvo el mayor rango de los valores de parámetros físicos y químicos a diferencia del oxígeno disuelto que fue menor en referencia a las demás estaciones de muestreo.

**Tabla 7**

*Comparación de parámetros fisicoquímicos con el estándar de calidad ambiental Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM*

Parámetro	Promedio total	ECA	Unidades	Cumple	No cumple
1. pH	8.3	6.5-8.5	Unidad de pH	Si	
2. Temperatura del agua	24.8	$\Delta$ 3°C	°C	Si	
3. Conductividad Eléctrica	380.1	2500	$\mu$ S/cm	Si	
4. STD	181.3	sin valor	ppm	Sin valor	
5. Oxígeno disuelto	7.6	4	mg/L	Si	
6. DBO	71.9	15	mg/L		No

*Nota:* el parámetro STD no se encuentra categorizado dentro de los ECA (2017).

La tabla 7, se determina que el único parámetro que se encuentra fuera de los parámetros establecidos por los ECA según la categoría 3 (Ministerio del

Ambiente, 2017) es la DBO con un valor elevado de 71.9 mg/L siendo el valor mínimo 15 mg/L. En cuanto a los coliformes termotolerantes no se realizó un estudio cuantitativo sino cualitativo, pero podemos determinar la presencia de *Escherichia coli*, *Enterococci spp* y variedades de *Salmonella*. Estas variedades se encuentran presentes en la (tabla 5) y según los ECA no debe existir presencia de salmonella en agua utilizada para riego de tallo alto y bajo.

Para determinar el nivel de contaminación del agua del canal de riego Sambimera empleamos el actual F1 alcance que según (ANA, s.f., p. 18) define como cantidad de parámetros que no cumplen los valores según la normativa del ECA respecto al total de parámetros a evaluar, es decir aplicando dichas formulas:

$$F_1 = \frac{\text{Número de parámetros que no cumplen los ECA agua}}{\text{Número Total de parámetros a evaluar}}$$

La frecuencia F2 hace referencia a la cantidad de datos que no cumplen los ECA-agua, sobre el total de datos obtenidos teniendo como mínimo 4 monitoreos (ANA, s.f., p. 19).

$$F_2 = \frac{\text{Número de los parámetros que NO cumplen el ECA agua de los datos evaluados}}{\text{Número Total de Datos Evaluados}}$$

La amplitud F3 es la desviación existente en los datos determinada por una suma de excedentes, es decir la sobrevaloración de los datos con respecto al total de datos (ANA, s.f., p. 19).

$$F_3 = \left( \frac{\text{Suma Normalizada de Exedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) * 100$$

Una vez obtenidos las variables F1, F2, F3 se realiza el cálculo del Índice de Calidad de Agua se expresa en la siguiente ecuación (ANA, s.f., p. 19).

$$ICA - PE = 100 - \left( \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right)$$

**Tabla 8**  
Determinación de excedentes para el cálculo del Índice de Calidad de Agua

Nº	Parámetros	Promedio	ECA	Cumple	No cumple	Excedente
1	pH	8.3	6.5-8.5	si		0.02409639
2	Temperatura	24.8	Δ 3°C			
3	Conductividad	380	2500	si		5.57894737
4	STD	181.3	Sin valor	Sin valor		
5	Oxígeno disuelto	7.6	4	Si		0.9
6	DBO	71.9	15		No cumple	3.79333333
		Suma total				10.2963771
		nse				2.57409427
		nse+1				3.57409427

Nota: El nse = referencia a la suma normalizada de excedentes

**Tabla 9**  
Determinación de factores para encontrar ICA-PE

F1	0.16666667
F2	0.19444444
F3	72.0208835

Nota: Los resultados obtenidos fueron calculados con las fórmulas antes descritas.

Para la obtención del cálculo del ICA-PE se agregarán los datos en la siguiente ecuación:

$$ICA - PE = 100 - \left( \sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right)$$

$$ICA - PE = 100 - \left( \sqrt{\frac{0.16666667^2 + 0.19444444^2 + 72.0208835^2}{3}} \right)$$

$$ICA - PE = 58.42$$

Para calcular el Nivel de Contaminación, el valor obtenido se comparó con los intervalos del ICA-PE del siguiente cuadro:

**Cuadro N°25: Calificación del ICA-PE**

ICA- PE	Calificación	Interpretación
95- 100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
80- 94	Buena	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
60- 79	Regular	La calidad del agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
40- 59	Malo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Mucho de los usos necesitan tratamiento.
0- 39	Muy Malo	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan previo tratamiento.

Fuente: (ANA, s.f., p. 20)

Según el Cuadro N°25 del ANA el Nivel de contaminación del efluente de las dos lagunas de oxidación en agua del canal de riego Sambimera se encuentra calificado como Malo, ya que no cumple con las condiciones adecuadas para su uso.

*Tercer Objetivo:* Elaboración de propuesta de solución al problema planteado.

Los resultados referentes a la elaboración de la propuesta de solución se encuentran desarrollado en el (Anexo 1).

#### IV. DISCUSIÓN

Según la caracterización física en las cuatro estaciones de muestreo con respecto a STD la EM1 y EM4 fue la que tuvo mayor presencia de este parámetro durante los tres meses consecutivos (Figura 8) con un rango de (168 – 179 ppm) y (220 – 237 ppm) respectivamente (Tabla 4), resultados que tienen convergencia con la investigación de (Aguilar & Irigoin, 2021) muestra que los STD tiene una concentración de (236.4 – 664.4 ppm) en sus 17 muestras tomadas. Según la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) en un estudio de investigación llevado a cabo por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) establece valores de < 450 mg/L o ppm para aguas destinadas al riego sin restricciones, 450-2000 ppm para restricción moderada y > 2000 para un grado de restricción severo del agua de riego, estando los cereales y las plantas de tallo alto en la categoría B teniendo un riego sin restricciones. Por el contrario, de Enrique-Ayala E. M. et al., (2021) indican que, los STD presento valores (>1999 ppm) provenientes de sus tres estaciones de muestreo en los Pantanos de Villa, clasificándose como agua de grado de riego de restricción moderada según DIGESA.

El pH obtenido en los tres meses de estudio fue mayor en la EM4 con un rango de (8.55 – 8.80) (Tabla 4), Enrique-Ayala E. M. et al., (2021) indican que, el pH obtenido en su investigación fue de (6.8 – 7) en sus estaciones de muestreo. En cambio, (Aguilar & Irigoin, 2021) en su estudio menciona que el pH obtenido fue con un intervalo de (7 – 7.89) siendo un pH alcalino. Según Gallardo et al., (2004), nos indican que el valor del pH del agua está asociado con la carga orgánica, mientras que el nivel de alcalinidad está determinado por las sustancias y es la variable fisicoquímica más importante que actúa como indicador de la contaminación orgánica. Por lo tanto, el pH cambiará debido al vertido de aguas residuales

domésticas y agrícolas. Realizando la comparación de los valores con los ECA (Tabla 7) los muestreos realizados en la EM4 se encuentran sobre el límite designado por la Categoría 3, riego de vegetales de tallo bajo y alto.

El promedio obtenido para la conductividad eléctrica en nuestra investigación fue de 380.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tabla 6). (Aguilar & Irigoin, 2021) señalan que la C.E en sus estaciones de muestreo se distribuye en un intervalo de (389 a 1005  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Las razones evidenciadas nos permite justificar que los valores de la conductividad eléctrica de nuestra investigación se encuentra dentro de los ECA (Ministerio del Ambiente, 2017). Según, (Araujo, 2011) nos menciona que el aumento de la conductividad eléctrica está asociada a la degeneración de los cuerpos de agua que contienen una gran cantidad de sustancias en suspensión, además la geología de la cuenca es de gran importancia, ya que determina gran parte de la carga iónica. Sin embargo, los valores de la conductividad dependen de la concentración de iones de las sales, los cuales están disueltos en el agua que recogen durante su recorrido (Bertaco, 2006)

La temperatura del agua en la investigación realizada tuvo un promedio de 24.8 °C (Tabla 6). Enrique-Ayala E. M. et al., (2021) indican que la temperatura se distribuye de (22.9 °C a 24 °C). En cambio, (Aguilar & Irigoin, 2021) nos demuestran que la temperatura de agua residual de sus muestras analizadas se encuentra entre (17.23 °C a 17.99 °C), de los estudios mencionados los valores se encuentran en el límite designado por la Categoría 3, riego de vegetales de tallo bajo y alto, según la R. M. N° 004 – 2017, el cual tiene como valor una diferencia de 3°C.

Respecto al oxígeno disuelto se obtuvo un promedio de 7.6 mg/L (Tabla 6), teniendo los valores mínimos en la EM4 con un intervalo de 6.69 – 7.01 mg/L (Tabla 4). En

cambio (Cerna-Cueva et.al., 2022) enfatizan que sus resultados abarcan un promedio de 6.6 mg/L, Enrique-Ayala E. M. et al., (2021) sus valores se distribuyen entre 3.3 a 4 mg/L, mientras que (Aguilar & Irigoien, 2021) sus resultados tienen una oscilación de 1.65 a 2.02 mg/L. Los resultados citados indican que se encuentran fuera de la concentración de los ECA según la categoría 3, por el contrario, los datos obtenidos de la investigación se encuentran dentro de los ECA. Cabe recalcar, que la falta de oxígeno disuelto es un signo de contaminación, en la que influye la presencia de materia orgánica de fácil oxidación, microorganismos aeróbicos, grasas, detergentes y toda materia presente en un agua residual doméstica (Senamhi, 2007)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de las muestras de la investigación realizada abarca un intervalo de (32 – 128), siendo la estación con presencia de DBO la EM4 y la de menor presencia la EM2 (Tabla 4). (Cerna-Cueva et. al., 2022) tiene valores de 19.8 mg/L, mientras que (Aguilar & Irigoien, 2021) sus valores oscilan entre 51.30 mg/L a 259 mg/L, dichos resultados se encuentran sobre el límite de los ECA lo cual indica que existe una alta concentración de DBO, provocando el aumento de enfermedades en las raíces de las plantas, así como degradación del suelo (Gil, 2021). Por último, Denisse & Vicente (2009), infieren que la DBO tiende a depender de la temperatura del ambiente, por la variedad de microorganismos presentes, cantidad y tipo de nutrientes que presenta el agua residual doméstica que a consecuencia genera el aumento de este parámetro, siendo así un indicador de la mala calidad de agua.

En cuanto a *Escherichia coli* no se tiene un valor estimado, pero se puede refrendar la existencia de esta bacteria, según los ECA no puede existir en un agua que es utilizada para riego, su presencia resulta alarmante, porque puede provocar graves infecciones transmitidas por el agua, como gastroenteritis y diarreas

graves, que pueden resultar mortales para las personas que utilizan los canales para sus actividades diarias (lavar la ropa, bañarse, etc.) Enrique-Ayala E. M. et al. (2021)

El propósito de la investigación fue determinar el nivel de contaminación provocado por el efluente de las dos lagunas de oxidación en el canal de riego, así Enrique-Ayala E. M. et al., (2021) basó su investigación en el análisis de la calidad del agua en los canales de los Pantanos de Villa. (Aguilar & Irigoín, 2021) indican que la finalidad de su estudio fue mostrar el índice de contaminación producido por el uso de las aguas residuales en la agricultura. (Cerna-Cueva et al., 2022) su investigación tiene como objetivo evaluar el Índice de Calidad Ambiental – peruano de los cuerpos de agua destinadas al riego agrícola tomando como referencia los ECA.

Para (Zamora et al., 2008) el uso de aguas residuales en la agricultura puede aumentar el suministro de materia orgánica y nutrientes a las tierras cultivables, ayudando a mantener y aumentar la fertilidad del suelo, pero también puede causar efectos nocivos en el medio ambiente, reduciendo la calidad del suelo y generando problemas gastrointestinales en la salud de la población.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Se caracterizó que el caserío Sambimera presenta un clima semiseco con una humedad relativa de 65 – 66 % y una temperatura de 33 °C a 36 °C durante los meses de investigación.
- Se evaluó los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en las cuatro estaciones de muestreo del cuerpo de agua del canal de riego y se obtuvo un pH en el rango de 7.95 – 8.80 (ligeramente alcalino), un rango de conductividad eléctrica de 309 – 560  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (conductor moderado de electricidad), sólidos

totales disueltos (155 - 237) ppm , oxígeno disuelto (6.69 – 8.95) mg/L supera el valor mínimo establecido por el ECA y demanda bioquímica de oxígeno (32 - 128) mg/L sobrepasa el estándar de calidad ambiental, respecto al análisis microbiológico cualitativamente lo que más predominó fue la *Escherichia coli* y la *Salmonella typhimurium* en las cuatro estaciones de muestro, lo que se deduce que el agua no es apta para riego de vegetales de tallo corto. El nivel de contaminación generado por el efluente de las dos lagunas de oxidación en el cuerpo de agua del canal de riego del caserío Sambimera es de 58.42 clasificándose como malo según el ICA-PE.

#### Recomendaciones

- Recomendamos rediseñar la planta de tratamiento de aguas residuales del caserío Sambimera incluyendo una etapa secundaria con plantas fitorremediadoras.
- Se recomienda a la municipalidad distrital de Bellavista, tomar en cuenta la investigación realizada al momento de ejecutar en las dos lagunas de oxidación un proceso de fitorremediación para disminuir la concentración de contaminantes.
- Antes de realizar una propuesta de fitorremediación es necesario una investigación exhaustiva sobre el área contaminada, el nivel de contaminantes presentes, así como plantas que son efectivas para realizar la fitorremediación.
- Se elaboró la propuesta de fitorremediación siendo la *Eichhornia crassipes* la mejor planta fitorremediadora comparado con la *Limnochoaris flava* para un agua residual.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, D., & Irigoien, C. (2021). *Contaminación agrícola por uso de aguas residuales Agricultural pollution from wastewater use Poluição agrícola pelo uso de águas residuais*.
- Araujo, J. (2011). *Proyecto hidrobiológico río Tahuamanu - Madre de Dios - Perú*. Universidad de Flordia
- Bertaco, V. A. (2006). Peces del medio Amazonas: región de Leticia. *Neotropical Ichthyology/Neotropical Ichthyology*, 4(4), 461. <https://doi.org/10.1590/s1679-62252006000400011>
- Carreño-Sayago, U. F., & Rodríguez-Parra, C. (2019). Eichhornia crassipes (Mart.) Solms: an integrated phytoremediation and bioenergy system. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente (En Línea)/Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 25(3), 399-411. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2018.06.051>
- Cerna-Cueva, A. F., Aguirre-Escalante, C., Wong-Figueroa, B. L., Tello-Cornejo, J. L., & Pinchi-Ramírez, W. (2022). Water quality for irrigation in the Huallaga basin, Peru. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 239–248. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.022>
- Del Agua Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos, A. N. (2018, 1 mayo). *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua Ica-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales*. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/2440>
- Denisse, F. M. N., & Vicente, C. G. J. (2009, 27 julio). Proyecto investigación 2009 -

demanda bioquímica de oxígeno.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6165>

DePeru.com. (2023). *Sambimera en Cajamarca: Centros Poblados*.

<https://www.deperu.com/centros-poblados/sambimera-35611>

Dirección General de Salud Ambiental. (s. f.). Estándares de Calidad Ambiental de Agua.

Recuperado el 16 de Enero de 2019, de [digesa.minsa.gob.pe](http://digesa.minsa.gob.pe):

[http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf)

Florecido. (2023). Jacinto de agua: Cuidados, ventajas y desventajas.

<https://florecido.com/c-flores-de-agua/jacinto-de-agua/>

Gallardo-Mayenco, A. (2004). Efectos de la descarga en la calidad del agua a lo largo de un río mediterráneo: el río Guadaira (Sevilla). *Limnética/Limnética*, 23(1), 65-78.

<https://doi.org/10.23818/limn.23.06>

Gil, C. L. (2021). *Contaminación agrícola por el uso de aguas residuales*. 5, 34–58.

Ibana-lopez, K., Sihuay-perales, M., & Garate-quispe, J. (2021). *Contaminación de agua superficial de la periferia urbana de Puerto Maldonado , al sureste de la amazonia peruana Surface water contamination in the urban periphery of Puerto Maldonado* ,. 32(6), 1–14.

INEI -CAJAMARCA. (2017). Resultados Definitivos. Censos Económicos, 1060.

[http://www.inr.pt/uploads/docs/recursos/2013/20Censos2011\\_res\\_definitivos.pdf](http://www.inr.pt/uploads/docs/recursos/2013/20Censos2011_res_definitivos.pdf)

Meléndez, A. G. R., Mestizo, F. A. C., Vega, J. C. B., & Betancourt, M. A. M. (2017).

Aprovechamiento energético integral de la *Eichhornia crassipes* (Buchón de agua)-  
Integral Energetic use of *Eichhornia Crassipes*. *Ingenium Revista de la Facultad de*

Ingeniería, 18(35), 134-152, do.: 10.21500/01247492.3219

Ministerio del Ambiente. (2017). DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM: Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. *El Peruano*, 6–9. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>

Ortiz, J. C., Tafur, D. L., & Corroto, F. (2016). *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas residuales en la ciudad de Chachapoyas , Región Amazonas [ Physicochemical and microbiological characterization of wastewater in the Chachapoyas city , Amazonas Region ]*. 6(1), 16–27.

Peña VM, Mara D. Waste Stabilisation ponds. IRC International Water and Sanitation Centre. The Netherlands. 2004. 37p.

Plevich, J. O., Delgado, A. R. S., Saroff, C., Tarico, J. C., Crespi, R. J., & Barotto, O. M. (2012). El cultivo de alfalfa utilizando agua de perforación , agua residual urbana y precipitaciones The cultivation of alfalfa using artesian well water , urban wastewater and rainfall. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(12), 1353–1358. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012001200013>

Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Datos Industriales* , 17 (1), 71-80.

Romero López, Teresita de Jesús, & Vargas Mato, Dabiel. (2017). Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 88-100. Recuperado en 09 de febrero de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S168003382017000300008&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S168003382017000300008&lng=es&tlng=es)

SEAN. (2017). *Objetivos de Desarrollo Sostenible y Políticas de Estado del Acuerdo Nacional*. 1–108. <http://acuerdonacional.pe/wp-content/uploads/2020/03/ODS-POLITICAS-DE-ESTADO-DEL-AN-OK.pdf>

Senamhi.(2007). *Monitoreo de la calidad de agua de los rios del Perú*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

Soto, Jonathan, Torres, Patricia, Barba, Luz Edith, Marmolejo, Luis Fernando, Torres, Wilmar A., Guzmán, María A., & Perea, Laura M.. (2015). EFECTO DEL OXÍGENO DISUELTO SOBRE LA BIODEGRADABILIDAD DE BIORRESIDUOS. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 18(2), 485-495. Retrieved February 09, 2024, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012342262015000200022&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012342262015000200022&lng=en&tlng=es).

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., De Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223). <https://doi.org/10.1126/science.1259855>

Wilson, J. R., Holst, N., & Rees, M. (2005). Determinants and patterns of population growth in water hyacinth. *Aquatic Botanic*, 81(1), 51–67. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2004.11.002> .

Winpeny J, Heinz I, Koo S. Reutilizacion del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos? 2013. (FAO, Editor) <http://www.fao.org/3/i1629s/i1629s.pdf>.

Yi, L., Jiao, W., Chen, X., & Chen, W. (2011). An overview of reclaimed water reuse in China. *Journal of Environmental Sciences*, 23 (10), pp. 1585-1593. doi:10.1016/S1001-0742(10)60627-4

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, queremos agradecer a Dios por avernos otorgado fuerza y salud para iniciar y concluir esta etapa de nuestra vida que se inicia en una nueva fase, y expresar nuestra más profunda gratitud a nuestro asesor de tesis, el Dr. Lupo Leonidas Varas Ponce, cuya paciencia, sabiduría e interés por el tema que hicieron posible esta investigación. Sus orientaciones valiosas y su apoyo inquebrantable han sido fundamentales en cada paso de este camino. También agradecemos al jurado evaluador del informe final de tesis, por sus valiosos comentarios y críticas constructivas que contribuyeron inmensamente en enriquecer la calidad de esta tesis.

## DEDICATORIA

Dedicamos este informe final de tesis a nuestras familias, especialmente a nuestros padres Sergio Cieza y Doris Barrios; José Vásquez y Aide Arenas, por su amor incondicional, motivación y apoyo durante nuestra experiencia académica. Sin ellos, este logro no habría sido posible, por sus consejos constantes de fortaleza para seguir adelante en los momentos de debilidad, por eso y todo lo que nos han brindado para seguir luchando por nuestros objetivos planteados, con todo nuestro sincero amor se lo dedicamos a ellos por nunca dudar de nosotras.

También agradecemos a nuestros hermanos Maicol; Brigitte, Azumy y Jhoseph por sus palabras de motivación de culminar esta etapa profesional.

Gracias a todos ustedes, este viaje ha sido una experiencia tanto desafiante como enriquecedora, por la cual estamos inmensamente agradecidas.

# ANEXOS

## **Anexo 1**

*Propuesta de mejora al tratamiento de aguas residuales municipales en las lagunas de oxidación del caserío Sambimera - Bellavista*

### **1. INTRODUCCIÓN**

Las aguas residuales en el Perú y en el mundo es un problema significativo, donde las investigaciones realizadas se basan en tratamientos para descontaminar estas aguas, siendo eficiente y económica para la restauración de ambientes con presencia de contaminantes (Arce, 2013).

En la actualidad las aguas residuales que generan la población del caserío de Sambimera son vertidas a cuerpos receptores (canal de agua) sin un proceso adecuado, sin embargo, estas aguas son aprovechadas en diversas actividades agrícolas provocando enfermedades y alteración del ecosistema.

Como resultado de la investigación la presente propuesta de solución, busca demostrar mediante la fitorremediación la disminución de contaminantes del agua residual de las lagunas de oxidación utilizando dos especies acuáticas. Para el desarrollo de la fitorremediación se utilizará la segunda laguna de oxidación.

### **2. OBJETIVOS**

- Objetivo General:
  - ✓ Tratar el agua residual de la segunda laguna de oxidación empleando dos especies fitorremediadoras.
- Objetivos Específicos:
  - ✓ Realizar una prueba piloto para disminuir la concentración de los contaminantes mediante especies fitorremediadoras.

- ✓ Evaluar y comparar los resultados de la fitorremediación en términos de DBO y seleccionar la especie fitorremediadora más eficiente.

### 3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

El agua residual de la segunda laguna de oxidación se encuentra contaminada por el afluyente de aguas domésticas y alcantarillado trayendo consigo elevada contaminación de materia orgánica (DBO 103 mg/L y 88 mg/L) causando eutrofización, mortandad del ambiente acuático del canal de riego, proliferación de mosquitos y enfermedades.

### 4. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para la fitorremediación se utilizarán dos especies acuáticas a escala piloto

- ✓ *E. crassipes*: crecen en cuerpos de agua tropicales y subtropicales que normalmente tienen altas concentraciones de nutrientes debido a la escorrentía agrícola, la deforestación y el tratamiento inadecuado de las aguas residuales. Es común introducirla en estanques porque es una especie fitorremediadora que puede reducir las concentraciones de nutrientes y la proliferación de algas (Wilson et al., 2005).
  - ✓ *L. flava*: crece en ecosistemas estancados poco profundos. Es originaria del sudeste asiático y ha sido introducida en varios países de América. Es una herbácea acuática perenne crece en condiciones de humedad y agua estancada, en climas frescos o cálidos con temperaturas entre 18°C y 26°C.
- Evaluación de Alternativas:

**Tabla 10**  
Ventajas y desventajas de las dos especies fitorremediadoras.

Evaluación \ Especie	<i>E. crassipes</i>	<i>L.flava</i>
Ventajas	Estudios recientes han explorado el potencial del jacinto de agua para la descontaminación de aguas residuales (Meléndez et al., 2017). Se ha comprobado que la planta puede absorber nutrientes como nitrógeno y fósforo, y reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), mejorando la calidad del agua.	Si bien se ha estudiado su potencial como planta acuática para la fitorremediación, aún no existe una investigación exhaustiva que la respalde como una opción viable y segura para este fin. Es importante destacar que la investigación sobre el uso de plantas para la fitorremediación está en constante desarrollo, y existen muchas especies que se están estudiando para determinar su efectividad en la eliminación de contaminantes.
Desventaja	<i>E. crassipes</i> , una especie invasora de rápido crecimiento, ha afectado significativamente los ecosistemas acuáticos en diversas regiones del mundo (Carreño-Sayago & Rodríguez-Parra, 2019). Su capacidad de proliferar rápidamente puede obstruir cursos de agua, reducir la oxigenación y desplazar especies nativas, causando impactos negativos en la biodiversidad y la calidad del agua.	Sin embargo, la <i>L. flava</i> aún no se ha posicionado como una alternativa popular o probada en este campo.

## 5. METODOLOGÍA DE LA PRUEBA PILOTO

Para el desarrollo de la propuesta de solución, mediante una prueba piloto se elaboró a nivel doméstico, básico y cualitativo, que consistió en realizar los ensayos de las aguas residuales mediante la fitorremediación, según:

1. Se seleccionó dos especies acuáticas fitorremediadoras disponibles en la zona de estudio: *Eichhornia crassipes* y *Limnocharis flava*, las cuales fueron colocadas en dos tinas donde se llevó a cabo dicho proceso.

2. El 29 de octubre del 2023 se obtuvo dos muestras de 35 litros de agua residual de los puntos (P1 y P2) de la segunda laguna de oxidación.
3. Se vertió 35 litros de agua residual en cada tina que contenían 10 plantas de cada especie seleccionada.
4. Se evaluó la fitorremediación el 30 noviembre y 29 diciembre del 2023 donde obtuvo una muestra para posterior análisis físico, químico y microbiológico.

**Figura 13**

Ejecución de fitorremediación (a) colocación de las plantas fitorremediadoras en tinas (b) Obtención de muestra el 30 de noviembre del 2023



## 6. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Después de haber realizado la prueba piloto, se obtuvo el siguiente resultado de la demanda bioquímica de oxígeno.

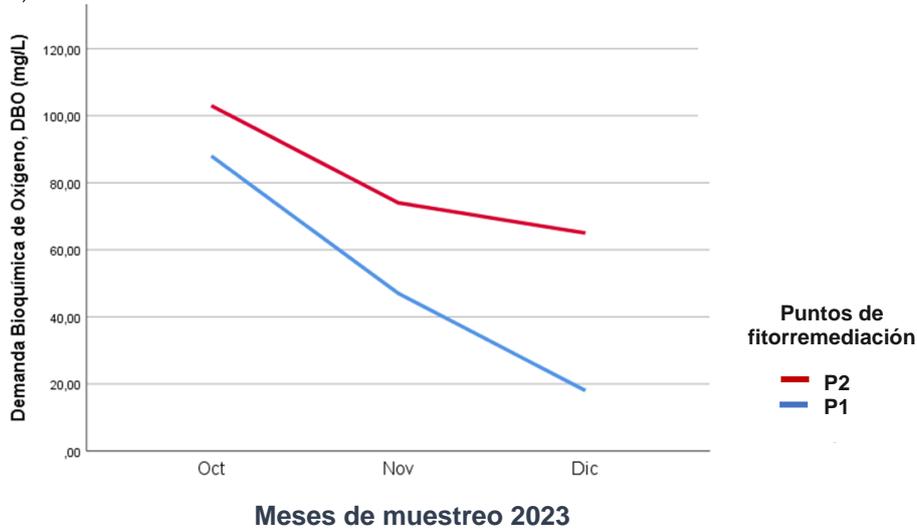
**Tabla 11**

Resultados de DBO en prueba piloto utilizando dos especies fitorremediadoras

Lagunas	Especies Fitorremediadoras	DBO mg/L		
		29 de octubre	30 de noviembre	29 de diciembre
P 1	<i>E. crassipes</i>	88	47	18
P 2	<i>L. flava</i>	103	74	65

**Figura 14**

*Demanda Bioquímica de Oxígeno, BDO (mg/L) por mes de muestreo por especie fitorremediadora*



En la Figura 14 todos los parámetros evaluados, si bien es cierto esta prueba piloto tuvo una duración de dos meses, con respecto al *E. crassipes* la DBO disminuyó de 88 mg/L a 18 mg/L llegando casi al valor establecido por los ECA (< 15 ppm). Por el contrario, la *L. flava* la DBO disminuyó de 103 mg/L a 65 mg/L siendo menos eficiente.

## 7. CONCLUSIÓN

La descontaminación de la segunda laguna de oxidación utilizando *E. crassipes*, presenta una solución técnica viable y autosostenible, cumpliendo con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS 3: Salud y Bienestar con la meta 3.9 de reducir el número de muertes y enfermedades producidas por la contaminación del aire, agua y suelo; ODS 6: Agua limpia y saneamiento con la meta 6.3 busca mejorar la calidad del agua mediante la reducción de la contaminación, la eliminación del vertimiento, la reducción de la mitad del porcentaje de aguas residuales sin tratar y un aumento sustancial del reciclado y reutilización en condiciones de seguridad a nivel mundial) (SEAN, 2017).

Anexo 2  
Análisis químico y biológico de agua

# RIVELAB

LABORATORIO DE ENSAYOS  
INFORME DE ENSAYO N° 1678 -2023 RIVELAB

Emitido en Trujillo, 19 noviembre 2023

Orden de servicio 01325AC  
Solicitante Vásquez Arena Cassandra  
Ensayo solicitado DBO5 y Bacteriológico cualitativo  
Muestra Agua residual  
Código de muestra AM-01  
Descripción de muestra Frasco 300 mL de plástico con taparrosca, 15°C  
Lugar de procedencia Jaén  
Fecha de inicio de ensayo 01 noviembre del 2023  
Fecha de término de ensayo 12 noviembre del 2023  
Volumen muestras: 300 mL agua residual., T = 15 °C.  
Estado: Óptimo.  
Procedencia: Jaén.  
Fecha de recepción: 1 noviembre 2023.  
Resultados: 19 noviembre 2023

## RESULTADOS

N° Muestra	DBO5 (ppm O <sub>2</sub> )	Bacteriológico
1	85	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Clostridium perfringens</i> .
2	44	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella paratyphi</i> .
3	62	<i>Leptospira spp</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Streptococcus spp</i> .
4	128	<i>Escherichia coli</i> , <i>Helicobacter spp</i> , <i>Enterococci spp</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> .
5	88	<i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Streptococcus spp</i> .
6	103	<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococci spp</i> , <i>Clostridium perfringens</i> .

Dr Jose Rivero Mendez  
CIP 20384



### Anexo 3

Análisis químico y biológico de agua

<b>RIVELAB</b>		
<b>LABORATORIO DE ENSAYOS</b>		
<b>INFORME DE ENSAYO N° 1679 -2023 RIVELAB</b>		
<b>Emitido en Trujillo, 16 diciembre 2023</b>		
Orden de servicio	01325AC	
Solicitante	Vásquez Arena Cassandra	
Ensayo solicitado	DBO5 y Bacteriológico cualitativo	
Muestra	Agua residual	
Código de muestra	AM-01	
Descripción de muestra	Frasco 300 mL de plástico con taparrosca, 15°C	
Lugar de procedencia	Jaén	
Fecha de inicio de ensayo	01 noviembre del 2023	
Fecha de término de ensayo	12 noviembre del 2023	
Volumen muestras:	300 mL. agua residual., T = 15 °C.	
Estado:	Óptimo.	
Procedencia:	Jaén.	
Fecha de recepción:	30 noviembre 2023.	
Resultados:	14 diciembre 2023	

<b>RESULTADOS</b>		
N° Muestra	DBO5 (ppm O <sub>2</sub> )	Bacteriológico
1	71	<i>Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, Enterococci spp, Salmonella typhimurium.</i>
2	32	<i>Escherichia coli, Arcobacter spp.</i>
3	51	<i>Pseudomonas aeruginosa, Salmonella typhimurium, Streptococcus spp, Escherichia coli.</i>
4	110	<i>Escherichia coli, Helicobacter spp, Enterococci spp, Klebsiella pneumoniae, Salmonella typhimurium.</i>
5	47	<i>Escherichia coli, Salmonella typhimurium, Streptococcus spp.</i>
6	74	<i>Escherichia coli, Salmonella typhimurium.</i>

 <b>Dr Jose Rivero Mendez</b> CIP 20384	
--	--

Anexo 4  
Análisis químico y biológico de agua

**RIVELAB**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS**  
**INFORME DE ENSAYO N° 055 -2024 RIVELAB**  
**Emitido en Trujillo, 18 enero 2024**

---

Orden de servicio	00104AC
Solicitante	Vásquez Arena Cassandra
Ensayo solicitado	DBO5 y Bacteriológico cualitativo
Muestra	Agua residual
Código de muestra	AM-01
Descripción de muestra	Frasco 300 mL. de plástico con taparroca, 15°C
Lugar de procedencia	Jaén
Fecha de inicio de ensayo	31 diciembre del 2023
Fecha de término de ensayo	17 enero del 2024

---

**RESULTADOS**

N° Muestra	DBO5 (ppm O <sub>2</sub> )	Bacteriológico
1	63	<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococci spp.</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> .
2	38	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Escherichia coli</i> .
3	57	<i>Clostridium perfringens</i> , <i>Salmonella paratyphi</i> , <i>Streptococcus spp.</i> , <i>Shigella dysenteriae</i> , <i>Escherichia coli</i> .
4	122	<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococci spp.</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Shigella dysenteriae</i> .
5	18	<i>Salmonella paratyphi</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .
6	61	<i>Escherichia coli</i> , <i>Shigella dysenteriae</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> .

  
**Dr Jose Rivero Mendez**  
CIP 20384



**Anexo 5**

Permiso para la realización de análisis en las lagunas de oxidación-Caserío Sambimera



**"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"**

**SOLICITO:** Permiso para realizar proyecto de tesis.

**SR (A): OLINDA ISABEL ARRIVASPLATA CAMPOS**

**TENIENTE GOBERNADOR DEL CASERÍO SAMBIMERA - DISTRITO BELLAVISTA**

Se dirigen hacia su persona las estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén, **YESSICA CIEZA BARRIOS** identificada con DNI: 75458112 y **CASSANDRA VÁSQUEZ ARENAS** identificada con DNI: 73489700, con domicilio en la ciudad de Jaén. Ante Ud. respetuosamente nos presentamos y exponemos:

Que habiendo llegado al X ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental nos vemos en la necesidad de realizar nuestro proyecto de tesis, por ello solicito a Ud. permiso de autorización, ya que dicho proyecto es sobre el **"NIVEL DE CONTAMINACIÓN DEL EFLUENTE DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN EN AGUA DEL CANAL DE RIEGO DEL CASERÍO SAMBIMERA JAÉN"**, el cual está destinado para su ejecución en el presente caserío para optar el título de Ingeniería.

**POR LO EXPUESTO:**

Ruego a Ud. acceder a mi solicitud por ser de justicia.

Jaén, 21 de Octubre del 2023

 _____ <b>YESSICA CIEZA BARRIOS</b> DNI: 75458112		 _____ <b>CASSANDRA VÁSQUEZ ARENAS</b> DNI: 73489700	
---	---	--	---



  
\_\_\_\_\_  
**Olinda Arrivasplata Campos**  
DNI: 76370922  
**TENIENTE GOBERNADOR**  
Caserío Sambimera

Anexo 6

Oficio para uso de equipos en campo a la escuela de Ingeniería Forestal y Ambiental

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN</b>	<b>DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL</b>
<b>"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"</b>		
Jaén, 06 de diciembre del 2023		
<b>OFICIO N°002-2023-UNJ/AHM</b>		
<b>Señor:</b>		
<b>Dr. José Luis Marcelo Peña</b>		
Responsable del Departamento de Ingeniería Forestal y Ambiental - UNJ		
<b>ASUNTO:</b> Solicito instrumento Termo higrómetro con bulbo, para ejecución de tesis titulada "Nivel de contaminación del efluente de las lagunas oxidación en agua del canal de riego del caserío Sambimera – Jaén"		
<p>Por medio me dirijo a usted para saludarle y a la vez manifestarle, en el marco de realizar una tesis de investigación de pregrado titulada "Nivel de contaminación del efluente de las lagunas oxidación en agua del canal de riego del caserío Sambimera – Jaén", de las tesis Gladys Yessica Cieza Barrios y Cassandra Antuané Vásquez Arenas estudiantes del X ciclo de IFA, se requiere realizar análisis importantes para determinar la temperatura ambiental y el grado de humedad, lo cual se requiere realizar las mediciones in situ; en este contexto se solicita el Termo higrómetro con bulbo del laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental; para el día 26 y 27 de diciembre del 2023 para salida a campo.</p>		
<p>Sin otro motivo a tratar, hago propicia la ocasión para renovarle las muestras de consideración y estima personal.</p>		
Atentamente,		
		
Dr. Lupo Leonidas Varas Ponce Docente de Ingeniería Forestal y Ambiental – asesor		

**Anexo 7**

*Parámetros Categoría 3 Decreto Supremo N° 004-2017- MINAM*

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
<b>Fisicoquímicos</b>		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosfatos - P	mg/L	1
Nitratos (NO3-N)	mg/L	10
Nitritos (NO2-N)	mg/L	0,06
Oxígeno Disuelto	mg/L	> =4
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
<b>Inorgánicos</b>		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Bario total	mg/L	0,7
Boro	mg/L	0,5-6
Cadmio	mg/L	0,005
Cianuro Wad	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo (6+)	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2
<b>Orgánicos</b>		
Aceites y Grasas	mg/L	1
Fenoles	mg/L	0,001
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1
<b>Plaguicidas</b>		
Aldicarb	ug/L	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,004
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3
DDT	ug/L	0,001
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7
Endrin	ug/L	0,004

## Anexo 8

Parámetros Categoría 3 Decreto Supremo N° 004-2017- MINAM

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES.			
PARÁMETROS	Unidad	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto
		Valor	Valor
<b>Biológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000	2 000(3)
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000	5 000(3)
Enterococos	NMP/100mL	20	100
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100	100
Huevos de Helminfos	huevos/litro	<1	<1(1)
<i>Salmonella</i> sp.		Ausente	Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausente	Ausente

## Anexo 9 Fotografías del proceso de investigación.

**Figura 15**  
*Georreferenciación de estaciones de muestreo*



**Figura 16**  
*Medición del ancho del canal de riego*



**Figura 17**  
*Distancia entre estación de muestreo 1 y 2*



**Figura 18**  
*Tomando muestra para fitorremediar*



**Figura 19**  
*Tratamiento de fitorremediación*



**Figura 20**  
*Toma de muestra para análisis de laboratorio*



**Figura 21**  
*Toma de muestra del canal de riego para analizar*



**Figura 22**  
*Medición de parámetros en una simulación casera utilizando plantas fitorremediadoras.*



**Figura 23**  
*Toma de muestras de los tratamientos*



**Figura 24**  
*Medición de la temperatura ambiental in situ*



**Figura 25**  
*Etiquetado de envases*



**Figura 26**

*Medición de parámetros físicos (oxígeno disuelto, pH, C.E, Temperatura y STD)*



**Figura 27**

*Muestras a analizar*

