

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**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**

Nilson Emerson Liberato Soto

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Dr. Ing. Cindy Vanessa Ballardo Matos

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia a Dios; por su eterno amor y su manifestación hacia el camino del bien, por su protección a cada momento de mi vida, que me permite sonreír ante todos mis logros, los mismos que son el resultado de su ayuda y las veces que caí siempre me levanto; me enseñó a aprender de mis errores para mejorar como ser humano.

A mi familia; a mis padres por la demostración de su gran amor, por su apoyo incondicional, por su confianza, por orientarme y guiarme con sus consejos y ejemplos, a no permitir que decline en todas las etapas de mi vida, a mis queridas abuelas Celia Aire y Domitila Girón.

A la Universidad Continental por haberme permitido formarme, a los docentes por sus conocimientos transmitidos e inculcarme a ser un excelente profesional.

A mi asesora: Dra. Ing. Cindy Vanessa Ballardo Matos, por su disponibilidad, su tiempo, su conocimiento que aportaron de gran manera, por su paciencia en la ejecución de mi proyecto.

Al Laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Continental, que me permitió hacer uso del laboratorio, de los equipos y materiales.

Al Centro Ecoturístico de Protección Ambiental Santa Cruz (CEPASC), Concepción, por el permiso de poder efectuar mi proyecto de investigación, las herramientas a su alcance que facilitaron el desarrollo de mi proyecto y por el apoyo y contribución de cada uno de sus colaboradores.

DEDICATORIA

A mi padre, Wilmer Malco, y mi madre, Reyna Luz, pilares primordiales en mi vida, por ser artífices de mi formación como ser humano y profesional, supieron sacarme adelante desde el momento más humilde y creyeron en mí, me enseñaron con ejemplos dignos de admiración, nunca me permitieron caer y pasar momentos difíciles. Por su paciencia y motivación.

A mis hermanos, por ser parte del motivo de mi superación, por brindarme su apoyo en todo momento y animarme a cumplir mis metas y estar siempre pendientes, por todas las veces que me hacían recordar que solo me era permitido triunfar.

Todos mis logros se los debo a ustedes con el más grande amor les dedico este esfuerzo y por conseguir; es de ustedes.

ÍNDICE

ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación del problema	6
1.2. Objetivos	7
1.2.1. Objetivo general	7
1.2.2. Objetivos específicos.....	7
1.3. Justificación e importancia.....	7
1.3.1. Justificación social	7
1.3.2. Justificación económica.....	8
1.3.3. Justificación teórica	8
1.3.4. Justificación metodológica.....	8
1.3.5. Justificación práctica.....	8
1.4. Hipótesis y variables	9
1.4.1. Hipótesis general.....	9
1.4.2. Hipótesis específicas	9
1.4.3. Operacionalización de las variables.....	9

CAPÍTULO II.....	11
2.1. Antecedentes de la investigación.....	11
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	11
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	17
2.2. Bases teóricas.....	19
2.2.1. Compostaje.....	19
2.2.2. Lixiviados.....	21
2.2.3. Calidad de los lixiviados.....	25
2.2.4. Problemática de los lixiviados.....	28
2.2.5. Tratamiento de lixiviados.....	30
2.2.6. Microorganismos eficientes (EM).....	32
2.3. Definición de términos básicos.....	36
CAPÍTULO III.....	39
3.1. Método, tipo y nivel de la investigación.....	39
3.1.1. Método de la investigación.....	39
3.1.2. Alcance de la investigación.....	39
3.1.3. Procedimiento experimental.....	40
3.1.4. Tipo de investigación.....	54
3.1.5. Procedimiento experimental.....	54
3.2. Diseño de la investigación.....	55
3.3. Población y muestra.....	56
3.3.1. Población.....	56
3.3.2. Muestra.....	57
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	57
3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos.....	57
CAPÍTULO IV.....	58
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de información.....	58
4.1.1. Características fisicoquímicas del lixiviado en la etapa de pre tratamiento.....	58

4.1.2. Efectos del uso de diferentes dosis de microorganismos eficientes.....	59
4.2. Prueba de hipótesis.....	67
4.3. Discusión de resultados.....	82
CONCLUSIONES.....	89
RECOMENDACIONES.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
ANEXOS.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Composición de los lixiviados.....	26
Figura 02. Fases de crecimiento microbiano.....	35
Figura 03. Ubicación del Centro Ecoturístico de Protección Ambiental de “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción.....	40
Figura 04. Diagrama de flujo para el procedimiento de activación por cada tratamiento..	50
Figura 05. Diagrama de flujo para el procedimiento de tratamiento de lixiviados.....	51
Figura 06. Promedio del DBO ₅ obtenido por cada tratamiento en el lixiviado tratado.....	61
Figura 07. Promedio del DQO obtenido por cada tratamiento en el lixiviado tratado.....	62
Figura 08. Promedio de los SST obtenido por cada tratamiento en el lixiviado tratado....	64
Figura 09. Promedio de la CE obtenido por cada tratamiento en el lixiviado tratado.....	65
Figura 10. Promedio del pH obtenido por cada tratamiento en el lixiviado tratado.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Concentraciones típicas de los componentes de los lixiviados generados en los rellenos sanitarios.....	24
Tabla 02. Comparación de características típicas de los lixiviados de rellenos sanitarios.....	27
Tabla 03. Parámetros para la evaluación del agua.....	27
Tabla 04. Problemas producidos por la presencia de lixiviados RSU en las aguas, parámetros afectados y efecto que causan.....	29
Tabla 05. Cantidad de residuos orgánicos aproximado en el primer ensayo.....	43
Tabla 06. Cantidad de residuos orgánicos aproximado en el segundo ensayo.....	43
Tabla 07. Cantidad de lixiviados generados en el primer ensayo.....	44
Tabla 08. Cantidad de lixiviados generados en el segundo ensayo.....	44
Tabla 09. Total de residuos orgánicos aprovechados y lixiviados generados.....	45
Tabla 10. Especificaciones técnicas de los equipos de medición utilizados en el desarrollo experimental.....	53
Tabla 11. Tratamientos en estudio.....	56
Tabla 12. Parámetros de análisis de lixiviados.....	57
Tabla 13. Características de lixiviado tratado - Normativa de Ecuador.....	58
Tabla 14. Resultados de los parámetros analizados en lixiviados en el pre tratamiento.....	59
Tabla 15. Resultado del análisis de DBO ₅ de lixiviado tratado.....	60
Tabla 16. Resultado del análisis de DQO de lixiviado tratado.....	61
Tabla 17. Resultado del análisis de SST de lixiviado tratado.....	63
Tabla 18. Resultado del análisis de CE de lixiviado tratado.....	65
Tabla 19. Resultado del análisis del pH de lixiviado tratado.....	66
Tabla 20. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para los parámetros.....	68
Tabla 21. Prueba de correlación no paramétrica de R _{H0} de Spearman.....	69
Tabla 22. Resultado de remoción de la DBO ₅	70
Tabla 23. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para DBO ₅	71
Tabla 24. Análisis de varianza de DBO ₅	72
Tabla 25. Prueba Post Hoc de Duncan para tratamientos - DBO ₅	72
Tabla 26. Resultado de remoción de la DQO.....	73
Tabla 27. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para DQO.....	74
Tabla 28. Análisis de varianza de DQO.....	74
Tabla 29. Prueba Post Hoc de Duncan para tratamientos - DQO.....	75
Tabla 30. Resultado de remoción de la SST.....	76

Tabla 31. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para SST.....	76
Tabla 32. Análisis de varianza para SST.....	77
Tabla 33. Prueba Post Hoc de Duncan para tratamientos - SST.....	77
Tabla 34. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para CE.....	78
Tabla 35. Análisis de varianza de CE.....	79
Tabla 36. Prueba Post Hoc de Duncan para tratamientos - CE.....	79
Tabla 37. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para pH.....	80
Tabla 38. Análisis de varianza de pH.....	81
Tabla 39. Prueba Post Hoc de Duncan para tratamientos - pH.....	82

RESUMEN

La presente investigación se realizó desde el mes junio del 2019 hasta el mes de marzo del 2020, en las instalaciones del Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción. El objetivo fue determinar el efecto del uso de microorganismos eficientes en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC. La investigación fue de tipo aplicado de corte experimental e inició con el acondicionamiento de las composteras donde se dispusieron los restos orgánicos. Al generarse lixiviados se midieron los valores iniciales de DBO₅, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, conductividad eléctrica y pH, siendo 4592 mg/L, 74 737.7 mg/L, 476 mg/L, 5 970 μ S/cm y 6.31 respectivamente. El uso de microorganismos eficientes fue en tres tratamientos y un testigo (tratamiento 1 a una dosis de 10 %, tratamiento 2 a una dosis de 15 %, tratamiento 3 a una dosis de 20 %). Los lixiviados fueron monitoreados midiéndoles la conductividad eléctrica, el pH, la temperatura y la turbidez; después del tratamiento se observó que existieron diferencias significativas en el uso de diferentes dosis de microorganismos eficientes en el lixiviado, advirtiéndose que en el tratamiento 3 las concentraciones de DBO₅ y DQO disminuyeron hasta 1 127 mg/L y 1 627 mg/L respectivamente; la concentración de los Sólidos Suspendidos Totales disminuyó hasta 131 mg/L en el tratamiento 2, la conductividad eléctrica no presentó una influencia directa con la aplicación de microorganismos eficientes y finalmente el pH incrementó su valor respecto del monitoreo inicial alcanzando condiciones básicas. Se concluyó que el uso de microorganismos eficientes afectó la calidad del lixiviado joven influyendo en sus parámetros fisicoquímicos.

Palabras clave: compostaje, lixiviados, microorganismos eficientes, residuos orgánicos.

ABSTRACT

This research was carried out from June 2 019 to March 2 020, at the facilities of the Ecotourism Center for Environmental Protection "Santa Cruz" - CEPASC, Concepción. The objective was to determine the effect of the use of efficient microorganisms in the treatment of leachates generated in the composting process in the Ecotourism Center for Environmental Protection "Santa Cruz" - CEPASC. The research was of an applied type of experimental cut and began with the conditioning of the compost bins where the organic remains were disposed. When leachates were generated, the initial values of BOD₅, COD, Total Suspended Solids, electrical conductivity and pH were measured, being 4 592 mg/L, 74 737.7 mg/L, 476 mg/L, 5 970 µS/cm and 6.31 respectively. The use of efficient microorganisms was in three treatments and one control (treatment 1 at a dose of 10 %, treatment 2 at a dose of 15 %, treatment 3 at a dose of 20 %). The leachates were monitored by measuring their electrical conductivity, pH, temperature and turbidity; after treatment, it was observed that there were significant differences in the use of different doses of efficient microorganisms in the leachate, noting that in treatment 3 the concentrations of BOD₅ and COD decreased to 1 172 mg/L and 1 627 mg/L respectively; the concentration of Total Suspended Solids decreased to 131 mg/L in treatment 2, the electrical conductivity did not show a direct influence with the application of efficient microorganisms and finally the pH increased its value compared to the initial monitoring reaching basic conditions. It was concluded that the use of efficient microorganisms affected the quality of the young leachate, influencing its physicochemical parameters.

Keywords: composting, leachate, efficient microorganisms, organic waste.

INTRODUCCIÓN

La correcta gestión de los residuos sólidos en el Perú es un tema que tiene muchísimo que mejorar. Según el Ministerio del Ambiente, cada día se generan cerca de 18 mil toneladas de residuos sólidos en el Perú, de los cuales el 50 % de los residuos son orgánicos. Muchas municipalidades transforman esta materia orgánica en compost como una tecnología limpia, tal como es el caso de la provincia de Concepción que es considerada como ciudad ecológica, una de sus actividades es el manejo, separación de residuos sólidos y orgánicos, y su tratamiento, pero aún hay deficiencias en tema de tratamiento de lixiviados, el cual genera un impacto ambiental de mayor consideración en los rellenos sanitarios. Los residuos orgánicos que son trasladados al Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC en la ciudad de Concepción tiene como fin la obtención de compost, generando a su vez contaminantes líquidos como son los lixiviados que son escurridos en pozas y en semanas se llenan completamente que van ocasionando fugas a los alrededores. Los lixiviados que se generan no tienen un tratamiento óptimo que garantice que su alto grado de contaminación sea reducido como para poder ser vertido y no ocasione daños ambientales al suelo, a las aguas subterráneas y superficiales, mal olor y daños a la salud.

En la actualidad hay alternativas de tratamientos fisicoquímicos que pueden ser utilizados para reducir el grado de contaminación de lixiviados de rellenos sanitarios, para ello se debe tener en cuenta el volumen y poder contaminante de lixiviados, características físicas del lugar y las posibilidades económicas para un tratamiento avanzado.

La investigación se desarrolla experimentalmente, empleando un método de fácil manejo y económico, en base a la aplicación de Microorganismos Eficientes (EM) comerciales a los residuos orgánicos generados en la ciudad de Concepción para poder acelerar su descomposición, mejorar la calidad del compost y darle un tratamiento a los lixiviados que se generan, para el cumplimiento de la normativa más próxima relacionada con lixiviados y poder contribuir positivamente con el medio ambiente.

En el capítulo I se describe el planteamiento del problema que generan los lixiviados generados en los rellenos sanitarios, los cuales generan un impacto ambiental en el suelo y en fuentes de agua, además se plantean los objetivos de la investigación, asociados a la caracterización de las muestras de lixiviados fisicoquímicamente generados el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC,

asimismo determinar el efecto del uso de microorganismos eficientes en el tratamiento de lixiviados y determinar las diferencias significativas en el uso de diferentes dosis de microorganismos eficientes en el lixiviado generado en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC; asimismo se exponen las hipótesis que afirman si el efecto del uso de los microorganismos eficientes influye positivamente en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje y comprobar si existen diferencias significativas en el uso de diferentes dosis de microorganismos eficientes, además de su influencia (positiva) en el lixiviado generado en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” – CEPASC; la presente investigación apertura un contexto en el aspecto técnico y de ingeniería en el tratamiento de lixiviados, además evalúa la actividad benéfica de los microorganismos inoculados en la mejora de los parámetros fisicoquímicos y de esta manera se contribuye al tratamiento de los lixiviados, incentivando la búsqueda de alternativas de tratamiento y mitigación.

En el capítulo II se describen los antecedentes de la investigación, así como la revisión de la literatura enfatizando en los conceptos de compostaje, lixiviados y microorganismos eficientes.

En el capítulo III se presenta el método y alcance de la investigación, asimismo se describe el método experimental que empieza con la recolección de restos orgánicos en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz”, seguido del acondicionamiento de las casetas de compostaje y la formación de composteras, a continuación se describe el procedimiento realizado para la activación de los microorganismos eficientes y finalmente se describe el tratamiento de los lixiviados y su monitoreo, seguidamente en el apartado se presenta el diseño de la investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo IV, se detallan los resultados obtenidos después del proceso experimental, describiendo los parámetros fisicoquímicos del lixiviado en las etapas de pre y post tratamiento, asimismo se realiza la prueba de hipótesis y la discusión de resultados.

Finalmente, se llegó a la conclusión que el uso de microorganismos eficientes afectó la calidad del lixiviado joven influyendo en sus parámetros fisicoquímicos.

El autor.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La sobrepoblación humana ha alcanzado altas dimensiones que se teme exceder la capacidad del planeta para mantenerla. El principal impacto de la población con respecto al medio ambiente se vincula con dos variables importantes: el consumo de recursos y la producción de desperdicios y de contaminantes. Queda preguntar entonces dónde está localizado el problema poblacional desde el punto de vista del impacto ambiental; la devastación ambiental contemplada en países en desarrollo se vincula también a las relaciones políticas y económicas internacionales (1).

Los residuos sólidos son una clara idea de la incompreensión de la sociedad con el medio que los rodea. Se evidencia una tendencia que terminará con la comunidad humana, la cual también constituye una lección relacionada a consecuencias asociadas a la falta de conciencia ecológica. El manejo de residuos sólidos es un reflejo de las características del desarrollo de urbanización en cualquier asentamiento humano. De esa manera, la generación de basura y su inadecuado manejo se ha incrementado en directa relación al tamaño de la población, nivel de ingreso, usos del suelo y patrones de consumo (2).

La sociedad requiere retirar la generación de basura del desarrollo económico debido a la falta de espacios para su depósito. Desde el punto de vista de tratamiento orientada en su eliminación, la incineración o el confinamiento en la tierra son las alternativas menos costosas. Los costos sociales de separar los residuos sólidos se han aumentado notoriamente, de ello es el problema de conseguir lugares apropiados para su disposición y la identificación exacta de los efectos negativos con el medio ambiente.

La naturaleza tiene la gran capacidad de asimilar impactos generados por los residuos, sin embargo, muchas veces el ritmo en que éstos se generan es mayor de lo que la naturaleza logra soportar, ocasionando de esa manera el problema de la contaminación. Ésta y el deterioro de la calidad ambiental, es una deficiencia de mercado que genera que no llegue el resultado de asignación adecuada de los recursos (3).

El Gobierno publicó el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, que entre sus objetivos busca minimizar la generación de residuos sólidos en el origen. La norma promueve también la recuperación y valorización de los residuos sólidos a través de procesos como el reciclaje de plásticos, metales, vidrios y otros, además de la conversión de residuos orgánicos en compost o fuente de generación de energía (valorización de residuos sólidos). De tomar en cuenta adecuadamente a los mecanismos de reaprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales, se logrará reducir significativamente la contaminación ambiental a escala nacional (4).

Esta nueva perspectiva referida a la búsqueda de la prevención, minimización y valorización de los residuos sólidos por sobre la disposición final no es una novedad, obligando a su vez a controlar los productos contaminantes principales de la degradación: lixiviados y biogás (4). Estos dos subproductos son generados debido a la percolación de aguas de lluvias a través de los desechos y a diversas reacciones bioquímicas que pueden suceder en el interior de un relleno sanitario, entre el contenido sólidos y acuosos y que pueden contener concentraciones altas de materia orgánica y otros compuestos que generan características tóxicas y representan un riesgo potencial para la salud, tanto de los ecosistemas comprometidos con el vertimiento como las poblaciones humanas (5).

Aparte de los mencionados, el lixiviado generado en un relleno sanitario puede provenir de otros factores como: composición de la basura, edad del relleno sanitario, balance de agua, diseño y operación del relleno sanitario, solubilidad de los desechos, procesos de conversión microbiológica y química y la interacción del lixiviado con el medio ambiente. El caudal generado y la composición varían de acuerdo con el estado de avance y el tipo de operación del relleno (6).

El lixiviado de los vertederos de las plantas de residuos es un líquido muy complejo y altamente contaminado (7). El alto poder contaminante de los lixiviados hace necesario un tratamiento adecuado, previo a su destino final. Este tratamiento dependerá del origen, composición y producción del lixiviado; mientras que la disposición final variará de acuerdo con el tratamiento obtenido, como: vertido a aguas superficiales, descarga en estaciones depuradoras de aguas residuales, descargas sobre pilas de compostaje o descarga sobre el propio vertedero (8).

Las características del lixiviado, tanto físicas, químicas como biológicas, son consecuencia de las reacciones que se realizan dentro de un relleno sanitario y son éstas las que dan pauta al desarrollo de un tratamiento adecuado (9).

En su composición se puede encontrar materia orgánica disuelta, sales inorgánicas, metales pesados y otros compuestos orgánicos xenobióticos, lo que puede ser tóxicos, cancerígenos y capaces de inducir un riesgo potencial en el medio ambiente y los seres humanos. La legislación europea no permite que tales lixiviados salgan de las instalaciones sin ser depurados. Hay muchos procedimientos que permiten la depuración, siempre combinando diferentes técnicas. Elegir el mejor método a utilizar en cada caso es una decisión compleja, ya que depende de muchos factores tangibles e intangibles que deben considerarse para lograr un equilibrio entre la técnica, el coste y la sostenibilidad ambiental (7).

La Directiva Europea 1999/31/CE del Consejo de la Unión Europea de 26 de abril de 1999 en referencia al vertido de residuos, establece la obligación de controlar las aguas y gestionar los lixiviados, reduciendo el agua de lluvia que percola en las pozas del vertedero, impidiendo que las

aguas superficiales o subterráneas penetren en los residuos vertidos, y recogiendo la que finalmente se infiltra para el tratamiento de manera adecuada para su vertido o utilización (7).

Por un lado, hay que reducir la cantidad de agua de lluvia que ingresa en los vertederos y por otro, mantener las aguas superficiales o subterráneas libres de contaminación, implantando un tratamiento correcto para su uso posterior o vertido a cauce público. Todas las plantas de tratamiento y valorización de residuos deben depositar sus rechazos en un vertedero asociado, ya sean de residuos urbanos o industriales (7).

Se manifiesta que se ha mejorado el manejo y la disposición de residuos sólidos en los rellenos sanitarios que pueden controlar estas dos causas de contaminación, sin embargo, la mayoría de los lugares de disposición de residuos en zonas urbanas de México todavía no pueden clasificarse como rellenos sanitarios, persisten los tiraderos y los diversos tipos de vertederos municipales como es el caso de las ciudades en la región centro occidente (10).

Como se da en mayoría de los países, en México, los residuos recolectados son acumulados en sitios de disposición final llamados rellenos sanitarios, los cuales con el tiempo han venido cambiando desde tiraderos a cielo abierto hasta rellenos altamente tecnificados donde se deben controlar las emisiones tanto líquidas como gaseosas que resultan potencialmente peligrosas para el medio ambiente (11).

Los residuos se disponen de manera anómala en el ambiente, contaminando ríos, cañadas, desiertos, etcétera. Se mencionan los efectos sobre la salud ocasionados por dichos contaminantes, las alternativas tecnológicas para enfrentar ese problema y se hacen propuestas para un programa que trate de manera simultánea el control de los residuos que se están produciendo y el estudio de los sitios que ya han sido contaminados. Se debe considerar las limitantes de los países en desarrollo, entre otras: falta de laboratorios, escasez de recursos humanos y apoyos económicos restringidos (12).

En Chile el cual se realizó una investigación que tiene como objetivo proponer y evaluar un sistema de aprovechamiento de lixiviados de un

relleno sanitario. El tema de estudio a analizar corresponde al relleno sanitario Loma Los Colorados, operado por la empresa KDM Tratamiento en la comuna de Til Til, Región Metropolitana. Este relleno cuenta hoy en día con una planta de tratamiento de lixiviados con un sistema biológico, pero el líquido sale contaminado según el D.S. N° 90/00 (13).

La investigación de un diseño de un sistema de tratamiento para los lixiviados generados en el relleno sanitario El Inga; Quito; Ecuador los cuales presentan elevados contenidos de DBO_5 (3 000 mg/L - 4 000 mg/L), Sólidos Suspendidos Totales (200 mg/L - 340 mg/L), DQO (700 mg/L - 6 000 mg/L) y color (800 mg Pt-Co/L a 5 546 mg Pt-Co/L). La combinación de estos procesos redujo el nivel de concentración de los contaminantes hasta valores aceptados por la ordenanza 213 del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito para descargas líquidas (14).

La carga contaminante proveniente del lixiviado de rellenos sanitarios y que potencialmente puede contaminar el acuífero freático en la cuenca del Arroyo Lobería, Partido de General Pueyrredón, Provincia de Buenos Aires. Gran cantidad del lixiviado es drenada superficialmente por este curso que se vierte en la zona costera de Chapadmalal. El muestreo bimensual del mismo ha servido para caracterizar la carga contaminante, mencionándose en primer término la muy alta variabilidad de esta. Se definieron altos coeficientes de correlación entre las variables que más significativamente manifiestan la carga contaminante del lixiviado: conductividad eléctrica, concentración de cloruro, concentración de amonio, DBO y DQO (15).

En el Perú, según el Diario La República existe una planta de lixiviados en el mini relleno sanitario de Haquira, ubicado en el límite de los distritos de Corcca y Santiago, en la cual implementaron un proceso de tratamiento para devolver el lixiviado al mismo relleno sanitario, siendo considerado a nivel nacional como un modelo de clausura de lugares de disposición final segura, garantizando que disminuya la contaminación (16).

La acumulación de residuos sólidos es una problemática ambiental a nivel nacional, del que la ciudad de Huancayo no es ajena. Según una investigación hecha este año por el Ministerio del Ambiente, tan solo por

día en el Perú se produce aproximadamente 18 870 toneladas de basura, siendo 479 toneladas contribuidas por la región Junín. Asimismo, el estudio revela que Huancayo está entre las 10 ciudades del país que generan más residuos sólidos, además de lixiviados con un potencial de contaminación al medio ambiente y salud de la población (17).

Para el caso específico de la generación de lixiviados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, no existe tratamiento adecuado que disminuya la ocurrencia de este posible problema de contaminación ambiental. Por otra parte, en el área en la que se desarrolla el proceso de compostaje carece de techado incrementándose el lixiviado con el agua de lluvia en los meses de diciembre a abril dando lugar a infiltraciones que llegan a contaminar el suelo y posiblemente la napa freática.

1.1.2. Formulación del problema

A. Problema general:

¿Cuál es el efecto del uso de los microorganismos eficientes en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019?

B. Problemas específicos:

- ¿Cuáles serán los parámetros fisicoquímicos del lixiviado generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019?
- ¿Existirán diferencias significativas en el uso de diferentes dosis de microorganismos eficientes en el lixiviado generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el efecto del uso de microorganismos eficientes en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.

1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar muestras de lixiviados determinando parámetros fisicoquímicos generados el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.
- Determinar las diferencias significativas en el uso de diferentes dosis de microorganismos eficientes en el lixiviado generado en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación social

La investigación contribuye en la disminución de los olores que generan los lixiviados sin tratamiento, los cuales afectan a las personas que viven cerca al entorno del Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz”, asimismo se mitiga el impacto que podrían generar estos lixiviados en la salud humana. La investigación en la temática de lixiviados en el Perú es muy escasa, es de suma importancia para las empresas y sobre todo para las municipalidades incentivar a su investigación y buscar alternativas de tratamiento y mitigación.

1.3.2. Justificación económica

El tratamiento con microorganismos eficientes se desarrolla en un sistema simple y sus costos de operación no son tan elevados, evitando gastos de energía y mantenimiento.

1.3.3. Justificación teórica

La presente investigación aporta los conocimientos existentes acerca de los microorganismos eficientes y su aplicación en el tratamiento de los lixiviados generados en los procesos de compostaje.

1.3.4. Justificación metodológica

La presente apertura un contexto en el aspecto técnico y de ingeniería en el tratamiento de lixiviados, asimismo, evalúa la actividad benéfica de los microorganismos inoculados en la mejora de los parámetros fisicoquímicos de esta manera se contribuye al tratamiento de los lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” – CEPASC.

Se aporta con una metodología para la activación de los microorganismos eficientes, la preparación de las dosis de microorganismos y para el tratamiento de los lixiviados. Asimismo, proporciona información para la construcción de las composteras y el volumen de lixiviados producidos por kilogramos de residuos orgánicos compostados.

1.3.5. Justificación práctica

Existe una gran necesidad de evaluar los lixiviados y así mitigar el impacto negativo al ambiente, principalmente en suelos y cuerpos de aguas superficiales y subterráneas.

1.4. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis general

El efecto del uso de los microorganismos eficientes influye positivamente en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.

1.4.2. Hipótesis específicas

- a. Los parámetros fisicoquímicos se relacionan estrechamente en lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.
- b. Las diferencias significativas en el uso de diferentes dosis de microorganismos eficientes influyen positivamente en el lixiviado generado en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.

1.4.3. Operacionalización de las variables

- Variable independiente:

Microorganismos eficientes:

- Definición: es una combinación de varios microorganismos benéficos de origen natural que son empleados como inoculantes microbianos. Es una combinación de especies aeróbicas y anaeróbicas que se encuentran comúnmente en todos los ecosistemas.
 - Indicador: dosis crecientes de microorganismos eficientes.
- Variable dependiente:

Tratamiento de lixiviados:

- Definición: proceso de degradación aeróbica o anaeróbica en condiciones controladas y evaluadas.
- Indicadores: parámetros fisicoquímicos.

Tanto la variable independiente como la dependiente se encuentran descritas en la tabla de operacionalización de variables presentadas en el anexo 02.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

En la investigación titulada “Caracterización del lixiviado agroecológico a partir de residuos orgánicos de cultivos”, determinaron el manejo de los residuos sólidos provenientes de fincas dedicadas a la producción agroecológica, a partir de estos residuos sólidos generaron dos tipos de compost y caracterizaron la composición de los lixiviados generados, con el fin de relacionar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, según los análisis observaron que el lixiviado agroecológico presentó un mayor índice y diversidad de comunidades microbiológicas, mientras que en el lixiviado convencional existió una mayor concentración de nutrientes y metales pesados, siendo recomendable su análisis antes de su aplicación en campo (18). Se concluyó que:

- El manejo y disposición de los residuos sólidos ayudo a alcanzar valores de temperatura y humedad óptimos que acelero la transformación de la materia y la consecuente obtención de un producto inocuo para futuras aplicaciones agrícolas.
- El uso de residuos vegetales agroecológicos en el compostaje logró que la concentración de metales pesados en el lixiviado sea menor que los de procedencia convencional, asimismo, permitió que la

comunidad microbiana sea mayor, aprovechando su potencial para transformar, movilizar y permitir la disponibilidad de elementos a la planta.

- La recirculación de los lixiviados ayudó a disminuir los metales pesados en los productos finales de compostaje. Además, redujo el impacto ambiental en la atmósfera, suelo y fuentes de agua.
- Los agricultores a través de la caracterización y el uso de lixiviados pueden incrementar la productividad de los cultivos y aminorando los problemas fitosanitarios.

En la investigación titulada “Caracterización de los lixiviados generados en el proceso de compostaje provenientes de residuos orgánicos provenientes de plaza de mercado y su uso como complemento nutricional para cultivos hidropónicos” realizaron un estudio experimental usando los lixiviados que se generan después de distintos procesos de compostaje de residuos orgánicos generados en la plaza de mercado en la ciudad de Neiva; estudiaron la composición nutricional de los lixiviados (nitrógeno, fósforo, potasio) y sus efectos en cultivos hidropónicos de frijol, los cuales fueron comparados con los efectos de una solución comercial (Nutriponic); asimismo, analizaron la humedad, temperatura, pH, volumen así como el balance de materia de las pilas de compostaje utilizadas (19). Se concluyó que:

- Los procesos de compostaje duraron 4 semanas, la humedad de los residuos sólidos fue de 76.4 %, la cual disminuyó hasta un 60.06 % al finalizar la cuarta semana, causado principalmente por la descomposición generada por los microorganismos.
- El compostaje de 86.21 L de residuos sólidos compuestos básicamente de verduras generó 12 L de lixiviado, en el caso del uso de 86.21 L de residuos de almidones, generó 8.9 L de lixiviados; respecto al pH, mantuvieron un carácter básico de 8,14 durante todo el proceso de compostaje.
- Encontraron que el lixiviado obtenido después del compostaje de almidones a concentraciones de 150 ppm, 58.5 ppm y 88.5 ppm presentó mayor contenido de macronutrientes (N, P, K) con respecto a las concentraciones de la solución comercial, de 68.18

% de N, 131.46 % de P y 42.14 % de K. Mientras que el lixiviado del compost de verduras contiene menores porcentajes de efectividad con valores de 11.36 % de N, 4.94% de P y 9.24 % de K.

- En cuanto al desarrollo foliar y al color de las hojas del cultivo hidropónico, el lixiviado de compost de verduras mostro un mejor efecto al igual que la solución comercial.

En la investigación titulada “Sistemas de tratamiento para lixiviados generados en rellenos sanitarios”, estudiaron los sistemas de tratamiento para lixiviados generados en el relleno sanitario Oasis en el municipio de Sincelejo, además caracterizaron fisicoquímicamente (DBO₅, DQO, aceites y grasas, sólidos suspendidos y pH) los lixiviados generados, llegando a las siguientes conclusiones (20):

- Los lixiviados generados en los rellenos sanitarios impactan negativamente a medio ambiente y deterioran la salud de la comunidad expuesta, debido a esto es necesario que reciban un tratamiento adecuado para garantizar las condiciones óptimas de salubridad a la población que vive en el área de influencia del relleno.
- Es necesario el uso de procesos viables técnicamente para tratar los líquidos generados en el relleno sanitario antes de ser vertidos a cuerpos de agua.
- El tratamiento de lixiviados por recirculación es un método económico y viable en comparación a otros.
- Las concentraciones de DBO₅ y DQO en los lixiviados generados en el relleno sanitario El Oasis, se incrementan en la época de sequía y es diferente en las distintas etapas climatológicas, además la concentración de los metales pesados presenta una concentración moderada leve.
- Las aguas lixiviadas, superficiales y subterráneas presentan parámetros normales aptos para el tipo de sistema usado.

En la investigación titulada “Alternativas actuales del manejo de lixiviados”, identificaron los métodos de manejo de lixiviado más usados, sus ventajas y desventajas, y sus principales características, considerando que los

lixiviados son una mezcla de componentes orgánicos e inorgánicos de los residuos sólidos, llegando a las siguientes conclusiones (21):

- Las condiciones geográficas, climáticas y económicas de la región influyen en las características de los rellenos sanitarios, por lo cual para contar con un proceso óptimo es necesario el uso de una tecnología apropiada.
- Es necesario el estudio de la composición de los lixiviados, si se desean utilizar tratamientos biológicos, ya que estos están limitados por algunos compuestos o elementos tóxicos para los microorganismos, lo que ocasionaría la inhibición de las reacciones.
- Los sistemas anaerobios presentan ventajas tales como: no necesitan de oxígeno adicional, menor producción de lodos, reducción de olores fuertes y desagradables, tratan directamente aguas con elevada carga contaminante, además al comportarse como un filtro anaerobio, completa el proceso de degradación anaerobia iniciada en los rellenos sanitarios. Por otro lado, los sistemas aerobios presentan gran eficiencia en la eliminación del DQO, no obstante, presenta algunas limitaciones como, el gran espacio que necesitan, la sensibilidad a la variación de temperatura, mayor producción de lodos, gran gasto energético causado por la aireación y el requerimiento de la agregación de nutrientes.
- Los sistemas naturales, son tecnologías económicas pero que necesitan de grandes extensiones de terreno, y un mayor tiempo de tratamiento.
- La recirculación es un tratamiento limitado por la pluviometría y la estabilidad geotécnica de la zona, además es necesario tratamientos a los lixiviados recirculados y pretratados.
- Los tratamientos fisicoquímicos son costosos debido al uso de reactivos químicos, además de eliminar mínimamente el DQO. Por otra parte, los tratamientos de evaporación son considerados tecnologías viables y autosuficientes, no requiriendo suministros de energía y equipos mecánicos, aunque la ubicación del relleno podría causar olores desagradables.

En la investigación titulada “Influencia del material de cubierta en la composición de los lixiviados de un relleno sanitario”, caracterizaron los lixiviados generados en el relleno sanitario de la ciudad de Mérida y los compararon con la composición típica de lixiviados de rellenos sanitarios. El relleno sanitario en estudio utiliza sahcab, un material de cubierta con altas concentraciones de carbonato de calcio, los cuales modifican la composición de los lixiviados en la fase ácido génica, proporcionándole grandes concentraciones de calcio, este material al ser muy fino, ayuda a eliminar los sólidos suspendidos y carga orgánica suspendida de los lixiviados ya que actúa como un filtro (22). Se llegó a las siguientes conclusiones:

- El material de cubierta sahcab favoreció a que los lixiviados presentaran altas concentraciones de sodio, potasio y metales pesados, este último se seguirá incrementando conforme avanza la vida útil del relleno sanitario, respecto al pH presentó valores básicos.
- Gracias a que el material de cubierta removió partículas de gran tamaño de los lixiviados, la materia orgánica se presentó de forma soluble o coloidal, asimismo para lograr una mayor remoción de esta los procesos fisicoquímicos debieron realizarse a pH ácidos.

En la investigación titulada “Propuesta para tratamiento de lixiviados en un vertedero de residuos sólidos urbano”, evaluaron fisicoquímicamente los lixiviados generados en el vertedero de Guanabacoa, la Habana, además para el cumplimiento de las normas establecidas propusieron un sistema de tratamiento para el nuevo vertedero, el cual recibirá 189 t/día de residuos sólidos; respecto a la generación de lixiviados realizaron un balance hidrológico; para la caracterización de los lixiviados, tomaron muestras de tres vertederos principales (5 puntos de muestreo en Calle 100 y 2 puntos de muestreo en vertedero de 8 vías y en Guanabacoa), durante la época de avenida y de estiaje, demostrando que los resultados en la época de estiaje fueron mayores que los de la época de avenida, dado que el pH fue de 8.10, la temperatura fue de 29.53°C y la conductividad eléctrica fue de 8.80 mS/cm en la época de estiaje mientras que en la época de avenida los valores de pH, temperatura y conductividad

fueron de 7.67; 30.40°C y 6.02 mS/cm respectivamente, sin embargo las concentraciones de DBO₅ y DQO en ambas épocas fueron elevadas, en la época de estiaje las concentraciones de DBO₅ y DQO fueron 902.24 mg/L y 2 011.00 mg/L mientras que en la época de avenida la concentración de DBO₅ fue de 684.89 mg/L y la concentración de DQO fue de 1008.78 mg/L, respecto a la concentración de Sólidos Suspendidos Totales y turbidez en la época de estiaje fue de 629.17 mg/L y 289.10 UNT respectivamente, mientras que para la época de avenida la concentración de sólidos suspendidos totales fue de 246.00 mg/L y la turbidez fue de 104.32 UNT (23). Se concluyó que:

- Debido a la falta de impermeabilización de los vertederos de residuos sólidos, la concentración de las características fisicoquímicas de los lixiviados presentó gran variabilidad.
- Los lixiviados presentaron una alta concentración de compuestos orgánicos (DQO y DBO₅), sólidos disueltos y microorganismos patógenos (coliformes).
- Para estimar el volumen de lixiviados generados, es importante considerar la humedad de los residuos sólidos además de las precipitaciones.
- El sistema de tratamiento de lixiviados propuestos se compondría de una laguna facultativa y de maduración, tanque séptico y filtro anaerobio.

En la investigación titulada “Tratamiento de lixiviados del relleno sanitario del Canton Tena provincia del Napo mediante reacción Fenton y microorganismos eficientes”, trataron los lixiviados generados en el relleno sanitario del cantón Tena mediante reacción Fenton y el uso de Microorganismos eficientes; caracterizaron fisicoquímicamente el lixiviado antes del tratamiento, presentando valores de DBO₅ de 8 350 mg/L, DQO de 15 400 mg/L y una concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH₃) de 875 mg/L; en el tratamiento mediante la reacción Fenton, oxidaron la materia orgánica en un medio ácido de sulfato ferroso (FeSO₄) y peróxido de hidrógeno (H₂O₂); por otro lado en el tratamiento con microorganismos eficientes (EM), estos fueron activados con melaza de caña de azúcar y agua y se utilizó 2 mL de EM activados para el tratamiento de 200 mL de

lixiviado durante un mes, logrando remover DBO₅, DQO y N-NH₃ en 84.3 %, 74 % y 84 % respectivamente (24). Se concluyó que:

- La técnica Fenton, sumado a los EM, resultaron métodos efectivos para el tratamiento de lixiviados y aguas residuales con grandes concentraciones de DBO₅, DQO y N-NH₃, asimismo resultaron ser técnicas económicas y con un tiempo de remoción corto.
- El tratamiento reactivo Fenton a un pH del lixiviado de 4 (medio ácido) logró reducir el mal olor de los lixiviados mejorando su color y aspecto; las dosis optimas de FeSO₄ fue de 200 g y de H₂O₂ fue de 200 mL este método faculto la biodegradabilidad del lixiviado reduciendo las concentraciones de. DBO₅ y DQO a 2 530 mg/L y 8 008 mg/L respectivamente.
- En el tratamiento con EM la dosis optima fue de 200 mL de EM activado, en una relación de EM y lixiviado de 1:1000, es decir, 1 mL de EM activado por cada mL de lixiviado a tratar; la concentración de DBO₅ y DQO se redujeron hasta 1 310 mg/L y 4 004 mg/L respectivamente, además la concentración inicial del N-NH₃ se redujo a 140 mg/L.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En la investigación titulada “Tratamiento de los lixiviados generados en la planta de residuos sólidos de Cajamarca con humedales artificiales de *Juncus balticus willd* (junco) y *Shoenoplectus californicus* (totora)”, utilizaron humedales artificiales de *Juncus balticus* Willd (junco) y *Shoenoplectus californicus* (totora) para tratar los lixiviados generados en la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca, llegando a las siguientes conclusiones (25):

- Antes del tratamiento, el lixiviado presentó un pH de 8.59, la turbiedad un valor de 526 UNT, la conductividad de 7 150 µS/cm, la DBO de 594 mg/L, la DQO de 1 647 mg/L, los Sólidos Suspendidos Totales de 25.49 mg/L, los sólidos totales disueltos de 5.07 ppm, la salinidad de 3,56 ppmil y los coliformes termotolerantes de 13 000 NMP/100mL. Después del tratamiento

en el humedal de *Juncus balticus* Willd (junco), las características del lixiviado fueron: pH de 8.12; turbiedad de 6.17 UNT, conductividad de 2 021.22 $\mu\text{S}/\text{cm}$, DBO de 600 mg/L, DQO de valores menores a 20 mg/L, Sólidos Suspendidos Totales de 18.64 mg/L, sólidos totales disueltos de 4.37 ppm, salinidad de 1.01 ppmil y coliformes termotolerantes de 26.33 NMP/100mL; en contraste después del tratamiento en el humedal de *Shoenoplectus californicus* (totora), las características del lixiviado fueron: pH de 8.67, turbiedad de 50.03 UNT, conductividad de 5467.78 $\mu\text{S}/\text{cm}$, DBO de 104.44 mg/L, DQO de 411 mg/L, sólidos Suspendidos Totales de 18.69 mg/L, sólidos totales disueltos de 3.87 ppmil, salinidad de 2.73 ppmil y coliformes termotolerantes de 28 NMP/100mL.

- En base a los resultados determinaron que el tratamiento en el humedal de *Juncus balticus* Willd (junco) alcanzó un porcentaje de remoción de contaminantes del 89 %.

En la investigación titulada “Efecto de los microorganismos eficaces en la calidad fisicoquímica y microbiológica de los lixiviados del relleno sanitario municipal de Cajamarca”, aplicaron microorganismos eficaces (EM) a dosis de 200 mL y 300 mL a muestras de lixiviado del relleno sanitario de la ciudad de Cajamarca, durante 15 días y 20 días, llegando a las siguientes conclusiones (26):

- La solución activada de microorganismos eficaces (EM) presento una mayor densidad poblacional de bacterias ácido-lácticas (181.4 individuos/ 0.5 mL^{-1}); al transcurrir tres horas del tratamiento estas bacterias continuaban predominando (16.6 individuos/ 0.5 mL^{-1} y 29.8 individuos/ $0,5 \text{ mL}^{-1}$). Al terminar el tratamiento evidenciaron el incremento de la densidad poblacional de las levaduras, bacterias ácidas lácticas y bacterias foto tróficas en el lixiviado, los cuales fueron 48.4 %, 67.1 % y 19.7 % respectivamente.
- El tiempo de aplicación de EM en 15 días logró disminuir el oxígeno disuelto en el lixiviado en $0.07 \text{ mg}/\text{L}$, sin embargo, la frecuencia de aplicación, dosis y la interacción de esta variable no presentaron

efectos estadísticos significativos en los sólidos disueltos totales y los nitratos.

- Respecto al tratamiento del lixiviado con una dosis de EM de 200 mL el pH y la temperatura se incrementaron de 7.5 a 8.27 y de 19.6°C a 22.03 °C respectivamente. Asimismo la concentración de Sólidos Suspendidos Totales se incrementó de 126 mg/L a 887.95 mg/L, el oxígeno disuelto también se incrementó de 0.2 mg/L a 0.28 mg/L, respecto a la concentración de DBO₅ y a la población de coliformes totales, advirtieron que el tratamiento control presentó valores de 81.2 mg/L y 79 NMP respectivamente, sin embargo en el lixiviado tratado la concentración de DBO₅ fue de 6569.07 mg/L y la concentración de coliformes totales se incrementó a 170 000 NMP, finalmente la población de coliformes termo tolerantes, se incrementó hasta en 2 722 veces comparado con el tratamiento control, estos resultados demostraron que los EM no ayudo a la recuperación de la calidad de lixiviados.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Compostaje

“El compostaje es la descomposición biológica aeróbica controlada de la materia orgánica en un producto estable, similar al humus, llamado compost. Es esencialmente el mismo proceso que la descomposición natural, excepto que se mejora y acelera al mezclar los desechos orgánicos con otros ingredientes para optimizar el crecimiento microbiano” (27 pág. 1).

“El compost aplicado a la tierra mejora la fertilidad del suelo, la labranza y la capacidad de retención de agua. También está libre de olores desagradables y puede almacenarse durante períodos prolongados. Estas cualidades lo hacen adecuado para su uso en la granja o para la venta” (27 pág. 1).

- Fases del proceso de compostaje:

“El proceso de compostaje lo lleva a cabo una población diversa de microorganismos predominantemente aeróbicos que descomponen el material orgánico para crecer y reproducirse. La actividad de estos microorganismos se fomenta a través del manejo de la relación carbono-nitrógeno (C: N), suministro de oxígeno, contenido de humedad, temperatura y pH de la pila de compost. El compostaje administrado adecuadamente aumenta la tasa de descomposición natural y genera suficiente calor para destruir las semillas de malezas, los patógenos y las larvas de mosca. El proceso de compostaje se puede dividir en dos períodos principales” (27 pág. 3).

- El compostaje activo es el período de actividad microbiana vigorosa durante el cual el material fácilmente degradable se descompone, así como algunos de los materiales más resistentes a la descomposición, como la celulosa.
- El curado sigue al compostaje activo y se caracteriza por un menor nivel de actividad microbiana y la posterior descomposición de los productos de la etapa de compostaje activo. Cuando el curado ha alcanzado su etapa final, se dice que el compost está estabilizado.

“Todos los procesos de compostaje adecuados pasan por cuatro etapas: mesofílica, termofílica, enfriamiento, que finalmente termina con maduración del compost. La duración de cada etapa depende de la composición inicial de la mezcla, su contenido de agua, aireación y cantidad y composición de las poblaciones microbianas” (28 pág. 169).

- Fase mesofílica: los sustratos ricos en *C lábiles* se metabolizan rápidamente por una mezcla de bacterias, actinomicetos y hongos que prefieren moderada temperatura típicamente entre 15°C y 40°C. Debido a este metabolismo aeróbico, se genera calor. Girar el material que conduce a la aireación disminuye temporalmente la temperatura, lo que resulta en una descomposición rápida de

más material disponible y, por lo tanto, la temperatura aumenta nuevamente (28).

- Fase termofílica: la temperatura se eleva por encima de 40 °C, favoreciendo principalmente los actinomicetos y las bacterias termofílicas como el *Bacillus* (28).
- Fase de enfriamiento: cuando los compuestos lábiles de C de los sustratos de alimentación disminuyen, se produce una disminución gradual de la temperatura que conduce a la fase de enfriamiento. Especialmente los hongos tienen preferencia por los compuestos de celulosa y lignina restantes y más complejos y, por lo tanto, resistentes a la degradación. Además, los actinomicetos tienen una gran importancia cuando se forman materiales húmicos a partir de las reacciones de descomposición y condensación (28).
- Fase de maduración final: se caracteriza por una temperatura aún más baja por debajo de 25°C y tasas reducidas de absorción de oxígeno de microorganismos aeróbicos. Durante esta etapa, la degradación de los compuestos orgánicos más refractarios continúa y entra el meso y la macrofauna del suelo. Los organismos de esta etapa tienen una influencia beneficiosa en la maduración del compost y en la supresión de enfermedades de las plantas, ya que son capaces de metabolizar compuestos fitotóxicos. Por lo tanto, la calidad del compost aumenta especialmente durante la última fase. En comparación con la mezcla de alimentación inicial, el compost final se atribuye a una relación C/N más baja de 15 - 20 y un valor de pH más alto. Puede contener una cantidad considerable de NO_3 disponible en planta mientras que el contenido de NO_4^+ generalmente está disminuyendo. Además, el potencial de olor del compost se reduce significativamente. Pero parece de suma importancia el hecho de que la materia orgánica se ha estabilizado, por lo que contiene compuestos de C bastante resistentes (28).

2.2.2. Lixiviados

“El lixiviado es el fluido que se filtra a través de los vertederos y se genera a partir de líquidos presentes en los desechos y del agua exterior, incluida el agua de lluvia, que se filtra a través de los desechos. La cantidad y concentración del lixiviado generado depende de varios factores, los más importantes son la cantidad y características de los desechos descargados, las condiciones climáticas, el tamaño de la celda y la fase del área de disposición, técnicas operativas aplicadas en el vertedero, y la cubierta superior oficial de naturaleza aplicada. Además, su calidad y cantidad dependen de varios factores, como la geografía, las condiciones climáticas, la hidrogeología del área y la edad de la pila de desechos” (29 pág. 120).

- Características de lixiviados:

“Las propiedades del lixiviado ciertamente dependen de los componentes y la humedad de los desechos, y sus fuentes. Para el lixiviado de los vertederos, entre los factores que influyen en las características del lixiviado, la lluvia es un parámetro dominante. El agua de arrastre ingresa al vertedero y transporta los contaminantes solubles a la fase líquida desde la fase sólida. Simultáneamente, las materias orgánicas en los desechos se descomponen en materias orgánicas solubles (como los ácidos grasos volátiles), que también entran en el lixiviado bajo la acción de microorganismos. El lixiviado no solo tiene una alta concentración de contaminantes orgánicos, sino que también contiene una gran cantidad de ingredientes orgánicos e inorgánicos, así como tóxicos y dañinos” (30 pág. 1).

Los lixiviados presentan comúnmente las siguientes características (30):

- Color y olor. el lixiviado tiene un alto croma y muestra marrón, marrón oscuro o negro, con un olor extremadamente fuerte.
- pH: En la etapa inicial del vertedero, el valor de pH está entre 6 y 7 y muestra una acidez débil. el pH final está entre 7 y 8 después de la etapa de estabilización en el relleno sanitario.

- Nitrógeno amoniacal: el nitrógeno amoniacal altamente concentrado es una característica típica del lixiviado maduro medio. Las materias orgánicas nitrogenadas se someten a hidrólisis y fermentación, lo que aumenta la dificultad del tratamiento de eliminación de nitrógeno amoniacal. En la actualidad, la mayoría de los vertederos utilizan tecnología anaeróbica, lo que resulta en un aumento de las concentraciones de contaminantes incluso en la etapa de metanización. Se puede obtener una alta concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$ (1000 mg/L) cuando el vertedero se encuentra en la etapa estable.
- Metales pesados: hay muchos tipos de iones de metales pesados en el lixiviado, y los metales insolubles en los desechos se convierten en iones de metales solubles y luego se disuelven en el lixiviado a través de las reacciones físicas y químicas.
- Sólidos disueltos totales: el lixiviado contiene una alta concentración de sólidos disueltos totales, generalmente, el valor máximo (1000 mg/L) se alcanza entre 6 y 15 meses. Al mismo tiempo, contiene altas concentraciones de Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} y otras sales inorgánicas, que disminuirán gradualmente hasta la estabilidad final del vertedero.
- Microorganismos: el lixiviado contiene una gran cantidad de microorganismos, tales como bacterias nitrificantes, bacterias desnitrificantes, desulfo-bacterias, *thiobacillus denitrificans*, bacterias de hierro, bacterias reductoras de sulfato, bacterias metanogénicas, bacterias y microorganismos patógenos que juegan un papel importante en la degradación del lixiviado. Las bacterias más comunes aisladas en el lixiviado son *Corynebacterium* y *Streptococcus*.

Además, otras características importantes de los lixiviados son (31):

- DQO: parámetro importante para el tratamiento de los lixiviados, es considerado como la cantidad de materiales que se reducen de muestras acuosas, a causa de la composición de los lixiviados se desconoce la contribución precisa que realizan cada componente

al valor total de la demanda química de oxígeno; es importante el estudio de este parámetro para comprender el comportamiento ambiental y la distribución de cada componente individual.

- DBO₅: implica la medida del oxígeno disuelto que es utilizado por los microorganismos durante la oxidación bioquímica de la materia orgánica, este parámetro es el que más se caracteriza en el estudio de aguas contaminadas.
- Conductividad eléctrica: en medios líquidos se asocia a la presencia de sales, que al disociarse pueden generar iones positivos y negativos, los cuales bajo un campo eléctrico pueden transportar energía.
- Sólidos totales: se dividen en sólidos disueltos totales y Sólidos Suspendidos Totales, el primero pasa a través de un filtro mientras que el segundo es retenido en el filtro.

Tabla 01. *Concentraciones típicas de los componentes de los lixiviados generados en los rellenos sanitarios.*

Constituyente (mg/L)	Vertedero nuevo (menos de 2 años)		Vertedero maduro (más de 10 años)	Acetogénico		Metanogénico	
	intervalo	Típico		Intervalo	Promedio	Intervalo	Promedio
DBO ₅	2000-30000	10000	100-200	2000-68000	18632	97-1770	374
DBO ₂₀	-	-	-	2000-125000	25108	110-19000	544
DQO	3000-60000	18000	100-500	2740-152000	36817	622-8000	2307
pH	4.5-7.5	6	6.6-7.5	5.12-7.8	6.73	6.8-8.2	7.52
Conductividad (mS/cm)	-	-	-	5800-52000	16921	5990-193000	11502
COT	1500-20000	6000	80-160	1010-29000	12217	184-2270	733
Sólidos Suspendidos Totales	200-2000	500	100-400	-	-	-	-

Fuente: Chávez (31).

“El lixiviado de los vertederos maduros contiene menos carbono biodegradable debido a la pérdida del vertedero a través de la producción de gas metano y generalmente se caracteriza por un alto contenido de amonio (NH₄⁺), baja biodegradabilidad (baja relación BOD₅/COD) y una alta fracción de moléculas orgánicas refractarias y grandes como como ácidos húmicos y fúlvicos. Por lo general, los

lixiviados de los vertederos jóvenes contienen bajas concentraciones de compuestos orgánicos y se tratan más fácilmente en comparación con los antiguos. Los compuestos orgánicos biodegradables y el amoníaco son componentes de lixiviados que representan las amenazas ambientales más importantes” (32 pág. 2).

“La relación entre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) (DBO/DQO) es un enfoque de clasificación común. El lixiviado se clasifica como valores de DBO/DQO estabilizados, intermedios o frescos dados < 0.1 ; $0.1-0.5$ y > 0.5 , respectivamente. La relación DBO/DQO indica que los procesos biológicos son apropiados para el tratamiento de lixiviados frescos debido a una mayor fracción de material orgánico biodegradable, mientras que los procesos fisicoquímicos son más apropiados para el tratamiento de lixiviados estabilizados debido a la alta fracción de material orgánico no biodegradable” (32 pág. 2).

2.2.3. Calidad de los lixiviados

Los compuestos orgánicos e inorgánicos solubles se encuentran en la basura en el emplazamiento o se forman como resultado de procesos químicos y biológicos dentro del vertedero. La formación de lixiviados crea una filtración de humedad no uniforme e intermitente a través de la masa de desechos, lo que resulta en la eliminación de estos compuestos solubles de los desechos y su disolución y suspensión en el lixiviado. Además, la formación de lixiviados es indicativa de un mayor contenido de humedad, que se asocia con la mejora de los procesos bioquímicos en los vertederos. Los subproductos de estos procesos contribuyen significativamente a la concentración de compuestos orgánicos en lixiviados, particularmente en las primeras etapas de descomposición de la materia orgánica después del emplazamiento de los desechos. “La composición del lixiviado de los vertederos puede exhibir variaciones espaciales y temporales considerables dependiendo de las operaciones del sitio y las prácticas de manejo, las características de los desechos y los procesos internos de los vertederos. La edad de rechazo y la etapa de

Tabla 02. *Comparación de características típicas de los lixiviados de rellenos sanitarios.*

Característica	Lixiviado joven	Lixiviado viejo
DBO	Muy alto	Bajo
DQO	Muy alto	Alto
Amoniaco	Muy alto	Alto
Fósforo	Usualmente deficiente	suficiente
pH	Muy bajo	Bajo
Detergentes	Muy alto	Bajo
Sales disueltas	Muy alto	Bajo (relativamente)
Agentes incrustantes (Fe, Ca, Mg)	Muy alto	Bajo
Metales pesados	Muy alto	Bajo

Fuente: Giraldo (35).

En el Perú hay una normativa referencial para lixiviado, el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4 - E2 para ríos de sierra determina como la medida que establece el nivel de concentración de parámetros fisicoquímicos presentes en el agua en condición de cuerpo receptor (36).

Tabla 03. *Parámetros para la evaluación del agua.*

Parámetros	Unidad de medida	E2: Ríos	
		Costa y sierra	Selva
Fisicoquímicos			
Conductividad	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1000	1000
DBO ₅	mg/L	10	10
pH	Unidad de pH	6.5 a 9.0	6.5 a 9.0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 100	≤ 400

Fuente: D.S. 004-2017-MINAM (36).

2.2.4. Problemática de los lixiviados

“El lixiviado es el principal compuesto tóxico liberado del relleno sanitario al medio ambiente, caracterizado por altas concentraciones de numerosos químicos tóxicos y cancerígenos, incluidos metales pesados y materia orgánica. Además de estas mezclas químicas, los lixiviados pueden contaminarse con bacterias, incluidas bacterias aeróbicas, psicofílicas y mesofílicas, coliformes fecales y bacterias formadoras de esporas, incluidas *Clostridium perfringens*. Solo se necesita una pequeña cantidad de lixiviado de los vertederos para contaminar un gran volumen de agua subterránea, que a su vez puede contaminar y afectar la biodiversidad e ingresar a las cadenas alimentarias. Las exposiciones químicas múltiples también pueden presentar un mayor riesgo que una sola sustancia. El potencial genotóxico de los lixiviados ha sido confirmado por varios investigadores que informaron un aumento significativo en las frecuencias de micronúcleos, alteraciones del ADN, aberraciones cromosómicas hermanas, intercambios de cromátidas y también reducciones de los índices mitóticos en diferentes tipos de células y sistemas modelo” (37 pág. 498).

- Factores que influyen en el impacto ambiental de los lixiviados:

Las condiciones de los vertederos que incluyen a la temperatura, la precipitación y la dirección del viento, son factores que influyen en el impacto ambiental de los lixiviados; en épocas de avenida, se puede generar una mayor cantidad de lixiviados sobrepasando la capacidad de los vertederos, esto implicaría que se produzcan olores desagradables los cuales son necesarios reducir, además de las cuestiones contaminantes del lixiviado (38). Por otro lado, las características hidrológicas del terreno que incluyen: porosidad del suelo, compactación, aguas subterráneas o proximidad a aguas superficiales, además el clima del área, la antigüedad del vertedero y la calidad y cantidad de los residuos sólidos, son factores que influyen en la composición del lixiviado y la cantidad que se genera (38).

“El peligro de infiltración de lixiviados en las aguas subterráneas es grande teniendo en cuenta que incluso los mejores sistemas de recolección de revestimiento y lixiviados finalmente fallarán debido al deterioro natural. Además, la infiltración de lixiviados puede causar la variación del pH del agua subterránea, lo que induce una disolución de metal de la matriz del subsuelo en el agua subterránea, incluso cuando el lixiviado en sí mismo no está muy contaminado” (37 pág. 499). Los vertederos que se encuentran próximos a cursos de agua, pueden influir en la vida acuática, al liberar contaminantes químicos en ella, siendo un riesgo a largo plazo, además los lixiviados transportan contaminantes que se pueden dispersar en arroyos y/p ser adsorbidos por sedimentos (38).

Tabla 04. *Problemas producidos por la presencia de lixiviados RSU en las aguas, parámetros afectados y efecto que causan.*

Problema	Parámetros afectados	Efecto producido
<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones sépticas. • Problemas de olor y gusto. • Coloración de herrumbre. • Elevado contenido de sólidos disueltos. • Aspecto estéticamente no grato. • Presencia de floculados. • Crecimiento del cieno. • Toxicidad para el hombre y los animales. • Obstrucción de acuíferos. • Problemas para el uso doméstico y riego del agua. • Inutilidad para usos recreativos. • Limitaciones en las previsiones de riego. 	Calcio	Incremento en la dureza.
	Magnesio	Incremento en la dureza.
	Fósforo	Eclosión de algas.
	Fluoruro	Incremento de toxicidad.
	Amonio	Ambiente reductor.
	Selenio	Toxicidad.
	DBO	Agotamiento del oxígeno.
	Hierro	Coloración de herrumbre.
	Reducción o aumento del pH	Incremento de toxicidad. Precipitación de metales.
	Nitrógeno	Incremento de toxicidad y eclosión de algas.
	Metales	Incremento de toxicidad.
	Materia orgánica	Incremento de toxicidad.
	Sólidos totales	Atenuación. Obstrucción de acuíferos.

Fuente: Pastor (38).

2.2.5. Tratamiento de lixiviados

“El conocimiento del impacto del lixiviado de los vertederos en el medio ambiente ha obligado a las autoridades a aplicar estándares cada vez más estrictos para el control de la contaminación. Además, la carga tóxica cada vez mayor en los residuos sólidos ha provocado que el lixiviado generado en los vertederos se vuelva más variado y complejo en su composición y, por lo tanto, difícil de tratar. Durante muchos años, los tratamientos biológicos y fisicoquímicos simples, como lagunas aireadas, digestores aeróbicos y anaerobios simples, tratamientos de oxidación avanzados con reactivos de ozono o Fenton, adsorción con carbón activado, coagulación química y eléctrica, etc., se consideraron suficientes para el tratamiento y gestión de efluentes altamente concentrados, como los lixiviados de vertederos. Sin embargo, se descubrió que los tratamientos simples eran insuficientes para cumplir con los estándares de eliminación de efluentes más estrictos actuales dirigidos a la reducción completa del impacto negativo del lixiviado de los vertederos en el medio ambiente” (37 pág. 513).

“Esto implica que se deben desarrollar nuevas alternativas de tratamiento. Por lo tanto, en las últimas dos décadas, se han desarrollado una serie de nuevas tecnologías basadas en filtración por membrana, oxidación electroquímica y combinación de diferentes reactivos o tecnologías como alternativa de tratamiento viable. Se descubrió que la integración de tecnologías antiguas con procesos de tratamiento avanzados produjo una excelente eficiencia de tratamiento en términos de eliminación de DQO, $\text{NH}_4\text{-N}$, metales pesados, TOC, etc. Las técnicas de tratamiento varían según la edad del lixiviado y los estándares de eliminación de lixiviados” (37 pág. 513).

“Se puede lograr una eficiencia de tratamiento razonable mediante el uso de tratamientos biológicos para la eliminación de DQO, $\text{NH}_3\text{-N}$ y metales pesados en el caso de lixiviados jóvenes. Sin embargo, para el tratamiento de lixiviados estabilizados viejos que tienen baja biodegradabilidad, se ha encontrado que los tratamientos fisicoquímicos son adecuados como un paso de refinación para los lixiviados tratados biológicamente. Los

procesos químicos-físicos-biológicos integrados, en cualquier orden, niegan los inconvenientes de los procesos individuales que contribuyen a una mayor eficacia del tratamiento general” (37 pág. 513).

a) Tratamiento biológico: “debido a su bajo costo y aplicabilidad, el tratamiento biológico se emplea ampliamente para eliminar la mayor parte de la DQO en el lixiviado, minimizando así las futuras emisiones líquidas y gaseosas. Este proceso emplea microbios para descomponer los componentes orgánicos en el lixiviado en agua y CO_2 (condiciones aeróbicas) o en una mezcla de CO_2 y gas CH_4 (condiciones anaeróbicas). Procesos biológicos como la secuenciación del reactor por lotes (SBR), manta de lodo anaeróbico de flujo ascendente (UASB) se han empleado sistemas naturales tales como humedales artificiales (CW) y recirculación de lixiviados (LR)” (39 pág. 2034). Los procesos biológicos son generalmente efectivos para lixiviados jóvenes, que contienen altas concentraciones de ácidos grasos volátiles y que presentan alta biodegradabilidad ($\text{DBO}_5/\text{DQO} > 0,4$) (21). Para aplicar un tratamiento biológico aerobio o anaerobio, es necesario tomar en cuentas las características del lixiviado (21).

b) Tratamiento aerobio: “en los tratamientos aeróbicos, los microbios consumen materiales orgánicos como fuentes de energía en presencia de oxígeno. Además, un proceso aeróbico oxida el $\text{NH}_3 - \text{N}$ en nitrato o biomasa” (39 pág. 2035). Los tratamientos biológicos aeróbicos más comunes son:

- Lodo activado.
- Secuenciación de reactores por lotes.
- Lagunas aireadas.
- Contactor biológico rotativo.

Este tipo de tratamiento es adecuado para lixiviado con altas concentraciones de DBO, ayudando a remover más del 90 %, aunque los lixiviados pueden contener concentraciones de DBO mayores a 1000 mg/L (21).

2.2.6. Microorganismos eficientes (EM)

Los microorganismos eficientes (EM) consisten en una mezcla de cultivos vivos de microorganismos, aislados de suelos naturalmente fértiles, que son útiles durante la producción de cultivos. La actividad principal de EM parece ser aumentar la biodiversidad de la microflora del suelo, aumentando así los rendimientos de los cultivos. “Se informa que las bacterias sintéticas, los componentes principales de EM, trabajan sinérgicamente con otros microorganismos para satisfacer los requerimientos nutricionales de las plantas y reducir la incidencia de microorganismos patógenos. La razón de ser de EM se basa en el concepto de inocular cultivos mixtos de microorganismos beneficiosos en el suelo para crear un ambiente que sea más favorable para el crecimiento y la salud de las plantas. EM puede interactuar con el ecosistema suelo-planta para suprimir los agentes patógenos de las plantas y otros agentes de enfermedades, solubilizar minerales, conservar energía, mantener el equilibrio microbiano y ecológico del suelo, aumentar la eficiencia fotosintética y fijar el nitrógeno biológico” (40 pág. 380).

- Principio de los microorganismos eficientes:

“El principio de actividad de la EM es aumentar la biodiversidad de la microflora aumentando el rendimiento del cultivo. Las bacterias fotosintéticas son la columna vertebral de la EM, trabajando sinérgicamente con otros microorganismos para proporcionar el requerimiento nutricional a la planta y también reducir el problema de la enfermedad” (41 pág. 315). Se utilizan principalmente 5 tipos de bacterias para preparar la solución EM (41).

- Bacterias fotosintéticas: (bacterias fototróficas): son microorganismos independientes autoportantes. Estas bacterias sintetizan aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, sustancias de las secreciones de las raíces, materia orgánica (carbono) mediante el uso de la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Pueden usar la energía de la

banda infrarroja de radiación solar de 700 nm a 1 200 nm para producir la materia orgánica, mientras que las plantas no pueden. Por lo tanto, la eficiencia de las plantas aumenta. Estos metabolitos se absorben directamente en las plantas y también actúan como sustratos para las bacterias, lo que aumenta la biodiversidad de la microflora. Agregar bacterias fotosintéticas en el suelo mejora otros microorganismos eficientes. Por ejemplo, la micorriza VA (vesicular-arbuscular) en la rizosfera aumenta debido a la disponibilidad de compuestos nitrogenados (aminoácidos) para su uso como sustratos secretados por bacterias fotosintéticas. La micorriza VA aumenta la solubilidad de los fosfatos en los suelos, por lo que suministra fósforo no disponible a las plantas. La micorriza VA puede coexistir con *Azotobacter* como bacteria fijadora de nitrógeno y mejorar la capacidad de fijación de nitrógeno de las legumbres.

- Bacterias del ácido láctico: produce ácido láctico a partir de azúcares. Los alimentos y bebidas como el yogur y los encurtidos se elaboraron con bacterias del ácido láctico. Sin embargo, el ácido láctico es un esterilizador fuerte. Suprime los microorganismos nocivos y aumenta la descomposición rápida de la materia orgánica. Además, las bacterias del ácido láctico mejoran la descomposición de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, y fermentan estos materiales, que normalmente requieren mucho tiempo. Las bacterias del ácido láctico tienen la capacidad de suprimir la propagación de *Fusarium*, que es un microorganismo dañino que causa problemas de enfermedades en los cultivos continuos. En condiciones de *Fusarium* promueve el aumento de nematodos nocivos. La aparición de nematodos desaparece gradualmente, ya que las bacterias del ácido láctico suprimen la propagación y la función de *Fusarium*.
- Levadura: sintetizan sustancias antimicrobianas y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fotosintéticas, materia orgánica y raíces

de plantas. Las sustancias bioactivas como las hormonas y las enzimas producidas por las levaduras promueven la división activa de células y raíces. Sus secreciones son sustratos útiles para microorganismos eficientes como bacterias de ácido láctico y actinomicetos.

- Actinomicetos: cuya estructura es intermedia a la de las bacterias y hongos, produce sustancias antimicrobianas a partir de aminoácidos secretados por bacterias fotosintéticas y materia orgánica. Estas sustancias antimicrobianas suprimen hongos y bacterias dañinos. Los actinomicetos pueden coexistir con bacterias fotosintéticas. Por lo tanto, ambas especies mejoran la calidad del ambiente del suelo, al aumentar la actividad antimicrobiana del suelo.
 - Hongos de fermentación: como *Aspergillus* y *Penicillium* descomponen rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, ésteres y sustancias antimicrobianas. Esto suprime los olores y previene la infestación de insectos dañinos y gusanos.
- Crecimiento microbiano en medios líquidos:

Al crecer las bacterias en medios líquidos, las células se dividen las cuales células libres en suspensión, de este modo se diferencian cuatro fases de crecimiento microbiano (24).

- a) Fase de latencia o de adaptación: “el número de células presentes parece permanecer constante durante la fase de latencia, durante el cual se cree que las células se están preparando para el crecimiento” (42 pág. 41). Durante esta fase las células no se incrementan, sin embargo, realizan actividad metabólica, incrementan su tamaño, ADN, contenido de proteínas y su peso seco (24).
- b) Fase exponencial o logarítmica: “el aumento en el número de células se vuelve detectable y su velocidad se acelera

rápidamente hasta que se establece a la velocidad máxima alcanzable para las condiciones disponibles. Esto se conoce como la fase exponencial, porque el número de celdas aumenta exponencialmente con el tiempo. Para acomodar los cambios astronómicos en el número, la curva de crecimiento normalmente se muestra en una escala logarítmica, que muestra un aumento lineal en el número de celdas logarítmicas con el tiempo” (42 pág. 41). En esta fase las bacterias consumen a velocidad máxima los nutrientes que hay en el medio (24).

- c) Fase estacionaria: “el crecimiento se ralentiza y el número total de células bacterianas alcanza un máximo y se estabiliza. Esto se conoce como la fase estacionaria o post-exponencial” (42 pág. 42). En esta fase las células se acumulan y liberan metabolitos, el agotamiento de algún nutriente o el exceso de desechos generados en la fase exponencial hacen que se alcance esta fase, la cual se considera como el estado metabólico real de los microorganismos en los ambientes naturales (24).
- d) Fase de muerte: en esta fase las células ya no se dividen generando una disminución progresiva del número de células viables, a pesar de que algunas sigan vivas y continúen su metabolismo (24).

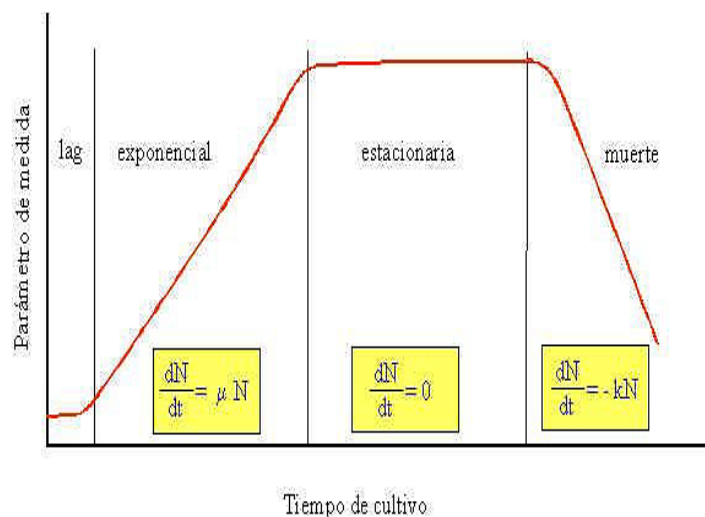


Figura 02. Fases de crecimiento microbiano.

Fuente: Alvarado (24).

- Efectos de los microorganismos eficientes:

“Respecto al tratamiento de lixiviados, los microorganismos eficientes eliminan el mal olor de la basura descompuesta. La amenaza de moscas y mosquitos se suprime al mínimo mediante la aplicación de esta tecnología. La tecnología EM no solo es respetuosa con el medio ambiente, sino que va un paso más allá para proteger realmente el medio ambiente. Suprime los gases nocivos generados por la basura, es muy económico. EM proporciona un ambiente saludable a los trabajadores. Todo esto significa un menor costo de operaciones, una fácil aplicación y al mismo tiempo protección del medio ambiente” (43 pág. 243). Respecto al compostaje de residuos sólidos, la basura fermentada con EM se complementa con microorganismos útiles que hacen que el compost sea inminentemente adecuado para uso agrícola (43).

“En el tratamiento de las aguas residuales la EM crea un entorno antioxidante que ayuda a mejorar la separación sólido-líquido, que es la base para la limpieza del agua. Uno de los principales beneficios del uso de EM es la reducción del volumen de lodo. Teóricamente, los organismos beneficiosos presentes en EM deberían descomponer la materia orgánica convirtiéndola en dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) o usarla para el crecimiento y la reproducción. Estos factores tienden a sugerir que, en teoría, EM debería ayudar en el tratamiento de las aguas residuales mejorando la calidad de la descarga de agua y reduciendo el volumen de lodo de aguas residuales producido” (44 pág. 349).

2.3. Definición de términos básicos

- Compostaje: “es el proceso de degradación biológica de materiales orgánicos sólidos heterogéneos en condiciones controladas de humedad, auto calentamiento y aeróbicos para obtener un material estable que pueda usarse como fertilizante orgánico” (45 pág. 647).

- Condición aeróbica: constituyen a organismos que pueden vivir y desarrollarse en presencia de oxígeno (46).
- Condición anaerobia: constituyen a organismos que sólo pueden desarrollarse en ausencia de cantidades significativas de oxígeno (46).
- Conductividad eléctrica: es la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica, atribuido a la presencia de iones disueltos (47).
- 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” (48 pág. 122).
- 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” (49 pág. 325).
- 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 (46).
- Efluente: es el líquido proveniente de un tratamiento, que contienen altos DBO/DQO que agotan el oxígeno para la flora y la fauna en los cuerpos de agua en los que se descargan (46).
- Lixiviado: “es el fluido que se filtra a través de los vertederos y se genera a partir de líquidos presentes en los desechos y del agua exterior, incluida el agua de lluvia, que se filtra a través de los desechos” (29 pág. 117).
- Microorganismos eficientes: “son organismos benéficos de origen natural, utilizados como inoculantes microbianos, para solucionar problemas ambientales o mejorar las condiciones del suelo” (50 pág. 4).
- Potencial de hidrógeno: es la cantidad de iones de hidrógeno o hidroxilo en una solución determina si la solución es ácida o alcalina (51).
- Proceso de compostaje: es la estabilización o tratamiento aerobio y termofílico de residuos sólidos orgánicos aprovechando la actividad microbiana, con el fin de obtener un producto final estable, libre de patógenos y semillas, para su uso como sustrato, abono o enmienda (52).
- Relleno sanitario: “son ecosistemas terrestres seminaturales reconstruidos en tierras con un historial de eliminación de residuos. Son ubicuos y únicos en

términos de edad, composición de residuos, diseño de ingeniería y práctica ecológica” (53 pág. 2099).

- Residuos domiciliarios: son residuos generados en el desarrollo de actividades domésticas dentro de los domicilios, compuesto generalmente por restos de comida, periódicos, revistas, envases de vidrio, cartón o lata, residuos de materiales de aseo, entre otros (54).
- Sólidos Suspendidos Totales: son partículas de más de 2 micras que se encuentran en la columna de agua, con una densidad menor o igual a la del agua, permanecen en suspensión debido al movimiento del líquido (47).
- Temperatura: es la magnitud referida a la noción de calor, que indica cuantitativamente, el estado de caliente o frío de un cuerpo (55).
- Tratamiento: es el proceso, técnica o método realizado con el fin de cambiar la características físicas, químicas o biológicas del residuo sólido, con el objetivo de aminorar o anular su potencial peligroso que podría afectar la salud de las personas o alterar el medio ambiente (54).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

El método de investigación es experimental, dado que se manipuló intencionalmente la variable independiente (inoculación de diferentes dosis de microorganismos eficientes) como una supuesta causa, para analizar las consecuencias sobre las variables dependientes (parámetros fisicoquímicos: DBO, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, conductividad eléctrica y pH), dentro de una situación de control para la investigación (56). El tratamiento de lixiviados en el proceso de compostaje se llevó a cabo en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC de Concepción.

3.1.2. Alcance de la investigación

El trabajo de investigación se planteó para reutilizar los lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC de Concepción, en el mismo proceso, con el objetivo de reducir las concentraciones de los contaminantes mediante la aplicación de microorganismos eficientes durante el año 2019.

Al emplear un método experimental el alcance de la investigación fue determinar los efectos causales y las correlaciones de la variable dependiente con las variables independientes, los diseños se basaron en el enfoque y en el paradigma cuantitativo, además de basarse en las hipótesis planteadas, se midieron las variables y su aplicación se sujetó al diseño establecido; de igual forma, el desarrollo estadístico fue fundamental para el logro de los objetivos (56).

3.1.3. Procedimiento experimental

- Área de estudio: el presente proyecto de investigación se realizó en las instalaciones del Relleno Sanitario del Centro ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción.
 - Distrito: Concepción.
 - Provincia: Concepción.
 - Departamento: Junín.
 - Latitud: 11°53'49.6" S.
 - Longitud: 75°17'37" O.
 - Altitud: 3 334 msnm.

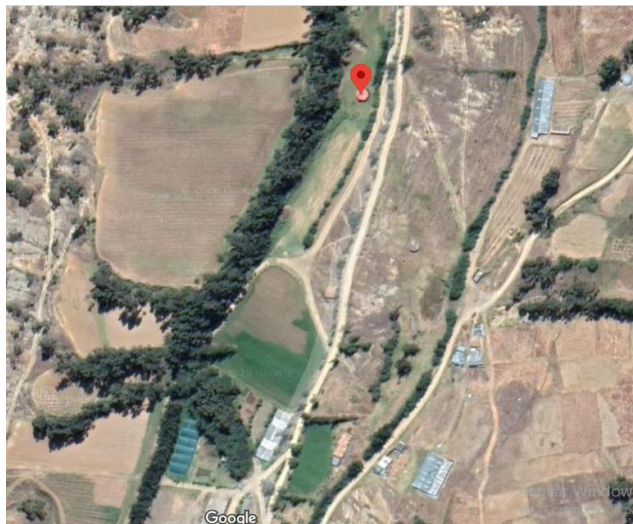


Figura 03. Ubicación del Centro Ecoturístico de Protección Ambiental de “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción.

Fuente: Google Earth.

- Recolección de restos orgánicos en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción.

La Municipalidad Provincial de Concepción con su Gerencia Ecológica y Servicios Públicos y la Sub Gerencia de Ornato y Limpieza Pública mediante la oficina de CEPASC es el responsable para que se lleve a cabo la recolección de los residuos orgánicos (restos de frutas, verduras, flores, hiervas, pescado y pollo, ceniza, aserrín) que son generados a nivel del distrito de Concepción, para después realizar el transporte y su posterior tratamiento que es llevado al CEPASC; planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos y proceso de compostaje de residuos orgánicos. El personal del CEPASC realiza la recolección de restos orgánico los lunes, miércoles y viernes mediante un mini camión haciendo dos viajes en el transcurso de la mañana en los horarios de 10 a.m. hasta las 12 m. en la que por día se aproxima la cantidad de 6 toneladas de residuo orgánico que son descargados en pilas para su posterior descomposición.

- Acondicionamiento:

Para el desarrollo del experimento se facilitó una caseta en forma hexagonal que se ubica en el CEPASC – Concepción, la estructura cubierta con techo de calamina y pared de plástico de polietileno y malla raschel, lo cual permitió proteger los restos orgánicos de la lluvia para de esa manera el resultado fuese lixiviado puro. Se dispuso de tres cajones hechas de madera; donde el cajón N° 1 tiene una medida aproximada de 7 m², el cajón N° 2 de 10.50 m² y el cajón N° 3 de 9 m² y de alto 20 cm para los tres cajones. Se protegió la base de los tres cajones con plástico de polietileno para que no filtre el lixiviado.

Materiales utilizados:

- Cajón N° 1, cajón N° 2, cajón N° 3:
 - Plástico de polietileno de 18 m de largo por 2 m de ancho.
 - Clavos de ½ pulgada.

- Martillo.
- Flexómetro.

Para el escurrimiento de lixiviados se excavó pozos en la parte baja de cada cajón y en ello acondicionando baldes de 4 litros para el depósito. Para el cajón N° 1 se hizo dos excavaciones y en lo cual se puso dos baldes, para el cajón N° 2 tres excavaciones para tres baldes y el cajón N° 3 se excavó dos pozos para dos baldes. Las tapas de los baldes fueron cortadas 1/6 del total y ser tapados para evitar ingreso de tierra, roedores.

- Obtención de recursos orgánicos:

Con la coordinación del responsable del CEPASC y el personal encargado de la recolección y transporte de los residuos orgánicos se facilitó la descarga a un lado de la caseta para posteriormente llevarlos a cada una de las cajas. Con la ayuda de una carretilla y mantada se trasladó de la parte de afuera al interior de la caseta los residuos orgánicos en las tres cajas hechas de madera.

Materiales utilizados:

- Cajón N° 1, cajón N° 2, cajón N° 3:
 - Carretilla.
 - Mantada.
 - Lampa.
 - Trinche.
 - Mascarilla.
 - Guantes.
 - Botas.
- Formación de compostera:

En dos momentos y distintos tiempos se descargó los residuos orgánicos al exterior de la caseta para ser agregado en cada una de

las cajas. En el primer ensayo se agregó cantidades proporcionales a cada caja para la generación de lixiviados. Para un segundo ensayo se retiró todos los restos orgánicos secos para poder agregar residuos orgánicos nuevos. A continuación, se explica los recursos para cada caja.

Tabla 05. *Cantidad de residuos orgánicos aproximado en el primer ensayo.*

		CANTIDAD	TOTAL
CAJA N° 1			
Tipo de residuo	Orgánico	200 kg	200 kg
CAJA N° 2			
Tipo de residuo	Orgánico	260 kg	260 kg
CAJA N° 3			
Tipo de residuo	Orgánico	240 kg	240 kg
TOTAL (primer ensayo)			700 kg

Fuente: elaboración propia.

Tabla 06. *Cantidad de residuos orgánicos aproximado en el segundo ensayo.*

		CANTIDAD	TOTAL
CAJA N° 1			
Tipo de residuo	Orgánico	0 kg	0 kg
CAJA N° 2			
Tipo de residuo	Orgánico	260 kg	260 kg
CAJA N° 3			
Tipo de residuo	Orgánico	250 kg	250 kg
TOTAL (segundo ensayo)			510 kg

Fuente: elaboración propia.

- Generación de lixiviados:

De igual manera que los residuos orgánicos fueron agregados dos veces, el resultado de la cantidad de los lixiviados fue en dos oportunidades. A medida que se iban acumulando los lixiviados en los baldes de 4 litros, en baldes de 20 litros se iban vertiendo y guardados en un área cerrado del CEPASC para el tratamiento posterior.

Tabla 07. Cantidad de lixiviados generados en el primer ensayo.

			CANTIDAD	TOTAL
CAJA N° 1				
Generación	Lixiviado	balde 1	2 L	5 L
		balde 2	3 L	
CAJA N° 2				
Generación	Lixiviado	balde 1	6 L	17 L
		balde 2	5 L	
		balde 3	6 L	
CAJA N° 3				
Generación	Lixiviado	balde 1	7 L	14 L
		balde 2	7 L	
TOTAL			36 L	36 L

Fuente: elaboración propia.

Tabla 08. Cantidad de lixiviados generados en el segundo ensayo.

			CANTIDAD	TOTAL
CAJA N° 1				
Generación	Lixiviado	balde 1	0 L	0 L
		balde 2	0 L	
CAJA N° 2				
Generación	Lixiviado	balde 1	5 L	17 L
		balde 2	6 L	
		balde 3	6 L	
CAJA N° 3				
Generación	Lixiviado	balde 1	8 L	17 L
		balde 2	9 L	
TOTAL			34 L	34 L

Fuente: elaboración propia.

Tabla 09. *Total de residuos orgánicos aprovechados y lixiviados generados.*

	Primer ensayo	Segundo ensayo	TOTAL
Residuos orgánicos	700 kg	510 kg	1210 kg
Lixiviados	36 L	34 L	70 L

Fuente: elaboración propia.

Para llevar las muestras de lixiviados al laboratorio para el tratamiento con microorganismos eficientes, se preservó las muestras mediante refrigeración, la cual consistió en poner los recipientes que contenían las muestras en un cooler con hielo para mantener la temperatura a 4°C según el monitoreo para lixiviados de la Agencia de Medio Ambiente (EPA) (57).

- Microorganismos eficientes (EM):
 - a. Proporción para la activación: los microorganismos eficientes que se aplicó para el tratamiento de los lixiviados son de EM comercial que vienen preparados en forma líquida. Los microorganismos se encontraron en estado de latencia (inactivo), por lo tanto, para aumentar la población de microorganismos fue necesario activarlos. La activación de los microorganismos eficaces EM - Agua se realizó en el Laboratorio de Ciencias básicas de la Universidad Continental para lo cual se tuvo en cuenta los procedimientos y las dosis aplicables de acuerdo con el manual práctico de uso de EM (58). La proporción de cada insumo de la siguiente manera:
 - 5 % de EM - agua.
 - 5 % de melaza de caña.
 - 90 % de agua libre sin cloro.
 - b. Dosis de tratamiento: Se manifiesta que se tiene un criterio para emplearse una cantidad de dosis de EM-Agua para tratar aguas

residuales, que se describe de la siguiente manera: i) Etiqueta EM- Agua: 1 litro de EM-Agua se obtiene 20 litros de EM - Agua Activado; ii) Manual Práctico de Uso de EM: 1 litro de EM - Agua activado cada 1 000 litros de aguas a tratar (58). De los cuales se consideró 1 litro de EM-Agua activado al 100 %, y de esa manera por criterio propio se describió en realizar tratamiento de lixiviados a diferentes dosis de 0 %, 10 %, 15 % y 20 %, siendo las dosis por tratamiento:

- T1: 10 % de dosis de EMA: litros de lixiviado; 100 mL EMA: 5 litros de lixiviado.
- T2: 15 % de dosis de EMA: litros de lixiviado; 150 mL EMA: 5 litros de lixiviado.
- T3: 20 % de dosis de EMA: litros de lixiviado; 200 mL EMA: 5 litros de lixiviado.
- T4: 0 % de dosis de EMA: litros de lixiviado; muestra testigo: 5 litros de lixiviado.

c. Materiales: para tener en cuenta se realizó 4 tratamientos en que cada tratamiento tiene 3 repeticiones de lo cual el cuarto tratamiento no se agregó EM-Agua activado, fue como testigo. Se necesitó de los siguientes materiales de laboratorio:

- 6 vasos de precipitación de 100 mL.
- 4 vasos de precipitación de 1000 mL.
- 6 probetas de vidrio de 10 mL.
- 1 varilla.
- 1 cocina.
- 1 pizeta.

Se necesitó los siguientes materiales e insumos para activación de EM-Agua:

- 9 botellas de plástico de 500 mL.
- 1 litro de Microorganismos eficaces (EM-Agua).

- 1 kilo de melaza de caña.
- 1 litro de agua libre de cloro.

d. Cálculos para la activación por dosis de EM:

Dosis de 1 litro de EM-Agua activado (EMA) por cada 1 000 litros de aguas a tratar (58). Por lo tanto: 1 litro EMA = 1000 mL EMA, de los cuales se consideró los 1 000 mL de EMA al 100 %.

- o Microorganismos eficientes al 10 %:

$$1000 \text{ mL EMA} = 100 \%$$

$$X \text{ mL EMA} = 10 \%$$

$$X \text{ mL EMA} = \frac{10 \% * 1000 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

$$X = 100 \text{ mL EMA}$$

De los cuales:

- Melaza = 5 %

$$100 \text{ mL EMA} = 100 \%$$

$$X \text{ mL de Melaza} = 5 \%$$

$$X \text{ mL de Melaza} = \frac{5 \% * 100 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

$$X = 5 \text{ mL de melaza}$$

- Agua libre de cloro = 90 %

$$100 \text{ mL EMA} = 100 \%$$

$$X \text{ mL de Agua libre de cloro} = 90 \%$$

$$X \text{ mL de agua libre de cloro} = \frac{90 \% * 100 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

$$X = 90 \text{ mL de agua libre de cloro}$$

- EM-Agua = 5 %

$$100 \text{ mL EMA} = 100 \%$$

$$X \text{ mL de EM-Agua} = 5 \%$$

$$X \text{ mL EM - Agua} = \frac{5 \% * 100 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

$$X = 5 \text{ mL de EM-Agua}$$

- Microorganismos eficientes al 15 %:

$$1000 \text{ mL EMA} = 100 \%$$

$$X \text{ mL EMA} = 15 \%$$

$$X \text{ mL EMA} = \frac{15 \% * 1000 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

$$X = 150 \text{ mL EMA}$$

De los cuales:

- Melaza = 5 %

$$150 \text{ mL EMA} = 100 \%$$

$$X \text{ mL de Melaza} = 5 \%$$

$$X \text{ mL de Melaza} = \frac{5 \% * 150 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

$$X = 7.5 \text{ mL de melaza}$$

- Agua libre de cloro = 90 %

$$150 \text{ mL EMA} = 100 \%$$

$$X \text{ mL de agua libre de cloro} = 90 \%$$

$$X \text{ mL de agua libre de cloro} = \frac{90 \% * 150 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

$$X = 135 \text{ mL de agua libre de cloro}$$

- EM-Agua = 5 %

$$150 \text{ mL EMA} = 100 \%$$

$$X \text{ mL de EM-Agua} = 5 \%$$

$$X \text{ mL EM - Agua} = \frac{5 \% * 150 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

$$X = 7.5 \text{ mL de EM-Agua}$$

- Microorganismos eficientes al 20 %

1000 mL EMA = 100 %

X mL EMA = 20 %

$$X \text{ mL EMA} = \frac{20 \% * 1000 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

X = 200 mL EMA

De los cuales:

- Melaza = 5 %

200 mL EMA = 100 %

X mL de Melaza = 5 %

$$X \text{ mL de Melaza} = \frac{5 \% * 200 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

X = 10 mL de melaza

- Agua libre de cloro = 90 %

200 mL EMA = 100 %

X mL de agua libre de cloro = 90 %

$$X \text{ mL de agua libre de cloro} = \frac{90 \% * 200 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

X = 180 mL de agua libre de cloro

- EM-Agua = 5 %

200 mL EMA = 100 %

X mL de EM-Agua = 5 %

$$X \text{ mL EM - Agua} = \frac{5 \% * 200 \text{ mL EMA}}{100 \%}$$

X = 10 mL de EM-Agua

- e. Activación para cada tratamiento: el procedimiento para la activación de los microorganismos eficientes por cada tratamiento se organizó en un diagrama de flujo presentado en la figura 04.

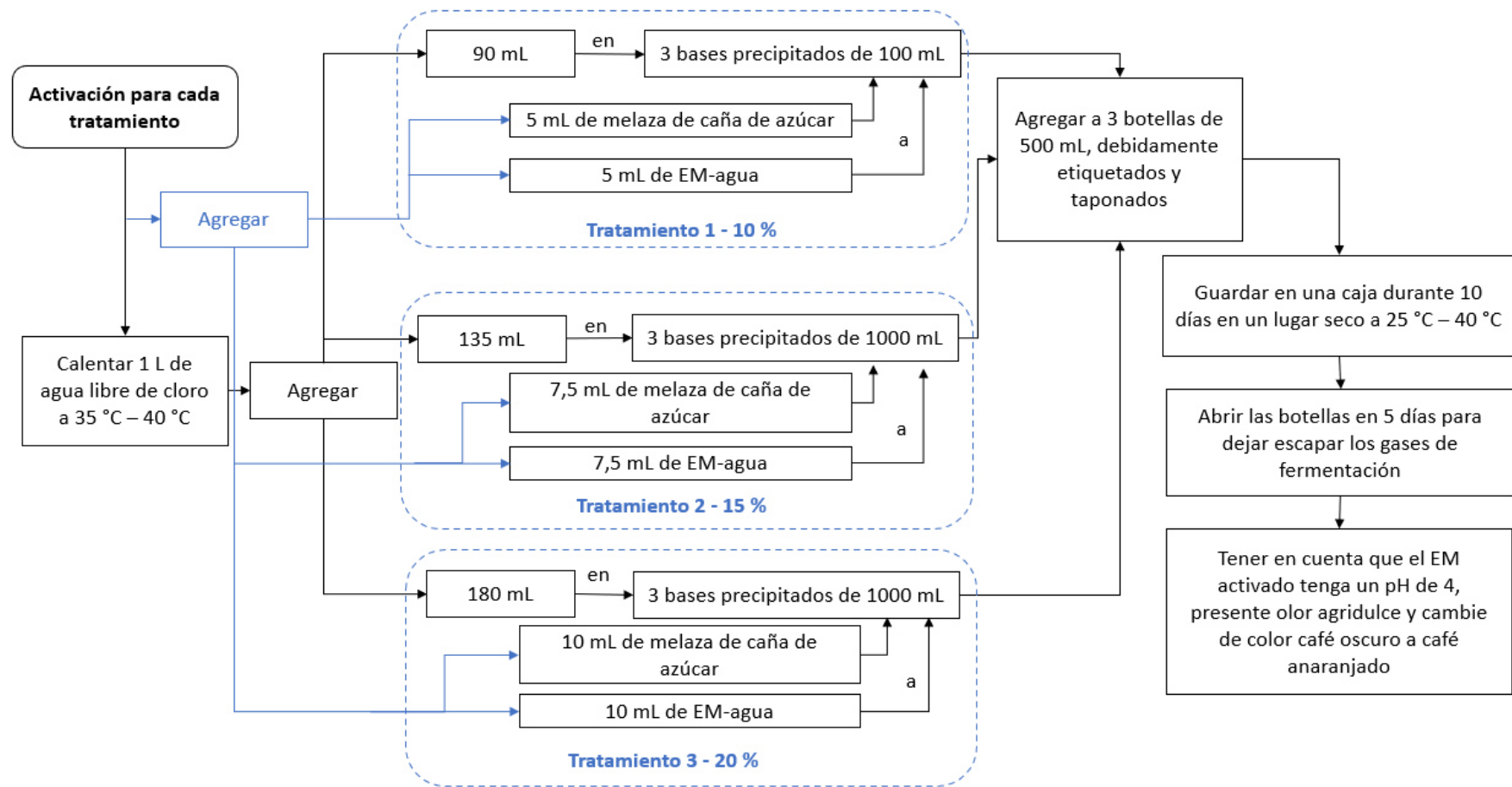


Figura 04. Diagrama de flujo para el procedimiento de activación por cada tratamiento.

Fuente: elaboración propia.

- Tratamiento de lixiviados: el procedimiento para el tratamiento de los lixiviados se organizó en un diagrama de flujo presentado en la figura 05.

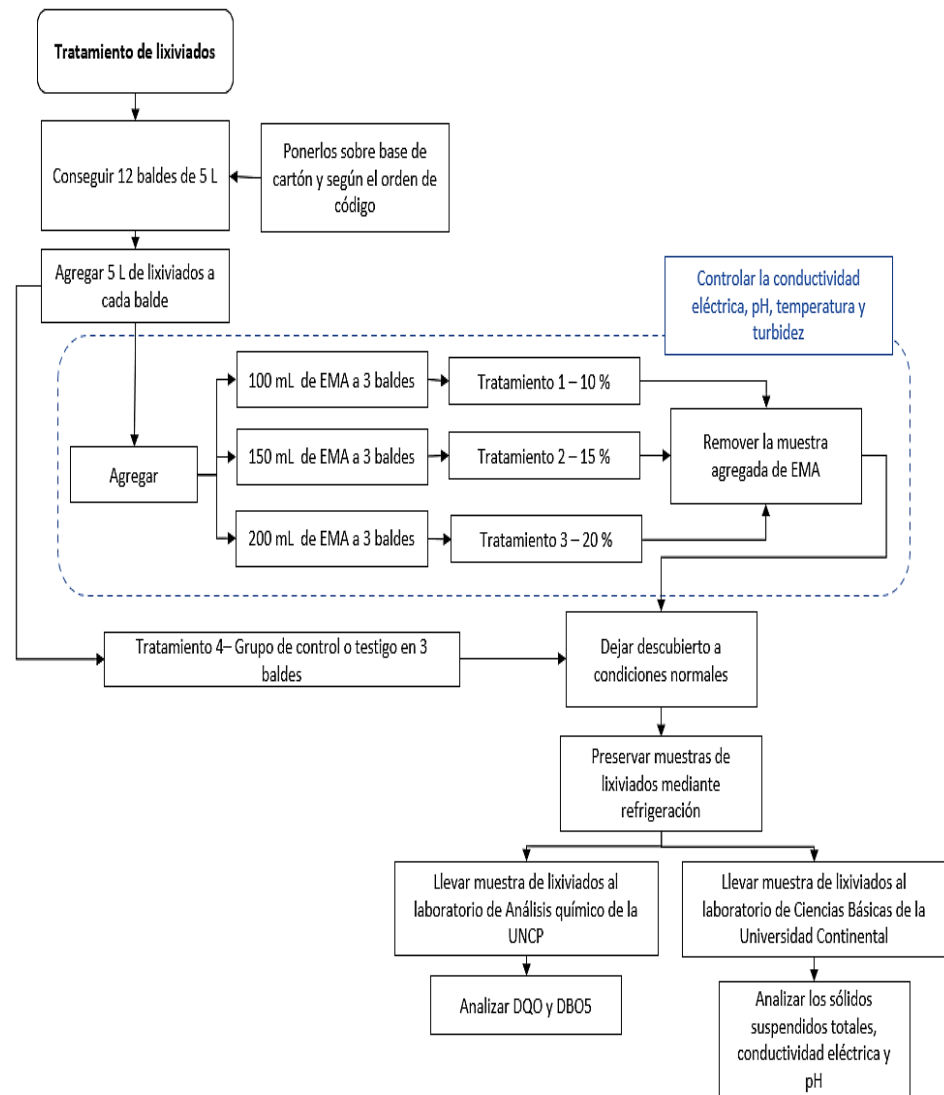


Figura 05. Diagrama de flujo para el procedimiento de tratamiento de lixiviados.

Fuente: elaboración propia.

- Monitoreo de lixiviados: se realizó el control de los parámetros de los lixiviados desde el momento de la aplicación de los EM-Agua Activado hasta el análisis final del tratamiento:

- Medida de conductividad eléctrica: para la medición de la conductividad eléctrica se llevó al laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Continental con el equipo de la institución en mención de manera inter diaria llevando las 12 muestras tratadas de lixiviados en frascos de 250 mL debidamente identificado.
- Medida de pH: Para la medición del pH se llevó al laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Continental con el equipo de la institución en mención de manera inter diaria llevando las 12 muestras tratadas de lixiviados en frascos de 250 mL debidamente identificado.
- Medida de temperatura: para la medición de la temperatura se llevó al laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Continental con el equipo de la institución en mención de manera inter diaria llevando las 12 muestras tratadas de lixiviados en frascos de 250 mL debidamente identificado.
- Medida de turbiedad: para la medición de la turbiedad se llevó al laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Continental con el equipo de la institución en mención de manera inter diaria llevando las 12 muestras tratadas de lixiviados en frascos de 250 mL debidamente identificado.

Las características de los instrumentos utilizados en el monitoreo de lixiviados se detallan en la tabla 10.

Tabla 10. Especificaciones técnicas de los equipos de medición utilizados en el desarrollo experimental.

Parámetro	Equipo	Marca	Modelo	Resolución	Rango	Precisión	Desviación típica	Calibración
Conductividad eléctrica				0.01 mS/cm	0.00 mS/cm a 20.00 mS/cm	± 2 % de la escala completa	1 % F.E.	Automática de un solo punto en: 6.44 ppt (CONV=0.5), 9.02 ppt (CONV = 0.7), 12.88 mS/cm.
pH	Equipo portátil Multiparámetro	HANNA	HI991 301	0.01 pH	0.00 pH a 0.14 pH	± 0.01 pH	± 0.3 pH	Automática, en uno o dos puntos con dos juegos de soluciones estándar (pH 4.01/7, 01/10, 01 o pH 4.01/6.86/9.18).
Temperatura				0.1 °C/0,1°F	0.0 °C a 60.0 °C/32.0 °F a 140.0 °F	± 0.5 °C/± 1 °F	± 1 °C o ± 1 °F	
Turbiedad	Equipo portátil Turbidímetro	HANNA HI	93 703	0.01 NTU* (0.00 NTU a 50.00 NTU) 1 NTU (50 NTU a 1 000 NTU)	0.00 NTU -1 000 NTU	±0.5 NTU o ±5 % de lectura cualquiera mayor		Tres puntos (0 NTU, 10 NTU y 500 NTU).

Fuente: Hanna Instruments (59).

- Etapa de análisis post tratamiento: las muestras de lixiviados tratados fueron llevadas para el análisis de parámetros fisicoquímicos de DQO y DBO₅ al laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional del Centro del Perú – UNCP, Huancayo. Para el traslado de las muestras de lixiviado tratado al laboratorio, se preservó las muestras mediante refrigeración, según el monitoreo para lixiviados de la Agencia de Medio Ambiente (EPA) (57). Para el análisis de parámetros fisicoquímicos de Sólidos Suspendidos Totales, conductividad eléctrica y pH fueron llevados al laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Continental, Huancayo y realizados bajo regla de métodos normalizados; para el traslado de las muestras de lixiviado tratado al laboratorio, se preservó las muestras mediante refrigeración, según el monitoreo para lixiviados de la Agencia de Medio Ambiente (EPA).

3.1.4. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada o empírica, entendida como la utilización de los conocimientos en la práctica, adquiriendo a su vez nuevos conocimientos después de la investigación, este tipo de investigación se distingue por realizar un esfuerzo para resolver problemas prácticos, como la problemática ambiental de los lixiviados (60). Este tipo de investigación es de naturaleza eminentemente práctica para aplicar las bases teóricas o conocimientos adquiridos en la justificación del proceso de tratamiento de los lixiviados con la inoculación de dosis de microorganismos eficientes (60).

3.1.5. Procedimiento experimental

El nivel del presente trabajo de investigación es explicativo, el cual pretende establecer las causas de los sucesos que se investigan, se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno, las condiciones en las que se encuentra o por qué se correlacionan dos variables.

Las investigaciones con nivel explicativo son más estructuradas y proporcionan un sentido de entendimiento de lo que ocurre en la investigación (56). El nivel explicativo presenta un enfoque a encontrar una relación causa - efecto (correlaciones), en la cual la variable independiente (dosis de microorganismos eficientes) produce indefectiblemente efectos en la variable dependiente (parámetros fisicoquímicos), centrándose en la validez, rigor y control de la situación de investigación (56).

3.2. Diseño de la investigación

El diseño aplicado es con pre prueba - pos prueba y grupo de control, donde se asignó al azar los tratamientos, se aplicó simultáneamente una pre prueba que consistió en el análisis fisicoquímico de los lixiviados, se diferenciaron grupos que recibieron el tratamiento experimental, con dosis de microorganismos eficientes y un grupo control, sin dosis de microorganismos eficientes (ver tabla 11), por último se les aplicó simultáneamente una pos prueba, la investigación se realizó en una situación real. Este diseño elimina las fuentes de invalidación interna (56). La aplicación de microorganismos eficientes (EM) para cada tratamiento fue en distintas dosis; que estas son representadas en porcentajes, por parte del autor con criterio propio con dosis creciente de 10 %, 15 % y 20 %. Investigaciones con aplicación de EM en lixiviados las dosis que son agregados están manifestadas en mililitros y a la vez no expresa una regla que permiten considerar para todo tratamiento una aplicación definida (24; 26).

Otras investigaciones con EM son aplicadas en porcentajes, en vermicompostaje manifiesta; las dosis de EM líquidas aplicadas en cada tratamiento fueron distintas y mezcladas con agua, buscando encontrar la dosis más satisfactoria en términos de eficiencia y eficacia. Se realizó debido a que no existe una metodología que indique la dosis apropiada de EM para el vermicompostaje (61), de la misma manera en el trabajo de investigación con el proceso de compostaje (62). Las dosis aplicadas para cada investigación fueron distintas con relación a la cantidad de lixiviado a tratar, tanto expresados en mililitros (mL) como en porcentajes (%), no se siguió una base científica por lo que no hay evidencia que indique la dosificación apropiada para un resultado esperado.

Los tratamientos estudiados fueron los siguientes.

Tabla 11. *Tratamientos en estudio.*

N°	TRATAMIENTO
1	Lixiviados de compostaje + EM (10 %)
2	Lixiviados de compostaje + EM (15 %)
3	Lixiviados de compostaje + EM (20 %)
4	Lixiviados de compostaje (sin EM)

Fuente: elaboración propia.

Los tratamientos presentados en la tabla 11 fueron dispuestos en 4 tratamientos, cada uno con 3 repeticiones, totalizando 12 unidades experimentales.

En la tabla 11, el tratamiento 4 representa a los lixiviados de compostaje sin la adición de microorganismos eficientes, este tratamiento toma la función de grupo de control o testigo, en este grupo de control se realizan los mismos procedimientos que en los tratamientos anteriores con la diferencia de que no recibe el estímulo (microorganismos eficientes); el grupo de control presenta una participación activa dentro del proceso experimental, ya que aseguran la validez interna de la investigación proporcionando un grado de confianza para interpretar adecuadamente los resultados; el grupo de control asegura que la variación o manipulación de las variables independientes afecta a las variables dependientes, es decir ayudan a saber la relación causal; asimismo, el grupo de control ayuda a contener la influencia de otras variables en la variable dependiente (56).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población está constituida por los 70 L de lixiviado generados en el compostaje de 1210 kg de residuos orgánicos.

3.3.2. Muestra

La muestra es el volumen de lixiviado utilizado para el análisis de parámetros fisicoquímicos de 1 L.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Durante el proceso de tratamiento se realizó el control de conductividad eléctrica, temperatura, pH y turbiedad.

Tabla 12. *Parámetros de análisis de lixiviados.*

Parámetro	Unidad de expresión
Conductividad eléctrica	uS.cm ⁻¹
pH	Unidad de pH
DBO ₅	mg/L
DQO	mg/L
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L

Fuente: elaboración propia.

3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Finalizado el experimento y obtenido los resultados se procesaron y se analizaron los datos a través de análisis descriptivo de estadísticos y gráficos. Lo que corresponde al análisis de correlación de parámetros fisicoquímicos con prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y prueba de correlación no paramétrica de RH₀ de Spearman. Para la remoción entre las dosis de EM y los parámetros fisicoquímicos se realizaron análisis de prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, prueba de ANOVA y prueba Post Hoc de Duncan.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de información

4.1.1. Características fisicoquímicas del lixiviado en la etapa de pre tratamiento

Para determinar las características de lixiviado y poder determinar los parámetros que cumplen con la normativa se trabajó con el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4 - E2 para ríos de sierra. De igual manera, se trabajó con normativa ecuatoriana que tiene referencia en investigaciones de lixiviado. La Resolución N° SA-DGCA-NT002-2016 que aprueba la Norma Técnica para control de descargas líquidas (NT002) que describe los Límites Máximos Permisibles por cuerpo receptor - Tabla N° A1.

Tabla 13. *Características de lixiviado tratado - Normativa de Ecuador.*

Parámetros	Expresión	Unid.	Límite Máximo Permisible	
			Alcantarillado	Cauce del agua
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	170	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	350	160
Potencial de hidrogeno	pH	-	6-9	6-9
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	120	100
Turbidez		NTU		

Fuente: Norma Técnica NT002.

Las características fisicoquímicas del lixiviado en la etapa de pretratamiento se presentan en la tabla 14.

Tabla 14. *Resultados de los parámetros analizados en lixiviados en el pretratamiento.*

Parámetros	Unidad de expresión	CÓDIGO		
		LIXRCO1	LIXRCO2	LIXRCO3
DBO ₅	mg/L	4 119	4 750	4 907
DQO	mg/L	6 970	7 558	7 785
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	516	506	406
Conductividad eléctrica	μS/cm	5 870	6 020	6 020
pH	Unidad de pH	6.33	6.32	6.28

Fuente elaboración propia.

Las concentraciones de DQO y DBO₅ presentados en la tabla 14 se encuentran en el informe de ensayo 114-2019 remitido por el Laboratorio de Análisis Químico, UNCP, Huancayo (ver anexo 10). Asimismo, los resultados de sólidos totales, conductividad eléctrica y pH se encuentran en el informe N° 01 de resultados de ensayos de laboratorio de la Universidad Continental (ver anexo 12).

El DBO₅ en promedio es 4 592 mg/L, el DQO de 7 437.7 mg/L, los SST de 476 mg/L, para la CE de 5 970 μS/cm y para el pH el promedio es de 6.31.

4.1.2. Efectos del uso de diferentes dosis de microorganismos eficientes

Las características fisicoquímicas del lixiviado después del uso de diferentes dosis de microorganismos eficientes se describen a continuación.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno:

Las concentraciones de DBO₅ presentados en la tabla 15 se encuentran descritos en el informe de ensayo 05-2020 (ver anexo 11).

Tabla 15. *Resultado del análisis de DBO₅ de lixiviado tratado.*

CÓDIGO	Porcentaje de EM	DBO ₅	
		Valor	Unidad de expresión
T1P1		1 110	
T1P2	10 %	1 267	
T1P3		1 701	
T2P1		1 228	
T2P2	15 %	1 274	
T2P3		1 388	
T3P1		1 273	mg/L
T3P2	20 %	1 109	
T3P3		998	
T4P1		3 097	
T4P2	Sin EM	2 940	
T4P3		3 125	

Fuente: elaboración propia.

En el análisis del DBO₅ el resultado obtenido en el tratamiento 1 tiene en promedio 1 359 mg/L, en el tratamiento 2 de 1 297 mg/L, el tratamiento 3 de 1 127 mg/L y el tratamiento 4 de 3 054 mg/L.

Tal como se observa en la siguiente figura, el DBO₅ tiene como resultado más bajo en el tratamiento 3 (20 % EM), ligeramente una diferencia que el tratamiento 2 (15 % EM) y el tratamiento 1 (10 % EM), el tratamiento 4 (0 % EM) se observa que tiene mayor valor. Los valores al cumplimiento de la normativa D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4-E2 para ríos de sierra (10 mg/L) no cumple en ningún tratamiento.

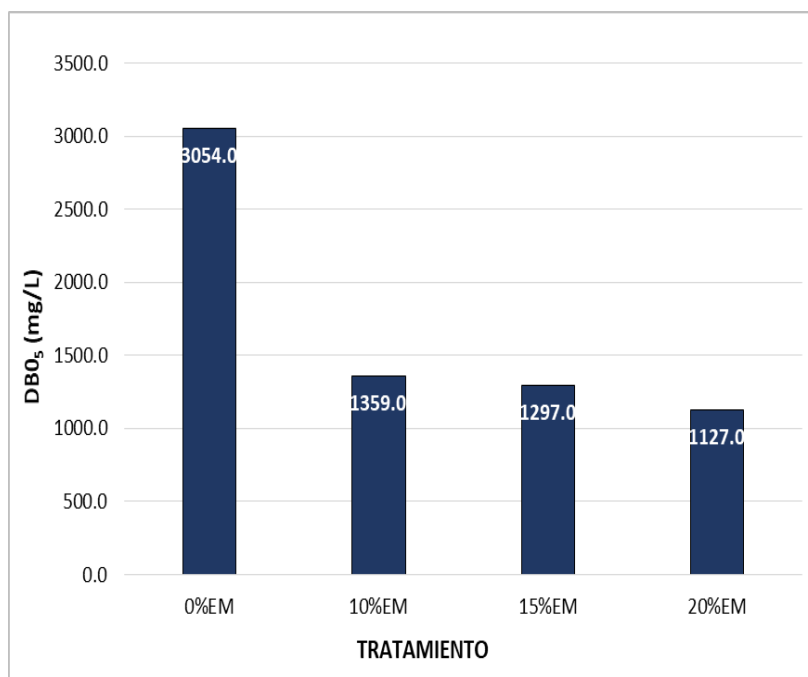


Figura 06. Promedio del DBO₅ obtenido por cada tratamiento en el lixiviado tratado.

Fuente: elaboración propia.

La inoculación de EM-Agua ha sido favorable que logro reducir notoriamente a todos los tratamientos agregados, conforme se agregó mayor dosis de EM-Agua, mayor fue la reducción de DBO₅.

- Demanda Química de Oxígeno:

Las concentraciones de DQO presentados en la tabla 16 se encuentran descritos en el informe de ensayo 05-2020 (ver anexo 11).

Tabla 16. Resultado del análisis de DQO de lixiviado tratado.

CÓDIGO	Porcentaje de EM	DQO	
		Valor	Unidad de expresión
T1P1		1 709	
T1P2	10 %	2 088	
T1P3		2 468	mg/L
T2P1		1 848	
T2P2	15 %	1 750	

T2P3		2 012
T3P1		1 702
T3P2	20 %	1 658
T3P3		1 522
T4P1		5 021
T4P2	Sin EM	4 883
T4P3		5 118

Fuente: elaboración propia.

En el análisis del DQO el resultado obtenido en el tratamiento 1 tiene en promedio 2 088 mg/L, en el tratamiento 2 de 1 870 mg/L, el tratamiento 3 de 1 627 mg/L y el tratamiento 4 de 5 007 mg/L.

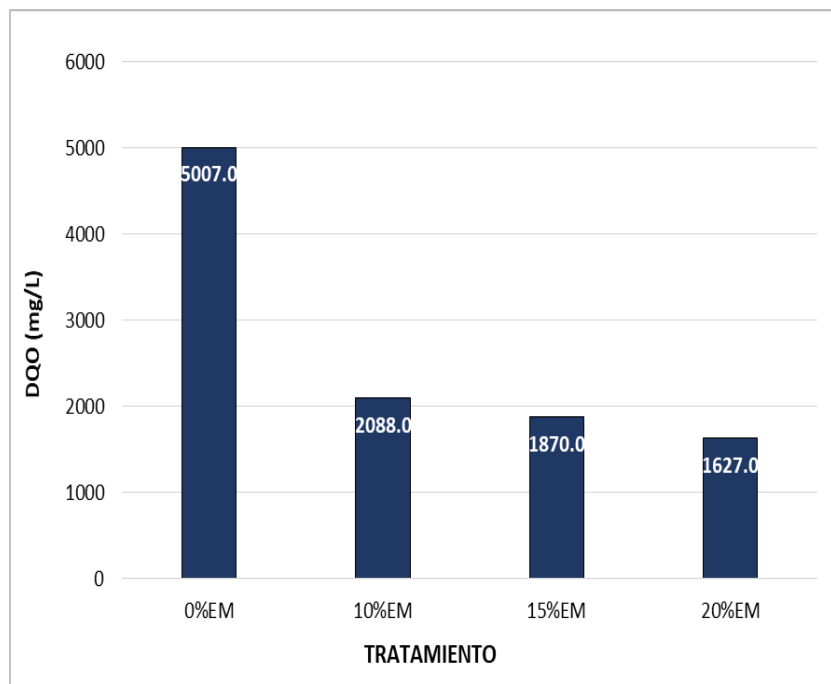


Figura 07. Promedio del DQO obtenido por cada tratamiento en el lixiviado tratado.

Fuente: elaboración propia.

El DQO tiene como resultado más bajo en el tratamiento 3 (20 % EM), ligeramente una diferencia que el tratamiento 2 (15 % EM) y el tratamiento 1 (10 % EM), el tratamiento 4 (0 % EM) se observa que tiene mayor valor. El D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4-E2 para ríos de sierra no describe a este parámetro y el estándar para DQO,

para lo cual se hizo la comparación con la Norma Técnica NT002, la descarga tanto para alcantarillado (350 mg/L) como para cauce de río (160 mg/L) no cumple en ningún tratamiento.

La inoculación de EM-Agua ha sido favorable que logro reducir notoriamente a todos los tratamientos agregados, conforme se agregó mayor dosis de EM-Agua, mayor fue la reducción de DQO.

- Sólidos Suspendidos Totales:

Las concentraciones de Sólidos Suspendidos Totales (SST) presentados en la tabla 17 se encuentran descritos en el informe N° 01 de resultados de ensayos de laboratorio de la Universidad Continental (ver anexo 12).

Tabla 17. Resultado del análisis de SST de lixiviado tratado.

CÓDIGO	Porcentaje de EM	SST	
		Valor	Unidad de expresión
T1P1		165	
T1P2	10 %	157	
T1P3		128	
T2P1		102	
T2P2	15 %	159	
T2P3		131	
T3P1		122	mg/L
T3P2	20 %	148	
T3P3		136	
T4P1		264	
T4P2	Sin EM	245	
T4P3		277	

Fuente: elaboración propia.

En el análisis de los SST el resultado obtenido en el tratamiento 1 tiene en promedio 150 mg/L, en el tratamiento 2 de 131 mg/L, el tratamiento 3 de 135 mg/L y el tratamiento 4 de 262 mg/L.

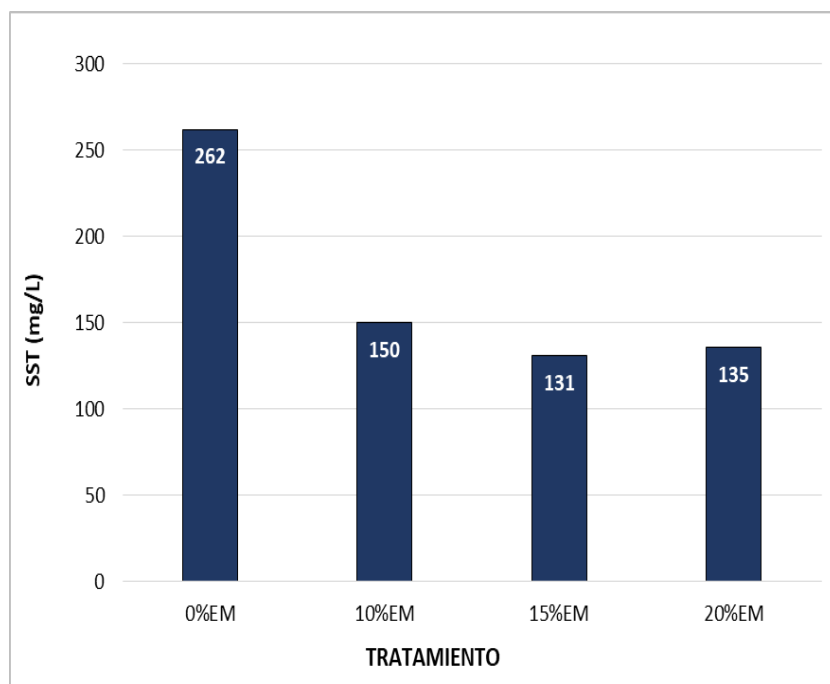


Figura 08. Promedio de los SST obtenido por cada tratamiento en el lixiviado tratado.

Fuente: elaboración propia.

Los SST tiene como resultado más bajo en el tratamiento 2 (15 % EM), ligeramente una diferencia que el tratamiento 3 (20 % EM) y el tratamiento 1 (10 % EM), el tratamiento 4 (0 % EM) se observa que tiene un mayor valor. Los valores al cumplimiento de la normativa D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4-E2 para ríos de sierra (≤ 100 mg/L) no cumple en ningún tratamiento.

La inoculación de EM-Agua ha sido favorable que ha reducido a todos los tratamientos agregados y fueron mayores a la reducción del tratamiento sin aplicación de EM-Agua.

- Conductividad eléctrica:

Las concentraciones de conductividad eléctrica (CE) presentados en la tabla 18 se encuentran descritos en el informe N° 01 de resultados de ensayos de laboratorio de la Universidad Continental (ver anexo 12).

Tabla 18. Resultado del análisis de CE de lixiviado tratado.

CÓDIGO	Porcentaje de EM	CE	
		Valor	Unidad de expresión
T1P1		5 210	μS/cm
T1P2	10%	5 260	
T1P3		5 480	
T2P1		5 000	
T2P2	15%	5 240	
T2P3		5 420	
T3P1		5 470	
T3P2	20%	5 440	
T3P3		5 630	
T4P1		5 940	
T4P2	Sin EM	6 050	
T4P3		6 130	

Fuente: elaboración propia.

En el análisis de la CE el resultado obtenido en el tratamiento 1 tiene en promedio 5 317 μS/cm, en el tratamiento 2 de 5 220 μS/cm, el tratamiento 3 de 5 513 μS/cm y el tratamiento 4 de 6 040 μS/cm.

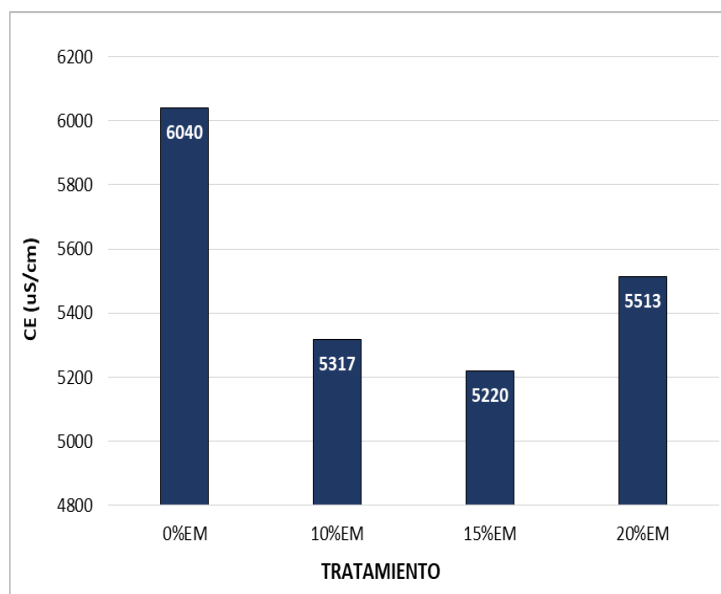


Figura 09. Promedio de la CE obtenido por cada tratamiento en el lixiviado tratado.

Fuente: elaboración propia.

La CE tiene como resultado más bajo en el tratamiento 2 (15 % EM), ligeramente una diferencia que el tratamiento 1 (10 % EM) y el tratamiento 3 (20 % EM), el tratamiento 4 (0 % EM) se observa que tiene mayor valor. Los valores al cumplimiento de la normativa D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4-E2 para ríos de sierra (1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) no cumple en ningún tratamiento.

La inoculación de EM-Agua ha sido favorable que logro reducir a todos los tratamientos agregados, pero no influye directamente con este tratamiento que la reducción fue menor para este parámetro.

- pH:

Las concentraciones de pH presentados en la tabla 19 se encuentran descritos en el informe N° 01 de resultados de ensayos de laboratorio de la Universidad Continental (ver anexo 12).

Tabla 19. *Resultado del análisis del pH de lixiviado tratado.*

CÓDIGO	Porcentaje de EM	pH	
		Valor	Unidad de expresión
T1P1		8.85	Unidad de pH
T1P2	10%	8.82	
T1P3		8.81	
T2P1		8.78	
T2P2	15%	8.73	
T2P3		8.74	
T3P1		8.73	
T3P2	20%	8.67	
T3P3		8.66	
T4P1		7.66	
T4P2	Sin EM	7.74	
T4P3		6.79	

Fuente: elaboración propia.

En el análisis del pH el resultado obtenido en el tratamiento 1 tiene en promedio 8.83; en el tratamiento 2 de 8.75; el tratamiento 3 de 8.69 y el tratamiento 4 de 7.40.

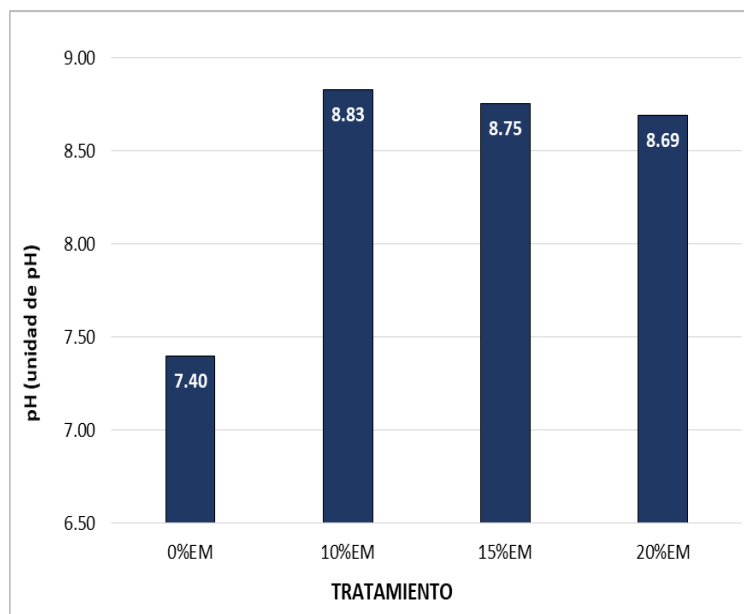


Figura 10. Promedio del pH obtenido por cada tratamiento en el lixiviado tratado.

Fuente: elaboración propia.

El pH tiene como valor más alto en el tratamiento 1 (10 % EM), ligeramente una diferencia que el tratamiento 2 (15 % EM) y el tratamiento 3 (20 % EM), el tratamiento 4 (0 % EM) se observa que tiene menor valor. Los valores al cumplimiento de la normativa D.S. N° 004-2017-MINAM, categoría 4-E2 para ríos de sierra (6.5 a 9) cumple en todos los tratamientos lo que se manifiesta que esta con pH básico e indica lo permitido.

La inoculación de EM-Agua ha sido favorable que logro aumentar más el pH en los tratamientos agregados.

4.2. Prueba de hipótesis

- Determinación de resultados para la prueba de hipótesis:

- Primera hipótesis específica:

H₁: Los parámetros fisicoquímicos se relacionan estrechamente en lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.

H₀: Los parámetros fisicoquímicos no se relacionan estrechamente en lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.

- Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk:

H₀: Los datos de la variable tienen distribución normal.

H₁: Los datos de la variable no tienen distribución normal.

Tabla 20. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para los parámetros.

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
DBO ₅	0.723	12	0.001
DQO	0.694	12	0.001
SST	0.835	12	0.024
CE	0.925	12	0.328
pH	0.676	12	0.001

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05 = 5\%$.

La significancia de la prueba (Sig.) en la mayoría de los parámetros son menores al nivel de significancia, la DBO₅, DQO, SST y pH tienen distribución no normal y solo la CE (Sig. = 0.328) que tiene mayor al nivel de significancia tiene distribución normal.

La significancia de la prueba (Sig.) es menor que el nivel de significancia; por lo que se rechaza la hipótesis nula (H₀) y se acepta que los datos de las variables (DBO₅, DQO, SST, CE y pH) no

presentan una distribución normal. En base a que se tienen una distribución normal se realizó una prueba de correlación no paramétrica de R_{H0} de Spearman.

- R_{H0} de Spearman:

Tabla 21. Prueba de correlación no paramétrica de R_{H0} de Spearman.

		Correlaciones				
		DBO ₅	DQO	SST	CE	pH
DBO ₅	Coefficiente de correlación	1.000	0.902**	0.476	0.580*	-0.445
	Sig. (bilateral)	0.0	0.000	0.118	0.048	0.147
	N	12	12	12	12	12
DQO	Coefficiente de correlación	0.902**	1.000	0.517	0.469	-0.287
	Sig. (bilateral)	0.000	0.0	0.085	0.124	0,365
	N	12	12	12	12	12
SST	Coefficiente de correlación	0.476	0.517	1.000	0.469	-0.504
	Sig. (bilateral)	0.118	0.085	0.0	0.124	0.094
	N	12	12	12	12	12
CE	Coefficiente de correlación	0.580*	0.469	0.469	1.000	-0.799
	Sig. (bilateral)	0.048	0.124	0.124	0.0	0.002
	N	12	12	12	12	12
pH	Coefficiente de correlación	-0.445	-0.287	-0.504	-0.799	1.000
	Sig. (bilateral)	0.147	0.365	0.094	0.002	0.0
	N	12	12	12	12	12

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

Correlación cuando la significancia de la prueba (Sig.) es menor que el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), por tanto:

La DBO₅ tiene correlación con la DQO (Sig. = 0.000), con la CE (Sig. = 0.048) y no tiene correlación con los SST (Sig. = 0.118) y con el pH (Sig. = 0.147). El DQO no tiene correlación con los SST (Sig. = 0.085), con la CE (Sig. = 0.124) y con el pH (Sig. = 0.365). Los SST no tienen correlación con la CE (Sig. = 0.124) y con el pH (Sig. = 0.094). La CE tiene correlación con el pH (Sig. = 0.002).

- Segunda hipótesis específica:

H₁: Las diferencias significativas en el uso de diferentes dosis de microorganismos eficientes influyen positivamente en el lixiviado generado en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.

H₀: Las diferencias significativas en el uso de diferentes dosis de microorganismos eficientes no influyen positivamente en el lixiviado generado en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.

El análisis se hará según los tratamientos (dosis) y los resultados obtenidos de remoción para cada factor estudiado.

Para determinar la hipótesis específica 2 se trabajó de la siguiente manera:

- DBO₅, DQO y SST: datos de remoción (diferencia entre valor inicial y final).
- CE y pH: datos de resultado obtenido (valor final).

A. Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO₅:

Tabla 22. Resultado de remoción de la DBO₅.

Tratamiento	Prueba	Remoción de DBO ₅		
		mg/L	Promedio	
			%	
T1 (10 %EM)	P1	3 482	75.83	70.40

	P2	3 325	72.41	
	P3	2 891	62.96	
	P1	3 364	73.26	
T2 (15 % EM)	P2	3 318	72.26	71.76
	P3	3 204	69.77	
	P1	3 319	72.28	
T3 (20 %EM)	P2	3 483	75.85	75.47
	P3	3 594	78.27	
	P1	1 495	32.56	
T4 (Sin EM)	P2	1 652	35.98	33.50
	P3	1 467	31.95	

Fuente: elaboración propia.

- Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk:

H_0 : Los datos de la variable tienen distribución normal.

H_1 : Los datos de la variable no tienen distribución normal.

Tabla 23. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para DBO_5 .

Pruebas de normalidad				
Tratamiento	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
DBO_5	T1	0.932	3	0.495
	T2	0.943	3	0.540
	T3	0.988	3	0.788
	T4	0.861	3	0.269

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

Los datos en los 4 grupos (tratamientos) son mayores ($T1 = 0.495$, $T2 = 0.540$, $T3 = 0.788$ y $T4 = 0.269$) al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) por lo que la distribución es normal.

Por tanto, se continúa con la prueba de ANOVA.

- Prueba de ANOVA:

H₀: Los tratamientos son iguales.

H₁: Los tratamientos son diferentes (al menos uno es diferente).

Tabla 24. *Análisis de varianza de DBO₅.*

ANOVA					
DBO ₅					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7 321 267.667	3	2 440 422.56	75.332	0.000
Dentro de grupos	259 166.000	8	32 395.750		
Total	7 580 433.667	11			

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

El valor de prueba (Sig = 0.000) es menor que el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) por tanto se rechaza la hipótesis nula (H₀). Hay diferencias entre los tratamientos, por ende, se procede a la prueba Post Hoc de Duncan.

- Prueba Post Hoc de Duncan:

Tabla 25. *Prueba Post Hoc de Duncan para tratamientos - DBO₅.*

DBO ₅				
Duncan ^a				
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
T4	3	1 538.0000		
T1	3	3 232.6667		
T2	3	3 295.3333		

T3	3	3 465.3333
Sig.	1 000	0.167

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.0000.

Fuente: elaboración propia.

La DBO₅ en los tres tratamientos T1, T2, T3 presenta mayor remoción que en el tratamiento T4. El T1, T2, T3 son significativamente iguales, pero tiene una variación en el T3 (3 465.3333) con aplicación del 20 % de EM-Agua, el cual fue el más efectivo. El T4 (1 538.0000) fue el de menor diferencia a los tres tratamientos puesto que fue muestra testigo.

B. Demanda Química de Oxígeno - DQO:

Tabla 26. *Resultado de remoción de la DQO.*

Tratamiento	Prueba	Remoción de DQO		
		mg/L	Promedio	
			%	
T1 (10 %EM)	P1	5 728.7	77.02	
	P2	5 349.7	71.93	71.92
	P3	4 969.7	66.82	
T2 (15 % EM)	P1	5 589.7	75.15	
	P2	5 687.7	76.47	74.86
	P3	5 425.7	72.95	
T3 (20 %EM)	P1	5 735.7	77.12	
	P2	5 779.7	77.71	78.12
	P3	5 915.7	79.54	
T4 (Sin EM)	P1	2 416.7	32.49	
	P2	2 554.7	34.35	32.68
	P3	2 319.7	31.19	

Fuente: elaboración propia.

- Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk:

H₀: Los datos de la variable tienen distribución normal.

H₁: Los datos de la variable no tienen distribución normal.

Tabla 27. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para DQO.

Pruebas de normalidad				
Tratamiento	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
DQO	T1	1.000	3	0.999
	T2	0.979	3	0.724
	T3	0.920	3	0.452
	T4	0.990	3	0.808

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

Los datos en los 4 grupos (tratamientos) son mayores (T1 = 0.999, T2 = 0.724, T3 = 0.452 y T4 = 0.808) al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) por lo que la distribución es normal.

Por tanto, se continúa con la prueba de ANOVA.

- Prueba de ANOVA:

H₀: Los tratamientos son iguales.

H₁: Los tratamientos son diferentes (al menos uno es diferente).

Tabla 28. Análisis de varianza de DQO.

ANOVA						
DQO						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	22 580 174.25	3	7 526 724,75	163.362	0.000	

Dentro de grupos	368 592.00	8	46 074
Total	22 948 766.25	11	

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

El valor de prueba (Sig. = 0.000) es menor que el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) por tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0). Hay diferencias entre los tratamientos, por ende, se procede a la prueba Post Hoc de Duncan.

- Prueba Post Hoc de Duncan:

Tabla 29. Prueba Post Hoc de Duncan para tratamientos - DQO.

		DQO		
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T4	3	2 430.3667		
T1	3		5 349.3667	
T2	3		5 567.7000	5 567.7000
T3	3			5 810.3667
Sig.		1.000	0.248	0.204

Fuente: elaboración propia.

La DQO en los tres tratamientos T1, T2, T3 presenta mayor remoción que en el tratamiento T4.

El T1, T2, T3 son significativamente iguales, pero tienen una variación que el T3 (5 810.3667) con aplicación del 20 % de EM-Agua fue el más efectivo. El T4 (2 430.3667) fue el de menor diferencia a los tres tratamientos puesto que fue muestra testigo.

C. Sólidos Suspendidos Totales - SST:

Tabla 30. *Resultado de remoción de la SST.*

Tratamiento	Prueba	Remoción de SST		
		mg/L	Promedio	
			%	
T1 (10 % EM)	P1	311	65.34	
	P2	319	67.02	68.49
	P3	348	73.11	
T2 (15 % EM)	P1	374	78.57	
	P2	317	66.60	72.55
	P3	345	72.48	
T3 (20 % EM)	P1	354	74.37	
	P2	328	68.91	71.57
	P3	340	71.43	
T4 (Sin EM)	P1	212	44.54	
	P2	231	48.53	44.96
	P3	199	41.81	

Fuente: elaboración propia.

- Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk:

H_0 : Los datos de la variable tienen distribución normal.

H_1 : Los datos de la variable no tienen distribución normal.

Tabla 31. *Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para SST.*

Pruebas de normalidad				
Tratamiento	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
SST	T1	0.903	3	0.395
	T2	1.000	3	0.981
	T3	0.998	3	0.915
	T4	0.988	3	0.794

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

Los datos en los 4 grupos (tratamientos) son mayores ($T_1 = 0.395$, $T_2 = 0.981$, $T_3 = 0.915$ y $T_4 = 0.794$) al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) por lo que la distribución es normal.

Por tanto, se continúa con la prueba de ANOVA.

- Prueba de ANOVA:

H_0 : Los tratamientos son iguales.

H_1 : Los tratamientos son diferentes (al menos uno es diferente).

Tabla 32. *Análisis de varianza para SST.*

ANOVA					
SST					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	34 835.667	3	11 611.889	28.677	0.000
Dentro de grupos	3 239.333	8	404.917		
Total	38 075.000	11			

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

El valor de prueba (Sig. = 0.000) es menor que el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) por tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0). Hay diferencias entre los tratamientos, por ende, se procede a la prueba Post Hoc de Duncan.

- Prueba Post Hoc de Duncan:

Tabla 33. *Prueba Post Hoc de Duncan para tratamientos-SST.*

SST		
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05

		1	2
T4	3	214.0000	
T1	3		326.0000
T2	3		340.6667
T3	3		345.3333
Sig.		1.000	0.292

Fuente: elaboración propia.

Los SST en los tres tratamientos T1, T2, T3 presentan mayor remoción que en el tratamiento T4.

El T1, T2, T3 son significativamente iguales, pero tienen una variación que el T2 (345.3333) con aplicación del 15 % de EM-Agua fue el más efectivo. El T4 (214.0000) fue el de menor diferencia a los tres tratamientos puesto que fue muestra testigo.

D. Conductividad eléctrica - CE:

De acuerdo con la tabla 18 el resultado obtenido de la CE se trabajó para la prueba de diferencia en el uso por dosis de microorganismos eficientes.

- Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk:

H₀: Los datos de la variable tienen distribución normal.

H₁: Los datos de la variable no tienen distribución normal.

Tabla 34. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para CE.

Pruebas de normalidad				
Tratamiento	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
T1	0.883	3	0.334	
T2	0.993	3	0.843	
T3	0.865	3	0.281	
T4	0.992	3	0.826	

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

Los datos en los 4 grupos (tratamientos) son mayores ($T_1 = 0.334$, $T_2 = 0.843$, $T_3 = 0.281$ y $T_4 = 0.826$) al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) por lo que la distribución es normal.

Por tanto, se continúa con la prueba de ANOVA.

- Prueba de ANOVA:

H_0 : Los tratamientos son iguales.

H_1 : Los tratamientos son diferentes (al menos uno es diferente).

Tabla 35. *Análisis de varianza de CE.*

ANOVA					
CE					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1 205 291.67	3	401 763.889	19.003	0.001
Dentro de grupos	169 133.333	8	21 141.667		
Total	1 205 291.67	3	401 763.889	19.003	0.001

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

El valor de prueba (Sig. = 0.001) es menor que el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) por tanto se rechaza la hipótesis nula (H_0). Hay diferencias entre los tratamientos, por ende, se procede a la prueba Post Hoc de Duncan.

- Prueba Post Hoc de Duncan:

Tabla 36. *Prueba Post Hoc de Duncan para tratamientos - CE.*

CE				
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3

T4	3	5 220.0000		
T1	3	5 316.6667	5 316.6667	
T2	3		5 513.3333	
T3	3			6 040.0000
Sig.		0.439	0.136	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.0000.

Fuente: elaboración propia.

La CE en los tres tratamientos T1, T2, T3 presenta reducción frente al tratamiento T4, que pasó a aumentar.

El T1, T2, T3 son significativamente iguales, pero tienen una variación que el T2 (5 220.0000) con aplicación del 15 % de EM-Agua fue el más efectivo. El T4 (6 040.0000) fue el de mayor diferencia a los tres tratamientos puesto que fue muestra testigo.

E. pH:

De acuerdo con la tabla 19 el resultado obtenido del pH se trabajó para la prueba de diferencia en el uso por dosis de microorganismos eficientes.

- Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk:

H₀: Los datos de la variable tienen distribución normal.

H₁: Los datos de la variable no tienen distribución normal.

Tabla 37. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para pH.

Pruebas de normalidad				
	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	T1	0.923	3	0.463

T2	0.893	3	0.363
T3	0.855	3	0.253
T4	0.813	3	0.145

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

Los datos en los 4 grupos (tratamientos) son mayores (T1 = 0.463, T2 = 0.363, T3 = 0.253 y T4 = 0.145) al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) por lo que la distribución es normal.

Por tanto, se continúa con la prueba de ANOVA.

- Prueba de ANOVA:

H₀: Los tratamientos son iguales.

H₁: Los tratamientos son diferentes (al menos uno es diferente).

Tabla 38. *Análisis de varianza de pH.*

ANOVA					
pH					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4.177	3	1.392	19.879	0.000
Dentro de grupos	0.560	8	0.070		
Total	4.738	11			

Fuente: elaboración propia.

Decisión:

El valor de prueba (Sig. = 0.000) es menor que el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$) por tanto se rechaza la hipótesis nula (H₀). Hay diferencias entre los tratamientos, por ende, se procede a la prueba Post Hoc de Duncan.

- Prueba Post Hoc de Duncan:

Tabla 39. Prueba Post Hoc de Duncan para tratamientos - pH.

pH			
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T4	3	7.3967	
T1	3		8.6867
T2	3		8.7500
T3	3		8.8267
Sig.		1.000	0.551

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.0000.

Fuente: elaboración propia.

El pH en los tres tratamientos T1, T2, T3 presenta mayor valor que en el tratamiento T4.

El T1, T2, T3 son significativamente iguales, pero tienen una variación que el T1 (8.8267) con aplicación del 10 % de EM-Agua ha tenido mayor valor de basicidad. El T4 (7.3967) fue el de menor diferencia a los tres tratamientos que fue muestra testigo.

4.3. Discusión de resultados

Hay tratamientos que pueden ser alternativas para tratar lixiviados, el inconveniente como manifiesta Vásquez (26), es el alto costo que las municipalidades que tienen rellenos sanitarios optan por la recirculación del lixiviado donde se disponen los residuos sólidos, sin ningún tratamiento, que pueden causar impacto negativo de gran magnitud e intensidad para el medio ambiente.

El tratamiento biológico con microorganismos eficientes para agua (EM-Agua) es de fácil aplicación y para el personal responsable es de fácil aprendizaje, sumado a ello la descripción en la investigación de Alvarado (24), el poco costo que genera y su efectividad en menos tiempo para tratar lixiviados y aguas residuales con altos valores de DBO₅, DQO y N-NH₃; Romero (63) manifiesta que los lixiviados deben

ser tratados en una instalación especial o tratados conjuntamente con aguas residuales puesto que los lixiviados producidos en vertederos en fase ácida pueden ser tratados con facilidad mediante un proceso biológico mientras que lixiviados producidos en la fase metanogénica necesitan de un tratamiento adicional fisicoquímico.

- Pre tratamiento:

Waritch *et al.*, describen el índice de biodegradabilidad (DBO_5/DQO) de lixiviados que son mayores a 0.4 poseen elevadas concentraciones de materia orgánica y son jóvenes (típicamente menor a dos años); lo que es posible sean tratados eficientemente con procesos biológicos, caso contrario en lixiviados viejos o estabilizados que tienen índices inferiores a 0.02; estos tratamientos no son eficientes. Los lixiviados generados en el proceso de compostaje del CEPASC - Concepción; tres muestras analizadas en el pre tratamiento (código: LIXRCO1, LIXRCO2, LIXRCO3) tiene valores de biodegradabilidad de 0.59, 0.63 y 0.63 lo que se corrobora como lixiviados jóvenes y efectivos con tratamiento biológico.

Como lixiviados jóvenes sus características tienen valores de DBO muy alto, el DQO muy alto, el pH muy bajo; como describe Giraldo (35). El valor de las tres muestras en promedio en el DBO_5 es de 4 592 mg/L, el DQO de 7 437.7 mg/L, el pH de 6.31. Otros parámetros evaluados como los Sólidos Suspendidos Totales (SST) de 476 mg/L y la conductividad eléctrica de 5 970 $\mu S/cm$.

Romero (63) en su investigación extrajo lixiviado de la balsa de compostaje del centro de tratamiento de residuos (CTR) de Zamora y consiguió abono líquido comercial marca COMPO de las cuales comparo la conductividad eléctrica que resultado del lixiviado 8 040 $\mu S/cm$ y del abono líquido comercial 6 670 $\mu S/cm$ que parecen indicar que son ricos en sales lo cual un aspecto negativo para el suelo que puede afectar algunos tipos de plantas sembradas, también de contribuir a una salinización del suelo; los datos de muestreo en la presente investigación en el CEPASC - Concepción la conductividad del lixiviado de compostaje tiene una proximidad (5 970 $\mu S/cm$).

- Post tratamiento:

En el tratamiento de lixiviados, de los parámetros más importantes que describen Galdames *et al.* y Seoáñez *et al.*, se han evaluado en el CEPASC - Concepción la DBO₅, DQO, Sólidos Suspendidos Totales, conductividad eléctrica y el pH, de lo cual la DBO₅ y DQO se han considerado de mayor importancia por la expresión en estos de la materia orgánica disuelta (7). Los lixiviados fueron protegidos de la intervención del movimiento de compostaje, evitando así alguna adición de cualquier producto o mejorador, así como de las condiciones ambientales en la que se expresa en la época climatológica (época de sequía) lo cual tiende por incrementar sus valores en los parámetros de DBO₅ y DQO (20).

- Demanda Bioquímica de Oxígeno:

La DBO₅ en los 4 tratamientos en promedio, varía de 3 054 mg/L (lixiviado + 0 % EM), hasta el valor obtenido del tratamiento 4, el cual fue el más alto (1 127 mg/L correspondiente a un lixiviado + 20 % EM), mientras que en el tratamiento 3 se obtuvo un menor valor. La DBO₅ en lixiviados expresa la cantidad de oxígeno que los microorganismos consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas biológicamente. Se tiene que el nitrógeno está libre en la forma de hidróxido de amonio y es susceptible de oxidación en presencia de oxígeno, pasando a nitrato. La nitrificación de este compuesto es inhibida si se utiliza un inhibidor selectivo. Para obtener un resultado estable y reproducible, el oxígeno consumido es medido durante un periodo de cinco días (64). De esa manera que fue la disminución de una característica de lixiviado que evidencia como contaminante.

Los lixiviados tratados del relleno sanitario evidencian la reducción de DBO₅. Alvarado (24) realizó el tratamiento previo con el método Fenton de reducir en tres procesos el valor de 8 350 mg/L, alcanzando un valor de 2 530 mg/L de DBO₅; con la misma muestra y el último resultado aplico 200 mL de EM Activado en los 200 L de lixiviados en el lapso de 62 días, teniendo como guía la cantidad de aplicación para tratamiento de aguas residuales en el manual práctico de EM (58). El resultado obtenido fue de 1 310 mg/L, teniendo una remoción del 48.22 %; en la investigación en el CEPASC - Concepción el tratamiento más eficiente fue el 3 con remoción del 75.47 % en un tiempo de 107 días.

El lixiviado tratado con un método natural como son los humedales artificiales, fue realizado en Cajamarca en una planta de residuos sólidos por Carranza y Plasencia (25). La concentración de DBO inicial de 594 mg/L, la que se trató con dos humedales el junco y la totora; con el tratamiento de junco el resultado en promedio es de 600 mg/L y con la totora 104.44 mg/L, lo que evidencia por los valores iniciales de muestra de lixiviado, que éste es viejo, evidenciando que las características asociadas al DBO de los lixiviados viejos es bajo (35).

- Demanda Química de Oxígeno:

La DQO en los 4 tratamientos en promedio, varía de 5 007 mg/L (lixiviado + 0 % EM) que fue en el tratamiento 4, al valor de 1 627 mg/L (lixiviado + 20 % EM) en el tratamiento 3 que fue el de menor valor; lo que evidencia mayor remoción de materia orgánica conforme mayor fue la dosis de microorganismos eficientes se aplicó.

La cantidad de materia orgánica e inorgánica en un cuerpo de agua susceptible de ser oxidada por un agente químico fuertemente oxidante es la prueba de DQO; esta prueba es una reacción de oxidación-reducción; el bicromato potásico resulta excelente para tal fin. De esa manera que fue la disminución de una característica de lixiviado que evidencia como contaminante.

El análisis de DQO en el relleno sanitario de Cantón Tena (24) resultó de tres procesos aplicando cada proceso más dosis de sulfato ferroso y peróxido de hidrógeno con el método Fenton de 15 400 mg/L como muestreo inicial y 8 008 mg/L final después de los tres procesos. De este último resultado se aplicó 200 mL de EM Activado en los 200 L de lixiviados en el lapso de 62 días; el resultado final fue de 4 004 mg/L con remoción del 50%, demostrando que en la investigación en el CEPASC - Concepción el tratamiento más eficiente fue el 3 con 78.12 % en un tiempo de 107 días.

Méndez *et. al.* (22) afirma que el lixiviado es considerado el principal contaminante en un relleno sanitario, puesto a que se ha reportado concentraciones de DQO muy elevadas como 60 000 mg/L. Los tratamientos fisicoquímicos son poco eficientes en la eliminación de DQO, sumado los altos costos por la utilización de reactivos químicos, los tratamientos biológicos; el

sistema aerobio se obtienen buenos rendimientos de la eliminación de DQO; pero está limitado en los problemas de toxicidad, sensibilidad en los cambios de temperatura, gasto energético en la aeración y la generación de lodo (20).

- Sólidos Suspendidos Totales:

Los SST en los 4 tratamientos en promedio, varían de 262 mg/L (lixiviado + 0 % EM) que fue en el tratamiento 4 y que representa el valor más alto a 131 mg/L (lixiviado + 15 % EM) en el tratamiento 2 que fue el de menor valor.

Los sólidos que son retenidos por el filtro son los Sólidos Suspendidos Totales (SST), por tanto, disminuyeron una característica de lixiviado que evidencia como contaminante.

Se estudiaron los lixiviados del relleno sanitario en la Ciudad de Chihuahua (31), extrayendo muestras para analizar en tres etapas teniendo en promedio 0.32 g/L (320 mg/L); el tratamiento consistió en diferentes procesos tales como la coagulación en dos oportunidades, la primera coagulación fue de 0.20 g/L (200 mg/L) mientras que la segunda coagulación de 0.19 g/L (190 mg/L), la aplicación de adsorción química trajo como resultado 0.25 g/L (250 mg/L), mientras que con la aplicación de membranas se alcanzó el resultado de 0.11 (110 mg/L) y con la adsorción 3.60 g/L (3600 mg/L), de las cuales la de mayor remoción de SST resultó con el tratamiento con membranas del 65.63 %. La investigación demuestra que en el CEPASC – Concepción, la prueba de mayor remoción de los SST se observó en el tratamiento 2 con el 72.55 %

- Conductividad eléctrica:

La CE en los 4 tratamientos en promedio varia de 6 040 μ S/cm (lixiviado + 0 % EM) que fue en el tratamiento 4 (valor más alto) a 5 220 μ S/cm (lixiviado + 15 % EM) en el tratamiento 2 que fue el de menor valor.

La conductividad de un compost está asociada a la naturaleza y composición de material, principalmente por la concentración de sales y presencia menor de iones amonio o nitratos formados en el proceso. De ello suele aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica y

aumento de concentración de nutrientes; de ello al descender aumenta la conductividad del lixiviado (65). Los elevados valores se pueden atribuir a la alta concentración de compuestos inorgánicos. La alcalinidad, cloruro, sodio, potasio y NH_4^+ controlan la mineralización, por lo tanto, la conductividad del lixiviado (34).

Romero (63) en su investigación trabajó con lixiviado de la balsa de compostaje del Centro de Tratamiento de Residuos (CTR) de Zamora, donde realizó tratamientos con reactor biológico aerobio; se tomaron muestras al principio del proceso (materia orgánica), en la mitad (reducción de materia orgánica) y al final del proceso de digestión (reducción al máximo de materia orgánica); la conductividad eléctrica se mantuvo en valores de 10.53 mS/cm (10 530 $\mu\text{S/cm}$), 11.8 mS/cm (11 800 $\mu\text{S/cm}$) y 12.8 mS/cm (12 800 $\mu\text{S/cm}$) lo que refleja los valores altos de conductividad y manifiesta un factor negativo para la utilización de estos productos como fertilizantes; el aumento de la conductividad puede ser debido a la concentración de las sales como consecuencia de eliminación de agua.

Los lixiviados obtenidos del CEPASC - Concepción no reflejaron una significancia en la reducción con microorganismos eficientes; el lixiviado sin tratamiento (0 % EM) aumento el valor y en la mayor aplicación de EM (20 % EM) no fue el de menor valor de conductividad eléctrica.

- pH:

El pH en los cuatro tratamientos en promedio varía de 8.83 (lixiviado + 10 % EM) que fue el de tratamiento 1 a 7.40 (lixiviado + 0 % EM) en tratamiento 4 que fue el de menor valor.

El lixiviado posee un alto contenido de nitrógeno amoniacal y en consecuencia el aumento de pH (6). Una sustancia es neutra cuando el número de átomos de hidrogeno (H^+) y de oxhidrilos (OH^-) son iguales, si el número de átomos de hidrogeno excede el número de átomos del oxhidrilo es ácida (26). El pH de un lixiviado varía según a su edad; disminuye hasta 5 o menos por presencia de ácidos orgánicos durante la fase ácida y se incrementa después hasta en un valor de 8 durante la fase de maduración según Vásquez (26). Con tratamiento

con los microorganismos eficientes logro subir de 6.31 a 8.83, mientras que en otros tratamientos se tuvo como valor inicial de un lixiviado fresco 8.16 y con coagulación, adsorción, oxidación química y membranas ha reducido en todos teniendo el valor mínimo de 7.15 (31).

Romero (63) realizó tratamientos de reactor biológico aerobio: al muestreo del principio del proceso (materia orgánica), en la mitad (reducción de materia orgánica) y al final del proceso (reducción al máximo de materia orgánica) en la que el pH no varía en ninguno de los procesos manteniéndose similares, valores de 7.22, 7.42 y 7.05. Con microorganismos eficientes los tratamientos tienen similitud de valores en 8.

CONCLUSIONES

- a. El uso de microorganismos eficientes en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019; afectó la calidad del lixiviado joven obtenido del proceso de compostaje, influyendo en los parámetros fisicoquímicos de la siguiente manera:
- Se disminuyó la concentración inicial de la Demanda Bioquímica de Oxígeno hasta 1 127 mg/L en el tratamiento 3 (20 % EM).
 - Se disminuyó la concentración inicial de la Demanda Química de Oxígeno hasta 1 627 mg/L en el tratamiento 3 (20 % EM).
 - Se disminuyó la concentración inicial de los Sólidos Suspendidos Totales hasta 131 mg/L en el tratamiento 2 (15 % EM).
 - Se observó que la aplicación de EM-Agua no influyó de manera directa a la conductividad eléctrica, siendo la reducción mínima respecto de la muestra inicial de 5 220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el tratamiento 2 (15 % EM).
 - El pH se incrementó respecto del valor inicial hasta 8.83 en el tratamiento 1 (10 % EM).
- b. Se caracterizó las muestras de lixiviados generados el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019, siendo las condiciones iniciales de los parámetros fisicoquímicos los siguientes:
- La Demanda Bioquímica de Oxígeno presentó una concentración inicial de 4 592 mg/L.
 - La Demanda Química de Oxígeno presentó una concentración inicial de 74 737.7 mg/L.
 - Los Sólidos Suspendidos Totales presentó una concentración inicial de 476 mg/L.
 - La conductividad eléctrica presentó una concentración inicial de 5 970 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
 - El pH presentó un valor inicial de 6.31.

c. El uso de las dosis de microorganismos eficientes de 10 %, 15 % y 20 % en el lixiviado generado en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019, presentó diferencias significativas, obteniendo los siguientes resultados:

- La Demanda Biológica de Oxígeno disminuyó con relación de la muestra inicial en los tratamientos 1 (10 % EM, DBO₅ = 1 359 mg/L), 2 (15 % EM, DBO₅ = 1 297 mg/L), 3 (20 % EM, DBO₅ = 1 127 mg/L) y menor diferencia en el tratamiento 4 sin aplicación (0 % EM, DBO₅ = 3 054 mg/L), observándose que el mejor tratamiento fue el tercero.
- La Demanda Química de Oxígeno varió respecto de la muestra inicial en los tratamientos 1 (10 % EM, DQO = 2 088 mg/L), 2 (15 % EM, DQO = 1 870 mg/L), 3 (20 % EM, DQO = 1 627 mg/L) y menor diferencia en el tratamiento 4 sin aplicación (0 % EM, DQO = 5 007 mg/L) observándose que el mejor tratamiento fue el tercero.
- Los Sólidos Suspendidos Totales varían con relación de la muestra inicial en los tratamientos 1 (10 % EM, SST = 150 mg/L), 3 (20 % EM, SST = 135 mg/L), 2 (15 % EM, SST = 131 mg/L) y menor diferencia en el tratamiento 4 sin aplicación (0 % EM, SST = 262 mg/L) observándose que el mejor tratamiento fue el segundo.
- La conductividad eléctrica no ha tenido influencia directa con la aplicación de EM-Agua siendo la reducción mínima respecto de la muestra inicial en los tratamientos 3 (20 % EM, CE = 5 513 μS/cm), 1 (10 % EM, CE = 5 317 μS/cm), 2 (15 % EM, CE = 5 220 μS/cm) y en el tratamiento 4 sin aplicación aumento el valor (0 % EM, CE = 6 040 μS/cm).
- El pH se incrementó respecto del valor inicial a condición básica en los tratamientos 3 (20 % EM, pH = 8.69), 2 (15 % EM, pH = 8.75), 1 (10 % EM, pH = 8.83) y en el tratamiento 4 sin aplicación el aumento fue menor respecto a los demás tratamientos (0 % EM, pH = 7.40).

RECOMENDACIONES

- a. Se recomienda comparar la eficiencia de tratamientos fisicoquímicos con los resultados obtenidos en la presente investigación.
- b. Con el fin de obtener una dosis de microorganismos eficientes óptima tanto biológica y económicamente se recomienda realizar estudios con un mayor número de dosis.
- c. Se recomienda estudiar el compost producido con microorganismos eficientes y analizar su efecto en cultivos, comparándolo con un testigo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CENTENO, J. *Población y medio ambiente*. 5, Caracas: Interciencia, 2002, **XXVII**. 0378-1844.
2. HIGUERAS, L. *Residuos sólidos, contaminación y efecto del medio ambiente en el municipio de la Paz creación de una norma específica que regule su tratamiento*. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés, 2010.
3. IBARRARÁN, M., ISLAS, I. y MAYÉTT, E. *Valoración económica del impacto ambiental del manejo de residuos sólidos municipales: estudio de caso*. 67, Distrito Federal: Gaceta Ecológica, 2003. 1405-2849.
4. ANDINA. Agencia Peruana de Noticias. *Agencia Peruana de Noticias*. [En línea] 21 de Diciembre de 2017. [Citado el: 06 de julio de 2020.] <https://andina.pe/agencia/noticia-buscan-minimizar-generacion-residuos-solidos-y-mejorar-servicio-limpieza-693563.aspx#>.
5. TORRES, P., BARBA, L. y PIZARRO, C. *Mitigación de la toxicidad anaerobia de lixiviados mediante mezclas con agua residual doméstica*. 53, Antioquia: Fac. Ing. Univ. Antioquía, 2010.
6. ÁLVAREZ, A. y SUÁREZ, J. *Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario "El Guayabal" de la ciudad San José de Cúcuta*. 20, San José de Cúcuta: Ingeniería y Desarrollo, 2006. 0122-3461.
7. REYES, M. *Lixiviados en plantas de residuos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2015.
8. GONZÁLES, Y. y otros. *Situación actual de la producción de lixiviados en los vertederos provinciales de ciudad de la habana. Impacto ambiental y propuestas de sistemas de tratamiento*. 9, Ciudad de la Habana: Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente, 2005. 1683-8904.
9. VALLES, A. *Tratamiento fisicoquímico y biológico de lixiviado del relleno sanitario de la ciudad de Chihuahua*. Chihuahua: Centro de investigación en materiales avanzados, 2013.
10. BERNACHE, G. *Riesgo de contaminación por disposición final de residuos, Un estudio de la región centro occidente de México*. 28, Jalisco: Int. Contam. Ambie, 2012, I.

11. MÉNDEZ, R. y otros. *Tratamiento fisicoquímico de los lixiviados de un relleno sanitario*. 2, Yucatán: Ingeniería, 2004, **VIII**. 1665-529X.
12. DÍAZ, F. *Los residuos peligrosos en México. Evaluación del riesgo para la salud*. 4, Cuernavaca: Salud Pública de México, 1996, **XXXVIII**. 0036-3634.
13. ASTORGA, C. *Tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario: propuesta y evaluación de un sistema de humedales*. Santiago: Universidad de Chile, 2018.
14. GUEVARA, A., GUANOLUISA, L. y DE LA TORRE, E. *Diseño de sistemas de tratamiento de lixiviados del relleno sanitario El Inga mediante electrocoagulación y fitorremediación*. 1, Quito: Revista EPN, 2014, **XXXIV**.
15. MARTÍNEZ, D. y otros. *Impacto de lixiviados en rellenos sanitarios en la cuenca del Arroyo Lobería: caracterización de la carga contaminante*. 4, Mar del Plata: Latino-Americana de Hidrogeología, 2004.
16. LA REPÚBLICA. Municipio instalará planta de lixiviados en Haquira. *La República*. Sociedad, 2017.
17. INGA, J. Huancayo entre las 10 ciudades con más basura. *Correo*. Perú, 2014.
18. GRANADA, C. y PRADA, Y. *Caracterización del lixiviado agroecológico a partir de residuos orgánicos de cultivos*. 2, Manizales: Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 2015, **VI**. 2145-6097.
19. LOSADA, J. *Caracterización de los lixiviados generados en el proceso de compostaje provenientes de residuos orgánicos provenientes de plaza de mercado y su uso como complemento nutricional para cultivos hidropónicos*. Bogotá: Universidad de La Salle, 2009.
20. CORENA, M. *Sistemas de tratamiento para lixiviados generados en rellenos sanitarios*. s.l.: Universidad de Sucre, 2008.
21. MARTINEZ, A. y otros. *Alternativas actuales del manejo de lixiviados*. 1, Mérida: Avances en Química, 2014, **IX**. 1856-5301.
22. MÉNDEZ, R. y otros. *Influencia del material de cubierta en la composición de los lixiviados de un relleno sanitario*. 2, Yucatán : Ingeniería, 2002, **VI**. 1665-529X.
23. PELLÓN, A. y otros. *Propuesta para tratamiento de lixiviados en un vertedero de residuos sólidos urbano*. 2, Habana: Ingeniería hidráulica y ambiental, 2015, **XXXVI**.

24. ALVARADO, N. *Tratamiento de lixiviados del relleno sanitario del Canton Tena provincia del Napo mediante reacción fenton y microorganismos eficientes*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016.
25. CARRANZA, A. y PLASENCIA, T. *Tratamiento de los lixiviados generados en la planta de residuos sólidos de Cajamarca con humedales artificiales de *Juncus balticus willd* (junco) y *Shoenoplectus californicus* (totora)*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018.
26. VÁSQUEZ, M. *Efecto de los microorganismos eficaces en la calidad fisicoquímica y microbiológica de los lixiviados del relleno sanitario municipal de Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.
27. GRAVES, R. y STETTLER, D. Composting. [aut. libro] USDA. *Environmental Engineering National Engineering Handbook*. Washington: s.n., 2000.
28. FISCHER, D. y GLASER, B. *Synergisms between compost and biochar for sustainable soil amelioration*. s.l.: Management of Organic Waste, 2012. 10.5772/31200.
29. JAYAWARDHANA, Y. y otros. Municipal solid waste biochar for prevention of pollution from landfill leachate. [aut. libro] M. PRASAD y Kaimin SHIH. *Environmental Materials and Waste*. s.l.: Elsevier, 2016.
30. YOUCAI, Z. Leachate Generation and Characteristics. *Pollution control technology for leachate from municipal solid waste*. Shanghai: Butterworth-Heinemann, 2018.
31. CHÁVEZ, W. *Tratamiento de lixiviados generados en el relleno sanitario de la Cd. de Chihuahua, Méx.* Chihuahua: CIMAV, 2011.
32. MAHVI, H. y otros. *Improvement of Landfill Leachate Biodegradability with Ultrasonic Process*. 7, s.l.: Plos one, 2012, **VII**.
33. FADEL, M. y otros. *Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content*. Lebanon: Waste Management, 2002, **XXII**. S0956-053X(01)00040-X.
34. LUTFI, M. *Investigación relativa a la minimización de lixiviados en vertederos y su depuración*. Madrid: Universidad politécnica de Madrid, 2003.

35. GIRALDO, E. *Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitario: avances recientes*. s.l.: Universidad Los Andes, 1997.
36. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. *El Peruano*. Normas Legales, 2017.
37. MUKHERRJEE, S. y otros. *Contemporary environmental issues of landfill leachate: assessment & remedies*. 41, London: Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 2014, **XXXVII**. 10.1080/10643389.2013.876524.
38. PASTOR, J. *Vertederos controlados. Problemática de los lixiviados*. Madrid: s.n., 1993.
39. KURNIAWAN, T., LO, W. y G. SILLANP, C. *Biological processes for treatment of landfill leachate*. 11, s.l. : Journal of Environmental Monitoring, 2010, **XXII**.
40. OLLE, M. y WILLIAMS, I. *Effective microorganisms and their influence on vegetable production - a review*. 4, Estonia: Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 2013, **LXXXVIII**.
41. CONDOR, A., GONZALES, P. y LAKRE, C. *Effective Microorganisms: Myth or reality?*. 12, s.l. : Rev. peru. biol., 2006, **XIV**. 1727-9933.
42. BARER, M. *Bacterial growth, physiology and death*. s.l.: Medical microbiology, 2012.
43. SHALABY, E. *Prospects of effective microorganisms technology in wastes treatment in Egypt*. 3, s.l.: Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2011, **I**.
44. SZYMANSKI, N. y PATTERSON, R. *Effective microorganisms (EM) and wastewater systems*. s.l.: Lanfax Laboratories Armidale, 2003. 0-9579438-1-4.
45. LOBO, M. y DORTA, E. *Utilization and Management of Horticultural Waste*. Santiago: Elsevier, 2019.
46. NORMA OS. 090. Plantas de tratamiento de aguas residuales. *El peruano*. Normas legales, 2006.
47. SEVERICHE, C., CASTILLO, M. y ACEVEDO, R. *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas*. Cartagena de Indias: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso, 2013.

48. YU, L. y BROOKS, M. *Food Industry Protein By-Products and Their Applications*. Nova Scotia: Protein Byproducts, 2016.
49. HU, Z. y GRASSO, D. *Chemical Oxygen Demand*. New York: Encyclopedia of Analytical Science, 2005.
50. HIGA, T. y PARR, J. *Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment*. s.l.: International Nature Farming Research Center Atami, 1994.
51. MANSANILLA, G. *POTENCIAL DE HIDROGENIONES - pH*. s.l.: Revista de Actualización Clínica, 2013, **XL**.
52. RAFAEL, M. *Proceso de producción y aplicación del producto de microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga - Huancayo*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015.
53. CHU, L. *Landfills*. s.l.: Encyclopedia of Ecology, 2008.
54. DIGESA. *Marco institucional de residuos sólidos en el Perú*. Lima: SINCO, 2004.
55. PEÑA, M. *Temperatura*. El Salvador: Universidad de El Salvador, 2007.
56. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill, 2014. 978-1-4562-2396-0.
57. EPA. *Guidance on Monitoring of Landfill Leachate, Groundwater and Surface Water*. Bristol: Environment Agency, 2003. 1-84432-159-2.
58. BID. *Manual Práctico de Uso de EM*. s.l.: Banco Interamericano de Desarrollo - Convenio Fondo Especial de Japón , 2009.
59. HANNA INSTRUMENTAL. *Multiparamétrico pH/CE/TDS/Temperatura portátil*.
60. VARGAS, Z. *La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. 33, Costa Rica: Revista Educación, 2009, **I**. 0379-7082.
61. GÁMEZ, L. *Efecto de los microorganismos eficientes autóctonos (MEA) en la producción de vermicompostaje*. Esmeraldas: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2016.

62. RABB, O. *Estudio del impacto del uso de digestato anaerobio y microorganismos eficientes en el proceso de compostaje de residuos de feria*. Santiago: Universidad Andrés Bello, 2017.

63. ROMERO, C. *Aprovechamiento integral de lixiviados*. Salamanca: Universidad de Salamanca, 2010.

64. CISTERNA, P. y PEÑA, D. *Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región*.

65. GARCIA, J. *Caracterización y tratamiento de los lixiviados generados en un centro de tratamiento de residuos urbanos como criterio de calidad en el material bioestabilizado final*. s.l.: Universidad de Burgos, 2012.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variabes	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es el efecto del uso de los microorganismos eficientes en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>*¿Cuáles serán los parámetros fisicoquímicos del lixiviado generado en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019?</p> <p>*¿Existirán diferencias significativas en el uso de diferentes dosis de microorganismos eficientes en el lixiviado generado en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar el efecto del uso de microorganismos eficientes en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>*Caracterizar muestras de lixiviados determinando parámetros fisicoquímicos generados el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” – CEPASC, Concepción, 2019.</p> <p>*Determinar las diferencias significativas en el uso de diferentes dosis de microorganismos eficientes en el lixiviado generado en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>El efecto del uso de los microorganismos eficientes influye positivamente en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>*Los parámetros fisicoquímicos se relacionan estrechamente en lixiviados generados en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.</p> <p>*Las diferencias significativas en el uso de diferentes dosis de microorganismos eficientes influyen positivamente en el lixiviado generado en el proceso de compostaje en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental “Santa Cruz” - CEPASC, Concepción, 2019.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Tratamiento de lixiviados.</p> <p>Variable independiente:</p> <p>Microorganismos eficientes.</p>	<p>Método:</p> <p>Experimental.</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Explicativa.</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>Experimental completamente al azar.</p>

Anexo 02. Operacionalización de las variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	SUB DIMENSIÓN	INDICADOR
V.I. Microorganismos eficientes (EM)	Es una combinación de varios microorganismos benéficos de origen natural que son empleados como inoculantes microbianos.	Dosis inoculación de EM	Aplicación de EM	L/ m ³
	Es una combinación de especies aeróbicas y anaeróbicas que se encuentran comúnmente en todos los ecosistemas.	Aeróbica o anaeróbica	Tiempo de degradación	N° de días
V.I. Tratamiento de lixiviados	Proceso de degradación aeróbica o anaeróbica en condiciones controladas y evaluadas.	Condiciones controladas	Factores de operación para la actividad	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)
				pH (unidad de pH)
				Temperatura (°C)
		Condiciones evaluadas	Factores de evaluación del tratamiento	Turbiedad (NTU)
				Parámetros fisicoquímicos
				pH (unidad de pH)
				CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
				DBO ₅ (mg/L)
				DQO (mg/L)

Fuente: elaboración propia.

Anexo 03. Monitoreo de temperatura de los tratamientos.

DOSIS AL 10 % - 100 mL EMA				
TEMPERATURA (°C)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 1		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	19.8	19.5	19.6
5	15/11/2019	21.5	21.2	21.4
10	20//11/2019	17.8	17.6	18.0
12	22/11/2019	17.9	17.7	18.0
15	25/11/2019	18.2	18.2	18.4
17	27/11/2019	17.7	17.3	17.5
19	29/11/2019	19.4	19.1	19.4
22	02/12/2019	18.6	18.3	18.6
24	04/12/2019	16.7	16.6	16.7
81	03/02/2020	16.5	16.5	16.8
84	06/02/2020	16.0	15.9	15.9
88	10/02/2020	15.3	15.4	15.2
91	13/02/2020	16.3	16.4	16.4
DOSIS AL 15 % - 150 mL EMA				
TEMPERATURA (°C)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 2		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	18.9	18.3	18.7

5	15/11/2019	20.5	20.1	20.6
10	20//11/2019	17.9	17.6	17.8
12	22/11/2019	18.0	17.6	17.7
15	25/11/2019	18.2	18.0	18.5
17	27/11/2019	17.5	17.6	17.7
19	29/11/2019	19.8	19.3	19.6
22	02/12/2019	19.0	18.9	18.9
24	04/12/2019	16.7	16.7	16.8
81	03/02/2020	17.5	17.2	17.7
84	06/02/2020	15.8	15.8	16.0
88	10/02/2020	15.2	15.1	15.2
91	13/02/2020	16.5	16.3	16.4
DOSIS AL 20 % - 200 mL EMA				
TEMPERATURA (°C)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 3		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	18.7	18.7	19.0
5	15/11/2019	20.6	20.4	20.2
10	20//11/2019	18.6	18.3	18.3
12	22/11/2019	18.3	18.0	17.9
15	25/11/2019	18.3	18.1	18.5
17	27/11/2019	17.7	17.7	17.3
19	29/11/2019	20.3	20.1	20.3
22	02/12/2019	19.3	19.5	19.6

24	04/12/2019	16.8	16.8	16.8
81	03/02/2020	17.6	17.5	17.4
84	06/02/2020	15.7	15.8	15.8
88	10/02/2020	15,3	15.2	15.2
91	13/02/2020	16.5	16.3	16.4
SIN EMA - MUESTRA TESTIGO				
TEMPERATURA (°C)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 4		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	19.4	19.7	19.4
5	15/11/2019	21.8	21.4	21.5
10	20//11/2019	18.9	18.6	18.6
12	22/11/2019	18.6	18.6	18.4
15	25/11/2019	19.1	18.7	18.9
17	27/11/2019	18.0	17.7	18.0
19	29/11/2019	20.9	20.4	21.0
22	02/12/2019	19.4	19.4	19.3
24	04/12/2019	17.0	17.0	16.9
81	03/02/2020	17.5	17.5	17.6
84	06/02/2020	16.0	16.1	16.0
88	10/02/2020	15.5	15.5	15.4
91	13/02/2020	16.7	16.8	16.4

Anexo 04. Monitoreo de conductividad eléctrica de los tratamientos.

DOSIS AL 10 % - 100 mL EMA				
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($\mu\text{S/cm}$)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 1		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	5 960	5 820	5 770
5	15/11/2019	5 980	5 880	5 910
10	20/11/2019	5 610	5 550	5 540
12	22/11/2019	5 570	5 490	5 460
15	25/11/2019	5 540	5 460	5 410
17	27/11/2019	5 510	5 430	5 290
19	29/11/2019	5 330	5 320	5 170
22	02/12/2019	5 140	5 190	5 000
24	04/12/2019	5 060	5 120	4 990
81	03/02/2020	5 240	5 230	5 360
84	06/02/2020	5 220	5 280	5 420
88	10/02/2020	5 290	5 210	5 410
91	13/02/2020	5 180	5 210	5 430
DOSIS AL 15 % - 150 mL EMA				
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($\mu\text{S/cm}$)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 2		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	5 990	6 040	5 870

5	15/11/2019	5 950	6 040	5 900
10	20//11/2019	5 550	5 580	5 470
12	22/11/2019	5 460	5 490	5 410
15	25/11/2019	5 390	5 400	5 370
17	27/11/2019	5 380	5 360	5 280
19	29/11/2019	5 310	5 340	5 250
22	02/12/2019	5 190	5 260	5 110
24	04/12/2019	5 110	5 230	4 990
81	03/02/2020	4 930	5 250	5 400
84	06/02/2020	4 910	5 260	5 390
88	10/02/2020	4 980	5 240	5 460
91	13/02/2020	4 980	5 160	5 380
DOSIS AL 20 % - 200 mL EMA				
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (μS/cm)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 3		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	6 170	6 130	6 160
5	15/11/2019	6 200	6 130	6 160
10	20//11/2019	5 850	5 670	5 660
12	22/11/2019	5 760	5 610	5 680
15	25/11/2019	5 660	5 580	5 600
17	27/11/2019	5 600	5 540	5 580
19	29/11/2019	5 530	5 480	5 450
22	02/12/2019	5 450	5 380	5 370

24	04/12/2019	5 450	5 340	5 320
81	03/02/2020	5 420	5 420	5 550
84	06/02/2020	5 450	5 470	5 600
88	10/02/2020	5 450	5 460	5 610
91	13/02/2020	5 460	5 450	5 610
SIN EMA - MUESTRA TESTIGO				
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ($\mu\text{S/cm}$)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 4		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	6 030	5 890	5 990
5	15/11/2019	6 000	5 950	5 970
10	20/11/2019	5 580	5 540	5 630
12	22/11/2019	5 570	5 500	5 580
15	25/11/2019	5 480	5 420	5 460
17	27/11/2019	5 400	5 360	5 380
19	29/11/2019	5 260	5 230	5 290
22	02/12/2019	5 170	5 060	5 190
24	04/12/2019	5 130	4 970	5 090
81	03/02/2020	6 690	6 600	6 710
84	06/02/2020	5 730	6 370	6 410
88	10/02/2020	6 220	6 350	6 390
91	13/02/2020	6 080	6 140	6 150

Anexo 05. Monitoreo de pH de los tratamientos.

DOSIS AL 10 % - 100 mL EMA				
pH (unidad de pH)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 1		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	6.27	6.22	6.30
5	15/11/2019	6.16	6.34	6.14
10	20//11/2019	6.80	6.73	6.87
12	22/11/2019	7.22	7.18	7.25
15	25/11/2019	7.65	7.60	7.85
17	27/11/2019	7.69	7.68	8.04
19	29/11/2019	8.16	7.98	8.18
22	02/12/2019	8.32	8.16	8.20
24	04/12/2019	8.33	8.21	8.18
81	03/02/2020	8.77	8.75	8.70
84	06/02/2020	8.80	8.77	8.83
88	10/02/2020	8.79	8.81	8.84
91	13/02/2020	8.89	8.85	8.81
DOSIS AL 15 % - 150 mL EMA				
pH (unidad de pH)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 2		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	5.96	5.87	5.91

5	15/11/2019	5.85	5.80	5.83
10	20//11/2019	6.25	6.15	6.18
12	22/11/2019	6.81	6.48	6.56
15	25/11/2019	7.44	7.16	7.12
17	27/11/2019	7.47	7.31	7.52
19	29/11/2019	7.67	7.55	7.70
22	02/12/2019	7.89	7.60	7.87
24	04/12/2019	8.03	7.70	8.16
81	03/02/2020	8.89	8.70	8.53
84	06/02/2020	8.88	8.76	8.64
88	10/02/2020	8.84	8.75	8.69
91	13/02/2020	8.79	8.74	8.78
DOSIS AL 20 % - 200 mL EM				
pH (unidad de pH)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 3		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	5.71	5.71	5.72
5	15/11/2019	5.59	5.60	5.57
10	20//11/2019	5.60	5.73	6.13
12	22/11/2019	5.85	5.96	6.01
15	25/11/2019	6.23	6.10	6.28
17	27/11/2019	6.33	6.22	6.45
19	29/11/2019	6.59	6.45	6.76
22	02/12/2019	6.88	6.78	7.09

24	04/12/2019	7.33	7.10	7.44
81	03/02/2020	8.68	8.64	8.63
84	06/02/2020	8.72	8.69	8.68
88	10/02/2020	8.71	8.71	8.69
91	13/02/2020	8.78	8.65	8.68
SIN EMA - MUESTRA TESTIGO				
pH (unidad de pH)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 4		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	6.67	6.60	6.67
5	15/11/2019	6.80	6.77	6.83
10	20/11/2019	7.50	7.44	7.42
12	22/11/2019	7.53	7.51	7.56
15	25/11/2019	7.55	7.58	7.67
17	27/11/2019	7.63	7.70	7.88
19	29/11/2019	7.82	7.81	7.88
22	02/12/2019	7.91	7.87	7.92
24	04/12/2019	7.96	7.93	7.97
81	03/02/2020	6.03	6.08	6.02
84	06/02/2020	6.12	6.16	6.14
88	10/02/2020	6.36	6.26	6.25
91	13/02/2020	7.22	7.18	7.19

Anexo 06. Monitoreo de turbiedad de los tratamientos.

DOSIS AL 10 % - 100 mL EMA				
TURBIEDAD (FTU)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 1		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	263	256	267
5	15/11/2019	268	265	263
10	20/11/2019	297	334	309
12	22/11/2019	295	326	261
15	25/11/2019	233	304	208
17	27/11/2019	279	247	248
19	29/11/2019	239	245	193
22	02/12/2019	299	313	238
24	04/12/2019	313	290	268
81	03/02/2020	20.11	12.95	68
84	06/02/2020	39.30	32.70	52
88	10/02/2020	46.40	33.27	35.70
91	13/02/2020	26.43	27.84	30.30
DOSIS AL 15 % - 150 mL EMA				
TURBIEDAD (FTU)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 2		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	283	302	294

5	15/11/2019	294	308	302
10	20//11/2019	435	400	366
12	22/11/2019	517	439	422
15	25/11/2019	298	340	258
17	27/11/2019	275	238	227
19	29/11/2019	264	215	224
22	02/12/2019	321	240	246
24	04/12/2019	318	235	254
81	03/02/2020	95	25.43	57
84	06/02/2020	89	22.95	32.90
88	10/02/2020	51	19.80	71
91	13/02/2020	16.11	15.56	55
DOSIS AL 20 % - 200 mL EM				
TURBIEDAD (FTU)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 3		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	316	320	340
5	15/11/2019	321	310	342
10	20//11/2019	336	318	353
12	22/11/2019	351	357	369
15	25/11/2019	352	349	347
17	27/11/2019	335	338	337
19	29/11/2019	321	320	335
22	02/12/2019	158	201	177

24	04/12/2019	174	153	161
81	03/02/2020	55	37.58	61
84	06/02/2020	44.02	40.62	43.58
88	10/02/2020	34.94	33.64	39.94
91	13/02/2020	48.99	20.27	23.29
SIN EMA - MUESTRA TESTIGO				
TURBIEDAD (FTU)				
DÍA	FECHA	TRATAMIENTO 4		
		PRUEBA		
		1	2	3
3	13/11/2019	328	338	324
5	15/11/2019	333	309	308
10	20/11/2019	142	149	159
12	22/11/2019	157	151	159
15	25/11/2019	176	162	176
17	27/11/2019	196	171	194
19	29/11/2019	210	169	179
22	02/12/2019	238	145	178
24	04/12/2019	235	153	150
81	03/02/2020	234	223	164
84	06/02/2020	224	112	111
88	10/02/2020	313	214	177
91	13/02/2020	234	210	160

Anexo 07. Prueba de ensayo de EM-Agua en lixiviados de compostaje.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : LIBERATO SOTO NILSON EMERSON

TESIS : MICROORGANISMOS EFICIENTES Y SU EFECTO EN EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS GENERADOS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN EL CENTRO ECOTURÍSTICO DE PROTECCION AMBIENTAL "SANTA CRUZ"- CEPASC, CONCEPCION, 2019

MUESTRA : Lixiviado	Nº DE REFERENCIA : 50-2019
FUENTE : CEPASC	MUESTREADOR: Nilson Liberato Soto
DISTRITO : Concepción	REGIÓN : Junín
PROVINCIA : Concepción	

MÉTODOS NORMALIZADOS PARA ANALISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL, APHA, AWWA, WPCF

MÉTODOS: Demanda Química de Oxígeno - MS-5220-D Reflujo Cerrado Colorímetro
 Potencial de Hidrógeno - MS-4500- H⁺ - B-Electrométrico
 Conductividad - MS-2510- B- Método de Laboratorio

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

Muestras	Fechas	Ensayos		
		Demanda Química de Oxígeno	Potencial de Hidrógeno	Conductividad
Inicial	26/06/2019	1,063.0 mg/L	5.3	1,420.0 μS/cm.
Tratada	16/07/2019	398.8 mg/L	7.4	1,380.0 μS/cm.

Huancayo, 18 de julio del 2019



Dr. Orlando Alfredo Vilca Moreno
 Responsable del LAQ

Anexo 08. Dosis de la prueba de ensayo del EM-Agua.

- Muestra de lixiviado:

2 litros = 2 000 mL, muestra obtenido de la poza de lixiviados generado de las pilas del proceso de compostaje sin agregación de cal.

- Manual práctico de uso de EM:

Dosis de 1 L de EM-Agua - activado cada 1 000 L de aguas a tratar.

Dosis de 1 000 mL de EM-Agua - activado cada 1 000 000 mL de aguas a tratar.

Entonces:

2 ml de EM-Agua - activado a 2 000 mL de lixiviado a tratar.

- Preparación y activación de EM:

Considerando la preparación de 1 litro de EM-Agua activado en un litro de envase de polietileno se procedió a agregar la combinación de los insumos y la activación en 10 días; previamente realizando lo siguiente:

1 litro EM-Agua - activado = 1 000 mL EM-Agua - activado:

- EM-Agua (5%): 50 mL.

- Melaza de caña (5%): 50 mL.

- Agua libre de cloro (90%): 900 mL.

- Finalmente:

De una muestra de lixiviado se realizó el análisis de DQO junto a este parámetro la conductividad eléctrica y pH, posteriormente por separado en los 2 litros de lixiviado la inoculación de 2 ml de EM - activado; el lapso se consideró durante 21 días calendarios para el análisis de DQO como principal factor de determinación de la efectividad de los microorganismos eficientes.

Anexo 09. Panel fotográfico del ensayo EM-Agua en lixiviados.



Fotografía 01. EM-Agua y melaza de caña.



Fotografía 02. Agregación en agua libre de cloro la melaza de caña y el EM-Agua.



Fotografía 03. Medición de temperatura a la activación del EM-Agua.



Fotografía 04. Adición del EM-Agua en botella de polietileno de 1 L para activación.



Fotografía 05. Verificación del área de compostaje.



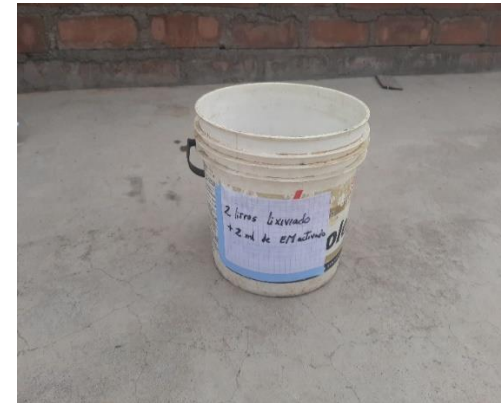
Fotografía 06. Pilas de compostaje sin aplicación de cal.



Fotografía 07. Esgurrimiento de lixiviados.



Fotografía 08. Depósito de lixiviados sin cal.



Fotografía 09. Lixiviado con adición de EM-Agua Activado.



Fotografía 10. Lixiviado tratado.



Fotografía 11. Muestras de lixiviado tratado para análisis.



Fotografía 12. Análisis de DQO, CE y pH.

Anexo 10. Resultados del análisis de lixiviados del CEPASC - Concepción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : LIBERATO SOTO NILSON EMERSON

MUESTRAS : Lixiviados	Nº DE REFERENCIA : 114- 2019
FUENTE : CEPASC	FECHA DE MUESTREO : 11/11/2019
DISTRITO : Concepción	FECHA DE ANÁLISIS : 11/11/2019
PROVINCIA : Concepción	MUESTREADOR : Nilson Liberato Soto
REGIÓN : Junín	

METODOS NORMALIZADOS PARA ANALISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL, APHA, AWWA, WPCF


Demanda Bioquímica de Oxígeno: MS-5210-B ROB 5 días-Respirometro
Demanda Química de Oxígeno : MS-5220-D Reflujo Cerrado Colorimetro

INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICA Y QUÍMICA:

Codigo	Hora de muestreos	Demanda Bioquímica de Oxígeno	Demanda Química de Oxígeno
LIXRCO1	09:15 a.m.	4,119.0 mg/L	6,970.0 mg/L
LIXRCO2	09:20 a.m.	4,750.0 mg/L	7,558.0 mg/L
LIXRCO3	09:25 a.m.	4,907.0 mg/L	7,785.0 mg/L

Huancayo, 18 de noviembre del 2019




Dr. Orlando Alfredo Vilca Moreno
Responsable del LAQ

Anexo 11. Resultados del análisis de lixiviados tratados del CEPASC - Concepción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : LIBERATO SOTO NILSON EMERSON

MUESTRAS : Lixiviados Tratados	Nº DE REFERENCIA : 05- 2020
FUENTE : CEPASC	FECHA DE MUESTREO : 02/03/2020
DISTRITO : Concepción	FECHA DE ANÁLISIS : 02/03/2020
PROVINCIA : Concepción	MUESTREADOR : Nilson Liberato Soto
REGIÓN : Junín	

METODOS NORMALIZADOS PARA ANALISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL, APHA, AWWA, WPCF

Demanda Bioquímica de Oxígeno: MS-5210-B ROB 5 días-Respirometro

Demanda Química de Oxígeno : MS-5220-D Reflujo Cerrado Colorímetro

INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICA Y QUÍMICA:

Código	Porcentaje de EM	Demanda Bioquímica de Oxígeno	Demanda Química de Oxígeno
T1P1	10 %	1,110.0 mg/L	1,709.0 mg/L
T1P2		1,267.0 mg/L	2,088.0 mg/L
T1P3		1,701.0 mg/L	2,468.0 mg/L
T2P1	15 %	1,228.0 mg/L	1,848.0 mg/L
T2P2		1,274.0 mg/L	1,750.0 mg/L
T2P3		1,388.0 mg/L	2,012.0 mg/L
T3P1	20 %	1,273.0 mg/L	1,702.0 mg/L
T3P2		1,109.0 mg/L	1,658.0 mg/L
T3P3		998.0 mg/L	1,522.0 mg/L
T4P1	Sin EM	3,097.0 mg/L	5,021.0 mg/L
T4P2		2,940.0 mg/L	4,883.0 mg/L
T4P3		3,125.0 mg/L	5,118.0 mg/L

Huancayo, 09 de marzo del 2020



Dr. Orlando Alfredo Vilca Moreno
 Responsable del LAQ

INFORME N° 01 DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

A : Ing. Torres Cáceres Carmen Rosa
DE : Bach. Liberato Soto Nilson Emerson
ASUNTO : Informe de resultados de laboratorio
FECHA : 11 de marzo del 2020

Por medio del presente tengo el honor de dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y en seguida para presentarle el informe de resultados de ensayos realizado en laboratorio como parte de investigación de mi tesis titulada: **“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”**

La parte experimental se realizó en la Universidad Continental en el laboratorio de Química Básica del pabellón J, los laboratorios 403 y 404 respectivamente. Desde el 19 de junio hasta el 27 de febrero del 2020 con los materiales y equipos de los laboratorios en mención en lo cual se realizó la activación de microorganismo eficientes, medición de parámetros físico-químicos para la investigación correspondiente.

Presento mis resultados como parte de la investigación realizada en las instalaciones de la Universidad Continental para dar credibilidad y veracidad de los ensayos realizados y resultados obtenidos, de igual manera para fomentar la investigación en la Universidad Continental.

Agradecimiento por la facilidad de trabajo y apoyo a Ticse Huaman Jesid Angel y Cándor Cumbreña Adolfo en laboratorio.

Adjunto:

- Informe N° 01 de resultados de ensayos de laboratorio
- Solicitud de uso de laboratorio


Bach. Liberato Soto Nilson Emerson
DNI: 72227661

1. EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS

1.1 ACTIVACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES

EQUIPOS

- Termómetro
- Cocina

MATERIALES

- Vasos de precipitación de 1000 ml
- Vasos de precipitación de 100 ml
- Pipeta
- Pro pipeta
- Fiolas de 100 ml
- Probetas de 10 ml
- Varilla
- Embudo
- Pizeta

1.2 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS – QUÍMICOS

A. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

EQUIPOS

- Estufa de desecación
- Desecador
- Balanza analítica AS 310/C/2 máx. 310 g

MATERIALES

- Capsulas de porcelana
- Probetas de 100 ml
- Vasos de precipitación de 100 ml
- Soportes universales
- Embudos de vidrio
- Aros con nuez
- Matraces de 100 ml
- Pinza metálica
- Pinza para crisol
- Pizeta

B. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

EQUIPO

- Equipo portátil Multiparámetro HANNA HI991301

MATERIALES

- Vasos de precipitación
- Pizeta

C. pH

EQUIPO

- Equipo portátil Multiparámetro HANNA HI991301

MATERIALES

- Vasos de precipitación
- Pizeta

1.3 MONITOREO DE LAS MUESTRAS

EQUIPOS

- CE, pH, Temperatura: Equipo portátil Multiparámetro HANNA HI991301.

- Turbiedad: Equipo portátil Turbidímetro HANNA HI 93703; rango: 0.00... 1,000 FTU.

MATERIALES

- Vasos de precipitación
- Pizeta

2. RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

2.1 ANÁLISIS PRE – TRATAMIENTO

MUESTRAS: Lixiviados

REGIÓN: Junín

FUENTE: CEPASC

FECHA DE MUESTREO: 12/11/2019

DISTRITO: Concepción

FECHA DE ANÁLISIS: 12/11/2019

PROVINCIA: Concepción

MÉTODOS NORMALIZADOS PARA ANÁLISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL:

SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS: GRAVIMÉTRICO- MS- 2540- D- SECADO A 103°C- 105°C

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: MS- 2510- B- MÉTODO DE LABORATORIO

pH: MS- 4500- H⁺- B- ELECTROMÉTRICO

CÓDIGO	SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS *	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	pH
LIXRCO1	516 mg/L	5870 uS/cm	6.33
LIXRCO2	506 mg/L	6020 uS/cm	6.32
LIXRCO3	406 mg/L	6020 uS/cm	6.28

*Para determinar SST se aplica la siguiente fórmula:

$$SST = \frac{(P2 - P1)}{V} * 1000$$

Dónde:

SST: Sólidos suspendidos totales en mg/L.

P2: Peso final (capsula + filtro con residuo seco) en mg.

P1: Peso inicial (capsula + filtro) en mg.

V: Volumen de muestra filtrada en ml.

2.2 ANÁLISIS POST – TRATAMIENTO

MUESTRAS: Lixiviados tratados

REGIÓN: Junín

FUENTE: CEPASC

FECHA DE MUESTREO: 27/11/2019

DISTRITO: Concepción

FECHA DE ANÁLISIS: 27/11/2019

PROVINCIA: Concepción

MÉTODOS NORMALIZADOS PARA ANÁLISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL:

SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS: GRAVIMÉTRICO- MS- 2540- D- SECADO A 103°C- 105°C

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: MS- 2510- B- MÉTODO DE LABORATORIO

pH: MS- 4500- H⁺- B- ELECTROMÉTRICO

CÓDIGO	PORCENTAJE DE EM	SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS *	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	pH
T1P1	10%	165 mg/L	5210 uS/cm	8.85
T1P2		157 mg/L	5260 uS/cm	8.82
T1P3		128 mg/L	5480 uS/cm	8.81
T2P1	15%	102 mg/L	5000 uS/cm	8.78
T2P2		159 mg/L	5240 uS/cm	8.73
T2P3		131 mg/L	5420 uS/cm	8.74
T3P1	20%	122 mg/L	5470 uS/cm	8.73
T3P2		148 mg/L	5440 uS/cm	8.67
T3P3		136 mg/L	5630 uS/cm	8.66
T4P1	Sin EM	264 mg/L	5940 uS/cm	7.66
T4P2		245 mg/L	6050 uS/cm	7.74
T4P3		277 mg/L	6130 uS/cm	6.79

Anexo 13. Constancia de resultados de ensayos de laboratorio - Universidad Continental.



El que suscribe jefa de laboratorios de Ciencias Básicas de la Universidad Continental.

CONSTANCIA

Hace constar que el Sr. **LIBERATO SOTO NILSON EMERSON**, identificado con **DNI N° 772227661**, hizo uso de los recursos del laboratorio para el desarrollo de la tesis de investigación: **“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”**, a partir del 19 de junio del 2019 hasta el 27 de febrero del 2020. Cuyos resultados fueron presentados para conocimiento de esta oficina y habiendo hecho uso de los equipos y materiales con responsabilidad y eficiencia.

Se expide la presente constancia que acredita el uso del laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Continental.

Huancayo, 11 de marzo del 2020




Carmen Torres Cáceres
Jefatura de Laboratorios de
Ciencias Básicas
Universidad Continental

Ing. Torres Cáceres Carmen Rosa
Jefa de laboratorios de Ciencias Básicas

ucontinental.edu.pe

Lima
Jr. Junín 355, Miraflores
(01) 213 2760

Arequipa
Calle Alfonso Ugarte 607 - Yanahuara
(54) 412 030

Huancayo
Av. San Carlos 1980
(64) 481 430

Cusco
Urb. Manuel Prado B-13
(84) 480 070

Anexo 14. Carta de autorización de ingreso al relleno sanitario CEPASC - Concepción.

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”



CARTA N° 001 – 2019

SEÑOR : ING. BENJAMIN PROSPERO DE LA CRUZ PALOMINO
ALCALDE PROVINCIAL DE CONCEPCIÓN

ASUNTO : AUTORIZACIÓN PARA EL INGRESO AL RELLENO SANITARIO CEPASC
- CONCEPCIÓN

REF. : EJECUTAR INVESTIGACIÓN DE TESIS A NIVEL DE PRE – GRADO

Yo, Nilson Emerson Liberato Soto identificado con DNI N° 72227661, con grado académico de bachiller en Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental – Huancayo; ante Usted con el debido respeto me presento y expongo lo siguiente:

Que, deseando obtener mi título profesional de Ingeniero Ambiental, realizare una TESIS en que el tema de investigación será la aplicación de microorganismo eficaces en lixiviados en el proceso de compostaje; con el fin de obtener abono líquido para fertilización de tierras, áreas verdes, para lo cual SOLICITO se me brinde el permiso de realizar mi proyecto en el relleno sanitario CEPASC, Concepción que transcurriré de manera constante al mencionado lugar a proceder con la mencionada investigación.

Sin otro particular, agradecerle y manifestarle mi consideración y estima personal.

Atentamente;

LIBERATO SOTO, Nilson E.
DNI. N° 72227661

Adj. Plan de tesis
(13) Folios

Anexo 15. Panel Fotográfico del Centro Ecoturístico de Protección Ambiental CEPASC - Concepción.



Fotografía 13. CEPASC - Concepción.



Fotografía 14. Área de compostaje.



Fotografía 15. Agregación de cal al proceso de compostaje.



Fotografía 16. Depósito de lixiviado con cal.

Anexo 16. Panel fotográfico del acondicionamiento de la caseta.



Fotografía 17. Condición de la caseta.



Fotografía 18. Limpieza en el interior.



Fotografía 19. Acondicionamiento de las cajas.



Fotografía 20. Balde para acumulación de lixiviados.

Anexo 17. Panel fotográfico del agregado de materia orgánica.



Fotografía 21. Descarga de materia orgánica.



Fotografía 22. Acumulación de materia orgánica en cada caja.



Fotografía 23. Baldes de 4 L para escurrimiento de lixiviados.

Anexo 18. Panel fotográfico de la preparación para la activación del EM-Agua.



Fotografía 24. EM-Agua, melaza de caña, agua libre de cloro.



Fotografía 25. Calentamiento de agua libre de cloro.



Fotografía 26. Medición de temperatura del agua a 35°C - 40°C.



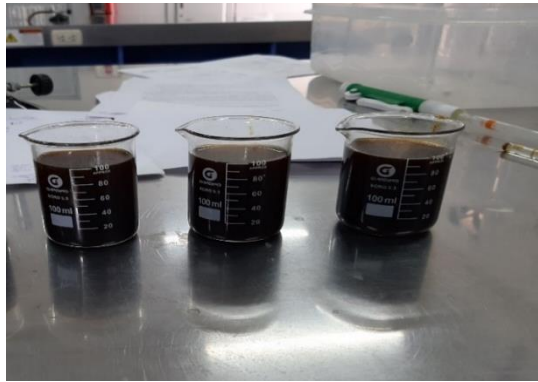
Fotografía 27. Cantidad de melaza de caña.



Fotografía 28. Agregación de melaza de caña al agua libre de cloro.



Fotografía 29. Agregación del EM-Agua y remoción.



Fotografía 30. Dosis 100 mL de EM-Agua.



Fotografía 31. Dosis 150 mL de EM-Agua.



Fotografía 32. Dosis 200 mL de EM-Agua

Anexo 19. Panel fotográfico de la dosificación para la activación de EM-Agua.



Fotografía 33. Dosis de 100 mL de EM-Agua listo para ser activado en 10 días.



Fotografía 34. Dosis de 150 mL de EM-Agua listo para ser activado en 10 días.



Fotografía 35. Dosis de 200 mL de EM-Agua listo para ser activado en 10 días.

Anexo 20. Panel fotográfico de la generación de lixiviados.



Fotografía 36. Recepción de lixiviados de la generación de materia orgánica.



Fotografía 37. Balde con contenido de lixiviados.



Fotografía 38. Baldes de 4 L llenos listos para separar.



Fotografía 39. Balde de 20 L con separación de lixiviados.



Fotografía 40. Balde lleno de lixiviados y tapado.



Fotografía 41. Baldes llenos de lixiviados

Anexo 21. Panel fotográfico del análisis de pre tratamiento de lixiviados.



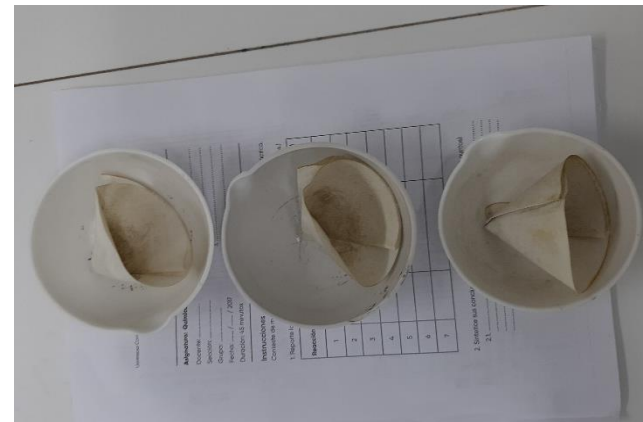
Fotografía 42. Muestras de 1L de lixiviados.



Fotografía 43. Peso inicial de filtro + capsula de porcelana para determinación de Sólidos Suspendedos Totales.



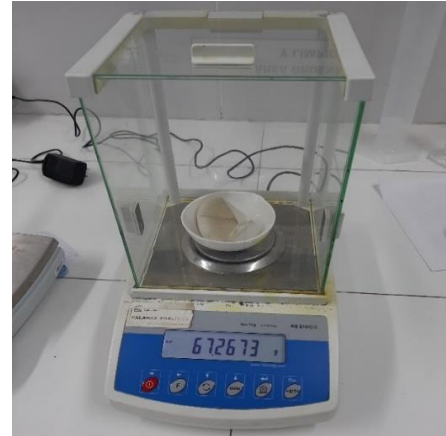
Fotografía 44. Filtración de las muestras de lixiviados



Fotografía 45. Filtros con sólidos retenidos de lixiviados.



Fotografía 46. Secado de filtros en horno a 105°C.



Fotografía 47. Pesado final de filtro seco + capsula de porcelana para determinación de Sólidos Suspendedos Totales.



Fotografía 48. Medición de pH y conductividad eléctrica.



Fotografía 49. Muestras de 1 L de Lixiviados para análisis de DBO₅ y DQO en laboratorio de análisis químico de la UNCP.

Anexo 22. Panel fotográfico de la fase de preparación de materiales para el tratamiento de lixiviados.



Fotografía 50. Baldes rotulados de 5L para el tratamiento por dosis.



Fotografía 51. Baldes ordenados para agregación de lixiviados.



Fotografía 52. Agregado de lixiviados.



Fotografía 53. Lixiviados para ser agregados con dosis de EMA.

Anexo 23. Panel fotográfico de la inoculación de los microorganismos eficaces activados.



Fotografía 54. Dosis de EM-Agua activado para ser inoculados por tratamiento.



Fotografía 55. Inoculación de los EM-Agua activado y remoción.



Fotografía 56. Continuación de inoculación de EM-Agua activado.



Fotografía 57. Culminación de aplicación de EM-Agua activado.

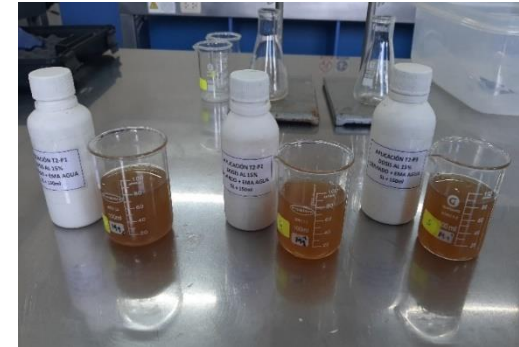
Anexo 24. Panel fotográfico del monitoreo de los tratamientos.



Fotografía 58. Diferenciación de color por cada tratamiento a los 3 días de la aplicación de los EMA



Fotografía 59. Observación a los 10 días de la aplicación de los EMA.



Fotografía 60. Botellas de 250 mL y control del tratamiento 2 en el día 3 de la aplicación de los EMA.



Fotografía 61. Botellas de 250 mL y control del tratamiento 3 en el día 3 de la aplicación de los EMA.



Fotografía 62. Botellas de 150 mL y control del tratamiento 4 en el día 3 de la aplicación de los EMA.



Fotografía 63. Control de temperatura, pH y conductividad eléctrica.



Fotografía 64. Control de turbiedad.



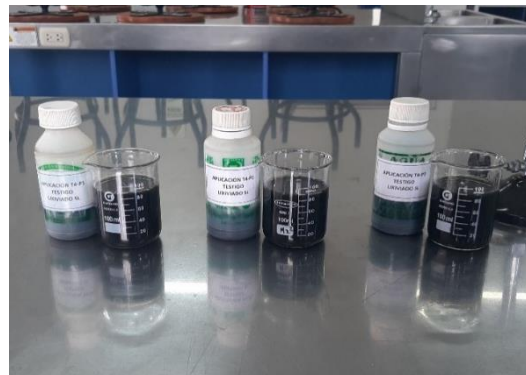
Fotografía 65. Control del tratamiento 1 en el día 91 de la aplicación de los EMA.



Fotografía 66. Control del tratamiento 2 en el día 91 de la aplicación de los EMA.



Fotografía 67. Control del tratamiento 3 en el día 91 de la aplicación de los EMA.



Fotografía 68. Control del tratamiento 4 en el día 91 de la aplicación de los EMA.

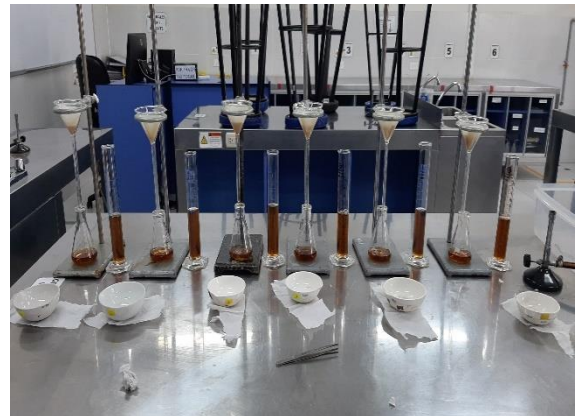
Anexo 25. Panel fotográfico del análisis de post tratamientos de lixiviados.



Fotografía 69. Muestras de 1 L de lixiviados tratados del tratamiento 1 (P1, P2, P3) y tratamiento 2 (P1, P2, P3).



Fotografía 70. Materiales y equipos para determinar Sólidos Suspendedos Totales, pH y conductividad eléctrica.



Fotografía 71. Filtración de lixiviados de los tratamientos 1 y 2.



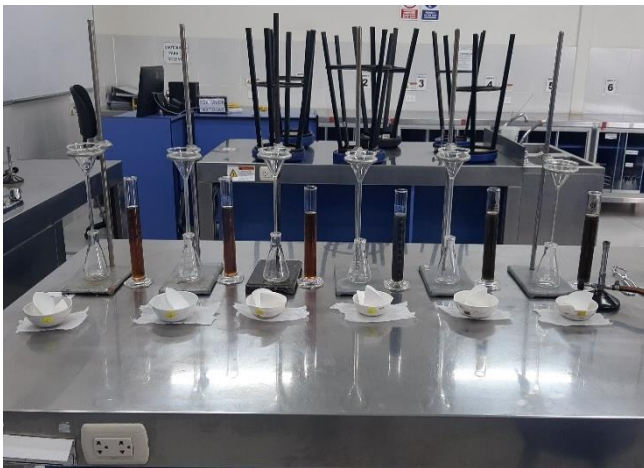
Fotografía 72. Secado de filtros + capsula de porcelana en horno a 105°C.



Fotografía 73. Medición de pH y conductividad eléctrica.



Fotografía 74. Muestras de 1 L de lixiviados tratados del tratamiento 3 (P1, P2, P3) y tratamiento 4 (P1, P2, P3).



Fotografía 75. Filtración de lixiviados de los tratamientos 3 y 4.



Fotografía 76. Secado de filtros + capsula de porcelana en horno a 105°C.



Fotografía 77. Muestras de 1 L de lixiviados tratados para análisis de DBO₅ y DQO en laboratorio de análisis químico de la UNCP.



Fotografía 78. Tratamiento 1, 2, 3, 4 con tres pruebas cada tratamiento.

Anexo 26. Calendario de actividades ejecutadas.

N°	ACTIVIDAD	FECHA	NÚMERO DE DÍAS
PRUEBA DE ENSAYO			
1	Activación de microorganismos eficientes (EM-Agua).	19/06/2019	1
	Tiempo de activación.	19/06/19 al 26/06/19	8
2	Análisis pre – tratamiento (DQO, CE y pH) de lixiviado.	26/06/19	1
3	Aplicación del EM-Agua activado al lixiviado.	26/06/19	1
4	Efecto de los microorganismos eficientes (EM-Agua) en lixiviado.	26/06/19 al 16/07/19	21
5	Análisis post tratamiento (DQO, CE y pH) de lixiviado.	16/07/19	1
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL			
1	Habilitación de la caseta.	10/09/19 al 11/09/19	2
2	Descarga y agregación de materia orgánica (MO1) a las cajas.	13/09/19	1
	Escurrimiento de lixiviados.	13/09/19 al 29/09/19	17
3	Limpieza de las cajas de los residuos orgánicos secos.	02/10/19	1
4	Descarga y agregación de materia orgánica (MO2) a las cajas.	04/10/19	1
	Escurrimiento de lixiviados.	04/10/19 al 27/11/19	24
5	Activación de microorganismos eficientes (EM-Agua).	02/11/19	1
	Tiempo de activación.	02/11/19 al 11/11/19	10
6	Análisis pre tratamiento (UNCP: DBO ₅ , DQO) de lixiviados.	11/11/19	1
7	Análisis pre tratamiento (UC: SST, CE, pH) de lixiviados.	12/11/19	1
8	Aplicación de EM-Agua activado por dosis a cada muestra de lixiviado.	11/11/19	1
9	Efecto de los microorganismos eficientes (EM-Agua) en lixiviados.	11/11/19 al 25/02/20	107
10	Análisis post tratamiento (UC: SST, CE, pH) de lixiviados tratados.	26/02/20 al 27/02/20	2
11	Análisis post tratamiento (UNCP: DBO ₅ , DQO) de lixiviados tratados.	02/03/2020	1