

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**EFFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICACES EN LA CALIDAD DE LOS
LIXIVIADOS DE LA PLANTA DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS
DEL BOTADERO MUNICIPAL CELENDÍN 2024**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR LA BACHILLER
LIZBETH ANABEL OYARCE ORTIZ

ASESORES
Ing. M. Cs. GIOVANA ERNESTINA CHÁVEZ HORNA
Ing. M. Cs. EFRAÍN HUMBERTO QUINTANILLA CASTRO

CAJAMARCA-PERÚ

2026



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
OYARCE ORTIZ LIZBETH ANABEL
DNI N° 72460322
Escuela Profesional/Unidad UNC:
DE INGENIERÍA AMBIENTAL
2. Asesor:
ING. M. Cs. GIOVANA ERNESTINA CHÁVEZ HORNA
Facultad/Unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado Académico o título profesional:
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título del trabajo de investigación:
**"EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICACES EN LA CALIDAD DE
LOS LIXIVIADOS DE LA PLANTA DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS
ORGÁNICOS DEL BOTADERO MUNICIPAL CELENDÍN 2024"**
6. Fecha de evaluación: 12/02/2026
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 6%
9. Código documento:
10. Resultado de la evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha de Emisión: 19/02/2026

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 ING. M. Cs. GIOVANA ERNESTINA CHÁVEZ HORNA DNI: 40432609

*En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Celendín, a los doce días del mes de febrero del año dos mil veintiséis, se reunieron en el **aula 102** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Sede Celendín, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 536-2025-FCA-UNC, de fecha 15 de setiembre del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICACES EN LA CALIDAD DE LOS LIXIVIADOS DE LA PLANTA DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEL BOTADERO MUNICIPAL CELENDIN 2024"**, realizada por la Bachiller **LIZBETH ANABEL OYARCE ORTIZ** para optar por el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las **DIECISÉIS** horas con **DIEZ** minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con calificativo de **QUINCE (15)** por tanto, el Bachiller queda expedido para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las **DIECISIETE** horas y **CERO** minutos del mismo día, el presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.


Ph.D. Manuel Roberto Roncal Rabanal
PRESIDENTE


Ing° M. Cs. Edgar Darwin Díaz Mori
SECRETARIO


Ing. M. Cs. Adolfo Máximo López Aylas
VOCAL


Ing° M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna
ASESOR


Ing° M. Cs. Efrain Humberto Quintanilla Castro
ASESOR

COPYRIGHT © 2026 by
LIZBETH ANABEL OYARCE ORTIZ
Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi Sra. madre María Virginia Ortiz Rabanal y a mi Sr. padre Nemias Oyarce Abanto, por ser el pilar fundamental de mi vida, por su inagotable paciencia, amor, enseñanza y apoyo incondicional. A ellos debo mi formación, mis valores y mi deseo constante de superación. Gracias por ser mi ejemplo de esfuerzo y dedicación.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía, por iluminar mi vida de fortaleza en cada paso de este camino.

A mis padres, hermanas y sobrinos, por su amor incondicional, por su apoyo incansable, su esfuerzo y dedicación ha sido mi mayor inspiración para superar cada obstáculo.

A mi familia y amigos, por su constante aliento, su cariño ha sido mi refugio y su confianza en mí, mi mayor motivación.

A mis asesores, Ing. M. Sc. Giovana Ernestina Chávez Horna e Ing. M. Sc. Efraín Humberto Quintanilla Castro, cuyo conocimiento, orientación y paciencia fueron claves para la realización de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

Ítems	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Antecedentes de la Investigación	3
2.2. Bases Teóricas.....	10
2.2.1. <i>Lixiviados de residuos orgánicos</i>	10
2.2.2. <i>Composición de los lixiviados</i>	10
2.2.3. <i>Formación de lixiviados</i>	11
2.2.4. <i>Relación entre residuos orgánicos y la generación de lixiviados</i>	13
2.2.5. <i>Problemática ambiental de lixiviados</i>	14
2.2.6. <i>Microorganismos eficaces</i>	15
2.2.7. <i>Composición de los microorganismos eficientes</i>	16

2.2.8.	<i>Usos y efectos de los microorganismos eficientes</i>	17
2.2.9.	<i>Tipos de microorganismos eficientes</i>	18
2.2.10.	<i>Microorganismos eficientes en agua</i>	19
2.2.11.	<i>Características de la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos municipales</i>	19
2.3.	Definición de Términos Básicos	22
2.3.1.	<i>Lixiviados</i>	22
2.3.2.	<i>Microorganismos eficientes</i>	22
2.3.3.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno</i>	22
2.3.4.	<i>Demanda química de oxígeno</i>	22
2.3.5.	<i>Eficiencia del tratamiento</i>	22
CAPÍTULO III		23
MATERIALES Y MÉTODOS		23
3.1.	Ubicación del Área de Estudio	23
3.2.	Materiales	24
3.3.1.	<i>Material experimental</i>	24
3.3.2.	<i>Materiales de campo</i>	24
3.3.	Metodología Experimental	24
3.3.1.	<i>Factor y variable independiente, niveles y tratamientos en estudio</i>	24
3.3.2.	<i>Diseño experimental y arreglo de los tratamientos</i>	25
3.4.	Procedimiento Metodológico	25
3.4.1.	<i>Activación de microorganismos eficientes</i>	25

3.4.2. Obtención y acondicionamiento del lixiviado	27
3.4.3. Instalación de unidades experimentales	27
3.4.4. Proceso de inoculación y bioremediación.....	28
3.4.5. Esquema de muestreo	28
3.4.6. Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	29
3.4.7. Análisis estadístico	30
CAPÍTULO IV.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1. Concentración de Coliformes Totales, DBO, OD y los Valores de pH y Temperatura de los Lixiviados Antes y Después de la Aplicación de Microorganismos Eficaces.....	31
4.1.1. Concentración de coliformes totales	31
4.1.2. Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	35
4.1.3. Concentración de oxígeno disuelto	38
4.1.4. Valores de temperatura	41
4.1.5. Valores de pH	43
4.2. Tiempo Óptimo de Aplicación de Microorganismos Eficaces en los Módulos de Experimentación con Lixiviados.....	45
4.2.1. Tiempo óptimo en la remoción de coliformes totales.....	45
4.2.2. Tiempo óptimo en la remoción de la DBO ₅	46
4.3. Dosis Óptima de Microorganismos Eficaces para Mejorar la Calidad del Lixiviado	47
4.3.1. Dosis óptima en la remoción de coliformes totales.....	47
4.3.2. Dosis óptima en la remoción de la DBO ₅	48

CAPÍTULO V	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
5.1. Conclusiones	50
5.2. Recomendaciones.....	51
CAPÍTULO VI.....	52
REFERENCIAS.....	52
CAPÍTULO VII	62
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Ítems	Pág.
Tabla 1 Valores típicos de parámetros de lixiviados que varían con la edad del relleno sanitario.....	11
Tabla 2 Variable independiente, niveles y tratamientos	25
Tabla 3 Toma de muestras	28
Tabla 4 Parámetros evaluados y métodos analíticos.....	29
Tabla 5 Medición de parámetros, frecuencia y repeticiones.....	29
Tabla 6 Tabla del análisis de la varianza	30
Tabla 7 Concentración de coliformes totales en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (NMP/100 ml).....	31
Tabla 8 Análisis de la varianza (ANOVA- dos factores) de la concentración de coliformes totales	34
Tabla 9 Concentración de la DBO ₅ en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (mg/L).....	35
Tabla 10 Análisis de la varianza (ANOVA- dos factores) de la concentración de DBO ₅	37
Tabla 11 Concentración del oxígeno disuelto en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (mg/L)	38
Tabla 12 Valores de temperatura en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (°C).....	41
Tabla 13 Valores de pH en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces	43

Tabla 14 Análisis de Tukey al 5% en función al tiempo en la remoción de coliformes totales	45
Tabla 15 Análisis de Tukey al 5% en función al tiempo en la remoción de la DBO ₅	46
Tabla 16 Análisis de Tukey al 5% en función a la dosis en la remoción de coliformes totales	47
Tabla 17 Análisis de Tukey al 5% en función a la dosis en la remoción de la DBO ₅	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Ítems	Pág.
Figura 1 Planta de valorización de residuos orgánicos en el botadero Municipal.....	21
Figura 2 Área de compostaje	21
Figura 3 Ubicación del la planta de valorización de residuos orgánicos municipales del botadero Municipal Celendín.....	23
Figura 4 Croquis del experimento	26
Figura 5 Concentración de coliformes totales en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (NMP/100 ml)	32
Figura 6 Concentración de la DBO ₅ en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (mg/L).....	35
Figura 7 Concentración del oxígeno disuelto en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (mg/L)	39
Figura 8 Valores de temperatura en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (°C)	41
Figura 9 Valores de pH en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces	43

RESUMEN

El manejo inadecuado de lixiviados en botaderos representa una amenaza ambiental, debido a la posible contaminación de aguas superficiales y subterráneas por compuestos orgánicos y microorganismos patógenos. Ante esta problemática, se evaluó el efecto de los microorganismos eficientes (EM) en la calidad del lixiviado generado en el proceso de compostaje del relleno sanitario municipal de Celendín. El experimento se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×4 , considerando como factores la dosis de EM-agua (10, 20 y 30 ml/L) y el tiempo de tratamiento (1, 3, 6 y 12 días), con tres repeticiones por tratamiento; adicionalmente, se incluyó un tratamiento control sin EM evaluado al día 1, totalizando 37 unidades experimentales. Se evaluaron los parámetros coliformes totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), oxígeno disuelto (OD), pH y temperatura. Los resultados evidenciaron reducciones en la DBO_5 , de 28 100 a 20 745 mg/L, y en coliformes totales, de 3.5×10^5 a 2.63×10^1 NMP/100 ml. Asimismo, el OD se incrementó hasta 1.08 mg/L, el pH aumentó de 5.48 a 7.0 y la temperatura varió entre 15.5 y 18.63 °C. Se concluye que la aplicación de EM mejora significativamente la calidad del lixiviado, siendo la dosis de 30 ml/L y el tiempo de 12 días los más eficientes.

Palabras claves: lixiviado, microorganismos eficientes, DBO_5 y coliformes totales.

ABSTRACT

The inadequate management of leachate in dumpsites represents a serious environmental threat, due to the potential contamination of surface and groundwater by organic compounds and pathogenic microorganisms. In response to this problem, the effect of effective microorganisms (EM) on the quality of leachate generated during the composting process at the municipal sanitary landfill of Celendín was evaluated. The experiment was conducted under a completely randomized design with a 3×4 factorial arrangement, considering EM-water dose (10, 20, and 30 ml/L) and treatment time (1, 3, 6, and 12 days) as factors, with three replications per treatment; additionally, a control treatment without EM, evaluated on day 1, was included, resulting in a total of 37 experimental units. Total coliforms, biochemical oxygen demand (BOD_5), dissolved oxygen (DO), pH, and temperature were evaluated. The results showed reductions in BOD_5 from 28,100 to 20,745 mg/L and in total coliforms from 3.5×10^5 to 2.63×10^1 MPN/100 ml. In addition, dissolved oxygen increased to 1.08 mg/L, pH rose from 5.48 to 7.0, and temperature ranged from 15.5 to 18.63 °C. It is concluded that the application of EM significantly improves leachate quality, with a dose of 30 ml/L and a treatment time of 12 days being the most efficient.

Keywords: leachate, effective microorganisms, BOD_5 , total coliforms.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La disposición inadecuada de residuos sólidos en botaderos a cielo abierto representa una problemática ambiental significativa, especialmente en países en desarrollo. Estos, al carecer de medidas de control y tratamiento adecuados, generan lixiviados que pueden infiltrar el suelo, afectando su calidad y contaminando cuerpos de agua superficiales y subterráneos (Environment Protection Authority [EPA], 2016, p. 3).

Diversos estudios han evidenciado los impactos negativos de los botaderos en la calidad del suelo y el agua. Por ejemplo, López y Purihuamán (2018) realizaron un estudio en el botadero a cielo abierto del caserío Rambrán, el cual recibe los desechos de la ciudad de Chota, y determinaron una marcada contaminación del suelo, aire, agua, paisaje, flora y fauna, Aplicando la matriz bidimensional para la identificación y evaluación de impactos ambientales, concluyeron que el impacto negativo alcanzó un valor de -333. De manera similar, Chucos Palomino (2020) observó en el botadero "El Edén" en Huancavelica y observó que la alteración de la calidad del suelo, causada por la generación de lixiviados, fue el impacto más significativo, con un valor de -71 de importancia según la metodología Conesa.

Los lixiviados generados en las plantas de tratamiento de residuos sólidos representan una amenaza ambiental, ya que contienen contaminantes como amoníaco y sulfatos, los cuales afectan la calidad del agua y el suelo (Román et al. 2013, citado por Llallico et al., 2022, p. 46). Además, los lixiviados presentes en la superficie son arrastrados por la lluvia y se infiltran en el suelo, extendiendo la contaminación a áreas aledañas al botadero (Morales Coloma, 2021, p. 7).

Ante esta problemática, se han propuesto diversas estrategias de tratamiento de lixiviados, entre ellas, el uso de microorganismos eficaces (ME). Estos microorganismos son una mezcla de bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación, los cuales trabajan en sinergia para descomponer la materia orgánica en sustratos como aguas residuales. Su funcionamiento se basa en la degradación de la materia orgánica, la reducción de la carga contaminante (DBO y DQO), la mejora de la calidad del agua mediante la eliminación de nutrientes como nitrógeno y fósforo, y la estabilización de lodos generados en las plantas de tratamiento (Wood et al., 2002, p. 43).

En este contexto, la investigación tiene como objetivo general determinar el efecto de los microorganismos eficaces en la calidad de los lixiviados de compostaje del relleno sanitario municipal de Celendín 2024. Para alcanzar este propósito, se plantean los siguientes objetivos específicos: determinar la concentración de coliformes totales, DBO, OD y los valores de pH y temperatura de los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces; determinar frecuencias de tiempo óptimas de aplicación de microorganismos eficaces en los módulos de experimentación con lixiviados y determinar la dosis más efectiva de microorganismos eficaces para mejorar la calidad del lixiviado.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la Investigación

Liberato Soto (2020) evaluó el efecto del uso de microorganismos eficientes (ME) en el tratamiento de lixiviados generados durante el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” (CEPASC), en Concepción. Para ello, acondicionó composteras con residuos orgánicos y aplicó tres tratamientos con ME en dosis del 10 %, 15 % y 20 %, además de un tratamiento testigo sin aplicación. Se midieron parámetros fisicoquímicos como DBO₅, DQO, sólidos suspendidos totales, conductividad eléctrica y pH antes y después del tratamiento. Los resultados mostraron una reducción significativa de DBO₅ y DQO hasta 1127 mg/L y 1627 mg/L respectivamente en el tratamiento con 20 % de ME, así como una disminución de sólidos suspendidos totales a 131 mg/L con 15 % de ME. El pH aumentó alcanzando valores básicos, mientras que la conductividad eléctrica no presentó variaciones importantes. Se concluyó que los microorganismos eficientes mejoran la calidad del lixiviado joven al influir positivamente en sus parámetros fisicoquímicos (p. xi).

Vásquez Chacón (2017) investigó la aplicación de microorganismos eficaces (ME), compuestos por un cultivo mixto de bacterias fototróficas, ácido lácticas y levaduras, en el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Cajamarca. Se aplicaron dosis de 200 y 300 ml de ME con frecuencias de 15 y 20 días. Los microorganismos se adaptaron al lixiviado, incrementando su densidad poblacional en un 48,4 % para levaduras, 67,1 % para bacterias ácido lácticas y 19,7 % para bacterias fototróficas. El tratamiento quincenal con 200 ml de ME generó un aumento en el pH de 7,5 a 8,27, en la temperatura de 19,6 a 22,03 °C, y en los sólidos suspendidos totales de 126 a 887,95 mg/L; además, el oxígeno disuelto subió de 0,2 a 0,28 mg/L, la DBO₅ de 81,2 a 6569,07 mg/L, y las poblaciones de coliformes totales y termotolerantes aumentaron considerablemente, alcanzando hasta 170,000 NMP y multiplicándose por 2,722 veces respecto al testigo. Sin embargo, no se observaron efectos estadísticamente significativos en los niveles de sólidos disueltos totales ni en los nitratos (p. vi).

Cunalata Cruz (2017) evaluó el efecto de los microorganismos eficientes (ME) como tratamiento de lixiviados generados en las celdas emergentes del cantón La Concordia, durante un periodo de tres meses. Los ME, una mezcla de microorganismos benéficos aerobios y anaerobios, fueron aplicados para mejorar la calidad del lixiviado y reducir su impacto ambiental. Previamente, se caracterizó el lixiviado, identificando niveles elevados de DBO₅, DQO, sólidos totales y coliformes fecales, todos por encima de los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental ecuatoriana (Acuerdo Ministerial N° 097). Tras el tratamiento con ME, se obtuvieron resultados positivos con una remoción del 92 % de DBO₅, 88 % de DQO, 60 % de sólidos totales y 94 % de coliformes fecales, evidenciando la eficacia de los microorganismos eficientes en la mejora de la calidad del lixiviado (pp. 1-58).

Cardona & García (2008) evaluaron el efecto de los Microorganismos Eficaces (ME®) en la calidad del agua residual doméstica, aplicando tres dosis diferentes (1/10000, 1/5000 y 1/3000 v/v); se tomaron muestras a distintas alturas (20 y 40 cm) en diferentes periodos (0, 10, 30 y 45 días) y se analizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados evidenciaron cambios en la composición del agua residual, sugiriendo que los ME ® pueden influir en la mejora de su calidad, además, se observó la presencia de microorganismos con potencial controlador, lo que resalta el papel de los ME ® en procesos de bio remediación (p. vi).

Cruz Mora (2012) estudió el manejo de desechos orgánicos de cocina utilizando Microorganismos Eficientes de Montaña (MEM) aislados de bosques secundarios en Costa Rica. Los resultados mostraron que estos microorganismos fueron efectivos en la reducción de olores y lixiviados, aunque el carbón vegetal no influyó significativamente en su reproducción. Se identificaron tanto microbios fitopatógenos como posibles agentes de control biológico, evidenciando el equilibrio ecológico de los ecosistemas poco intervenidos. Sin embargo, la alta humedad y acidez de los desechos afectaron la actividad microbiana, limitando el proceso a una etapa de pre compostaje. A pesar de ello, la técnica demostró ser fácilmente replicable y con potencial para diversas aplicaciones en la gestión de residuos orgánicos (p. 2).

Naranjo Pacha (2013) evaluó el efecto de microorganismos locales y del producto comercial Compost Treet en la transformación acelerada de desechos orgánicos en compost en Siguitag, Ambato. Se aplicaron tres dosis (10, 20 y 30 cc/10 L de agua), determinando que la dosis de 30 cc/10 L (D3) produjo el mejor efecto, reduciendo el tiempo de compostaje a 86.5 días y mejorando la calidad nutricional del compost, con mayor contenido de nitrógeno (1.13 %), fósforo (219.99 ppm), potasio (0.72 %) y materia orgánica (24.63 %). La dosis de 20 cc/10 L (D2) también mostró buenos

resultados, especialmente en fósforo (186.54 ppm) y materia orgánica (24.66 %). Estos hallazgos destacan el uso de microorganismos para optimizar el compostaje (p. 15).

Rafael Avila (2015) determinó el proceso de producción y aplicación de los microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga – Huancayo. Se analizaron las características físicas y químicas de diferentes tratamientos. Los resultados indicaron lo siguiente: el promedio de temperatura fue de 31.78 °C, aumentando con la dosificación creciente de los microorganismos eficaces. La humedad promedio fue del 62.51 %, disminuyendo con cada volteo y al reducir la dosificación de los microorganismos. Además, se observó que el color oscuro y el olor agradable estuvieron presentes en las muestras con microorganismos eficaces. El proceso de producción y aplicación del producto “Microorganismos Eficaces” influye en la calidad del compost aumentándola con un proceso mecanizado y una dosificación máxima (10 % de EM). Las características físicas referente a la temperatura se obtuvo un promedio de los 06 tratamientos de 31.78° C, incrementándose los registros cuando se incrementa la dosificación del producto “Microorganismos Eficaces” y reactivándose en cada volteo en ambos procesos (pp. 1-116).

Ludeña Pereyra (2019) determinó el efecto de los microorganismos eficaces en la descomposición de los residuos sólidos orgánicos más el estiércol del ganado vacuno en la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de la Ciudad de José Gálvez, Celendín. La aplicación de microorganismos eficaces tuvo efecto reductor en el tiempo de descomposición del T4 para dicho tratamiento se empleó una dosis de 200 ml de microorganismos eficaces por 10 litros de agua. Los resultados de los análisis del material experimental en comparación con la Norma Chilena NCH 2880- 2005 cumple con la mayoría de los límites máximos permisibles, además los metales pesados que se

han podido analizar se encuentran presentes en baja concentración, para poder clasificarlo como compost tipo b (p. xi).

Vargas Teran (2019) aplicó microorganismos eficientes para mejorar la descomposición de residuos sólidos orgánicos en el centro compostero de Granja Porcón – Cajamarca. Se realizó un muestreo in Situ, demostrando que el compost con EM tuvo un pH de 7.1, conductividad eléctrica (25.75 mhos/cm), materia orgánica (48.25 %), nitrógeno (1.62 %), fósforo (1.69 %), potasio (1.18 %), calcio (2.32 %), magnesio (0.55 %), materia seca (89.25 %), humedad (35.2 %), cenizas (15.04 %), carbono (17.36 %) y la relación C/N (18.25 v%); demostrando que fue de mejor calidad que el compost convencional con pH de 6.2, conductividad eléctrica (21.60 mhos/cm), materia orgánica (46.25 %), nitrógeno (1.25 %), fósforo (1.52 %), potasio (1.06 %), calcio (2.28 %), magnesio (0.48 %), materia seca (85.10 %), humedad (35 %), cenizas (12.33 %), carbono (15.85 %) y la relación C/N (15.69 %); y se realizó un análisis microbiológico en el cual se pudo verificar la presencia de microorganismos del suelo, bacilos +, lactobacilos, hongos y levaduras para la muestra del compost EM; y para el compost convencional microorganismos del suelo y bacilos+ (p. xiv).

Kcana Puma (2021) determinó el efecto de la aplicación de los microorganismos eficientes (EM) en las propiedades fisicoquímicas y contenido de cadmio de un suelo contaminado del distrito San Jerónimo, provincia Cusco. Se aplicaron 200 mg de muestra de suelo aplicando 5 tratamientos con dosis (0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %) EM con y sin compost con 3 repeticiones, durante un tiempo de 8 semanas, en un diseño completamente al azar. Se obtuvo como resultado que la aplicación de microorganismos eficientes logró mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo contaminado, así mismo la reducción de contenido de cadmio no fue significativa. Se determinó que la aplicación de microorganismos eficientes mejora las propiedades fisicoquímicas del

suelo, en los siguientes parámetros: C.E. (8.08 dS/m); M.O (7.71 %), P (124.98 ppm); K (5325.00 ppm); CIC (22.5533). Se determinó que los tratamientos aplicados de microorganismos eficientes no tuvieron efecto significativo en cuanto a la reducción de contenido de cadmio del suelo experimentado, habiéndose encontrados un valor inicial de cadmio (14.72 ppm), siendo el valor final de contenido de cadmio (12.92 ppm) (p. 3).

Palomino Salvatierra (2022) investigó la aplicación de microorganismos eficaces en la obtención del bokashi mejorado a partir de residuos orgánicos domiciliarios en el distrito de Cangallo, provincia de Cangallo en el departamento de Ayacucho; durante 96 días, se evaluaron 7 muestras, las primeras tres muestras (M-1, M-2 y M-3) contenían residuos orgánicos más microorganismos eficaces, mientras que las otras tres muestras (M-4, M-5 y M-6) solo contenían residuos orgánicos. Se analizaron los parámetros de fertilidad, incluyendo nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), pH, conductividad eléctrica, carbonato de calcio (CaCO_3) y materia orgánica. Las muestras con microorganismos eficaces (M-1, M-2 y M-3) mostraron mayor cantidad de nutrientes. Además, se observó que el tiempo de obtención del bokashi mejorado fue más corto en estas muestras (M-1 = 35 días, M-2 = 37 días y M-3 = 35 días) (p. ix).

Merino Alvarez (2022) realizó la caracterización fisicoquímica de los lixiviados, en específico en la Poza N° 8 de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, a partir de la investigación de campo y laboratorio realizados por la empresa FORP INGENIEROS S.R.L., se procedió a caracterizar de manera fisicoquímica los lixiviados, identificando, comparando e interpretando sus valores. Los resultados mostraron una DQO de 1833 mg/L, una DBO_5 de 41 mg/L y sólidos suspendidos totales de 80 ml/L, entre otros. El riesgo ambiental obtenido del análisis del entorno natural y humano, se encuentra representado por un nivel que va de leve a moderado; lo cual evidencia la existencia de un monitoreo y

control aceptable en el manejo de los lixiviados de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de Cajamarca (p. 8).

Florian Zavaleta (2022) evaluó el impacto del lixiviado del relleno sanitario de Cajamarca en la calidad del río cajamarquino, distrito de Jesús. Se tomaron muestras de agua en 3 puntos de monitoreo previamente identificados en el río Cajamarquino y se realizaron ensayos de laboratorio, de tal forma obtener los resultados de los parámetros físicos-químicos, inorgánicos y microbiológicos; del estudio se concluyó que los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca impactan la calidad de agua del río Cajamarquino, pero no exceden los límites de detección de los ECA para agua aprobada por el D.S 004-2017-MINAM. Se observó que los lixiviados del relleno sanitario de Cajamarca no impactan en los parámetros físicos-químicos (aceites y grasas, conductividad eléctrica, DBO₅, DQO, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, sulfatos, PH, temperatura y caudal) de calidad de agua del río Cajamarquino, a pesar que el río Cajamarquino recorre las zonas aledañas del relleno sanitario y tiene un afluente el cual pasa por el mismo relleno sanitario (p. ii).

Gómez & Palma (2023) determinaron el efecto de los microorganismos eficaces (EM-compost) en suelo contaminado con lixiviado del botadero municipal. Se recolectaron 120 kg de muestra total de suelo de 4 puntos. Los resultados destacan lo siguiente: la Materia Orgánica (M.O) aumentó favorablemente en el T4 a los 30 días después de la aplicación de los EM, se determinó que las concentraciones iniciales de CIC en el suelo, las cuales fueron determinadas por el promedio del tratamiento (T1), al día 0 fue 15.733; en el caso del Nitrógeno fue de 0.083; el Fósforo fue de 2.267; el porcentaje de Materia Orgánica presente en el suelo fue de 0.367; el pH por su parte fue de 3.503., el Nitrógeno (N) total varió favorablemente, el Fósforo (P) disponible aumentó, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) también varió favorablemente, y

el contenido de Plomo (Pb) disminuyó sin superar los estándares de calidad del suelo (p. xvii).

Vera et al. (2023) determinó la cinética de metales tóxicos del lixiviado de la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca al entrar en contacto con el suelo. El estudio se ejecutó a nivel de laboratorio; se colocó en un recipiente de 150 L, 100 kg de suelo y un volumen de 60 L de lixiviado para generar el contacto de ambos, el experimento duró 60 días y se muestreo cada 10 días en los siguientes lapsos de 0, 10, 20, 30, 40 y 50 días para luego ser recirculado. El lixiviado no aporta contaminantes al suelo, el suelo se comporta con un adsorbente puesto que el arsénico, el cadmio, el cromo, el hierro, el plomo y el zinc, son metales retenidos o adsorbidos en adición, el cobre y el mercurio son metales que el suelo no retiene. Con respecto a la cinética, se demostró que la velocidad de reacción del hierro es mayor a los demás con 0,012 mg/días y una adecuación promedio de todos los metales al modelo de pseudo segundo orden del 99,58 % (p. 1).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Lixiviados de residuos orgánicos

Los lixiviados son el líquido que se filtra a través de los residuos sólidos y extrae materiales disueltos o en suspensión. Estos se originan por el líquido que ingresa al relleno sanitario desde fuentes externas, como el drenaje superficial y la lluvia, así como por el líquido generado durante la descomposición de los residuos sólidos orgánicos o inorgánicos (Chávez Montes, 2011, p. 8).

2.2.2. Composición de los lixiviados

Torres et al. (2014) menciona que generalmente, los lixiviados se componen de una amplia gama de contaminantes orgánicos e inorgánicos, que

pueden ser clasificados en cuatro grupos: materia orgánica disuelta, macro componentes inorgánicos, metales pesados y compuestos xenobióticos. Cabe señalar que la composición de cada uno de estos compuestos está influenciada por la antigüedad de las celdas de disposición final (p. 246).

Tabla 1

Valores típicos de parámetros de lixiviados que varían con la edad del relleno sanitario

Parámetro	Unidad	Menor a 5 años	Mayor a 10 años
DBO ₅	mg/L	20000-30000	100-200
Carbono Orgánico total	mg/L	1500-20000	80-160
DQO	mg/L	3000-60000	100-500
Sólidos suspendidos totales	mg/L	200-2000	100-400
N orgánico	mg/L	10-800	80-120
NO ₄	mg/L	10-800	80-120
NO ₃	mg/L	10-100	5-10
P total	mg/L	5-100	5-11
Parámetro	Unidad	Menor a 5 años	Mayor a 10 años
Orto fosfato	mg/L	4-80	4-8
Alcalinidad	mg/l CaCO ₃	1000-10000	200-1000
pH		4.5-7.5	6.6-7.5
Dureza total		30-10000	200-500
Ca	mg/L	200-3000	100-400
Mg	mg/L	50-1500	50-200
K	mg/L	200-1000	50-400
Na	mg/L	200-2500	100-200
Cl	mg/L	200-3000	100-400
SO ₄	mg/L	50-1000	20-50
Fe total	mg/L	50-1200	20-200

Fuente: adaptado de López Velásquez (2022, p. 31)

2.2.3. Formación de lixiviados

La biodegradación de los desechos sólidos en un relleno sanitario a través de varias fases, cada una con un impacto clave en la generación de lixiviados.

Fase de disposición inicial: Se deposita y compacta el residuo. La actividad microbiana aún es mínima y el lixiviado generado contiene pocos contaminantes solubles (Morales et al., 2024).

Fase de lavado o lixiviación temprana: El agua de lluvia o humedad residual comienza a filtrar materia soluble, iniciando la generación de lixiviados ricos en compuestos orgánicos y sales.

Fase aeróbica inicial: Se inicia con la deposición y compactación de los residuos. La cobertura limita la entrada de oxígeno, favoreciendo condiciones anaeróbicas. Se generan lixiviados ricos en materia orgánica, ácidos y metales pesados, mientras que microorganismos comienzan la descomposición (Morales et al., 2024).

Fase de transición. En esta fase, el agotamiento del oxígeno residual genera un ambiente mayoritariamente anaeróbico. Los microorganismos emergentes emplean nitratos y sulfatos como aceptores de electrones, en lugar del oxígeno, lo que marca el cambio metabólico inicial del proceso. Durante este período se liberan gases como CH_4 , CO_2 y NH_3 , consecuencia del metabolismo microbiano anaeróbico y la descomposición de compuestos nitrogenados. Al mismo tiempo, los lixiviados se tornan más contaminantes: contienen elevadas concentraciones de materia orgánica, ácidos volátiles y compuestos inorgánicos solubles, capaces de provocar alteraciones en las aguas subterráneas por filtración (Mor & Ravindra, 2023, p. 512).

Fase de acidogénesis: Se intensifica la actividad microbiana, en especial de bacterias proteolíticas, que degradan proteínas liberando aminoácidos y amoníaco. Esto genera ácidos orgánicos (acético, propiónico, butírico) y reduce el pH del lixiviado, aumentando su corrosividad y toxicidad ambiental (Castro et al., 2023, p. 23).

Fase de metanogénesis: En esta etapa, ciertos microorganismos especializados descomponen los restos orgánicos que aún quedan, especialmente los ácidos grasos, y como resultado se liberan gases como metano y dióxido de carbono. El metano que se genera puede ser recolectado y usado como fuente de energía renovable. Este proceso es lento y puede mantenerse activo durante muchos años, incluso décadas (Rodríguez et al., 2015, p. 247).

Fase de maduración: Se reduce la actividad microbiana, la generación de lixiviados y gases, y los residuos se estabilizan. El lixiviado pierde contaminantes y el área del relleno puede rehabilitarse para usos recreativos o urbanos con medidas adecuadas de mitigación (Carbonel, 2025, p. 284).

Fase de humificación o estabilización final: La materia orgánica residual se transforma en humus y el lixiviado alcanza niveles bajos y estables de contaminantes, permitiendo la rehabilitación segura del área.

2.2.4. Relación entre residuos orgánicos y la generación de lixiviados

Morales et al. (2024) destacan la importancia de conocer la cantidad de lixiviados generados diariamente en un relleno sanitario para garantizar una gestión eficiente. Determinar su volumen permite optimizar el diseño y operación de los sistemas de tratamiento y monitoreo. Antes de realizar este cálculo, es esencial analizar la composición, densidad y calidad de los desechos depositados.

Para calcular cuántos lixiviados se generan en un relleno sanitario, existen varios métodos. Algunos se basan en registros anteriores, mientras que otros usan simulaciones más complejas. No obstante, el modelo más comúnmente aplicado es el método suizo, ya que propone una relación directa entre la cantidad de residuos que se depositan y el volumen de lixiviado que se produce. Este enfoque, aunque

es fácil de aplicar, requiere datos confiables para que los resultados sean precisos. Entender esta relación ayuda a tener un mejor control y manejo de los lixiviados en el lugar de disposición final (Pozo et al., 2020, p. 3).

2.2.5. Problemática ambiental de lixiviados

Morales et al. (2024) señala que los lixiviados tienen un impacto ambiental significativo, afectando la salud de los ecosistemas y la calidad de vida de las comunidades cercanas a los vertederos y rellenos sanitarios. Estos líquidos contienen una compleja mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas, metales pesados, compuestos tóxicos y microorganismos patógenos, lo que los convierte en una fuente de contaminación ambiental relevante.

Cuando el agua se filtra entre los residuos sólidos, se produce lixiviado, un líquido que puede contaminar tanto el suelo como las aguas subterráneas y superficiales, afectando la biodiversidad y los beneficios que ofrece el ecosistema. Además, mientras la materia orgánica se descompone en los vertederos, se liberan sustancias químicas y gases como el metano, el dióxido de carbono y el sulfuro de hidrógeno, lo que genera contaminación del aire y malos olores que afectan a las poblaciones cercanas (Dávila et al., 2021, p. 4).

Cuando estos contaminantes se infiltran en las aguas subterráneas, pueden poner en peligro la calidad del agua destinada al consumo humano y generar problemas de salud. En los cuerpos de agua, los lixiviados pueden provocar un exceso de nutrientes, lo que da lugar a la eutrofización, la degradación de hábitats y la muerte de especies acuáticas. Además, estas sustancias pueden acumularse tanto en los sedimentos como en los organismos, alterando la cadena alimentaria y afectando el equilibrio ecológico a largo plazo (Polo & Guevara, 2001, pá. 3).

2.2.6. *Microorganismos eficaces*

Los microorganismos eficientes o eficaces (EM) son aquellos que forman parte de un consorcio microbiano que interactúa de manera beneficiosa con la flora microbiana de la rizósfera, su objetivo inicial. Este producto comercial posee una amplia variedad de aplicaciones, entre ellas, el tratamiento de aguas residuales (Rashed & Massoud, 2015, p. 385).

Los microorganismos eficaces constituyen un consorcio microbiano complejo que comprende una gran diversidad representada por bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetes y hongos filamentosos con actividad fermentativa (Tanya & Leiva, 2019, p. 93). Estos microorganismos desarrollan mecanismos especializados de interacción en la rizósfera, donde pueden ocupar diferentes nichos ecológicos y competir por espacio y nutrientes, limitando así el desarrollo de especies fitopatógenas (Schlatter et al., 2017, p. 1285).

Su capacidad de coexistir en un pH aproximado de 3,5 les permite establecer relaciones sinérgicas que potencian sus efectos benéficos individuales (Camones & Noemi, 2015). La actividad supresiva de los microorganismos eficientes puede ejercerse mediante la producción de compuestos con actividad antimicrobiana como antibióticos y compuestos antifúngicos, la producción de sideróforos, la inducción de resistencia, producción de metabolitos, antibiosis, activación de sistemas antioxidantes en plantas y activación de genes de resistencia (Schlatter et al., 2017, p. 1286).

Los microorganismos eficaces (EM) han demostrado ser altamente efectivos en el tratamiento biológico de lixiviados provenientes de botaderos y

rellenos sanitarios, especialmente en la reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) y la eliminación de microorganismos patógenos, los consorcios microbianos presentes en los EM desarrollan actividades metabólicas sinérgicas que permiten la biodegradación de compuestos orgánicos complejos presentes en los lixiviados, tales como ácidos húmicos, fúlvicos y sustancias recalcitrantes (León & Andrade, 2021, p. 1100).

Las bacterias ácido lácticas contenidas en los EM producen ácidos orgánicos y bacteriocinas que crean condiciones adversas para el crecimiento de coliformes y otros microorganismos patógenos, mientras que las bacterias fotosintéticas y los actinomicetos contribuyen a la mineralización de la materia orgánica, reduciendo significativamente los valores de DQO en el efluente tratado (Chaurasia et al., 2005, p. 76).

La aplicación de microorganismos eficaces en sistemas de tratamiento de lixiviados se basa en la capacidad de estos consorcios para tolerar las condiciones extremas características de estos efluentes, incluyendo pH ácido, altas concentraciones de sales disueltas y presencia de metales pesados. Los hongos filamentosos como *Aspergillus oryzae* y especies de *Trichoderma* presentes en los EM secretan enzimas extracelulares que facilitan la descomposición de polímeros orgánicos complejos, mientras que las levaduras del género *Saccharomyces* contribuyen a la fermentación de azúcares simples y producen metabolitos con actividad antimicrobiana

2.2.7. Composición de los microorganismos eficientes

Según Szymanski y Patterson (2003), los Microorganismos Eficientes (EM) están conformados por diversas especies beneficiosas, entre ellas:

- Bacterias del ácido láctico (*Lactobacillus plantarum*, *L. casei*, *Streptococcus lactis*): inhiben patógenos y aceleran la descomposición.
 - Bacterias fotosintéticas (*Rhodopseudomonas palustris*, *Rhodobacter sphaeroides*): sintetizan compuestos útiles aprovechando la luz solar.
 - Levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*): producen enzimas y hormonas que estimulan el crecimiento de plantas.
 - Actinomicetos (*Streptomyces albus*, *S. griseus*): degradan materia orgánica compleja y mejoran el suelo.
 - Hongos fermentadores (*Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*): liberan nutrientes al descomponer compuestos difíciles de la materia orgánica (M.O.), como celulosa, lignina, ácidos húmicos y proteínas complejas, contribuyendo a la mineralización y reducción de contaminantes y coliformes.
- (pp. 4-5).

2.2.8. Usos y efectos de los microorganismos eficientes

Según Luna (2016), los Microorganismos Eficientes (EM, por sus siglas en inglés) son una mezcla de microorganismos benéficos como bacterias, levaduras y hongos, que se aplican para mejorar la salud del suelo y estimular el crecimiento de las plantas. Su uso se originó con las investigaciones del Dr. Teruo Higa, microbiólogo japonés que desarrolló la tecnología EM en la década de 1980. Estos microorganismos tienen múltiples aplicaciones, entre las que destacan:

- Aplicaciones agrícolas: Aumentan la fertilidad y mejoran la estructura del suelo, favoreciendo plantas más saludables.
- Agricultura y jardinería: Estimulan el desarrollo vegetal y ayudan a prevenir enfermedades al combatir patógenos.

- Compostaje: Aceleran la descomposición de materia orgánica, generando compost de buena calidad en menor tiempo.
- Tratamiento de aguas residuales: Contribuyen a la purificación del agua al degradar la materia orgánica y disminuir contaminantes.
- Gestión de residuos sólidos: Facilitan la descomposición de residuos orgánicos, reduciendo olores desagradables y microorganismos dañinos.
- Salud animal: Mejoran el ambiente microbiano en criaderos y disminuyen la presencia de agentes patógenos.

(p. 4)

2.2.9. Tipos de microorganismos eficientes

Según BIOEM (2023), existen distintas formulaciones de microorganismos eficientes (EM) diseñadas para aplicaciones específicas en sectores como la agricultura, el compostaje y el tratamiento de aguas. Entre las presentaciones más comunes se encuentran:

- EM-1®
- EM-COMPOST®
- EM-CERÁMICA Fitoprotectante®
- EM-CERÁMICA SOIL®
- EM-CAMARÓN®
- Activador Microbiológico
- EM-AGUA®
- PRO-EM-1®
- PROHERB®
- EM-CELLULAR SEAL®
- EM SEA SALT GOLD®

2.2.10. Microorganismos eficientes en agua

EM Agua es un probiótico natural versátil y de bajo costo basado en microorganismos beneficiosos y altamente eficientes. Está compuesto por microorganismos probióticos naturales ampliamente conocidos, como levaduras y bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus*), que promueven un proceso de fermentación antioxidante beneficioso, aceleran la descomposición de la materia orgánica y equilibran la flora microbiana (BIOEM, 2023, p. 2).

Entre sus principales aplicaciones y beneficios según Soluciones integrales para la agroindustria (MGL, s.f.) destacan:

- Optimiza el tratamiento de aguas: acelera la degradación de materia orgánica y reduce la DBO, DQO, turbidez y sólidos suspendidos.
- Equilibra parámetros clave: ayuda a mantener el pH y el oxígeno disuelto.
- Controla patógenos: disminuye la presencia de microorganismos nocivos.
- Elimina grasas y olores: facilita la descomposición de aceites y reduce malos olores.
- Mejora la eficiencia: reduce el uso de productos químicos.
- Ahorro operativo: evita sistemas costosos de tratamiento y optimiza los recursos.

2.2.11. Características de la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos municipales

Conforme al Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Celendín para el período 2020-2022, oficializado mediante Ordenanza Municipal N° 05-MPC del 13 de febrero de 2020, la Municipalidad Provincial de Celendín implementó el Plan Anual de Valorización de Residuos Orgánicos 2019,

documento técnico que especifica las características de la valorización de residuos sólidos orgánicos, área construida en el año 2019, la cual presenta dimensiones de 18.30 metros de ancho por 25 metros de longitud, con área operativa de 457.5 m².

La configuración técnica de la planta comprende 22 unidades de compostaje (pilas), complementadas por: área de descarga, pesaje y trituración manual, área de compostaje, área de empaquetado y almacenamiento del producto terminado, y área de almacenamiento de herramientas, equipos, insumos y materiales. El perímetro total de la instalación cuenta con cerco perimetral para la delimitación física respecto a otras infraestructuras del Botadero.

Los residuos orgánicos constituyen el 53% de la composición gravimétrica de los residuos sólidos municipales generados en el distrito de Celendín, representando la fracción mayoritaria del flujo de residuos. La caracterización por fuentes de generación identifica como principales contributarias a las unidades domiciliarias residenciales, establecimientos comerciales del sector terciario, infraestructuras de comercialización alimentaria (mercados), y áreas verdes.

La aplicación de microorganismos eficaces en sistemas de tratamiento de lixiviados se basa en la capacidad de estos consorcios para tolerar las condiciones extremas características de estos efluentes, incluyendo pH ácido, altas concentraciones de sales disueltas y presencia de metales pesados. Los hongos filamentosos como *Aspergillus oryzae* y especies de *Trichoderma* presentes en los EM secretan enzimas extracelulares que facilitan la descomposición de polímeros orgánicos complejos, mientras que las levaduras del género *Saccharomyces* contribuyen a la fermentación de azúcares simples y producen metabolitos con actividad antimicrobiana (Liberato Soto, 2020, p. 34).

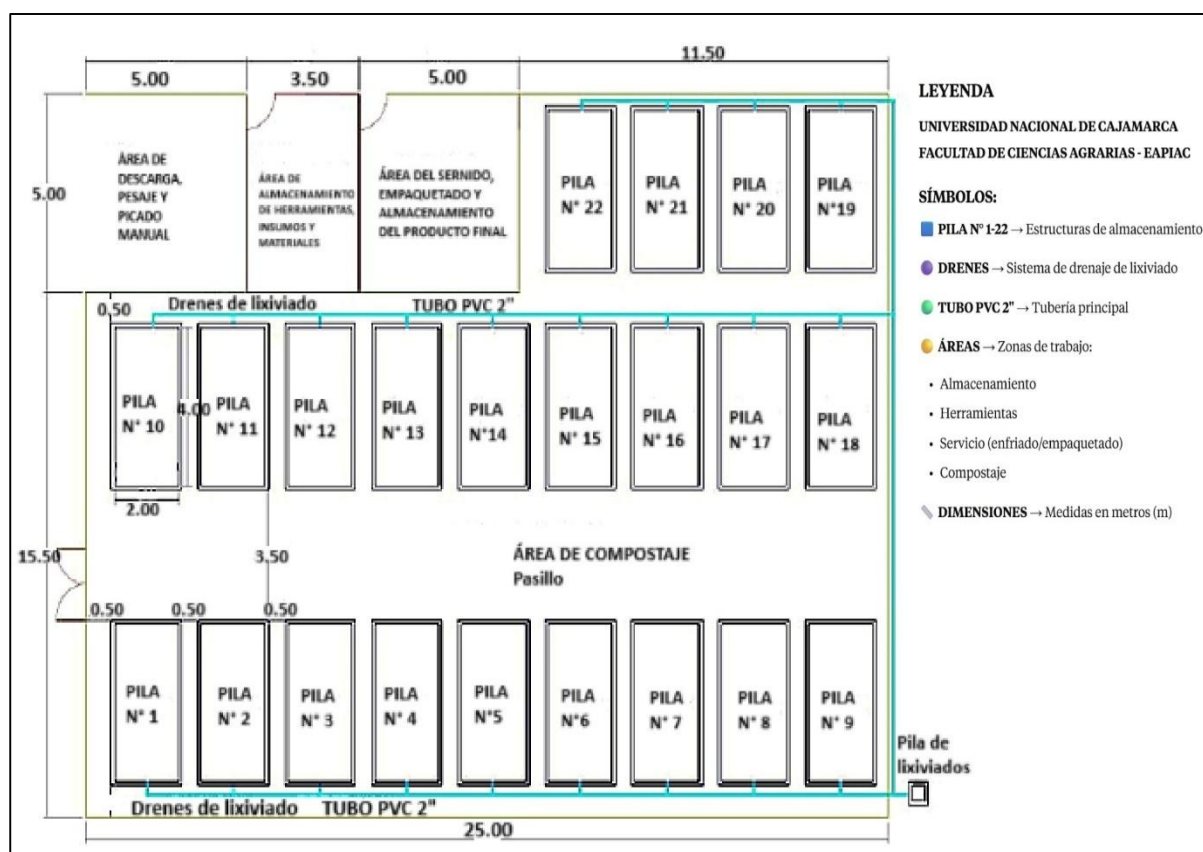
Figura 1

Planta de valorización de residuos orgánicos en el botadero Municipal



Figura 2

Área de compostaje



2.3. Definición de Términos Básicos

2.3.1. Lixiviados

Los lixiviados son líquidos contaminados que se generan cuando el agua percola a través de un material y extrae partículas disueltas, suspendidas o solubles de ese material (Chávez Montes, 2011, p. 32).

2.3.2. Microorganismos eficientes

Desempeñan funciones específicas que pueden mejorar la calidad del suelo, promover la descomposición de materia orgánica, controlar patógenos, y contribuir a la sostenibilidad ambiental (Tanya & Leiva, 2019, p. 93).

2.3.3. Demanda bioquímica de oxígeno

Es la cantidad de oxígeno disuelto que necesitan los organismos biológicos aeróbicos en un cuerpo de agua para descomponer el material orgánico presente en una muestra de agua, a una temperatura y un período específico (Yu & Brooks, 2016, p. 122).

2.3.4. Demanda química de oxígeno

Se define como la cantidad de equivalentes de oxígeno consumidos en la oxidación química de la materia orgánica por oxidante fuerte (Hu y Grasso, 2005, p. 325).

2.3.5. Eficiencia del tratamiento

Es la expresión decimal o en porcentajes de la relación entre la concentración o masa removida y concentración o masa inicial para un parámetro específico, en un tratamiento (NORMA OS. 090, 2006, p. 8).

CAPÍTULO III

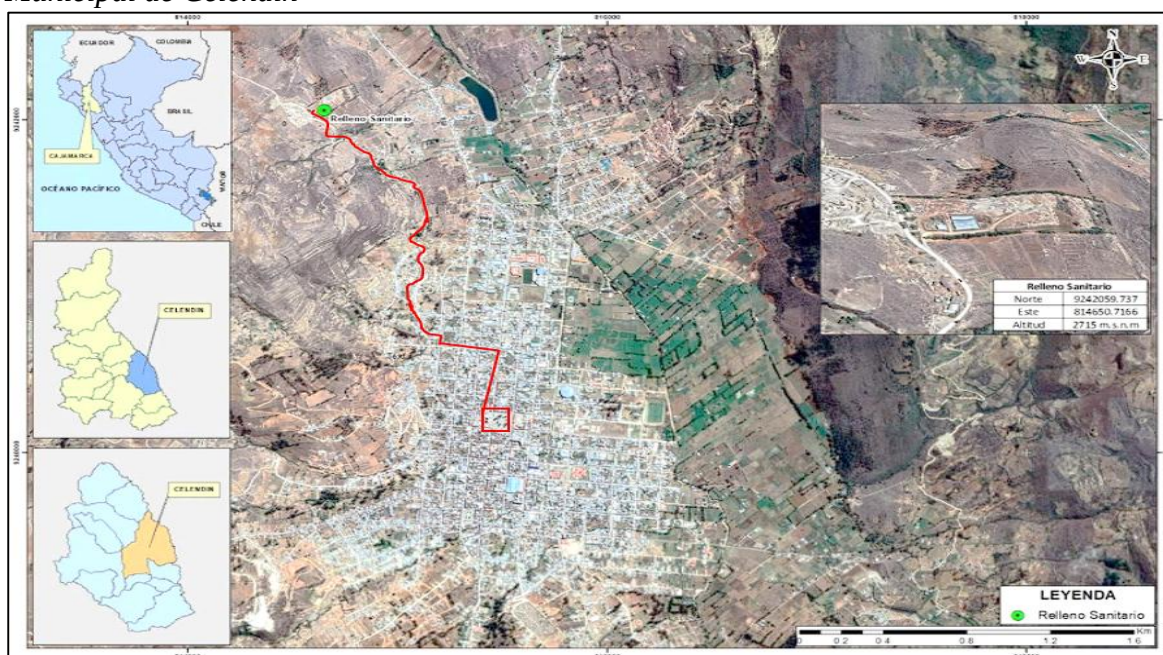
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del Área de Estudio

La investigación se desarrolló en la Planta de Valorización de Residuos Orgánicos Municipales, situada en el botadero controlado del Guayao. Su georreferenciación en el sistema UTM-WGS84, Zona 17M, corresponde a las coordenadas 814571E y 9241196N (OEFA,2025), geográficamente ubicada a 2.5 km del centro del distrito y provincia de Celendín, departamento de Cajamarca (ver Figura 3).

Figura 3

Ubicación de la planta de valorización de residuos orgánicos municipales del botadero Municipal de Celendín



3.2. Materiales

3.3.1. *Material experimental*

- Lixiviado efluente. Obtenido de la planta de valorización de residuos orgánicos municipales del botadero Municipal de Celendín, caracterizado por su alta carga orgánica y presencia de contaminantes microbiológicos
- Microorganismos eficientes – ME - agua. Consorcio microbiano comercial conteniendo bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras y actinomicetos, utilizado como inoculante para el tratamiento biológico del lixiviado

3.3.2. *Materiales de campo*

- Formato para registro de datos de campo.
- GPS: Marca: Garmin/ Modelo: Inreach explorer.
- Cámara fotográfica Canon EoS T7.
- Medidor Multiparámetro.
- Cronómetro digital.
- Tubo de ensayo graduado.
- Táperes de 11 litros de capacidad.
- Bidón de 20 litros de capacidad.
- Melaza de caña de azúcar como sustrato fermentable.
- Equipo de protección personal.

3.3. Metodología Experimental

3.3.1. *Factor y variable independiente, niveles y tratamientos en estudio*

La investigación evaluó dos variables independientes: dosis de microorganismos eficientes y tiempo de biorremediación. La Tabla 2 presenta los niveles de cada variable y la nomenclatura utilizada.

Tabla 2*Variable independiente, niveles y tratamientos*

Variable independiente	Niveles	Tratamientos	Nomenclatura
Dosis de los EM – Agua.	0 ml	Control (sin EM)	D0
	10 ml	Dosis baja	D1
	20 ml	Dosis media	D2
	30 ml	Dosis alta	D3
Tiempo de reacción de los EM - Agua.	1 días	Fase inicial	T1
	3 días	Fase de adaptación	T2
	6 días	Fase de crecimiento	T3
	12 días	Fase de estabilización	T4

3.3.2. Diseño experimental y arreglo de los tratamientos

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3×4 , donde el factor A correspondió a tres dosis de EM-agua (D1, D2 y D3) y el factor B a cuatro tiempos de evaluación (1, 3, 6 y 12 días). Cada tratamiento contó con tres repeticiones. Adicionalmente, se incluyó un tratamiento control sin aplicación de EM-agua (D0), evaluado únicamente al día 1. En total, el experimento estuvo conformado por 37 unidades experimentales. La Figura 4 muestra la distribución espacial de las unidades experimentales.

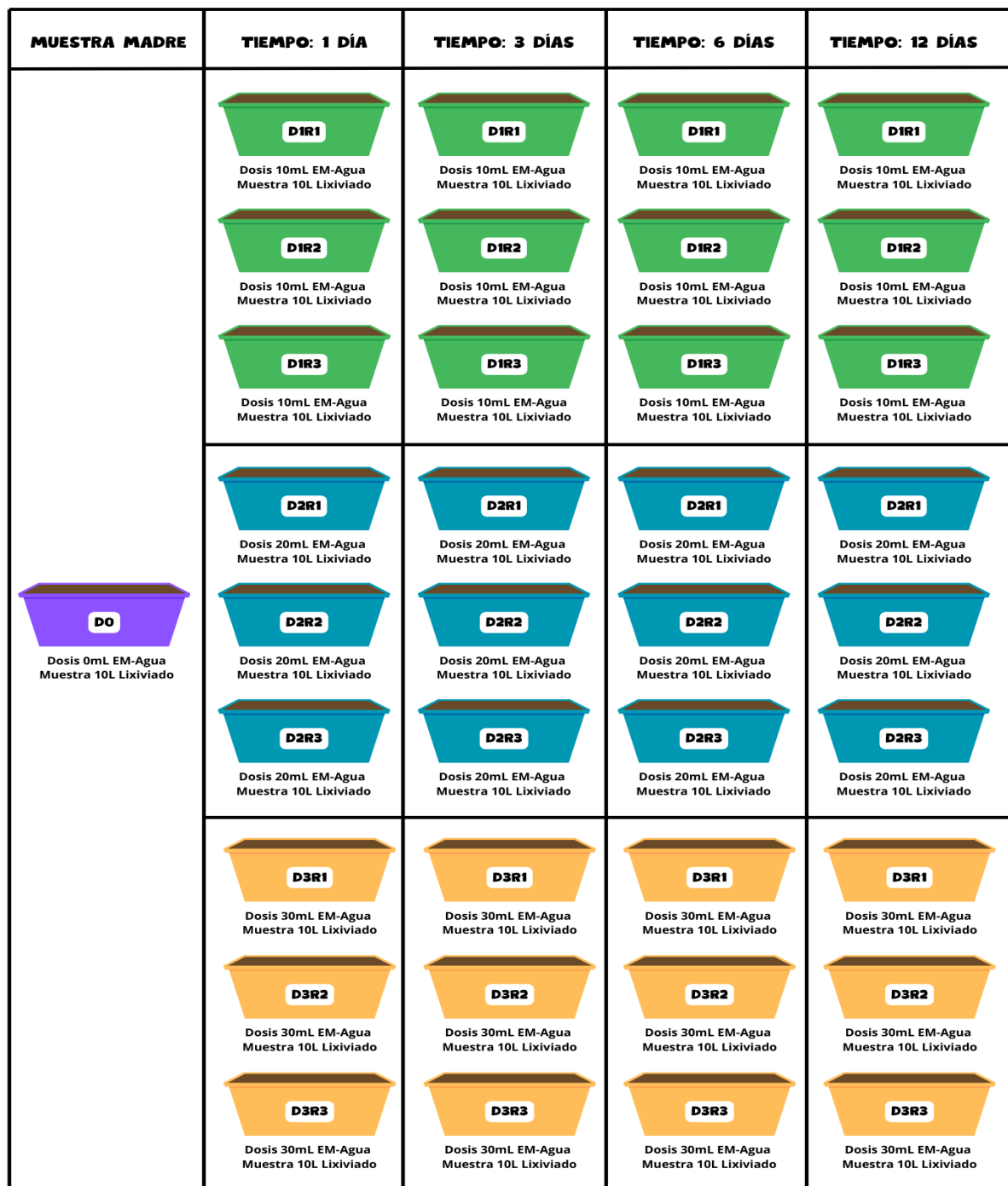
3.4. Procedimiento Metodológico**3.4.1. Activación de microorganismos eficientes**

La activación del consorcio microbiano se realizó siguiendo el protocolo estándar para EM, adaptado a las condiciones locales:

- Preparación del medio de activación: Se recolectaron 18 litros de agua potable y se dejó reposar durante 20 minutos para permitir la volatilización del cloro residual, garantizando un ambiente libre de agentes antimicrobianos.

Figura 4

Croquis del experimento



- Adición de sustrato: Se incorporó 1 litro de melaza de caña de azúcar al agua declorada, mezclando homogéneamente hasta obtener una disolución completa. La melaza actúa como fuente de carbono fermentable para el crecimiento microbiano.

- Inoculación: Se añadió 1 litro de EM-agua comercial al medio preparado, manteniendo una relación 1:18 (EM:medio de activación).
- Fermentación: El recipiente se cubrió parcialmente con tela para permitir el intercambio gaseoso necesario durante la fermentación anaeróbica facultativa, evitando la entrada de contaminantes externos.
- Incubación: La mezcla se almacenó a temperatura ambiente (20-25°C) en un lugar protegido de la luz solar directa durante 7 días, tiempo necesario para la activación completa del consorcio microbiano.

3.4.2. *Obtención y acondicionamiento del lixiviado*

Se recolectaron 100 litros de lixiviado, efluente de la planta de valorización de residuos orgánicos municipales del botadero Municipal de Celendín mediante muestreo simple. El lixiviado se distribuyó en recipientes de polietileno de 10 litros de capacidad, previamente esterilizados, y se ubicaron en un estante de 3 niveles dentro de la planta, asegurando condiciones ambientales controladas para el desarrollo del experimento.

3.4.3. *Instalación de unidades experimentales*

Se establecieron las unidades experimentales siguiendo un diseño completamente al azar con arreglo factorial, considerando un tratamiento control y tres dosis de EM-agua activado. Los tratamientos fueron:

- Tratamiento control (D0): Lixiviado sin adición de EM-agua activado.
- Tratamiento D1: Lixiviado + 10 ml/L de EM-agua activado.
- Tratamiento D2: Lixiviado + 20 ml/L de EM-agua activado.
- Tratamiento D3: Lixiviado + 30 ml/L de EM-agua activado.

Los tratamientos con EM-agua se realizaron por triplicado en cada tiempo de evaluación ($3 \text{ dosis} \times 4 \text{ tiempos} \times 3 \text{ repeticiones}$), más el control evaluado al día 1 (1 unidad), totalizando 37 unidades experimentales.

3.4.4. Proceso de inoculación y bioremediación

- Inoculación: Los microorganismos eficientes activados se incorporaron a las muestras de lixiviado según las dosis establecidas, utilizando pipetas estériles para evitar contaminación cruzada.
- Homogeneización: Cada unidad experimental se agitó manualmente durante 2 minutos para asegurar la distribución uniforme del inoculante en el medio.
- Incubación: Las muestras se mantuvieron en reposo a temperatura ambiente, permitiendo el proceso de colonización microbiana y la adaptación del consorcio al nuevo ambiente.

3.4.5. Esquema de muestreo

El muestreo se realizó considerando que los microorganismos eficientes presentan una etapa de inoculación durante los primeros 15 días (Giraldo, 2001). La Tabla 3 detalla el cronograma de muestreo para cada tratamiento.

Tabla 3

Toma de muestras

Tratamiento	Cantidad de muestra	Tiempo (1)	Tiempo (2)	Tiempo (3)	Tiempo (4)
D0	2 L	1 día	-	-	-
D1	2 L	1 día	3 días	6 días	12 días
D2	2 L	1 día	3 días	6 días	12 días
D3	2 L	1 día	3 días	6 días	12 días

3.4.6. Análisis de parámetros físicoquímicos y microbiológicos

Los parámetros se evaluaron en campo y laboratorio siguiendo metodologías estandarizadas. La tabla 4 presenta los parámetros evaluados y sus métodos analíticos.

Tabla 4

Parámetros evaluados y métodos analíticos

Parámetro	Análisis	Método de ensayo
Oxígeno Disuelto	Campo	Medición por sonda multiparamétrica
Coliformes Totales	Laboratorio	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 24 th Ed. 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Temperatura	Campo	Medición por sonda multiparamétrica
DBO	Laboratorio	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
pH	Campo	Medición por sonda multiparamétrica

La tabla 5 especifica la frecuencia de medición y repeticiones para cada parámetro.

Tabla 5

Medición de parámetros, frecuencia y repeticiones

Parámetros	Frecuencia	Repeticiones
DBO ₅	1,3,6,12 días	3
Coliformes totales		
OD		
pH		
Temperatura		
Turbidez		

3.4.7. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se empleó estadística descriptiva (medias aritméticas, desviación estándar y coeficiente de variación) y estadística inferencial mediante análisis de varianza (ANOVA) de un factor para determinar diferencias significativas entre tratamientos, seguido de la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar grupos homogéneos. Se utilizó IBM SPSS Statistics versión 29.0 y Microsoft Office Excel 2021 con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Tabla 6

Análisis de la varianza

Fuente de Variación (F.V.)	Suma de Cuadrados (S.C.)	Grados de Libertad (g.l.)	Cuadrados Medios (C.M.)	F_o
Tratamientos	$SC_{TRATAMIENTOS}$	$K - 1 = 11$	$\frac{SC_{TRATAMIENTOS}}{K - 1}$	$\frac{SC_{TRATAMIENTOS}}{SC_{ERROR}}$
Error	SC_{ERROR}	$N - K = 24$	$\frac{SC_{ERROR}}{N - K}$	
Total	SC_{TOTAL}	$N - 1 = 35$	—	

$$\text{Coeficiente de variabilidad (CV)} = \frac{\sqrt{\text{Cuadrado medio del error}}}{\text{media}} \times 100$$

Fuente: (Cervantes y Marqués, 2007, p. 6).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Concentración de Coliformes Totales, DBO, OD y los Valores de pH y Temperatura de los Lixiviados Antes y Después de la Aplicación de Microorganismos Eficaces

4.1.1. Concentración de coliformes totales

Tabla 7

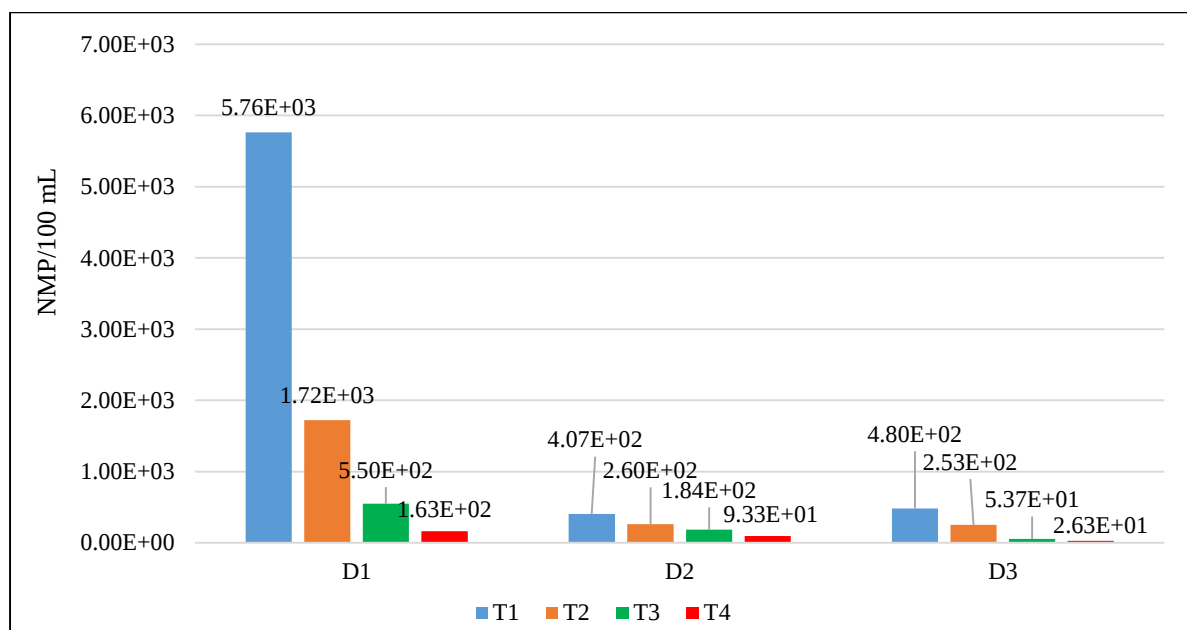
Concentración de coliformes totales en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (NMP/100 mL)

Tiempo	Dosis			
	D0	D1	D2	D3
T1	3.50E+05	6.00E+03	4.60E+02	4.89E+02
		5.40E+03	3.50E+02	4.72E+02
		5.89E+03	4.10E+02	4.79E+02
Media		5.76E+03	4.07E+02	4.80E+02
T2	3.50E+05	1.60E+03	2.34E+02	2.20E+02
		1.59E+03	2.31E+02	1.89E+02
		1.98E+03	3.14E+02	3.50E+02
Media		1.72E+03	2.60E+02	2.53E+02
T3	3.50E+05	5.89E+02	1.95E+02	7.9E+01
		5.23E+02	1.87E+02	3.3E+01
		5.38E+02	1.69E+02	4.9E+01
Media		5.50E+02	1.84E+02	5.37E+01
T4	3.50E+05	1.60E+02	1.01E+02	3.3E+01
		1.59E+02	8.50E+01	2.3E+01
		1.71E+02	9.40E+01	2.3E+01
Media		1.63E+02	9.33E+01	2.63E+01

Nota: D0 = Control (sin EM-agua); D1 = lixiviado con 10 ml/L EM-agua; D2 = lixiviado con 20 ml/L EM-agua; D3 = lixiviado con 30 ml/L EM-agua. T1 = 1 día; T2 = 3 días; T3 = 6 días; T4 = 12 días.

Figura 5

Concentración de coliformes totales en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (NMP/100 ml)



La figura 5 muestra, una reducción significativa y progresiva de coliformes totales en función de la dosis de microorganismos eficaces aplicada y el tiempo de tratamiento. La concentración inicial (tabla 7) de $3.50\text{E}+05$ NMP/100 ml en el control disminuyó drásticamente con todos los tratamientos, siendo la dosis más alta (D3: 30 ml/L EM-agua) y el mayor tiempo de contacto (T4: 12 días) los que mostraron la mayor eficiencia, alcanzando valores mínimos de $2.63\text{E}+01$ NMP/100 ml, lo que representa una reducción del 99.99%. Esta tendencia confirma una relación dosis-respuesta y tiempo-respuesta claramente definida, donde a mayor concentración de microorganismos eficaces y mayor tiempo de exposición, se obtiene una reducción más pronunciada de coliformes totales.

Las variaciones observadas en la reducción de coliformes se explican por los mecanismos microbiológicos descritos por diversos autores. Javid & Herrera (2012) fundamentan que los microorganismos eficientes reducen la concentración de coliformes totales mediante el principio de competencia y antagonismo que ejercen sobre las bacterias patógenas a través de la producción de antioxidantes, los cuales evitan la putrefacción de la

materia orgánica y disminuyen el pH, generando un medio inhóspito para estos patógenos. Esta explicación se complementa con los hallazgos de Rashid & West (2007), quienes señalan que los inóculos de microorganismos eficaces contienen altas poblaciones de bacterias ácido-lácticas (*Lactobacillus* y *Pedicoccus*) que producen ácido láctico y otros productos antimicrobianos como consecuencia del metabolismo de los carbohidratos presentes en el lixiviado, lo que explica la reducción sostenida observada en todos los tratamientos aplicados.

La comparación con resultados de otros investigadores muestra, resultados obtenidos son consistentes con los reportados por Cunalata Cruz (2017), quien observó una reducción progresiva de coliformes desde 1100 NMP/100ml hasta 70 NMP/100ml en los primeros 15 días, confirmando que la acidez tiene una importancia crucial en el combate de microorganismos patogénicos y reportando reducciones del 99% similares a las obtenidas en este estudio. Sin embargo, contrastan con los hallazgos de Vásquez Chacón (2017), quien reportó un incremento considerable de coliformes totales desde 79 NMP hasta 170,000 NMP a los 120 días de experimentación, concluyendo que los microorganismos eficaces no tuvieron el efecto esperado y facilitaron la proliferación microbiana. Esta discrepancia podría atribuirse a diferencias en las condiciones experimentales, concentraciones de inóculo, calidad del lixiviado o tiempo excesivo de tratamiento que generó condiciones favorables para el crecimiento de patógenos. Los resultados demuestran que, bajo condiciones controladas adecuadas, siguiendo los principios establecidos por Higa (2002) sobre la fermentación con microorganismos eficaces que suprime la putrefacción y crea condiciones antioxidantes eliminando la propagación de microorganismos patógenos, la aplicación de microorganismos eficaces es altamente efectiva para la reducción de coliformes totales en lixiviados.

Tabla 8

Análisis de la varianza (ANOVA- dos factores) de la concentración de coliformes totales

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Dosis (d)	26815873.2	2	13407936.6	963.813911	1.1961E-23	3.40282611
Tiempo (t)	25151470.8	3	8383823.58	602.661397	1.0235E-22	3.00878657
Interacción (dxt)	34551308.8	6	5758551.47	413.946768	5.2796E-23	2.50818882
Dentro del grupo (EE)	333872	24	13911.3333			
Total	86852524.8	35				

CV=14%.

La tabla 8 muestra el análisis de varianza de dos vías, se observa que tanto la dosis de microorganismos eficaces ($F = 963.81$, $p < 0.001$) como el tiempo de tratamiento ($F = 602.66$, $p < 0.001$) ejercen efectos altamente significativos sobre la concentración de coliformes totales en el lixiviado tratado. Estos valores de F superan considerablemente sus valores críticos correspondientes (3.40 y 3.01), confirmando estadísticamente que ambos factores influyen de manera determinante en la reducción microbiana. La dosis presenta el mayor valor F, indicando su mayor impacto en la variabilidad de los resultados. La interacción significativa entre dosis y tiempo ($F = 413.95$, $p < 0.001$) revela que el efecto de incrementar la dosis varía según la duración del tratamiento, explicando por qué las combinaciones de dosis altas con tiempos prolongados generaron las mayores reducciones. La suma de cuadrados de la interacción (34,551,308.8) supera a la de los factores individuales, confirmando que el efecto sinérgico contribuye más a la variabilidad total que cualquier factor por separado.

El error experimental o variabilidad residual ($SCE = 333,872$, promedio de cuadrados = 13,911.33) es bajo comparado con los factores principales y la interacción, lo que indica que la mayoría de la variabilidad observada se debe a los tratamientos aplicados y no a causas aleatorias del lixiviado, validando la confiabilidad de los resultados y la relación causa-efecto. El coeficiente de variación del 14% indica además que el experimento tuvo buena precisión, ya que este valor está dentro del rango aceptable para estudios microbiológicos.

4.1.2. Concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Tabla 9

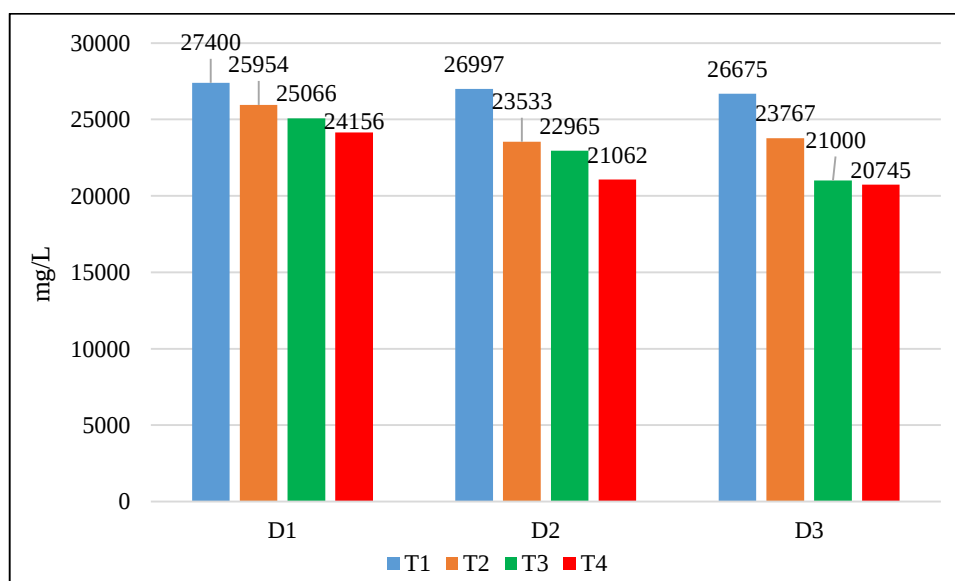
Concentración de la DBO₅ en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (mg/L)

Tiempo	Dosis			
	D0	D1	D2	D3
T1	28100	27700	27003	26745
		27400	26978	26542
		27100	27009	26738
Media		27400	26997	26675
T2	28100	25899	25600	24500
		25976	22400	24000
		25987	22600	22800
Media		25954	23533	23767
T3	28100	25069	23657	21200
		25085	22548	20700
		25043	22689	21100
Media		25066	22965	21000
T4	28100	24171	20987	20687
		24138	20900	20758
		24158	21300	20789
Media		24156	21062	20745

Nota: D0 = Control (sin EM-agua); D1 = lixiviado con 10 ml/L EM-agua; D2 = lixiviado con 20 ml/L EM-agua; D3 = lixiviado con 30 ml/L EM-agua. T1 = 1 día; T2 = 3 días; T3 = 6 días; T4 = 12 días.

Figura 6

Concentración de la DBO₅ en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (mg/L)



La figura 6 muestra los resultados de la DBO₅, indican una disminución progresiva conforme se incrementó la dosis de microorganismos eficaces (EM) y el tiempo de tratamiento. Inicialmente, el valor de DBO₅ en el control (D0) (tabla 9) fue constante en 28,100 mg/L. Con la aplicación de 10 ml/L de EM (D1), se observó una reducción leve, alcanzando una media de 24,156 mg/L al día 12. En los tratamientos con 20 ml/L (D2) y 30 ml/L (D3), los valores descendieron a 21,062 mg/L y 20,745 mg/L respectivamente en el mismo periodo. Esto demuestra que tanto una mayor dosis como un mayor tiempo de exposición incrementan la eficiencia de los EM en la remoción de materia orgánica biodegradable.

Según Higa (2002), los microorganismos eficaces descomponen compuestos orgánicos complejos como aminoácidos, azúcares y ácidos nucleicos a través de procesos metabólicos específicos. Este consorcio microbiano, que incluye bacterias fotosintéticas, bacterias ácido-lácticas y levaduras, actúa de manera sinérgica para transformar dichos compuestos en sustancias más simples y estables, lo que reduce la carga orgánica del lixiviado y, por ende, la DBO₅.

Por su parte, Fernández Quispe (2025) señala que el mecanismo de acción se basa en una sinergia metabólica entre microorganismos predominantemente anaeróbicos que permiten la mineralización de la materia orgánica. Las levaduras generan metabolitos que son utilizados por otros microorganismos, y las bacterias fotosintéticas sintetizan compuestos que favorecen la degradación de sustratos recalcitrantes. Además, se mejora el entorno químico del lixiviado, favoreciendo la colonización de especies especializadas en la degradación de compuestos orgánicos, lo que contribuye a una disminución significativa de la DBO₅.

Comparando estos resultados con otras investigaciones, Liberato Soto (2020) también reportó una mayor eficiencia en la remoción de DBO₅ al incrementar la dosis de EM, logrando una reducción de 3054 a 1127 mg/L. Esto confirma que el aumento de

concentración del consorcio microbiano potencia la degradación de la carga orgánica. Sin embargo, en el estudio de Vásquez Chacón (2017), se observó un aumento en la DBO₅, de 91,2 a 6569 mg/L, lo cual fue atribuido al crecimiento poblacional de los EM, los cuales al ser aerobios aumentan la demanda de oxígeno en sus primeras etapas de desarrollo. Esta diferencia puede deberse al tipo de lixiviado y al momento de la medición, ya que, en tu estudio, tras un periodo de adaptación, la actividad degradativa superó esta demanda inicial. Por otro lado, los resultados coinciden con los de Cunalata Cruz (2017), quien logró reducir la DBO₅ de 164 a 6 mg/L, mostrando una disminución constante a lo largo del tiempo, lo que reafirma que el tiempo de exposición a los EM es un factor decisivo en la eficiencia del tratamiento.

Tabla 10

Análisis de la varianza (ANOVA- dos factores) de la concentración de DBO₅

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Dosis (d)	44461262.7	2	22230631.4	58.4414813	5.9736E-10	3.40282611
Tiempo (t)	128701246	3	42900415.2	112.779694	2.7842E-14	3.00878657
Interacción (dxt)	13137313.9	6	2189552.32	5.7560525	0.00079499	2.50818882
Dentro del grupo	9129391.33	24	380391.306			
Total	195429214	35				

CV= 3%.

La tabla 10 presenta el análisis de varianza de dos vías aplicado a los datos de concentración de coliformes totales en el lixiviado tratado con microorganismos eficaces. Los resultados muestran que tanto la dosis de EM ($F = 58.44$, $p < 0.001$) como el tiempo de tratamiento ($F = 112.78$, $p < 0.001$) ejercen efectos altamente significativos sobre la reducción microbiana. Ambos valores “F” superan ampliamente sus respectivos valores críticos (3.40 para dosis y 3.01 para tiempo), lo que indica que las diferencias encontradas entre tratamientos son estadísticamente significativas. El factor tiempo presentó el valor “F” más alto, lo que sugiere que la duración del tratamiento mostro mayor influencia en la

disminución de la DBO₅ que la dosis por sí sola. Sin embargo, la interacción entre dosis y tiempo también fue significativa ($F = 5.76$, $p < 0.001$), lo cual evidencia que el efecto de incrementar la dosis varía en función del tiempo de exposición. Es decir, las combinaciones de dosis elevadas con tiempos prolongados generaron los mayores niveles de remoción bacteriana, confirmando un efecto sinérgico entre ambos factores.

El coeficiente de variación (CV) fue de 3 %, lo que demuestra una excelente precisión experimental, ya que se encuentra dentro del rango aceptable para estudios microbiológicos. Asimismo, la baja suma de cuadrados del error (9,129,391.3) en comparación con los factores principales confirma que la mayoría de la variabilidad observada se debe a los tratamientos aplicados y no al error experimental.

4.1.3. Concentración de oxígeno disuelto

Tabla 11

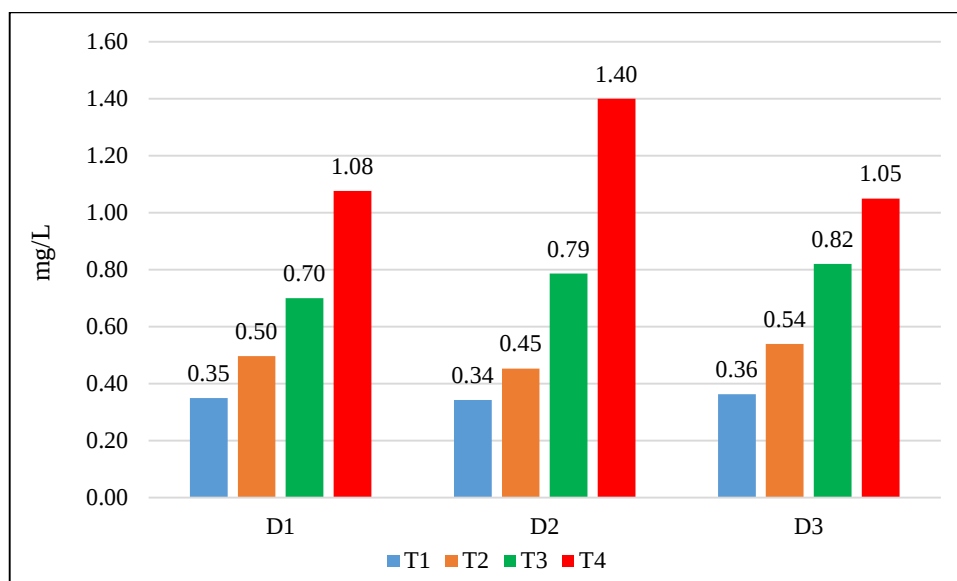
Concentración del oxígeno disuelto en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (mg/L)

Tiempo	Dosis			
	D0	D1	D2	D3
T1	0.25	0.33	0.34	0.36
		0.35	0.34	0.36
		0.37	0.35	0.37
Media		0.35	0.34	0.36
T2	0.27	0.45	0.46	0.6
		0.57	0.46	0.52
		0.47	0.44	0.5
Media		0.50	0.45	0.54
T3	0.29	0.7	0.76	0.8
		0.71	0.78	0.82
		0.69	0.82	0.84
Media		0.70	0.79	0.82
T4	0.27	1.09	1.39	1.16
		1.1	1.12	0.99
		1.04	1.69	1
Media		1.08	1.40	1.05

Nota: D0 = Control (sin EM-agua); D1 = lixiviado con 10 ml/L EM-agua; D2 = lixiviado con 20 ml/L EM-agua; D3 = lixiviado con 30 ml/L EM-agua. T1 = 1 día; T2 = 3 días; T3 = 6 días; T4 = 12 días.

Figura 7

Concentración del oxígeno disuelto en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (mg/L)



En la figura 7 se observa, que la concentración de oxígeno disuelto (OD) en los lixiviados tratados aumentó progresivamente en función del tiempo de tratamiento y la dosis de microorganismos eficaces (EM). En el tratamiento control (D0) (tabla 11), los valores de OD se mantuvieron bajos, variando entre 0.25 y 0.29 mg/L en todos los tiempos evaluados. Sin embargo, en los tratamientos con EM, se registraron incrementos notables. Al día 12 (T4), los valores promedio de OD fueron de 1.08 mg/L con 10 ml/L (D1), 1.40 mg/L con 20 ml/L (D2) —el valor más alto obtenido— y 1.05 mg/L con 30 ml/L (D3), lo cual sugiere que una dosis intermedia combinada con un mayor tiempo de exposición favorece una mayor oxigenación del lixiviado.

Este comportamiento puede explicarse por la actividad del consorcio microbiano presente en los EM, que inicialmente consume oxígeno durante la degradación de la materia orgánica, pero con el tiempo reduce significativamente la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), permitiendo que el OD aumente. Vásquez Chacón (2019) reportó un incremento del OD de 0.21 a 0.28 mg/L en un periodo de 20 días tras la aplicación de EM, atribuyendo este

aumento a la disminución de la carga orgánica y la estabilización del medio debido a la actividad de bacterias aerobias adaptadas. Este patrón se replicó en la investigación, aunque con valores absolutos superiores y en menor tiempo.

Rodríguez et al. (2023) también señalaron que es común observar aumentos leves de OD en el tratamiento con EM, como resultado de la reducción progresiva de la carga orgánica biodegradable, lo cual disminuye el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos y permite que la concentración de OD se recupere o incremente levemente. Esta dinámica se evidenció en el estudio, especialmente a partir del tercer día de tratamiento.

Por su parte, Cunalata Cruz (2017) registró inicialmente un valor promedio de OD de 8.5 mg/L en su zona de estudio, el cual disminuyó y posteriormente se recuperó parcialmente, alcanzando finalmente los 4 mg/L. Esta variación fue atribuida tanto a la actividad microbiana como a posibles fuentes externas de contaminación en el entorno del relleno sanitario. Aunque los valores absolutos difieren debido a las condiciones iniciales del lixiviado, ambos estudios coinciden en que los EM pueden generar fases alternas de consumo y recuperación del OD, dependiendo del equilibrio entre la actividad microbiana y la disponibilidad de materia orgánica.

En cambio, Florián Zabaleta (2022) no observó variaciones significativas en los niveles de OD tras la aplicación de EM, lo cual sugiere que la efectividad del tratamiento también depende de factores como la composición específica del lixiviado, el nivel de oxigenación inicial y las condiciones ambientales. Esta diferencia resalta la importancia de ajustar la dosis y el tiempo de exposición según las características del sistema tratado. Los resultados confirman que la aplicación de microorganismos eficaces incrementa levemente la concentración de oxígeno disuelto en lixiviados, especialmente cuando se combinan dosis adecuadas (20 ml/L) con periodos de tratamiento prolongados (hasta 12 días).

4.1.4. Valores de temperatura

Tabla 12

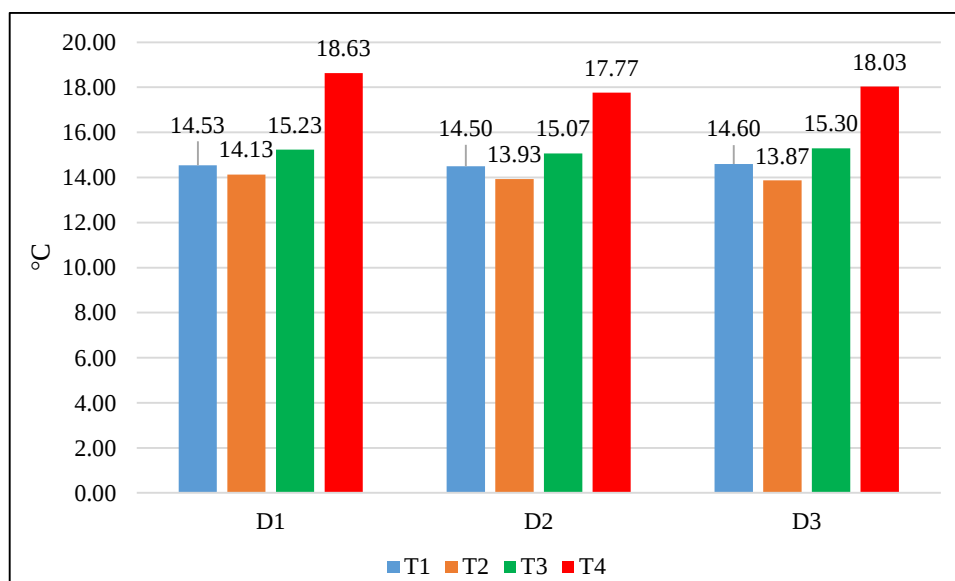
Valores de temperatura en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (°C)

Tiempo	Dosis			
	D0	D1	D2	D3
T1	15.20	14.9	15	15
		14.5	14.4	14.7
		14.2	14.1	14.1
Media		14.53	14.50	14.60
T2	14.00	14.6	14.2	14
		13.9	13.8	13.9
		13.9	13.8	13.7
Media		14.13	13.93	13.87
T3	15.50	14.9	14.8	15.2
		15.6	15.3	15.3
		15.2	15.1	15.4
Media		15.23	15.07	15.30
T4	17.50	18.7	17.9	18.1
		18.5	17.5	18.1
		18.7	17.9	17.9
Media		18.63	17.77	18.03

Nota: D0 = Control (sin EM-agua); D1 = lixiviado con 10 ml/L EM-agua; D2 = lixiviado con 20 ml/L EM-agua; D3 = lixiviado con 30 ml/L EM-agua. T1 = 1 día; T2 = 3 días; T3 = 6 días; T4 = 12 días.

Figura 8

Valores de temperatura en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces (°C)



En la figura 8 se muestra que la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en lixiviados generó ligeras variaciones en la temperatura del medio a lo largo del tratamiento. En general, se observaron valores de temperatura que oscilaron entre 13.87 °C y 18.63 °C en los tratamientos con EM, frente a un rango más amplio en el control (14 °C a 17.5 °C, tabla 12). Al finalizar el experimento (T4), los tratamientos con EM presentaron temperaturas promedio levemente superiores al inicio, alcanzando 18.63 °C con 10 ml/L de EM (D1), 17.77 °C con 20 ml/L (D2) y 18.03 °C con 30 ml/L (D3), mientras que el control se mantuvo en 17.5 °C. Aunque el incremento térmico no fue sustancial, esta tendencia ascendente en los tratamientos con EM puede atribuirse a la actividad metabólica del consorcio microbiano, tal como lo explica Zhi et al. (2024), quienes señalan que durante la degradación aeróbica de compuestos orgánicos se libera energía térmica, elevando la temperatura del sistema si no hay una disipación eficiente.

De forma complementaria, Mieczkowski et al. (2016) afirman que una mayor actividad microbiana en presencia de consorcios eficientes genera un aumento térmico derivado del calor metabólico producido durante la degradación de compuestos orgánicos, especialmente en entornos aeróbicos. Aunque los niveles alcanzados en este estudio (máximo 18.63 °C) no se aproximan a los rangos óptimos indicados por dichos autores (25–30 °C), sí reflejan un comportamiento coherente con el inicio de una actividad degradativa. Vasquez Chacón (2019) también observó una tendencia similar al reportar que el incremento de dosis de EM promovió un aumento de temperatura de 19.6 °C a 22.03 °C, atribuyendo este comportamiento a la intensificación de la actividad microbiana. En contraste, Florian Zabaleta (2022) no reportó cambios en la temperatura, lo que puede deberse a condiciones ambientales distintas o a una baja tasa de metabolismo microbiano en su ensayo.

4.1.5. Valores de pH

Tabla 13

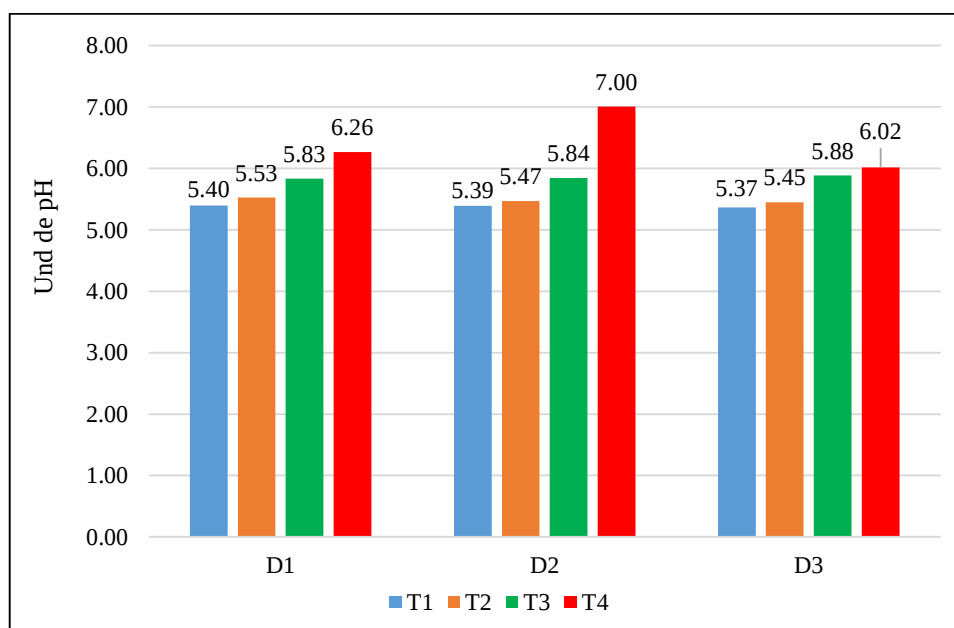
Valores de pH en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces

Tiempo	Dosis			
	D0	D1	D2	D3
T1	5.48	5.41	5.35	5.39
		5.37	5.38	5.32
		5.41	5.44	5.39
Media		5.40	5.39	5.37
T2	5.48	5.55	5.41	5.49
		5.45	5.42	5.43
		5.58	5.57	5.42
Media		5.53	5.47	5.45
T3	5.47	5.83	5.86	5.89
		5.82	5.83	5.89
		5.85	5.84	5.87
Media		5.83	5.84	5.88
T4	5.48	6.17	6.04	5.99
		6.15	6	6.31
		6.47	8.97	5.75
Media		6.26	7.00	6.02

Nota: D0 = Control (sin EM-agua); D1 = lixiviado con 10 ml/L EM-agua; D2 = lixiviado con 20 ml/L EM-agua; D3 = lixiviado con 30 ml/L EM-agua. T1 = 1 día; T2 = 3 días; T3 = 6 días; T4 = 12 días

Figura 9

Valores de pH en los lixiviados antes y después de la aplicación de microorganismos eficaces



La figura 9 muestra una tendencia al incremento progresivo del pH en los lixiviados tras la aplicación de microorganismos eficaces (EM), especialmente a partir del tercer y sexto día de tratamiento. En el tiempo T1 (1 día), el pH promedio en los tratamientos con EM varió levemente entre 5.37 y 5.40, muy cercano al control (5.48) (tabla 13), lo que sugiere que durante las primeras 24 horas la actividad microbiana no generó cambios significativos en la acidez del medio. Sin embargo, a partir de T2 (3 días), el pH comenzó a elevarse moderadamente, y para T3 (6 días) se evidenció una mayor neutralización, con valores promedio que alcanzaron 5.83 (D1), 5.84 (D2) y 5.88 (D3), en comparación con el control que se mantuvo en 5.47 (tabla 13). En T4 (12 días), el incremento fue más marcado: el tratamiento con 10 ml/L (D1) alcanzó un promedio de 6.26, y el de 20 ml/L (D2) incluso alcanzó un valor medio de 7.00, cercano a la neutralidad, mientras que D3 (30 ml/L) presentó una media de 6.02.

Este aumento gradual del pH puede atribuirse a los procesos metabólicos desarrollados por los microorganismos eficaces, los cuales, durante la degradación de materia orgánica, primero producen ácidos orgánicos (como resultado de la fermentación) que generan una ligera acidificación inicial. No obstante, conforme avanza la actividad microbiana, se generan productos metabólicos alcalinos como amonio, compuestos nitrogenados y bicarbonatos, los cuales neutralizan la acidez del medio y elevan el pH (Calderón et al., 2020). Dicho comportamiento es coherente con lo reportado por Emenike et al. (2024), quienes observaron que el pH se estabiliza entre valores neutros y ligeramente alcalinos (7–8) tras la aplicación de EM, favoreciendo un entorno óptimo para la remoción de contaminantes.

Asimismo, los resultados coinciden con los obtenidos por Libreato Soto (2020), quien observó que, tras aplicar EM al lixiviado, el pH se elevó de 7.40 a 8.83. Aunque en su caso la tendencia mostró leves disminuciones al incrementar la dosis, este efecto puede estar

vinculado con un posible exceso de fermentación o acumulación de ácidos en etapas avanzadas del tratamiento. En el estudio, si bien el mayor incremento de pH se observó en D2 (20 ml/L), en la dosis más alta (D3 = 30 ml/L), el pH final fue levemente menor, lo cual podría deberse a una sobrepoblación microbiana que incrementa la producción de ácidos orgánicos si no se acompaña de una adecuada oxigenación.

Por su parte, Vásquez Chacón (2019) también reportó un incremento del pH entre 7.5 y 8.27, atribuyéndolo a la edad del lixiviado (8 años) y a la adaptación de bacterias fototróficas capaces de consumir dióxido de carbono, lo cual reduce la formación de ácido carbónico y favorece condiciones más alcalinas. En cambio, Cunalata Cruz (2017) observó un pH inicial alcalino (8.27) que se mantuvo relativamente constante durante 75 días, con una mínima reducción final a 7.85, lo cual sugiere que, en algunos casos, dependiendo de la composición inicial del lixiviado y el tipo de EM utilizados, la variación del pH puede ser más estable.

4.2. Tiempo Óptimo de Aplicación de Microorganismos Eficaces en los Módulos de Experimentación con Lixiviados

4.2.1. Tiempo óptimo en la remoción de coliformes totales

Tabla 14

Análisis de Tukey al 5% en función al tiempo en la remoción de coliformes totales

grupo 1	grupo 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	Cohen d
TIEMPO 1	TIEMPO 2	1472	462.860	3.1802	-301.68	3245.68	0.13192	1.0600
TIEMPO 1	TIEMPO 3	1954.6	462.860	4.2230	180.98	3728.34	0.02626	1.4076
TIEMPO 1	TIEMPO 4	2122.7	462.860	4.5862	349.09	3896.45	0.01397	1.5287
TIEMPO 2	TIEMPO 3	482.66	462.860	1.0427	-1291.01	2256.34	0.88129	0.3475
TIEMPO 2	TIEMPO 4	650.77	462.860	1.4059	-1122.90	2424.45	0.75375	0.4686
TIEMPO 3	TIEMPO 4	168.11	462.860	0.3632	-1605.57	1941.79	0.99394	0.1210

La tabla 14 muestra el análisis de Tukey al 5%, permitió determinar con precisión el momento de mayor eficiencia en la remoción de coliformes totales en el tratamiento del lixiviado. Los resultados muestran que existe una diferencia estadísticamente significativa

entre el día 1 y el día 12 del tratamiento ($p = 0.01397$), con una diferencia media de 2122.7 unidades y un valor de Cohen's d de 1.53, lo que indica un efecto alto. Este hallazgo señala que al día 12 se alcanza la mayor reducción microbiana, siendo el punto de máxima eficiencia del tratamiento con microorganismos eficaces.

También se observó una diferencia significativa entre el día 1 y el día 6 ($p = 0.02626$), con una media de 1954.6 unidades y un tamaño del efecto de 1.40, lo que sugiere que la eficacia comienza a incrementarse de forma importante desde el sexto día. Sin embargo, entre los días 6 y 12 no se registraron diferencias significativas ($p > 0.99$), lo que indica que la remoción se estabiliza a partir del día 6, pero alcanza su punto más alto a los 12 días. Por lo tanto, se concluye que el tiempo óptimo de tratamiento es de 12 días, ya que es cuando se obtiene la mayor eficiencia en la remoción de coliformes totales.

4.2.2. Tiempo óptimo en la remoción de la DBO_5

Tabla 15

Análisis de Tukey al 5% en función al tiempo en la remoción de la DBO_5

Grupo 1	Grupo 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	Cohen d
Tiempo 1	Tiempo 2	2605.88	481.34	5.413	761.369	4450.40	0.00302647	1.80
Tiempo 1	Tiempo 3	4013.77	481.34	8.338	2169.25	5858.29	8.4624E-06	2.77
Tiempo 1	Tiempo 4	5036.33	481.34	10.463	3191.81	6880.85	1.1974E-07	3.48
Tiempo 2	Tiempo 3	1407.88	481.34	2.924	-436.63	3252.40	0.18525156	0.97
Tiempo 2	Tiempo 4	2430.44	481.34	5.049	585.92	4274.96	0.00601973	1.68
Tiempo 3	Tiempo 4	1022.55	481.34	2.124	-821.96	2867.07	0.44805827	0.70

La tabla 15 presenta el análisis de Tukey al 5% aplicado a los datos de remoción de DBO_5 , permitiendo identificar el tiempo óptimo del tratamiento con microorganismos eficaces. Los resultados revelan que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el día 1 y el día 12 ($p = 1.19 \times 10^{-7}$), con una diferencia media de 5036.33 mg/L y un tamaño del efecto de Cohen d = 3.48, lo que representa un efecto muy alto. Esto indica que al día 12 se alcanza la mayor eficiencia en la reducción de la carga orgánica, posicionándose como el momento más efectivo del tratamiento.

Asimismo, se encontraron diferencias significativas entre el día 1 y el día 6 ($p = 8.46 \times 10^{-6}$) y entre el día 1 y el día 3 ($p = 0.0030$), con diferencias medias de 4013.77 mg/L y 2605.88 mg/L, y tamaños del efecto de 2.77 y 1.80, respectivamente. Esto evidencia que la remoción de DBO₅ mejora progresivamente desde el día 3. Sin embargo, las comparaciones entre los días 6 y 12 ($p = 0.448$) y entre los días 3 y 6 ($p = 0.185$) no mostraron diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere que la eficiencia se estabiliza a partir del sexto día. En conjunto, se concluye que, aunque la mejora en la remoción inicia desde el día 3, el tratamiento alcanza su máxima eficiencia al día 12.

4.3. Dosis Óptima de Microorganismos Eficaces para Mejorar la Calidad del Lixiviado

4.3.1. Dosis óptima en la remoción de coliformes totales

Tabla 16

Análisis de Tukey al 5% en función a la dosis en la remoción de coliformes totales

Grupo 1	Grupo 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	Cohen d
Dosis 0	Dosis 1	347949.83	643.89	540.38	345246.11	350653.5	4.10E-15	270.19
Dosis 0	Dosis 2	349764.16	643.89	543.19	347060.44	352467.8	4.10E-15	271.59
Dosis 0	Dosis 3	349796.75	643.89	543.25	347093.02	352500.4	4.10E-15	271.62
Dosis 1	Dosis 2	1814.333	643.89	2.817	-889.38	4518.05	0.243826	1.4088
Dosis 1	Dosis 3	1846.916	643.89	2.868	-856.80	4550.63	0.231353	1.434
Dosis 2	Dosis 3	32.58333	643.89	0.050	-2671.13	2736.30	0.999982	0.0253

La tabla 16 muestra el análisis de Tukey al 5% aplicado a las diferentes dosis de microorganismos eficaces (EM-agua) en la remoción de coliformes totales en lixiviados. Se observó una diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$) entre el control (dosis 0) y todas las dosis aplicadas (dosis 1, 2 y 3). La diferencia media entre la dosis 0 y la dosis 3 fue de 349,796.75 unidades, con un valor extremadamente alto de Cohen's $d = 271.62$, indicando un efecto masivo de los microorganismos eficaces en la eliminación microbiana en comparación con el control sin tratamiento. Resultados similares se evidenciaron en las comparaciones con la dosis 1 ($d = 270.19$) y dosis 2 ($d = 271.59$), lo que confirma la eficacia del tratamiento con EM frente al control.

No obstante, entre las dosis tratadas (10, 20 y 30 ml/L) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.23$), lo cual sugiere que, aunque todas las dosis de EM aplicadas fueron efectivas frente al control, aumentar la concentración por encima de 10 ml/L no produjo mejoras adicionales significativas en la remoción de coliformes totales. Por lo tanto, se concluye que el uso de microorganismos eficaces tiene un impacto significativo en la reducción de coliformes, pero dosis superiores a 10 ml/L no aportan una ventaja estadísticamente diferenciable en la eficacia del tratamiento.

4.3.2. Dosis óptima en la remoción de la DBO₅

Tabla 17

Análisis de Tukey al 5% en función a la dosis en la remoción de la DBO₅

Grupo 1	Grupo 2	mean	std err	q-stat	lower	Upper	p-value	Cohen d
dosis 0	dosis 1	2456.16	992.46	2.474	-1711.20	6623.53	0.342	1.23740517
dosis 0	dosis 2	4460.75	992.46	4.494	293.38	8628.11	0.034	2.2473048
dosis 0	dosis 3	5053.41	992.46	5.091	886.04	9220.78	0.016	2.54588746
dosis 1	dosis 2	2004.58	992.46	2.019	-2162.78	6171.95	0.506	1.00989962
dosis 1	dosis 3	2597.25	992.46	2.616	-1570.11	6764.61	0.298	1.30848229
dosis 2	dosis 3	592.666	992.46	0.597	-3574.70	4760.03	0.973	0.29858267

La tabla 17 presenta los resultados del análisis de Tukey al 5% para evaluar el efecto de diferentes dosis de microorganismos eficaces (EM-agua) sobre la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (DBO₅) en lixiviados. Se observó una diferencia estadísticamente significativa entre la dosis 0 (sin EM) y la dosis 2 (20 ml/L), con una diferencia media de 4460.75 mg/L ($p = 0.034$) y un tamaño del efecto elevado (Cohen's $d = 2.24$), lo que indica una mejora sustancial en la eficiencia del tratamiento a esa dosis. Asimismo, la comparación entre la dosis 0 y la dosis 3 (30 ml/L) fue la mayor diferencia significativa ($p = 0.016$), con una diferencia media de 5053.41 mg/L y un tamaño del efecto muy alto (Cohen's $d = 2.54$), lo que evidencia que el uso de EM a dosis más altas mejora notablemente la reducción de carga orgánica.

En contraste, no se encontraron diferencias significativas entre las dosis tratadas entre sí (dosis 1 vs. 2, 1 vs. 3, y 2 vs. 3), todas con valores de p mayores a 0.29, lo cual indica que, aunque dosis de 20 y 30 ml/L muestran una mayor eficacia frente al control, no existen diferencias estadísticas claras entre ellas. Incluso, la diferencia entre dosis 1 (10 ml/L) y el control no fue significativa ($p = 0.342$), aunque mostró un tamaño del efecto moderado (Cohen's $d = 1.23$), lo que sugiere que la dosis mínima aún genera cierta mejora. En conjunto, estos resultados permiten concluir que las dosis de 30 ml/L.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La aplicación de microorganismos eficaces redujo la concentración de coliformes totales en los lixiviados, pasando de 3.5×10^5 NMP/100 ml en el control a 2.63×10^1 NMP/100 ml con 30 ml/L de EM al día 12. La DBO₅ también disminuyó notablemente, de 28,100 mg/L en el control a 20,745 mg/L con 30 ml/L de EM al día 12. El OD aumentó de 0.27 mg/L a 1.40 mg/L con 20 ml/L de EM al día 12, mientras que la temperatura presentó un incremento leve, de 14.13 °C a 18.63 °C en el mismo periodo. Finalmente, el pH se elevó de valores iniciales de 5.4 hasta alcanzar 7.0 con 20 ml/L al día 12, evidenciando una neutralización progresiva del lixiviado.
- El tiempo óptimo en el tratamiento del lixiviado con microorganismos eficaces fue de 12 días, ya que en este periodo se logró la mayor remoción de coliformes totales (2.63×10^1 NMP/100 ml), con una diferencia significativa frente al día 1 ($p = 0.01397$; Cohen's $d = 1.53$), y la mayor reducción de DBO₅, disminuyendo de 28,100 a 20,745 mg/L ($p = 1.19 \times 10^{-7}$; Cohen's $d = 3.48$). Aunque desde el día 6 ya se observaron mejoras, no hubo diferencias significativas entre los días 6 y 12, lo

que indica que la eficiencia se estabiliza desde el sexto día, pero alcanza su punto máximo al día 12.

- La dosis óptima fue de 30 ml/L, ya que permitió obtener la mayor reducción de DBO₅ respecto al control, con una diferencia media de 5053.41 mg/L ($p = 0.016$; Cohen's $d = 2.54$). En la remoción de coliformes totales, todas las dosis aplicadas (10, 20 y 30 ml/L) fueron significativamente superiores al control ($p < 0.0001$), pero no hubo diferencias estadísticas entre ellas ($p > 0.23$), lo que demuestra que desde 10 ml/L ya se alcanza una remoción efectiva, aunque para reducir materia orgánica, la dosis de 30 ml/L fue la más eficiente.

5.2. Recomendaciones

- Implementar el tratamiento con microorganismos eficaces como una alternativa sostenible para la reducción de coliformes y la mejora de la calidad microbiológica de lixiviados provenientes de residuos orgánicos.
- Para potenciar la disminución de la DBO₅, se sugiere ampliar el tiempo de tratamiento o combinar el uso de EM con otras tecnologías complementarias, como biofiltros o humedales artificiales.
- Evaluar el uso de microorganismos eficaces en la remoción de metales pesados como plomo, cadmio y mercurio, debido a que son contaminantes comunes en lixiviados y no fueron abordados en este estudio.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

BIOEM. (2023). *Una solución genuína, de bajo costo, facil de usar y 100% segura* .

<https://www.em-la.com/es/>

Calderon, C., Montero, A., Núñez, M., & Pazmiño, E. (2020). Laboratory scale evaluation of Effective Microorganisms in the control of odor of organic waste from a market in the city of Riobamba, Ecuador. *Bionatura*, 5(1). <https://revistabionatura.org/vol-5-no-1-2020-6/>

Camones, C., & Noemi, L. (2015). *Efecto de la aplicación de tres dosis de humus y microorganismos eficaces en el cultivo del brocoli (Brassica oleracea var. italica) en Marcara, Carhuaz*. UNASAM.

<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1062>

Carbonel, D. (2025). Caracterización de lixiviados y análisis del índice de potencial de contaminación en dos rellenos sanitarios peruanos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 40, 677-697. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v40/0188-4999-rica-40-55105.pdf>

- Cardona, J., & García, L. A. (2008). *Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la calidad de un agua residual doméstica*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/items/9dec2d77-ab27-4d47-af00-5a26e026eccd>
- Castro, A., Solís, M., Sánchez, A. R., Romero, A., & Soto, J. L. (2023). Producción de ácidos grasos y volátiles mediante la digestión anaerobia: Una revisión. *Frontera Biotecnológica*, 21-26.
<https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol24/pdf/vol-24-4.pdf>
- Cervantes, A., & Marques, M. J. (2007). *Diseño de Experimentos. Curso Práctico*. Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/ecocuan/ecocuan_dis_manual.pdf
- Chaurasia, B., Pandey, A., Palni, L. M., Trivedi, P., Kumar, B., & Colvin, N. (2005). Diffusible and volatile compounds produced by an antagonistic *Bacillus subtilis* strain cause structural deformations in pathogenic fungi in vitro. *Microbiological Research*, 160(1), 75-81. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501304000849>
- Chávez Montes, W. M. (2011). *Tratamiento de lixiviados generados en el relleno sanitario de la Cd. de Chihuahua, Méx.* [Tesis de pregrado, Centro de Investigación en Materiales Avanzados].
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/858/1/Wendy%20Margarita%20Ch%C3%A1vez%20Montes%20MCTA.pdf>
- Chucos Palomino, A. A. (2020). *Impacto ambiental del manejo de residuos sólidos del botadero “El Porvenir” - El Tambo*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental].

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8794/4/IV_FIN_107_TI_Chucos_Palomino_2020.pdf

Cruz Mora, N. (2012). *Aprovechamiento y manejo de desechos orgánicos de cocina utilizando microorganismos eficientes de montaña (MEM) aislados de dos bosques secundarios de Costa Rica*. [Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico de Costa Rica].
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2867/Informe_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cunallata Cruz, R. E. (2017). *Aplicación de microorganismos eficientes para el tratamiento de lixiviados de las celdas emergentes del Cantón La Concordia*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial].
<https://repositorio.ute.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4db594ec-e3b9-4b37-8c78-32d1a57c1c2a/content>

Dávila, A. R., Castillo, L. A., Linares, I., & Martínez, V. (2021). Gestión de los residuos sólidos urbanos y su efecto en el aire, agua y suelo. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 15(15).
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2664-09022021000300045

Emenike, C., Omo, P., Pariatamby, A., Barasarathi, J., & Shahul, F. (2024). Remediation of Leachate-Metal-Contaminated Soil Using Selected Bacterial Consortia. *Soil Syst.*, 8(1). <https://www.mdpi.com/2571-8789/8/1/33>

Environment Protection Authority [EPA]. (2016). *Environmental Guidelines Solid waste landfills*. <https://www.epa.nsw.gov.au/sites/default/files/solid-waste-landfill-guidelines-160259.pdf>

- Fernandez Quispe, R. (2025). *Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para la remoción de DQO, DBO₅ y coliformes termotolerantes en el tratamiento de agua del río Shullcas, 2024*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental].
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/17695/3/IV_FIN_107_TE_Fernandez_Quispe_2025.pdf
- Florian Zavaleta, J. L. (2022). *Impacto del lixiviado del relleno sanitario de Cajamarca en la calidad del agua del Río Cajamarquino, distrito de Jesús, en el año 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/31260>
- Giraldo, E. (2001). Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: avances recientes. *Revista De Ingeniería*, 1(14), 44-55.
<https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/rdi/article/view/6946>
- Gómez, J. A., & Palma, N. P. (2023). *Efecto de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, departamento de Ucayali*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali].
<https://repositorio.unu.edu.pe/items/899f83d4-0f0d-404c-a067-967dd4fba7be>
- Higa, T. (2002). *Una Revolución para Salvar la Tierra*. Emro Europe Branch.
<https://pdfcoffee.com/una-revolucion-para-salvar-la-tierra-4-pdf-free.html>
- Hu, Z., & Grasso, D. (2005). *Chemical oxygen demand*.
- Javid, E., & Herrera, O. (2012). Reducción de coliformes y *Escherichia coli* en un sistema residual lácteo mediante microorganismos benéficos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 67-76.
<https://www.redalyc.org/pdf/3808/380878964004.pdf>

Kcana Puma, H. M. (2021). *Microorganismos eficientes (EM) en la recuperación de un suelo contaminado con cadmio del distrito de San Jerónimo, Cusco*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo].

León, J. G., & Andrade, B. F. (2021). Tratamiento biológico complementario para lixiviados como alternativa para mitigar la contaminación ambiental. Caso: botadero “Curgua”. *Pol. Con.*, 6(6), 1099-1115.

Liberato Soto, N. E. (2020). *Microorganismos eficientes y su efecto en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el centro ecoturístico de protección ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental].
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8572/4/IV_FIN_107_TE_Liberato_Soto_2020.pdf

Liberato Soto, N. E. (2020). *Microorganismos eficientes y su efecto en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el centro ecoturístico de protección ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental].
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8572/4/IV_FIN_107_TE_Liberato_Soto_2020.pdf

Llallico, F. J., Marcelo, C. F., Rojas, Y. K., & Lozano, G. B. (2022). Efecto de lixiviados de plantas de tratamiento de residuos sólidos en la producción de plantones de *Cedrela* sp. *Revista Investigación Agraria*, 4(3), 45-54.
https://www.researchgate.net/publication/366734667_Efecto_de_lixiviados_de plantas_de_tratamiento_de_residuos_solidos_en_la_produccion_de_plantones_de_Cedrela_sp

- López Velásquez, J. E. (2022). Caracterización de los lixiviados producidos por el relleno sanitario de San Pedro La Laguna, Guatemala. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 17(1), 29-41. <https://revistas.usac.edu.gt/index.php/asa/article/view/1416/891>
- López, M., & Parihuamán, C. N. (2018). Impacto Ambiental Generado por el Botadero de Residuos Sólidos en un caserío de la ciudad de Chota. *UCV HACER Rev. Inv. Cult*, 7(2), 1-20. <https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ucv-hacer/article/view/718/690>
- Ludeña Pereyra, M. J. (2019). *Efecto de los microorganismos eficaces en la descomposición de los desechos sólidos orgánicos más estiércol de ganado vacuno en el distrito de José Galvez*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2784>
- Merino Alvarez, A. S. (2022). *Caracterización fisicoquímica de los lixiviados en la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca, año 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/32954>
- Mieczkowski, D., Cydzik, A., Rusanowska, P., & Świąteczak, P. (2016). Cambios inducidos por la temperatura en la eficiencia del tratamiento y la estructura microbiana de gránulos aeróbicos que tratan el lixiviado de vertederos. *Revista Mundial de Microbiología y Biotecnología*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4848331/>
- Mor, S., & Ravindra, K. (2023). Municipal solid waste landfills in lower- and middle-income countries: Environmental impacts, challenges and sustainable management practices. *Process Safety and Environmental Protection*, 174, 510-530. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582023003014>
- Morales Coloma, B. A. (2021). *Estudio comparativo bibliográfico de tratamientos biológicos anaeróbico, aeróbico y anóxico aplicados en lixiviados mediante la utilización de biorreactores*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Chimborazo].

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7574/1/TESIS-ESTUDIO%20COMPARATIVO%20BIBLIOGR%c3%81FICO%20DE%20TRATAMIENTOS%20BIOL%c3%93GICOS%20ANAER%c3%93BICO%2c%20AER%c3%93BIO%20Y%20AN%c3%93XICO%20APLIC.pdf>

Morales, J. P., Goitia, C. A., Guillen, G. S., & Morales, J. F. (2024). *Lixiviados y desechos sólidos Una inmersión profunda en la gestión ambiental*. Patria.

https://www.researchgate.net/publication/380530147_LIXIVIADOS_Y_DESECHOS_SOLIDOS

Naranjo Pacha, E. I. (2013). *Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/06d35541-fea0-4b4e-9d36-1d1acb87f8e8/content>

Norma OS. 090. (2006). *Planta de tratamiento de aguas residuales*.

https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.090.pdf

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (2005). *Resolución N.º 00002-2025-OEFA/DSIS: Actualización del Inventario Nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos*.

Palomino Salvatierra, K. I. (2022). *Aplicación de microorganismos eficaces en la obtención de bokashi mejorado a partir de residuos orgánicos domiciliarios, Cangallo 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental].

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12392>

Polo, M., & Guevara, E. (2001). Contaminación de acuíferos por efecto de los lixiviados en el área adyacente al vertedero de desechos sólidos la Guásima, Municipio Libertador,

Estado Carabobo. *Revista INGENIERÍA UC*, 8(2), 1-12.

<https://www.redalyc.org/pdf/707/70780202.pdf>

Pozo, J., García, J. A., & Vázquez, Y. (2020). Estimación del caudal medio de lixiviados generados en el vertedero de Viñales, Pinar del Río. *Avances*, 22(3).

<https://www.redalyc.org/journal/6378/637869117002/html/>

Rafael Avila, M. d. (2015). *Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga – Huancayo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3511/Rafael%20Avila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rashed, E. M., & Massoud, M. (2015). The effect of effective microorganisms (EM) on EBPR in modified contact stabilization system. *HBRC Journal*, 11(3), 384-392.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687404814000558>

Rashid, M. T., & West, J. (2007). Dairy Wastewater Treatment with Effective Microorganisms and Duckweed for Pollutants and Pathogen Control. *Decision-Making and Environmental Security*, 93-102.

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-6027-4_10

Rodríguez, K., Aguila, R., Bello, J. d., Ortega, L., & Michelena, G. (2023). Tratamiento biológico con microorganismos eficientes, para reducir la carga contaminante en aguas residuales de la industria azucarera y los derivados. *Icidca sobre los derivados de la caña de azúcar*, 57(2), 83-96. <https://www.revista.icidca.azcuba.cu/wp-content/uploads/2023/09/articulo-11.pdf>

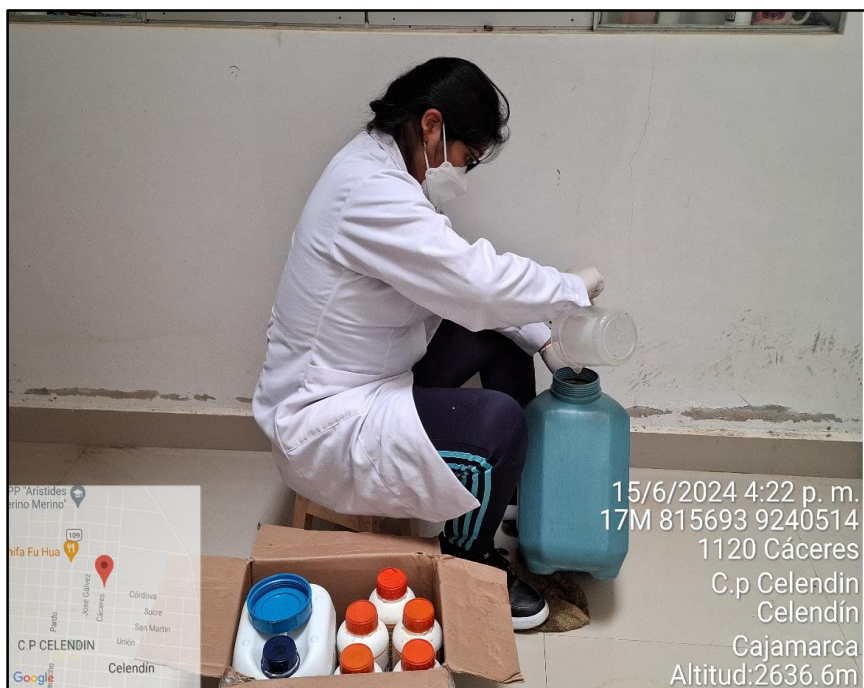
- Rodríguez, R. I., Rodríguez, C. S., Monroy, C. O., & Ramírez, F. (2015). Producción de metano a partir de la mezcla del lixiviado de residuos sólidos urbanos y el agua residual municipal. *Rev. Cub. Quim.*, 27(3), 243-251.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212015000300003
- Schlatter, D., Kinkel, L., Thomashow, L., Weller, D., & Paulitz, T. (2017). Disease Suppressive Soils: New Insights from the Soil Microbiome. *Phytopathology*, 107(11), 1284-1297. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28650266/>
- Soluciones integrales para la agroindustria [MGL]. (s.f.). *EM Agua*.
<https://mgl.pe/productos/productos-em/em-agua/>
- Szymanski, N., & Patterson, R. A. (2003). Effective Microorganisms (EM) and Wastewater Systems. <https://lanfaxlabs.com/papers/P53-03-Szymanski-Patterson.PDF>
- Tanya, M., & Leiva, 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>
- Torres, P., Barba, L. E., Ojeda, C., Martínez, J., & Castaño, Y. (2014). Influencia de la edad de lixiviados sobre su composición físico-química y su potencial de toxicidad. *rev.udcaactual.divulg.cient.*, 17(1), 245-255.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v17n1/v17n1a27.pdf>
- Vargas Teran, L. J. (2019). *Aplicación de microorganismos eficientes para mejorar la descomposición de residuos sólidos orgánicos en el centro compostero de Granja Porcón - Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36071>

- Vásquez Chacón, M. A. (2017). *Efecto de los microorganismos eficaces en la calidad fisicoquímica y microbiológica de los lixiviados del relleno sanitario municipal de Cajamarca*. [Tesis de postgrado, Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1197/Efecto%20de%20los%20microorganismos%20eficaces%20en%20la%20calidad%20fisicoquimica%20y%20microbiologica%20de%20los%20lixivi.pdf;jsessionid=4BC9ACBBD6C60B51AD80980B4FE8D7AA?sequence=1>
- Vera, P., Vera, L. A., Minchán, J. R., & Quiliche, M. I. (2023). Cinética de metales pesados en lixiviados de un relleno sanitario de Cajamarca, Perú. *Revista Amazónica De Ciencias Ambientales Y Ecológicas*, 2(2).
<https://revistas.unsm.edu.pe/index.php/reacae/article/view/512>
- Wood, M., Higa, T., Farrelly, P., & Simpson, B. (2002). *EM projects in USA. Seventh International Conference on Kyusei Nature Farming*. Proceedings of the Conference on Nature Farming for the 21 Century. EM Research Organization, Okinawa, JP.
- Yu, L., & Brooks, L. (2016). Food Industry Protein By-Products and Their Applications. *Protein Byproducts*, 120-132.
https://www.researchgate.net/publication/306326241_Food_Industry_Protein_By-Products_and_Their_Applications
- Zhi, L., Jia, Y., & Hao, Z. (2024). Increase metabolic heat to compensate for low temperature in activated sludge systems. *Water Res.* <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38154337/>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Registro fotográfico

Preparación de la solución con EM*Toma de muestra del lixiviado de la zona de compostaje*

Ubicación de los contenedores para aplicación de tratamientos



Acondicionamiento para los tratamientos con EM



Aplicación de los EM al lixiviado



Distribución de los tratamientos



Toma de muestras de parámetros biológicos



Toma de muestras de parámetros químicos



Toma de muestras para envío a laboratorio externo



Toma de parâmetros físicos – Lab. EAPIAC



Informes de Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca: parámetros físico, químico y microbiológico

Resultados 1° día

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA		 INACAL DA - Perú Acreditado	
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N°		IE 06240718	
DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	OYARCE ORTIZ LIZBETH ANABEL		
Dirección	PASAJE HUANDÓY NRO. 167		
Persona de contacto	OYARCE ORTIZ LIZBETH ANABEL	Correo electrónico	lizbethanabelovarce@gmail.com
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	25.06.24	Hora de Muestreo	10:30 a 11:15
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	10		
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos- Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Celendín		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-875	Cadena de Custodia	CC - 0718 - 24
Fecha y Hora de Recepción	25.06.24 15:20	Inicio de Ensayo	25.06.24 15:40
Reporte Resultado	04.07.24 15:00		
 Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA Cajamarca, 04 de Julio de 2024			
Página: 1 de 6			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



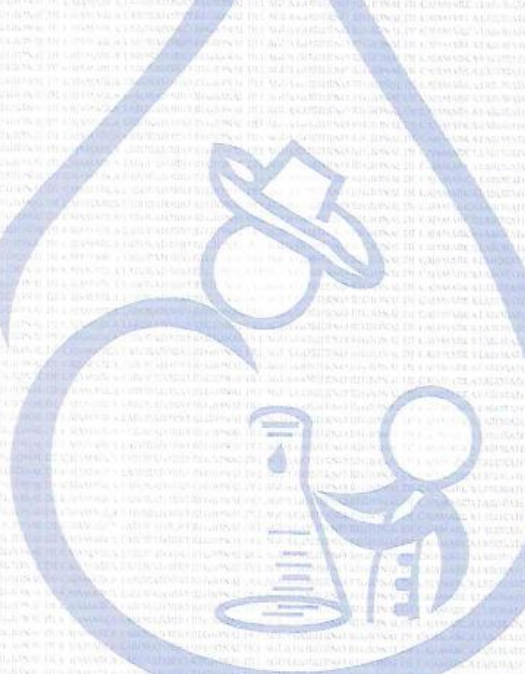
INACAL
DA - Perú
Acreditado

Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 06240718

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			T0	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2
Código Laboratorio			06240718-01	06240718-02	06240718-03	06240718-04	06240718-05	06240718-06
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal
Localización de la Muestra			Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	28100.0	29700.0	29200.0	30100.0	28600.0	29900.0

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 04 de Julio de 2024

Página: 2 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



Registro N° LE - 084

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 06240718

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos			
Código de la Muestra	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3		
Código Laboratorio	06240718-07	06240718-08	06240718-09	06240718-10		
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual		
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	31100.0	28700.0	28500.0	27200.0

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)





LABORATORIO REGIONAL

DEL AGUA

Cajamarca, 04 de Julio de 2024

Página: 3 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INACAL
DA - Perú
Organismo de Acreditación
Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 06240718

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			T0	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2
Código Laboratorio			06240718-01	06240718-02	06240718-03	06240718-04	06240718-05	06240718-06
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal
Localización de la Muestra			Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1,8	35 x 10 ⁴	460	350	11 x 10 ⁴	16 x 10 ²	920

Note: Los Resultados <1,0, <1,8, <1,1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE, valor estimado



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 04 de Julio de 2024

Página: 4 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N°

IE 06240718

ENSAYOS			Microbiológicos			
Código de la Muestra	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3	-	-
Código Laboratorio	06240718-07	06240718-08	06240718-09	06240718-10	-	-
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	-	-
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-	-
Localización de la Muestra	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos			
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	54 x 10 ³	170	220	350

Nota: Los Resultados <1.0, <1.6, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

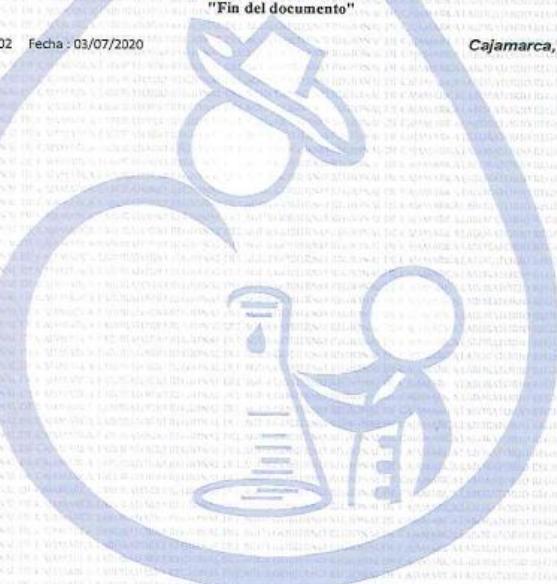


LABORATORIO REGIONAL

DEL AGUA

Cajamarca, 04 de Julio de 2024

Página: 5 de 6

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA			 INACAL DA - Perú Acreditado Registro N° LE - 084
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N° IE 06240718			
Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test	
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C, 24 th Ed. 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique	
NOTAS FINALES			
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA. (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación. ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas. ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas. ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente. ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA. ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.			
"Fin del documento"			
Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha: 03/07/2020		Cajamarca, 04 de Julio de 2024	
			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
Página: 6 de 6			

Resultados 3° día

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084				 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 084	
INFORME DE ENSAYO N° IE 06240729					
DATOS DEL CLIENTE					
Razon Social/Nombre	OYARCE ORTIZ LIZBETH ANABEL				
Dirección	PASAJE HUANDÓY NRO. 167				
Persona de contacto	OYARCE ORTIZ LIZBETH ANABEL	Correo electrónico	lizbethanabeloyarce@gmail.com		
DATOS DE LA MUESTRA					
Fecha del Muestreo	27.06.24	Hora de Muestreo	8:30 a 9:10		
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-		
Procedimiento de Muestreo	-				
Tipo de Muestreo	Puntual				
Número de puntos de muestreo	09				
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos- Microbiológicos				
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación				
Referencia de la Muestra:	Celendin- Cajamarca				
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO					
N° Contrato	SC-923	Cadena de Custodia	CC - 0729 - 24		
Fecha y Hora de Recepción	27.06.24	12:20	Inicio de Ensayo	27.06.24	12:35
Reporte Resultado	08.07.24	16:00			
 Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028					
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA Cajamarca, 08 de Julio de 2024					
Página: 1 de 6					

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA		INACAL			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084		Registro N° LE - 084			
INFORME DE ENSAYO N°							
IE 06240729							
ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos				
Código de la Muestra	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	
Código Laboratorio	06240729-01	06240729-02	06240729-03	06240729-04	06240729-05	06240729-06	
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	
Localización de la Muestra	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	21400.0	22600.0	20500.0	19300.0	20900.0
Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)							
							
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA							
Cajamarca, 08 de Julio de 2024							
Página: 2 de 6							



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INACAL
DA - Perú
Acreditado

Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 06240729

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos			
Código de la Muestra	T3R1	T3R2	T3R3	-	-	-
Código Laboratorio	06240729-07	06240729-08	06240729-09	-	-	-
Matriz	Residual	Residual	Residual	-	-	-
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-
Localización de la Muestra	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	21200.0	20700.0	21100.0	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 08 de Julio de 2024

Página: 3 de 6

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084							
INFORME DE ENSAYO N° IE 06240729							
ENSAYOS		Microbiológicos					
Código de la Muestra	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	
Código Laboratorio	06240729-01	06240729-02	06240729-03	06240729-04	06240729-05	06240729-06	
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	
Localización de la Muestra	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos				
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	49	23	35 x 10 ⁴	16 x 10 ²	920
Nota: Los Resultados <1,0, <1,6, <1,1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado							
							
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA Cajamarca, 08 de Julio de 2024							

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA		 INACAL DA - Perú Asociación de Normas Registro N° LE-084	
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N° IE 06240729			
ENSAYOS		Microbiológicos	
Código de la Muestra	T3R1	T3R2	T3R3
Código Laboratorio	06240729-07	06240729-08	06240729-09
Matriz	Residual	Residual	Residual
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal
Localización de la Muestra	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	33 23 23
Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1, significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado			
			
			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
Cajamarca, 08 de Julio de 2024			
Página: 5 de 6			

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084		
INFORME DE ENSAYO N° IE 06240729		
Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C, 24 th Ed. 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
NOTAS FINALES		
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA. (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación. ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas. ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas. ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservan en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente. ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA. ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.		
"Fin del documento"		
Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha: 03/07/2020		Cajamarca, 08 de Julio de 2024
		
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		
Página: 6 de 6		

Resultados 6° día

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA		 INACAL DA - Perú Asesoría	
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N°		IE 07240744	
DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	OYARCE ORTIZ LIZBETH ANABEL		
Dirección	PASAJE HUANDÓY NRO. 167		
Persona de contacto	OYARCE ORTIZ LIZBETH ANABEL	Correo electrónico	lizabethanabelovarce@gmail.com
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	01.07.24	Hora de Muestreo	9:15 a 9:39
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	09		
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos- Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Celendín- Cajamarca		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-927	Cadena de Custodia	CC - 0744 - 24
Fecha y Hora de Recepción	01.07.24 15:47	Inicio de Ensayo	01.07.24 16:05
Reporte Resultado	10.07.24 16:00		
			
Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA Cajamarca, 10 de Julio de 2024			
Página: 1 de 6			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084

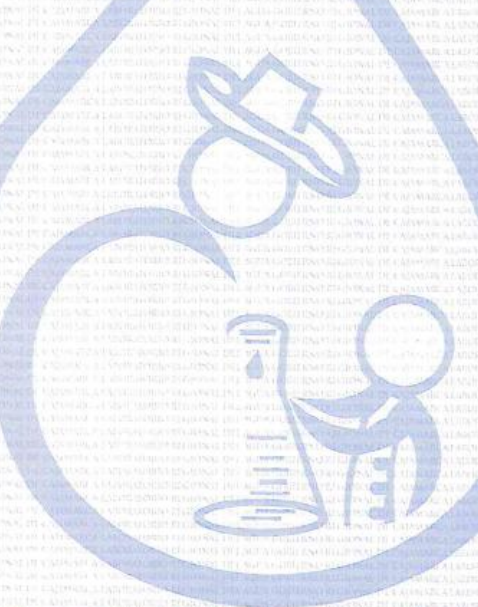


INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Acreditación
Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 07240744

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos					
Código de la Muestra	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3		
Código Laboratorio	07240744-01	07240744-02	07240744-03	07240744-04	07240744-05	07240744-06		
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual		
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	2.6	27500.0	26300.0	24100.0	25600.0	22400.0	22600.0

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 10 de Julio de 2024

Página: 2 de 6

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084						
INFORME DE ENSAYO N° IE 07240744						
ENSAYOS		Químicos Instrumentales- Físicoquímicos				
Código de la Muestra	T3R1	T3R2	T3R3			
Código Laboratorio	07240744-07	07240744-08	07240744-09			
Matriz	Residual	Residual	Residual			
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal			
Localización de la Muestra	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao			
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	24500.0	24000.0	22800.0	

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas).



LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 10 de Julio de 2024

Página: 3 de 6

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA		INACAL	
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084		Registro N° LE - 084	
INFORME DE ENSAYO N° IE 07240744					
ENSAYOS		Microbiológicos			
Código de la Muestra	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2
Código Laboratorio	07240744-01	07240744-02	07240744-03	07240744-04	07240744-05
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal
Localización de la Muestra	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos		
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	350	240	35 x 10 ⁴
			120	220	35 x 10 ²

Nota: Los Resultados <1.0, <1.0, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 10 de Julio de 2024

Página: 4 de 6

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA		INACAL	
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084		Registro N° LE-084	
INFORME DE ENSAYO N° IE 07240744					
ENSAYOS		Microbiológicos			
Código de la Muestra	T3R1	T3R2	T3R3		
Código Laboratorio	07240744-07	07240744-08	07240744-09		
Matriz	Residual	Residual	Residual		
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos		
Coliformes Totales	NMP/100mL	1,8	79	33	49

Nota: Los Resultados <1,0, <1,8, <1,1 y <1, significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 10 de Julio de 2024



Página: 5 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



INACAL
DA - Perú
Acreditado
Registro N° LE-084

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**

INFORME DE ENSAYO N° IE 07240744

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C, 24 th Ed. 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev.N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 10 de Julio de 2024




LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Página: 6 de 6

Resultados 12º día

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA		 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Registro N° LE - 084	
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N° IE 07240782			
DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	OYARCE ORTIZ LIZBETH ANABEL		
Dirección	PASAJE HUANDÓY NRO. 167		
Persona de contacto	OYARCE ORTIZ LIZBETH ANABEL	Correo electrónico	lizbethanabelovarce@gmail.com
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	08.07.24	Hora de Muestreo	11:30 a 12:08
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	09		
Ensayos solicitados	Fisicoquímicos- Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la Muestra:	Celendín- Cajamarca		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-969	Cadena de Custodia	CC - 0782 - 24
Fecha y Hora de Recepción	08.07.24 16:20	Inicio de Ensayo	08.07.24 16:35
Reporte Resultado	17.07.24 14:50		
 Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028			
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA Cajamarca, 17 de Julio de 2024			
Página: 1 de 6			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 07240782

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos					
Código de la Muestra	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3		
Código Laboratorio	07240782-01	07240782-02	07240782-03	07240782-04	07240782-05	07240782-06		
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual		
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	26112.5	24842.0	22584.0	23657.0	22548.0	22689.5

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 17 de Julio de 2024

Página: 2 de 6

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084				 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE-084	
INFORME DE ENSAYO N° IE 07240782					
ENSAYOS		Químicos Instrumentales- Físicoquímicos			
Código de la Muestra	T3R1	T3R2	T3R3		
Código Laboratorio	07240782-07	07240782-08	07240782-09	-	-
Matriz	Residual	Residual	Residual	-	-
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	-	-
Localización de la Muestra	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	24515.0	23658.5	24533.0

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



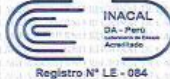
LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 17 de Julio de 2024

Página: 3 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N°
IE 07240782

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3		
Código Laboratorio	07240782-01	07240782-02	07240782-03	07240782-04	07240782-05	07240782-06		
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual		
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	16 x 10 ²	430	17 x 10 ⁴	240	16 x 10 ² 17	

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE, valor estimado





LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 17 de Julio de 2024.
 Página: 4 de 6

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA		INACAL	
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084		Registro N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N° IE 07240782					
ENSAYOS		Microbiológicos			
Código de la Muestra	T3R1	T3R2	T3R3		
Código Laboratorio	07240782-07	07240782-08	07240782-09	-	-
Matriz	Residual	Residual	Residual	-	-
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	-	-
Localización de la Muestra	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	Botadero El Guayao	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos		
Coliformos Totales	NMP/100mL	1.8	240	35 x 10 ²	130
Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE, valor estimado					
					
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA					
Cajamarca, 17 de Julio de 2024					
Página: 5 de 6					

 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084		
 Registro N° LE-084		
INFORME DE ENSAYO N° IE 07240782		
Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed, 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A.B.C. 24 th Ed, 2023: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
NOTAS FINALES		
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA. (**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulados por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación. ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas. ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas. ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente. ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA. ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.		
"Fin del documento"		
Código del Formato: P-23-F01 Rev:02 Fecha: 03/07/2020		Cajamarca, 17 de Julio de 2024
		
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA		
Página: 6 de 6		