

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES
(EM) EN SUELOS CONTAMINADOS POR LIXIVIADOS DEL
BOTADERO MUNICIPAL DE PUCALLPA, DEPARTAMENTO DE
UCAYALI**

**Tesis para optar el título profesional de
INGENIERO AMBIENTAL**

**JUAN ANTONIO GÓMEZ TORRES
NATHALIE PAOLA PALMA CABRERA**

Pucallpa – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS



ACTA DE APROBACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 163 /2023-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 13:00 horas del día viernes 03 de marzo del 2023, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, los mismos que estuvo designados con número de Acta 006-2022, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Pedro Aparicio Campos Cabrera

Presidente

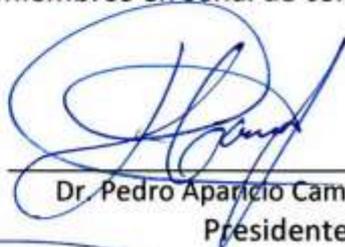
Dr. Fermín Campos Solórzano

Miembro

Mg. Julián Robert Pérez Vigilio

Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES (EM) EN SUELOS CONTAMINADOS POR LIXIVIADOS DEL BOTADERO MUNICIPAL DE PUCALLPA, DEPARTAMENTO DE UCAYALI”**, presentado por los bachilleres **NATHALIE PAOLA PALMA CABRERA** y **JUAN ANTONIO GÓMEZ TORRES**, asesorados por el **Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga**, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por los sustentantes, en consecuencia la tesis fue **APROBADA POR UNANIMIDAD**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 14:15 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.



Dr. Pedro Aparicio Campos Cabrera
Presidente



Dr. Fermín Campos Solórzano
Miembro



Mg. Julián Robert Pérez Vigilio
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue aprobada por los miembros del Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Pedro Aparicio Campos Cabrera



Presidente

Dr. Fermín Campos Solórzano



Miembro

Mg. Julián Robert Pérez Vigilio



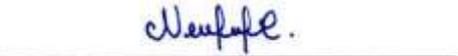
Miembro

Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga



Asesor

Bach. Nathalie Paola Palma Cabrera



Tesista

Bach. Juan Antonio Gómez Torres



Tesista



CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° V/0112-2023.

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe final de tesis, titulado:
"EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES (EM) EN SUELOS CONTAMINADOS
POR LIXIVIADOS EN EL BOTADERO MUNICIPAL DE PUCALLPA, DEPARTAMENTO DE UCAYALI"

Autor(es) : GÓMEZ TORRES, JUAN ANTONIO
PALMA CABRERA, NATHALIE PAOLA

Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela : ING. AMBIENTAL

Asesor(a) : Dr. DIAZ ZÚÑIGA, EDGAR JUAN

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud 8%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia

Fecha: 24/02/2023



Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS
REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, JUAN ANTONIO GÓMEZ TORRES

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

«EFEECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES (EM) EN SUELOS
CONTAMINADOS POR LIXIVIADOS DEL BOTADERO MUNICIPAL DE PUCALLPA,
DEPARTAMENTO DE UCAYALI»

Sustentada el año: 2023

Con la asesoría de: Dr. EDGAR JUAN DÍAZ ZÚÑIGA

En la Facultad de: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional de: INGENIERÍA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL Significa que se publicará en el repositorio institucional solo la caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar si su tesis o documento presenta material patentable, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 15 / 03 / 2023

Email: antoniogt2406@gmail.com

Teléfono: 964907802

Firma: 

DNI: 70747985

www.repositorio.unu.edu.pe

✉ repositorio@unu.edu.pe



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS
REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, NATHALIE PAOLA PALMA CABRERA

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

« EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES(EM) EN SUELOS
CONTAMINADOS POR LIXIVIADOS DEL BOTADERO MUNICIPAL DE PUCALPA,
DEPARTAMENTO DE UCAYALI ».

Sustentada el año: 2023

Con la asesoría de: Dr. EDGAR JUAN DÍAZ ZÚÑIGA

En la Facultad de: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional de: INGENIERÍA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL Significa que se publicará en el repositorio institucional solo la caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar si su tesis o documento presenta material patentable, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 15 / 03 / 2023

Email: paolapalma28@outlook.es

Teléfono: 936830776

Firma: Wenfele.

DNI: 71039596

www.repositorio.unu.edu.pe

✉ repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A mi padre y madre porque siempre confiaron y creyeron en mí, a mi abuelita Lucita por todo el apoyo que me brindo desde el primer momento, ya que sin ellos nada de esto sería realidad.

Juan Antonio

A mis padres porque son la principal razón y pilares para lograr mis objetivos, a mis abuelitos que me guían y me encaminan desde el cielo, sobre todo a mi abuelito que siempre confió en mí, y a mi tía Nora que siempre me brindó su apoyo incondicional en el transcurso de mi vida universitaria.

Nathalie Paola.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirnos cumplir con este objetivo, y no dejarnos derrotar.

A nuestros familiares, que nos acompañaron en todo este proceso de nuestra etapa universitaria.

Al Dr. Edgar Díaz Zúñiga por sus enseñanzas impartidas y por el apoyo que nos brindó en este trayecto como asesor de tesis.

A todos nuestros docentes de la escuela de ingeniería ambiental, por la dedicación y vocación brindada.

A nuestros amigos que siempre creyeron en nosotros, y estuvieron presentes desde el primer momento siendo un valioso apoyo en esta travesía.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2.1. Problema General	4
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. HIPÓTESIS	5
1.4.1. Hipótesis Alterna (H_1):	5
1.4.2. Hipótesis Nula (H_0):	5
1.5. VARIABLES.....	5
1.5.1. Variable Independiente.....	5
1.5.2. Variables Dependientes	5
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.2. BASES TEÓRICAS	10
2.2.1. Suelo.....	10

2.2.1.1. Composición del suelo	11
2.2.1.2. Propiedades del suelo	12
2.2.2. Contaminación del suelo	16
2.2.2.1. Causas de la contaminación del suelo	16
2.2.3. Botadero	17
2.2.3.1. Botadero en Pucallpa.....	18
2.2.4. Lixiviados	18
2.2.4.1. Características de los lixiviados	19
2.2.5. Metales pesados	19
2.2.5.1. Plomo (Pb).....	20
2.2.5.2. Cadmio (Cd)	21
2.2.6. Microorganismos eficaces (EM)	22
2.2.6.1. Principales microorganismos en el EM	23
2.2.6.2. La activación de EM (EMA) ¿Qué es EM-1 y activación?:.....	26
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	27
CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	30
3.2. UBICACIÓN, POBLACIÓN Y MUESTRA	30
3.2.1. Ubicación.....	30
3.2.2. Población	31
3.2.3. Muestra	31
3.3. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	31
3.3.1. Identificación del punto de muestreo	31
3.3.2. Toma de muestra de los suelos contaminados por lixiviados.....	32
3.3.3. Activación de los microorganismos eficaces.....	32
3.3.4. Instalación de los tratamientos.....	33
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	34

3.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	34
3.4.2. Instrumentos para la recolección de datos:.....	34
3.4.3. Recursos, materiales, equipos y servicios	34
3.5. PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS	36
3.6. TRATAMIENTO DE DATOS	36
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1. RESULTADOS	37
4.1.1. Propiedades Químicas	37
4.1.1.1. Capacidad de Intercambio Catiónico.....	37
4.1.1.2. Nitrógeno	42
4.1.1.3. Fósforo.....	47
4.1.1.4. Materia Orgánica	52
4.1.1.5. pH	56
4.1.2. Metales Pesados.....	60
4.1.2.1. Plomo.....	60
4.1.2.2. Cadmio.....	65
4.2. DISCUSIÓN.....	70
4.2.1. Propiedades Químicas	370
4.2.1.1. Capacidad de Intercambio Catiónico.....	420
4.2.1.2. Nitrógeno	470
4.2.1.3. Fósforo.....	52
4.2.1.4. Materia Orgánica	71
4.2.1.4. pH.....	72
4.2.2. Metales Pesados.....	72
4.2.2.1. Plomo.....	72
4.2.2.2. Cadmio.....	73
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75

5.1. CONCLUSIONES	75
5.2. RECOMENDACIONES	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Combinaciones de 4 tratamientos	36
Tabla 2. Combinaciones de 4 tratamientos en el DCA.....	36
Tabla 3. Variación de medias de CIC durante el tiempo	40
Tabla 4. Variación de medias del porcentaje de Nitrógeno durante el tiempo	45
Tabla 5. Variación de medias de las concentraciones de Fósforo durante el tiempo	50
Tabla 6. Variación de medias del porcentaje de Materia Orgánica durante el tiempo	54
Tabla 7. Variación de medias de los valores de pH durante el tiempo.....	58
Tabla 8. Variación de medias de las concentraciones de Plomo durante el tiempo.	63
Tabla 9. Variación de medias de las concentraciones de Cadmio durante el tiempo	68
Tabla 10. Análisis de medias de la capacidad de intercambio catiónico en T0 durante el tiempo	87
Tabla 11. Análisis de medias de la capacidad de intercambio catiónico en T1 durante el tiempo	87
Tabla 12. Análisis de medias de la capacidad de intercambio catiónico en T2 durante el tiempo	87
Tabla 13. Análisis de medias de la capacidad de intercambio catiónico en T3 durante el tiempo	88
Tabla 14. Análisis de medias de Nitrógeno en T0 durante el tiempo	88
Tabla 15. Análisis de medias de Nitrógeno en T1 durante el tiempo	88
Tabla 16. Análisis de medias de Nitrógeno en T2 durante el tiempo	89
Tabla 17. Análisis de medias de Nitrógeno en T3 durante el tiempo	89
Tabla 18. Análisis de medias de Fósforo en T0 durante el tiempo.....	89

Tabla 19. Análisis de medias de Fósforo en T1 durante el tiempo.....	89
Tabla 20. Análisis de medias de Fósforo en T2 durante el tiempo.....	90
Tabla 21. Análisis de medias de Fósforo en T3 durante el tiempo.....	90
Tabla 22. Análisis de medias de Materia Orgánica en T0 durante el tiempo	90
Tabla 23. Análisis de medias de Materia Orgánica en T1 durante el tiempo	91
Tabla 24. Análisis de medias de Materia Orgánica en T2 durante el tiempo	91
Tabla 25. Análisis de medias de Materia Orgánica en T3 durante el tiempo	91
Tabla 26. Análisis de medias de pH en T0 durante el tiempo	92
Tabla 27. Análisis de medias de pH en T1 durante el tiempo	92
Tabla 28. Análisis de medias de pH en T2 durante el tiempo	92
Tabla 29. Análisis de medias de pH en T3 durante el tiempo	93
Tabla 30. Análisis de medias de Plomo en T0 durante el tiempo.....	93
Tabla 31. Análisis de medias de Plomo en T1 durante el tiempo.....	93
Tabla 32. Análisis de medias de Plomo en T2 durante el tiempo.....	94
Tabla 33. Análisis de medias de Plomo en T3 durante el tiempo.....	94
Tabla 34. Análisis de medias de Cadmio en T0 durante el tiempo	94
Tabla 35. Análisis de medias de Cadmio en T1 durante el tiempo	95
Tabla 36. Análisis de medias de Cadmio en T2 durante el tiempo	95
Tabla 37. Análisis de medias de Cadmio en T3 durante el tiempo	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proporción de insumos para la activación de EM.....	27
Figura 2. Dimensiones de calicatas.....	30
Figura 3. Ubicación aleatoria de calicatas	32
Figura 4. Área de investigación	33
Figura 5. Distribución aleatoria de unidades experimentales.....	33
Figura 6. Variación en los valores de CIC en T0 durante el tiempo.....	37
Figura 7. Variación en los valores de CIC en T1 durante el tiempo.....	38
Figura 8. Variación en los valores de CIC en T2 durante el tiempo.....	39
Figura 9. Variación en los valores de CIC en T3 durante el tiempo.....	40
Figura 10. Variación de CIC en los tratamientos durante el tiempo.....	41
Figura 11. Variación del porcentaje de nitrógeno en el T0 durante el tiempo	42
Figura 12. Variación del porcentaje de nitrógeno en el T1 durante el tiempo	43
Figura 13. Variación del porcentaje de nitrógeno en el T2 durante el tiempo	44
Figura 14. Variación del porcentaje de nitrógeno en el T3 durante el tiempo	45
Figura 15. Variación del porcentaje de nitrógeno en los tratamientos durante el tiempo	46
Figura 16. Variación en las concentraciones de fósforo en el T0 durante el tiempo	47
Figura 17. Variación en las concentraciones de fósforo en el T1 durante el tiempo	48
Figura 18. Variación en las concentraciones de fósforo en el T2 durante el tiempo	49
Figura 19. Variación en las concentraciones de fósforo en el T3 durante el tiempo	50
Figura 20. Variación en las concentraciones de fósforo en los tratamientos durante el tiempo.....	51
Figura 21. Variación en el porcentaje de materia orgánica en el T0 durante el tiempo	52
Figura 22. Variación del porcentaje de materia orgánica en el T1 durante el tiempo	52
Figura 23. Variación del porcentaje de materia orgánica en el T2 durante el tiempo	53
Figura 24. Variación del porcentaje de materia orgánica en el T3 durante el tiempo	54
Figura 25. Variación del porcentaje de materia orgánica en los tratamientos durante el tiempo	55

Figura 26. Variación en los valores de pH en el T0 durante el tiempo.....	56
Figura 27. Variación en los valores de pH en el T1 durante el tiempo.....	56
Figura 28. Variación en los valores de pH en el T2 durante el tiempo.....	57
Figura 29. Variación en los valores de pH en el T3 durante el tiempo.....	58
Figura 30. Variación en los valores de pH en los tratamientos durante el tiempo ...	59
Figura 31. Variación en las concentraciones de Pb en el T0 durante el tiempo	60
Figura 32. Variación en las concentraciones de Pb en el T1 durante el tiempo	61
Figura 33. Variación en las concentraciones de Pb en el T2 durante el tiempo	62
Figura 34. Variación en las concentraciones de Pb en el T3 durante el tiempo	63
Figura 35. Variación en las concentraciones de Pb en los tratamientos durante el tiempo.....	64
Figura 36. Variación en las concentraciones de Cd en el T0 durante el tiempo	65
Figura 37. Variación en las concentraciones de Cd en el T1 durante el tiempo	66
Figura 38. Variación en las concentraciones de Cd en el T2 durante el tiempo	67
Figura 39. Variación en las concentraciones de Cd en el T3 durante el tiempo	68
Figura 40. Variación en las concentraciones de Cd en los tratamientos durante el tiempo.....	69
Figura 41. Análisis de las propiedades químicas y metales pesados al día 0	96
Figura 42. Análisis de las propiedades químicas y metales pesados al día 30	98
Figura 43. Análisis de las propiedades químicas y metales pesados al día 60	99
Figura 44. Excavación de calicatas	100
Figura 45. Pesado de las muestras de suelos obtenidos de las calicatas	100
Figura 46. Equipo para la aplicación de EM activados	101
Figura 47. Toma de muestras para análisis de laboratorios	101
Figura 48. Medición de pH.....	102
Figura 49. Autores de la Tesis	102

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces (EM-compost) en suelo contaminado con lixiviado del botadero municipal ubicado en el km 22 de la Carretera Federico Basadre, de donde se recolectaron 120 kg de muestra total de suelo de 4 puntos (3 extremos y uno en el medio) ubicados al azar, tratando de abarcar la totalidad del área de terreno utilizado para la disposición de los residuos. El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en las instalaciones del vivero de la Universidad Nacional De Ucayali (UNU), ubicado al margen izquierdo de la carretera Federico Basadre km 6.200, en el distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali. La metodología empleada fue de tipo Aplicada, nivel Experimental, Descriptivo y Explicativo, y con un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos (T1, T2, T3, T4) y 3 repeticiones (R1, R2, R3). El suelo extraído fue dispuesto en 12 bandejas con 10kg cada una, se realizó un análisis inicial de las 12 muestras de suelo contaminado, seguido se aplicó la dosis de EM compost a los tratamientos (T2, T3, T4), a los 30 días se realizó el segundo análisis de las 12 unidades experimentales, y a los 60 días un último y tercer análisis. Los parámetros por analizar fueron: Materia Orgánica (M.O), pH, Nitrógeno (N) total, Fosforo (P) disponible, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Plomo (Pb) y Cadmio (Cd); teniendo como resultado que: la Materia Orgánica (M.O) varía de manera favorable en el T4 a los 30 días posterior a la aplicación de los EM (de 0.69% a 1.817%), en el pH se evidencia un aumento progresivo con el pasar de los días que duró el experimento, manteniéndose ligeramente ácido, el N total varía de manera favorable en el T4 a los 30 días posterior a la aplicación de EM (de 0.087% a 0.143%), el P disponible evidencia un incremento favorable en el T4 a los 60 días posterior a la aplicación de los EM (de 3.167 mg/L a

4.9 mg/L), CIC varia de manera favorable en el T4 a los 30 días posterior a la aplicación de los EM (de 15.793 meq/100g a 24.2 meq/100g), el Pb disminuye en el T3 a los 60 días posterior a la aplicación de los EM (de 25.91 mg/L a 17.16mg/L) sin sobrepasar los ECAs suelo, en el caso del Cadmio (Cd) se presentó un alza luego de los 30 días después de la aplicación de los EM, sin embargo a los 60 días los valores disminuyeron sin sobrepasar los ECAs suelo.

Palabras claves: Microorganismos eficaces, suelo, botadero.

ABSTRACT

The present research aims to determine the effect of the application of effective microorganisms (EM-compost) in soil contaminated with leachate from the municipal dump located at km 22 of the Federico Basadre Highway, from which 120 kg of total soil sample were collected. of 4 points (3 ends and one in the middle) located at random, trying to cover the entire area of land used for waste disposal. The development of the research was carried out in the facilities of the nursery of the National University of Ucayali (UNU), located on the left bank of the Federico Basadre road km 6,200, in the district of Yarinacocha, province of Coronel Portillo, department of Ucayali. The methodology used was Applied, Experimental, Descriptive and Explanatory level, and with a completely randomized design (DCA) with 4 treatments (T1, T2, T3, T4) and 3 repetitions (R1, R2, R3). The extracted soil was placed in 12 trays with 10kg each, an initial analysis of the 12 contaminated soil samples was carried out, followed by the dose of EM compost being applied to the treatments (T2, T3, T4), after 30 performed the second analysis of the 12 experimental units, and at 60 days a last and third analysis. The parameters to be analyzed were: Organic Matter (M.O), pH, Total Nitrogen (N), Phosphorus (P) available, Cation Exchange Capacity (CIC), Lead (Pb) and Cadmium (Cd); having as a result that: the Organic Matter (OM) varies favorably in the T4 at 30 days after the application of the EM (from 0.69% to 1.817%), in the pH a progressive increase is evidenced with the passing of The days that the experiment lasted, remaining slightly acidic, the total N varied favorably in T4 at 30 days after the application of EM (from 0.087% to 0.143%), the available P shows a favorable increase in In the T4 at 60 days after the application of the ME (from 3,167 mg / L to 4.9 mg / L), CIC varies favorably in the T4 at 30 days after the application of the ME (from 15,793 meq / 100g to 24.2 meq / 100g), Pb decreases in T3 at 60 days

after the application of EM (from 25.91 mg / L to 17.16mg / L) without exceeding soil ECAs, in the case of Cadmium (Cd) there was an increase after 30 days after the application of the EM, however at 60 days the values decreased without exceeding the ground ECAs.

Keywords: Effective microorganisms, soil, landfill.

INTRODUCCIÓN

Según el novelista estadounidense Vance Packard, el ser humano en su afán de satisfacer sus necesidades queda inmerso en una cultura de consumismo con una consigna de usar y tirar, los individuos se han transformado en “hacedores de desperdicios” y estaban fascinados con el consumo de nuevos productos, de tecnología novedosa, de mercancía que llevaba la marca de la obsolescencia planeada como precursora de la cultura comercial que gira alrededor del producto desechable (Bernache, 2006), generando con ello una gran cantidad de residuos, tanto sólidos como líquidos, que en su mayoría de veces van a parar en vertederos de basura sin ningún tipo de control y tratamiento, esta actividad significa poner en riesgo la vida de los seres que coexisten entorno al área geográfica utilizada para su disposición, siendo la contaminación de los suelos una consecuencia de esta actividad, generando consigo la pérdida parcial o total de los mismos.

En Perú no estamos exentos a este problema, ya que vierten los residuos en espacios públicos, ya sea rural o urbano, sin ningún tipo de control y tratamiento, denominados botaderos. Un estudio realizado por el OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental) afirma que en Perú existen 1585 botaderos aproximadamente (OEFA, 2018), esto significa la existencia de 1585 áreas geográficas que vienen siendo contaminadas, generando consigo daños a la salud, contaminación de suelo, aire y agua del área que los acoge. En Pucallpa se puede observar en distintas partes de la ciudad, pequeños botaderos, como también un botadero principal, ubicado en el km 22 de la Carretera Federico Basadre (OEFA, 2016), los residuos son depositados directamente en el suelo sin recibir tratamiento alguno, contaminando y modificando las propiedades físicas y químicas del mismo.

Por ello se plantea aplicar microorganismos eficaces en el suelo contaminado del botadero municipal de Pucallpa, utilizando un DCA con cuatro tratamientos (T1, T2, T3, T4) y tres repeticiones (R1, R2, R3), consiguiendo así 12 unidades experimentales, de las que se analizaran ciertos parámetros para demostrar que tratamiento obtiene los mejores resultados. con el fin de conocer si la aplicación de estos microorganismos tiene la capacidad de mejorar las propiedades químicas y reducir la concentración de metales pesados dentro de los mismos y que estas signifiquen una posible solución al problema de contaminación de suelos.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El manejo inadecuado de los residuos sólidos produce múltiples impactos negativos sobre la salud de las personas y el medio ambiente. Por un lado, una inadecuada gestión de los residuos, particularmente cuando son dispuestos en botaderos a cielo abierto, puede redundar en serios impactos en la salud de la población, en especial debido a enfermedades entéricas, como tifus, cólera y hepatitis, y también cisticercosis, triquinosis, leptospirosis, toxoplasmosis, sarnas, micosis, rabia, salmonelosis y otras, dependiendo de las condiciones locales. Entre los efectos ambientales, hay que destacar el deterioro de la calidad de las aguas superficiales por escurrimiento de los lixiviados, que resulta del contenido líquido de los residuos más el arrastre de aguas lluvias, y por la acción de los líquidos percolados en las napas freáticas. También hay repercusiones en la calidad del aire, por emisiones gaseosas, en particular de biogás (compuesto básicamente de metano), con sus consiguientes efectos en el cambio climático. Los riesgos de incendio, los fuertes olores por procesos de descomposición de materia orgánica en forma incontrolada, la proliferación de vectores sanitarios, el uso inadecuado y la desvalorización del suelo, son consecuencias ambientales típicas de la inadecuada gestión de los residuos sólidos domésticos. CEPAL/ONU (2010).

La gestión adecuada de los residuos sólidos municipales es uno de los principales y mayores problemas que afecta a los componentes ambientales en Perú, como consecuencia directa de la falta de rellenos sanitarios y de seguridad, los residuos se colocan en lugares inadecuados, comúnmente denominados botaderos. Existen sólo nueve (9) rellenos sanitarios y dos (2) rellenos de seguridad en el Perú. Estos no son suficientes para el volumen de basura que se genera en el país OEFA (2014), también se ha identificado un total de 1 585 botaderos a nivel nacional, de los cuales 27 han sido categorizados como áreas que pueden ser reconvertidas en infraestructuras formales de disposición final de residuos sólidos. OEFA (2016).

En el Perú, se genera un promedio de 21 mil toneladas de residuos municipales al día producidas por los 30 millones de habitantes. Eso equivale a 0.8

kilogramos de generación de residuos por persona al día. De ese total, más de la mitad de desechos son materia orgánica como alimentos o vegetales, según refirió la directora general de Gestión de Residuos Sólidos del Ministerio del Ambiente. MINAM (2021).

El botadero, a cargo de la Municipalidad Provincial de Coronel Portillo, tiene un área operativa de 14 hectáreas y recibe aproximadamente 338 toneladas de basura por día de los distritos de Callería, Manantay, Yarinacocha y Campo. En la supervisión realizada por la Oficina Desconcentrada de Ucayali del OEFA se verificó que la basura no recibe ningún tipo de tratamiento antes de ser dispuesta en el botadero y que existen recicladores que manipulan los residuos sin contar con equipos de protección adecuados, lo que genera una contaminación directa al suelo y al agua. OEFA (2016).

Por otro lado, los lixiviados generados por la disposición final de residuos sólidos de los botaderos y rellenos sanitarios se constituyen en un problema característico de climas húmedos, ya que provocan la pérdida de nutrientes en algunas capas del suelo, al arrastrar el agua sustancias básicas del terreno como arcilla, sales, hierro o humus (Fernández, 2006)

Ante la problemática planteada se presenta la necesidad de investigar nuevos métodos de tratamiento para reducir la pérdida de las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo por efecto de la carga de contaminantes de los lixiviados generados en el botadero municipal de Pucallpa. Uno de estos métodos se relaciona con el uso de los Microorganismos Eficaces (EM) en el tratamiento de lixiviados que se generan en los botaderos y rellenos sanitarios. Este método se basa en una biotecnología probiótica natural, basada en el uso de una mezcla de organismos benéficos (bacterias fototróficas, bacterias ácido lácticas y levaduras altamente eficientes), no nocivos ni patógenos pero muy efectivos en el tratamiento de lixiviados presentes en el suelo y en el agua (Vásquez, 2017).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿Cuál será el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en suelos contaminados por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa, Ucayali, Perú?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles serán las concentraciones de las propiedades químicas en los suelos contaminados por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa durante el tiempo de 60 días?
- ¿Cuáles serán las concentraciones de metales pesados en los suelos contaminados por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa durante el tiempo de 60 días?
- ¿Cuáles serán las concentraciones de las propiedades químicas después de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en los suelos contaminados por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa durante el tiempo de 60 días?
- ¿Cuáles serán las concentraciones de metales pesados después de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en los suelos contaminados por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa durante el tiempo de 60 días?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Determinar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en suelos contaminados por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las concentraciones de las propiedades químicas en los suelos contaminados por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa.
- Determinar las concentraciones de metales pesados en los suelos contaminados por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa.
- Determinar las concentraciones de las propiedades químicas después de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en los suelos

contaminados por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa durante el tiempo de 60 días.

- Determinar las concentraciones de metales pesados después de la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en los suelos contaminados por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa durante el tiempo de 60 días.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis Alternativa (H_1):

La aplicación de microorganismos eficaces (EM) aporta mayores concentraciones en las propiedades químicas y reduce los niveles de metales pesados en los suelos contaminados por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa.

1.4.2. Hipótesis Nula (H_0):

La aplicación de microorganismos eficaces (EM) no aporta mayores concentraciones en las propiedades químicas y no reduce los niveles de metales pesados en los suelos contaminados por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa.

1.5. VARIABLES

1.5.1. Variable Independiente

Aplicación de microorganismos eficaces (EM)

1.5.2. Variables Dependientes

Suelos contaminados por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

- INTERNACIONAL

Cala, V. & Kunimine, Y. (2003) en el trabajo de investigación “Distribución de plomo en suelos contaminados en el entorno de una planta de reciclaje de baterías ácidas” determinaron que los niveles de Pb en los suelos decrecen al aumentar la distancia donde se depositan las baterías ácidas, las cuales van de 5906 a 171 mg/kg, en distancias de 40 a 400 m, respectivamente. Los cuales sobrepasan altamente los valores aceptables de Pb en suelos limpios de la Comunidad Autónoma de Madrid (CAM) cuyo valor establecido es de 59.4 mg/kg, según el Instituto Geológico y Minero de España [IGME], (2002). Evidenciando que el suelo más contaminado representa un factor de acumulación de 115 veces más con respecto a los valores de fondo regional; incluso el suelo muestreado a 400 m supera en 3.3 veces dicho valor de fondo. Los suelos situados a 80 m de distancia superan ampliamente los valores considerados críticos de Pb en suelos (1000 mg/kg), por otro lado, los niveles de Cd total alcanzan valores de 11 mg/kg alcanzando valores críticos con respecto al valor de fondo reportado para los suelos de Madrid que es de 0.52 mg/kg. (IGME, 2002) (p.75)

Díaz, O *et al.*, (2009). En el trabajo de investigación “Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (acacia melanoxyton) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca” realizaron la aplicación de EM en suelos degradados del desierto de Zabinsky, para ello dispusieron ocho tratamientos involucrando otros abonos orgánicos como el compost, el mulch, la gallinaza y fertilización química mezclados con EM, para finalmente determinar la mejor opción, definiéndose los siguientes tratamientos: T1, testigo (suelo sin tratamiento); T2, EM; T3, compost con EM; T4, mulch con EM; T5, gallinaza con EM; T6, fertilización química con EM; T7, compost con mulch, gallinaza y EM, y T8, compost con mulch, gallinaza, fertilización química y EM. El análisis tras la aplicación de EM al 5% sin ningún otro tratamiento adicional determinó que no incrementa la

capacidad de intercambio catiónico (CIC) obteniéndose valores inferiores tanto a los 60 días como a los 120 días con respecto a un suelo testigo, sin embargo, se determinó que el tratamiento con mayor CIC es el T8 (compost con mulch, gallinaza, fertilización química y EM). Del mismo modo se observó que con la aplicación de EM al 5% el pH del suelo baja generándose una relación directamente proporcional a la CIC. Encontrándose mejores valores con los tratamientos T4, T5, T6, T7 y T8 en comparación con el testigo. (p.144)

Marcano, K. & Delvasto, P. (2016). En el trabajo de investigación "Contaminación de suelos por metales pesados debido a la presencia de pilas gastadas", midieron la concentración de cadmio (Cd) en el suelo con presencia de pilas Ni-Cd cerradas y abiertas, medida en relación a ciertas profundidades(cm): 0-6; 6-12; 12-18; 18-24, se registró que la concentración del mismo en la altura de 6 a 12cm de profundidad cuando el suelo está en presencia de una pila abierta, es de 815,8mg/Kg la cual sobrepasa los límites permisibles por su normativa nacional, el cual es 10mg/Kg y que por ende, ese suelo se encuentra contaminado a esa altura, en comparación de las demás alturas en las cuales no se registró presencia de este metal, también se la comparó con un suelo testigo, este suelo no contenían Cd en ninguna de sus alturas, por lo que los investigadores concluyeron que el Cd presente en los suelos contaminados se debe a la presencia de una pila Ni-Cd gastada. (p.85)

Quintero, A et al., (2017). En el trabajo de investigación "Efecto de los lixiviados de residuos sólidos en un suelo tropical", se evidencia que las características químicas tuvieron variaciones comparando un suelo natural con un suelo contaminado, el pH de suelo natural = 3.6 y de suelo contaminado = 5.7, el porcentaje de materia orgánica (% MO) de suelo natural = 0.03 y de suelo contaminado = 0.4, la capacidad de intercambio catiónico equivalente (CICE) de suelo natural = 3.8 y de suelo contaminado = 0.7 y el aumento en los elementos bases (meq/100 g de suelo): Al de suelo natural = 0.07 y de suelo contaminado = 0.57, Ca de suelo natural = 0.12 y de suelo contaminado = 0.74, Mg de suelo natural = 0.01 y de suelo contaminado = 3.56, K de suelo natural = 0.02 y de suelo contaminado =

2.58, Na de suelo natural = 4 y de suelo contaminado = 8.2, concluyendo que este aumento pudo estar favorecido por el arrastre de dichos elementos a través del lixiviado, acumulándolos en el suelo estudiado. Es evidente además una disminución en el pH de la muestra contaminada generado por la descomposición de materia orgánica proveniente del lixiviado. (p.286)

- **NACIONAL**

Díaz, B (2018). En el trabajo de investigación “Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del distrito de San Pablo, Tarapoto, Perú” evaluó la contaminación del suelo afectado por lixiviados del botadero municipal del Distrito de San Pablo, mediante una investigación de tipo descriptiva, determinando las concentraciones de metales pesados, para ello realizó la caracterización del suelo en 3 puntos ubicados dentro del botadero municipal, al analizar las muestras de suelo de estos 3 puntos con respecto a la presencia de metales pesados (Cd y Pb), se evidenció que los niveles de Cadmio (Cd) en los tres puntos muestreados superan los valores establecidos por el ECA (1.4 mg/kg) para un suelo agrícola, siendo el punto 1 el que presenta una concentración de 18,752 mg/kg, seguido del punto 2 con un valor de 15, 126 mg/kg; finalmente el punto 3 con una concentración de 6,321 mg/kg, del mismo modo se determinó que los niveles de Plomo (Pb) en los tres puntos muestreados no superan los valores establecidos por el ECA (70 mg/kg) para un suelo agrícola, el punto 1 presenta una concentración de 16,255 mg/kg, seguido del punto 2 con un valor de 12,037 mg/kg; finalmente el punto 3 con una concentración de 11,123 mg/kg. (p.43)

Coarite, N. & Masco, J. (2019). En el trabajo de investigación “Evaluar los efectos de los microorganismos eficientes (ME) sobre las propiedades químicas del suelo en el distrito de Coata-Puno” cuyo objetivo fue evaluar el efecto de los Microorganismos Eficientes sobre las propiedades químicas del suelo en el distrito de Coata, Puno, se realizó cuatro grupos experimentales T0, T1, T2 y T3 con tres repeticiones. Los tratamientos

tuvieron las siguientes dosis: T0 (testigo o control): 250mL H₂O, T1: 10 mL ME + 250mL H₂O, T2: 20 mL ME + 250mL H₂O y T3: 30 mL ME + 250mL H₂O, los parámetros que se analizaron fueron los siguientes: CE, MO, F, P, y CIC. Los resultados muestran que el T2 y T3 presentaron mejores resultados después de aplicar ME, en los 60 días. Donde los resultados pre aplicación de ME nos indica que el porcentaje obtenido de M.O. es de 1,58%, es decir que este indicador se encuentra en un nivel bajo sin embargo en cuanto a fósforo (19.8) y potasio (243), estas se encuentran en un nivel alto, que al ser comparados con los valores post aplicación de ME se observa que en el T2 los valores incrementaron a comparación de la pre muestra (T0) y el T1, en el que la M.O aumentó en 3.22% (nivel medio), el P: 32.23 ppm (alto), el K: 595 ppm (alto), la E.C: 3.28 (ligeramente salino) y la C.I.C: 31.57 (alto), en el T3 la M.O aumento a 3.53% (nivel medio), el P: 29.27ppm (alto), el K: 632 ppm (alto), la C.E: 3.43 (ligeramente salino) y la C.I.C: 27.79 (alto). (p.45)

Ramírez, K et al., (2019), en el trabajo de investigación “Indicadores químicos y microbiológicos del suelo bajo aplicación de microorganismos eficientes en plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.)” Se utilizaron EM para determinar cuál es el efecto de los mismos en las propiedades químicas del suelo, aplicaron un diseño experimental de bloque completo al azar con cuatro tratamientos y cuatro bloques o repeticiones; el tratamiento en estudio es dosis de EM de 0 (T1), 1 (T2), 2 (T3) y 3 litros/mochila de 20 L (T4); que representaron concentraciones de 0%, 5%, 10% y 15% de EM en la suspensión aplicada. Los análisis en las propiedades químicas determinaron valores altamente significativos para MO y N y se observa incrementos de acuerdo a los tratamientos para la MO de 1.570 (T2 y T4) a 1.915% (T3), y el nitrógeno de 0.092 (T1) a 0.095% (T3); los demás indicadores no mostraron diferencias respecto a los tratamientos aplicados, sin embargo, hay una tendencia de incremento en K de 94.747 (T4) a 108.705 ppm (T2); Ca de 4.517 (T1) a 4.727 Cmol kg⁻¹ (T4) y Mg de 1.965 (T1) a 2.145 Cmol kg⁻¹ (T4). (p.65)

Peña, F. & Beltran, M. (2019). En el trabajo de investigación “Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando

Helianthus annuus L. en la Estación Experimental el Mantaro” consta de haber utilizado Helianthus annuus L para descontaminar los suelos afectados por metales pesados (cobre, cadmio, cromo, hierro, manganeso, plomo , y metaloides antimonio y arsénico) la cual se instaló en 03 lotes (A, B, y C) de la estación experimental “EL MANTARO”, de la UNCP, para ello se tomaron muestras de suelos en tres etapas diferentes, antes del cultivo, en el cultivo y después de la cosecha, en los que se recaudaron los siguientes valores para el Cadmio (Cd) en los 3 lotes superan los ECAs para suelos agrícolas (1,4ppm), lote A variando de 4.28 a 2.19 ppm, lote B de 3.99 a 2.59 ppm y en el lote C de 3.03 a 3.11ppm, por otro lado para el Plomo (Pb) se observó que solo en el lote A antes de utilizar el Fitoremediador la concentración supera los ECAs para suelos agrícolas (70ppm) aun así estos valores variaron de la siguiente manera, lote A de 111.5 a 60.9 ppm, en el lote B de 54.5 a 39.1 ppm y en el lote C de 44.2 a 43.6 ppm, pero no se muestra significación estadística. El lote A presenta un pH ligeramente alcalino, la Materia Orgánica se encuentra en nivel medio y su capacidad de intercambio catiónico 13,28, en el lote B y C coinciden en el pH neutro igual a 6,23, la Capacidad de intercambio catiónico (13,12 y 15,04) respectivamente. (p.67)

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Suelo

La Organización de las Naciones Unidas para la alimentación afirma que como otras palabras comunes la palabra suelo tiene varios significados. Su significado tradicional se define como el medio natural para el crecimiento de las plantas. También se ha definido como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas. El suelo es un componente esencial de la "Tierra" y "Ecosistemas". Ambos son conceptos más amplios que abarcan la vegetación, el agua y el clima en el caso de la tierra, y además abarca también las

consideraciones sociales y económicas en el caso de los ecosistemas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], (2021).

El suelo puede definirse como un sistema natural desarrollado a partir de una mezcla de minerales y restos orgánicos bajo la influencia del clima y del medio biológico. (Fassbender, 1975, p.1)

Según Jiménez (2017) menciona que el suelo es un cuerpo natural y dinámico que, a modo de epidermis, cubre la superficie de la tierra. Es también un sistema abierto, complejo, auto organizativo, estructural y poli funcional. Constituye uno de los recursos naturales más importantes, dado que realiza multitud de funciones, entre las que destaca la producción de alimentos y, en general, su papel como sostén de la vida en el globo terráqueo. Petraglia. C & Cayssials. R (2014) refiere que el suelo es la capa superficial de la tierra, sobre la que crecen las plantas. De él extraen el agua y las sustancias nutritivas que les permiten crecer. También en el suelo, las raíces encuentran el aire necesario para vivir.

Según Raffino (2019), los suelos se forman por la destrucción de la roca y la acumulación de materiales distintos a lo largo de los siglos, en un proceso que involucra numerosas variantes físicas, químicas y biológicas, que da como resultado una disposición en capas bien diferenciadas, como las de un pastel, observables en los puntos de falla o fractura de la corteza terrestre. Seminis (2016), refiere que se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre él.

2.2.1.1. Composición del suelo

a) Fase sólida

Según Ramírez (1997) la fase sólida está formada por materia mineral y orgánica: la mineral, que está compuesta por partículas de varios tamaños, como son la arena, el limo y la arcilla, que ocupan 45% del total, en volumen; la materia ocupa 5% del total del volumen, e incluye residuos vegetales en descomposición y organismos en vida activa. Adams (1995) refiere que la fase sólida está compuesta por material orgánico e

inorgánico. El material orgánico representa en promedio 12% en volumen, 5% en base a peso con una densidad de 0,5 g/cm³, el material inorgánico representa 38% en volumen, 95% en base a peso con una densidad de 2.7g/cm³.

b) Fase líquida

Conocida como la solución del suelo, está constituida por el agua y los electrolitos disueltos. (Adams, 1995, p.41)

La fase líquida está constituida por el agua con sustancias en solución y ocupa una parte o todos los espacios porosos entre las partículas sólidas. Su contenido puede ser variable de acuerdo a las condiciones del suelo. (Ramírez, 1997)

c) Fase gaseosa o de vapor

Está compuesta por gases con presiones diferentes a los del aire atmosférico debido a la actividad a la actividad biológica del suelo y a factores ambientales. (Adams, 1995, p.41)

La fase gaseosa, o de vapor, ocupa aquellos espacios que se encuentran vacíos, es decir, los poros que no son ocupados por el agua. (Ramírez, 1997)

2.2.1.2. Propiedades del suelo

a) Propiedades físicas

- Densidad aparente

Es la relación existente entre la masa y el volumen de suelo. En este volumen está considerado todo el espacio poroso existente. Es una característica que nos da a conocer las condiciones en las cuales se encuentra el suelo con respecto a la compactación, la porosidad, la disponibilidad de agua y de oxígeno, etc. (Ramírez, 1997)

La densidad aparente varía desde 0.1 g/cm³ o menos en suelos orgánicos, hasta 1.6 g/cm³ en suelos minerales. Pueden llegar hasta valores de 1.8 g/cm³ en suelos arenosos y 2.0 g/cm³ en suelos compactados. (Núñez, 1981, p.120)

- **Densidad real**

Es la relación entre el volumen de las partículas de suelo y el volumen de éstas sin considerar el espacio poroso. La densidad real, cuando no se presentan cantidades considerables de materia orgánica, fluctúa entre 2.5 y 2.6 g/ cc. y alcanza el mayor valor (2.65 g/ cc) en suelos arcillosos o arenosos con muy poca materia orgánica. En suelos con abundante contenido de hierro se pueden alcanzar valores superiores a 2.7 g/ cc (suelos ferralíticos). (Ramírez, 1997)

- **Textura**

Es la distribución de las partículas del suelo, esta característica influye sobre la velocidad de infiltración del agua, la facilidad de preparación o laboreo del suelo, el drenaje. etc. (Ramírez, 1997)

La textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades. (FAO, 2021)

- **Estructura**

Forma como se agregan las partículas del suelo. Es la responsable de las relaciones de aireación, infiltración, humedad y temperatura del suelo. (Ramírez, 1997).

- **Color**

Es una de las características más perceptibles del suelo y es importante porque está relacionado con el contenido de materia orgánica, el clima, el drenaje y la mineralogía del suelo. (Thompson & Troeh, 1988).

Es una de las características que guarda relación directa con la temperatura, la dinámica de los elementos y la movilidad del agua en el suelo, el contenido de materia orgánica, la cantidad de organismos, la evolución de los suelos, etc. (Ramírez, 1997).

b) Propiedades químicas

- Materia orgánica

La materia orgánica del suelo está formada por sustancias húmicas, animales y plantas muertas. Siempre contiene carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H), y además varios elementos inorgánicos como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). (Dalzell, 1991)

La materia orgánica o componente orgánico del suelo agrupa varios compuestos que varían en proporción y estado. La materia orgánica está compuesta por residuos animales o vegetales. Se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo y que contribuyen a su fertilidad. De hecho, para que un suelo sea apto para la producción agropecuaria, debe contar con un buen nivel de materia orgánica: de lo contrario, las plantas no crecerán. (Martínez, 2003).

La materia orgánica del suelo está compuesta por todos los materiales orgánicos muertos, de origen animal o vegetal, juntos con los productos orgánicos producidos en su transformación. (FAO, 2000).

- Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La CIC del suelo es una medida de la cantidad de las cargas negativas presentes en las superficies minerales y orgánicas del suelo y representa la cantidad de cationes que pueden ser retenidos en esas superficies. (FAO, 2000).

Dentro de todos los procesos que se dan en el suelo, el más importante es el intercambio iónico. Junto con la fotosíntesis, son los dos procesos de mayor importancia para las plantas. El cambio iónico es debido casi en su totalidad a la fracción arcilla y a la materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico se define como el número de cargas negativas del suelo y se expresa en meq/ 100g de suelo. Aumentos en el pH traen como consecuencia un incremento en las cargas negativas, ya que el aluminio se precipita, la concentración de hidrogeniones disminuye, por lo tanto, la CIC aumenta. (Ramírez, 1997).

- **pH**

Es una de las propiedades físico-químicas más importante en los suelos, ya que de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica. También determina la concentración de iones tóxicos, la CIC y diversas propiedades importantes que en últimas apuntan a la fertilidad del suelo. (Ramírez, 1997).

La mayoría de los suelos tienen un valor de pH que oscila entre 4 y 8. Casi todos los suelos con pH superior a 8 poseen un exceso de sales o un elevado porcentaje de Na^+ en sus sitios de intercambio catiónico. Los suelos pH inferior a 4, generalmente, contienen ácido sulfúrico. El pH del suelo depende de diversos factores incluyendo además de los cinco que intervienen en la formación del suelo. (Thompson & Troeh, 1988).

- **Nitrógeno total**

El nitrógeno del suelo es uno de los elementos de mayor importancia para la nutrición de las plantas y más ampliamente distribuido en la naturaleza. Se asimila por las plantas en forma catiónica de amonio NH_4^+ o aniónica de nitrato NO_3^- . A pesar de su amplia distribución en la naturaleza se encuentra en forma inorgánica por lo que no se pueden asimilar directamente. (FAO,2021)

- **Fósforo disponible**

Si bien el fósforo es requerido en menores cantidades que otros macronutrientes, se debe dar especial atención a este nutriente dado los 25 relevantes roles fisiológicos que cumple (principalmente en el ciclo energético) y la inmovilidad que posee en el suelo. En función de esta característica, es fundamental determinar previo a la plantación el potencial de suministro de P por el suelo y establecer las medidas correctivas necesarias para su suministro en el largo plazo. (Docampo & Silva, s.f, p.218)

c) **Propiedades biológicas**

La biología del suelo es la ciencia que se ocupa del estudio de los organismos que de una u otra forma actúan sobre el suelo modificando su

composición, si estructura y su funcionamiento, los microorganismos del suelo se clasifican según su tamaño en: macrofauna (organismos de > a 1cm de diámetro), mesofauna (aquellos con diámetros que están entre 200 micras y 1cm) y microfauna (tienen un diámetro en 20 y 200 micras). (Ramírez, 1997)

2.2.2. Contaminación del suelo

No existe una definición mundialmente aceptada acerca de contaminación de suelos, si bien se entiende como un cambio indeseable en las características físicas, químicas y/o biológicas del suelo que terminan por afectar al hombre, animales, plantas y en general al medio ambiente. Con relación a la calidad del suelo sería el proceso que disminuye las posibilidades de uso. (Jiménez, 2017)

Por otro lado, la contaminación del suelo usualmente se esparce hacia otros elementos, como el agua y el aire, dado que las lluvias “lavan” el suelo, llevándose hacia los ríos, mares y aguas subterráneas todas las sustancias contaminantes que deteriorarán entonces otros ecosistemas. (Raffino, 2020)

Así mismo el investigador del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav y titular del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Luc Dendooven, aseguró que la contaminación del suelo ha alcanzado “altas” concentraciones tóxicas, las cuales no permiten que la tierra se regenere y dé soporte de vida a los ecosistemas. En ese sentido, agregó que el suelo no solo constituye la base de los alimentos humanos, sino que ofrece servicios que van más allá de las funciones productivas, pues constituye la dimensión espacial del desarrollo de los asentamientos humanos, proporciona materias primas, como el agua, los minerales y los materiales de construcción. (Dendooven, 2020)

2.2.2.1. Causas de la contaminación del suelo

Existen numerosas fuentes y tipo de contaminación de suelos que dependen de las actividades llevadas a cabo en los distintos sectores y actividades humanas. Es el caso de numerosas actividades industriales, mineras, urbanas, etc., que pueden generar elementos potencialmente tóxicos como plomo, níquel, mercurio, cadmio, cobre, zinc, arsénico, etc. (Jiménez, 2017)

Se pueden establecer 7 categorías de actividades contaminantes: Eliminación de residuos (Eliminación de residuos urbanos y depósitos de basuras); Actividades industriales y comerciales (Minería, petróleo y centrales eléctricas); Militares (Sitios militares y zonas afectadas por la guerra); Almacenamiento (Almacenaje de petróleo, almacenamiento de productos químicos obsoletos y otros almacenes); Derrame de transporte en tierra (Derrames de petróleo y otros sitios de derrames de sustancia peligrosas); Nuclear; otras fuentes. (Jiménez, 2017)

Otras posibles, aunque minoritarias, fuentes de contaminación que no están vinculadas con la labor humana son las erupciones volcánicas, las fallas geológicas que exponen materiales pesados del subsuelo, o los impactos de meteoritos (Raffino, 2020)

2.2.3. Botadero

Un botadero de residuos sólidos es un espacio físico donde se realiza su disposición final sin ningún tipo de control, los residuos dispuestos no se compactan ni cubren diariamente y eso produce olores desagradables, gases y líquidos contaminantes, además propician que vectores como perros, ratas, gallinazos y porcinos, encuentran alimento sin mucho esfuerzo. Es importante precisar que los botaderos no están permitidos por ley N° 27314 (art. N° 44 del D.L. N° 1278, Ley de gestión integral de residuos sólidos). (Huiman. 2018)

Los botaderos se agravan e intensifican con el crecimiento de la población y la calidad de los residuos dispuestos que varía en función de los productos que consumen las personas. En el Perú, los botaderos municipales suelen albergar residuos sólidos recolectados como parte de su competencia y, también, residuos de origen hospitalario, que se caracterizan por su peligrosidad y constituyen un factor de alto riesgo para las personas dedicadas a la segregación informal (en algunos casos con la anuencia municipal, y otros con total impunidad) por contacto con la piel, inhalación del polvo o ingestión accidental. Finalmente, existen viviendas circundantes y otras que se construyen sobre anteriores botaderos, ocasionando que la población local quede expuesta indirectamente a los contaminantes filtrados. (Huiman. 2018)

2.2.3.1. Botadero en Pucallpa

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) constató la inadecuada disposición de residuos sólidos hospitalarios y los provenientes de las actividades municipales en el botadero ubicado en el km. 22 (ruta Pucallpa – Lima), ubicado a 3 km. de la margen izquierda de la carretera Federico Basadre, en la provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali. (OEFA, 2016)

En la supervisión realizada por la Oficina Desconcentrada de Ucayali del OEFA se verificó que la basura no recibe ningún tipo de tratamiento antes de ser dispuesta en el botadero y que existen recicladores que manipulan los residuos sin contar con equipos de protección adecuados, lo que genera una contaminación directa al suelo y al agua, y pone en grave riesgo la salud de los ciudadanos de los caseríos La Victoria y Nueva Unión. (OEFA, 2016)

2.2.4. Lixiviados

El lixiviado es el líquido producido cuando el agua procedente de la escorrentía superficial, lluvia o la producida por la propia dinámica de descomposición de los residuos se pone en contacto con los residuos depositados, excediendo su capacidad de absorción, pasando a través de ellos y aumentando la concentración de contaminantes. Este líquido tiene la capacidad de trasladarse a las aguas subterráneas, superficiales y al suelo circundante (Zamorano, M., *et al.*, 2007)

Según Torres, P., *et al.*, (2005) el lixiviado representa un posible riesgo de contaminación tanto del suelo y el subsuelo como de las corrientes superficiales y sub-superficiales aledañas, debido a la comunicación hidráulica que poseen los acuíferos. Steiner (2008) refiere que comparado con las posibles emisiones de gases de vertedero los lixiviados son emitidos durante un periodo de tiempo mucho más largo.

Bellver (2020) refiere que en general los lixiviados aparecen en los vertederos y lugares donde se acumula basura, fundamentalmente restos orgánicos. Su aspecto es desagradable, negro o amarillo, denso y con mal olor ácido. A veces puede tener restos de espuma. Los lixiviados son líquidos que se forman como resultado de pasar o “percolarse” a través de un sólido. El líquido va arrastrando distintas partículas de los sólidos que atraviesa. Estos residuos suelen

ser inertes, esto es que no son solubles ni combustibles, ni biodegradables. En la mayoría de climas templados y tropicales es casi inevitable que donde hay acumulación de basura orgánica aparezcan los lixiviados, es decir una cosa lleva a la otra. Para evitar que aparezcan los lixiviados o al menos reducir su aparición, es por lo que se reciclan, y tratan las basuras, pero como en el mundo se producen a diario toneladas de basura y esta se lleva a vertederos, la aparición de lixiviados es un problema difícil de controlar. La composición de los lixiviados depende de cada zona, según el suelo donde está la basura, la proporción de residuos orgánicos, la cantidad de agua de lluvia que haya caído.

2.2.4.1. Características de los lixiviados

La composición de un lixiviado está caracterizada por cantidades elevadas de materia orgánica (biodegradable, pero también refractaria a la biodegradación), sales orgánicas e inorgánicas, nitrógeno, metales pesados y otras sustancias químicas diluidas, variando con la edad del vertedero. (Steiner, 2008)

Se concluye usualmente que los lixiviados contienen toda característica contaminante principal, es decir, alto contenido de materia orgánica, nitrógenos y fósforo, presencia abundante de patógenos e igualmente sustancias tóxicas como metales pesados y constituyentes orgánicos. (Giraldo, 2001)

Según Torres, P., *et al.*, (2005) los compuestos orgánicos presentes en los lixiviados son: proteínas, carbohidratos, compuestos hidroxiaromáticos, alcoholes, y principalmente los ácidos grasos volátiles; adicionalmente, los lixiviados contienen gran cantidad de nitrógeno amoniacal. Giraldo (2001) refiere que estas características son importantes en cuanto nos indican que es necesario removerle a los lixiviados durante su tratamiento, sin embargo, desde el punto de vista de la selección de la tecnología existen otras características que, sin ser necesariamente contaminantes, pueden afectar el funcionamiento de los procesos de tratamiento.

2.2.5. Metales pesados

En estudios medioambientales se amplía esta definición a todos aquellos elementos metálicos o metaloides, de mayor o menor densidad, que aparecen comúnmente asociados a problemas de contaminación. Algunos de ellos son esenciales para los organismos en pequeñas cantidades, como Fe, Mg, Zn, B, Co, As, V, Cu, Ni o Mo, y se vuelven nocivos cuando se presentan en concentraciones

elevadas; otros no desempeñan ninguna función biológica y resultan altamente tóxicos, como es el caso del Cd, el Hg o el Pb. (Jiménez, 2017).

Según Rodríguez, N., *et al.*, (2019) los metales pesados son el tipo de contaminantes más persistentes y complejos para remediar en la naturaleza. No solamente degradan la calidad de la atmósfera de los cuerpos de agua y de los cultivos de alimentos, sino que también amenazan la salud y el bienestar de animales y seres humanos. Entre los metales pesados, Zn, Ni, Co, Cu son relativamente más tóxicos para las plantas, y el As, Cd, Pb, Cr y Hg son relativamente más tóxicos para los animales superiores.

2.2.5.1. Plomo (Pb)

Metal de origen natural, de color gris-azulado que en general se encuentra combinado con otros elementos, como azufre (PbS, PbSO₄) y carbono (PbCO₃) y cuya concentración oscila desde 10 hasta 30 mg/kg en la corteza terrestre. Las formas químicas del Pb generalmente liberadas al suelo, las aguas subterráneas y las aguas superficiales son plomo iónico, óxidos e hidróxidos de plomo. Es un elemento que no tiene función biológica alguna. Es muy difícil que sea absorbido y, por lo tanto, resultar tóxico para los cultivos, pero puede producirse una ingesta directa del suelo por parte de animales o niños. (Jiménez, 2017)

Según la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR], (2020) el plomo puede encontrarse en todas partes en el medioambiente. Gran parte proviene de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la explotación minera y la manufactura. El plomo tiene muchos usos diferentes. Se usa en la fabricación de pilas, municiones, productos de metal (soldaduras y tuberías) y en aparatos para proteger contra los rayos X. Debido a inquietudes relacionadas con la salud, en los últimos años se ha reducido considerablemente la cantidad de plomo en pinturas, productos cerámicos y materiales para calafatear y para soldar tuberías.

- ¿Cómo se encuentra Plomo en el medio ambiente?

El plomo en sí mismo no se degrada, pero los compuestos de plomo son transformados por la luz del sol, el aire y el agua. Cuando el plomo se libera al aire,

puede desplazarse largas distancias antes de depositarse en la tierra. Una vez que el plomo cae a la tierra, generalmente se adhiere a sus partículas y El traslado del plomo desde la tierra al agua subterránea dependerá del tipo de compuesto de plomo y de las características de la tierra. ATSDR (2020)

- ¿Cómo puede ocurrir la exposición al Plomo?

Al comer alimentos o beber agua que contengan plomo. En algunas viviendas antiguas, las tuberías de agua pueden tener soldaduras de plomo y El plomo puede pasar al agua. Al pasar tiempo en áreas donde se han usado pinturas a base de plomo y que están deteriorándose; Esta pintura con plomo que está deteriorándose puede contribuir al polvo de plomo. Al trabajar en una ocupación en la que se usa plomo o al practicar aficiones en las que se usa plomo, por ejemplo, en la fabricación de vitrales. Al usar productos de atención médica o remedios caseros que contengan plomo. ATSDR (2020)

El plomo puede afectar casi todos los órganos y sistemas del cuerpo. La toxicidad del plomo afecta principalmente al sistema nervioso, tanto en niños como en adultos. La exposición prolongada en los adultos puede producir un menor desempeño en algunas pruebas que miden el funcionamiento del sistema nervioso. También puede causar debilidad en los dedos, las muñecas o los tobillos. ATSDR (2020)

2.2.5.2. Cadmio (Cd)

El cadmio es un elemento natural de la corteza terrestre. Generalmente se encuentra como mineral combinado con otros elementos tales como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio) o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio). Todos los suelos y rocas, incluso el carbón y abonos minerales, contienen una cantidad de cadmio. La mayor parte del cadmio que se usa en los Estados Unidos se extrae durante la producción de otros metales como el cinc, plomo y cobre. El cadmio no se corroe fácilmente y tiene muchos usos tales como baterías, pigmentos, revestimiento de metales y plásticos. ATSDR (2008)

Según Ramos (2002) el Cd es un metal de transición algo soluble, que se comporta, algunas veces como el Ca^{+2} , se adsorbe en el suelo casi

instantáneamente en ausencia de fosfatos. Muy utilizado en la industria para fabricar aleaciones, pigmentos y baterías.

- ¿Cómo se encuentra cadmio en el medio ambiente?

El cadmio entra al suelo, al agua y al aire durante actividades industriales y de minería, y durante la combustión de carbón y desechos domésticos. El cadmio no se degrada en el ambiente, pero sí cambia de forma y las partículas de cadmio en el aire pueden movilizarse largas distancias antes de depositarse en la tierra o el agua. Por otro lado, Algunas formas de cadmio se disuelven en agua. El cadmio se adhiere fuertemente a partículas del suelo y las plantas, los peces y otros animales incorporan cadmio del ambiente. ATSDR (2008)

- ¿Cómo puede ocurrir la exposición al cadmio?

Comiendo alimentos que contienen cadmio; todos los alimentos contienen niveles bajos (los niveles más altos se encuentran en mariscos, hígado y riñón). También Fumando cigarrillos o respirando humo de cigarrillo; Respirando aire contaminado en el trabajo; Bebiendo agua contaminada y Viviendo cerca de plantas industriales que liberan cadmio al aire. ATSDR (2008)

2.2.6. Microorganismos eficaces (EM)

Según EM Producción y Tecnología (EMPROTEC) el concepto y tecnología de microorganismos eficaces fue desarrollado por el Doctor Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón, y el estudio se completó en 1982. El principio fundamental de esta tecnología fue la introducción de un grupo de microorganismos benéficos para mejorar las condiciones del suelo, suprimir putrefacción (incluyendo enfermedades) microbios y mejorar la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas. (EMPROTEC, s.f, p.2)

Investigaciones muestran que la inoculación de cultivos de EM al ecosistema del suelo/planta mejora la calidad y salud del suelo, y el crecimiento, producción, calidad de los productos. También en el uso en animales ha demostrado beneficios similares. El EM puede aumentar significativamente los efectos benéficos en suelos buenos y prácticas agrícolas como rotación de cultivos, uso de enmiendas orgánicas, labranza conservacionista, reciclado de residuos de cultivos y biocontrol de plagas. El EM ayuda al proceso de descomposición de

materiales orgánicos y durante la fermentación produce ácidos orgánicos que normalmente no está disponible como: ácidos lácticos, ácidos acéticos, aminoácidos y ácidos málicos, sustancias bioactivas y vitaminas. Un ingrediente primordial en este proceso es la materia orgánica que es suministrada por el reciclado de residuos de los cultivos, materia verde y deshechos animales. Asimismo, este proceso lleva a un incremento de humus en el suelo: Las bacterias ácido lácticas, que es un importante microorganismo en el EM, suprimen microbios patogénicos directa e indirectamente por la producción de actinomicetos. También se conoce que el efecto antioxidante del EM mejora el sistema inmunológico de plantas y animales. (EMPROTEC, s.f, p.2)

2.2.6.1. Principales microorganismos en el EM

a) Bacterias fototróficas (*Rhodopseudomonas spp*):

Las bacterias fototróficas son un grupo de microbios independientes y autosuficientes. Estas bacterias sintetizan sustancias útiles de secreciones de raíces, materia orgánica y/o gases dañinos (ej.: ácido sulfhídrico) con el uso de luz solar y calor del suelo como fuentes de energía. Estas sustancias útiles incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, los cuales promueven el crecimiento y desarrollo de la planta. Los metabolitos hechos por estos microorganismos son absorbidos directamente por las plantas y actúan como sustrato para el incremento poblacional de microorganismos benéficos. Por ejemplo, en la rizósfera las micorrizas vesiculares, arbuscular (VA) se incrementan gracias a la disponibilidad de compuestos nitrogenados (aminoácidos) que son secretados por las bacterias fototróficas. Las micorrizas VA en respuesta incrementa la solubilidad de fosfatos en el suelo y por ello otorgan fósforo que no era disponible a las plantas. Las micorrizas VA también pueden coexistir con azobacter y rizobiums, incrementando la capacidad de las plantas para fijar nitrógeno de la atmósfera. (EMPROTEC, s.f, p.3)

b) Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp*):

Las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico de azúcares y otros carbohidratos, producidos por las bacterias fototróficas y levaduras. Por eso, algunas comidas y bebidas como el yogur y encurtidos son hechas con bacterias Ácido lácticas desde tiempos remotos. Sin embargo, el ácido láctico es un

compuesto esterilizante fuerte que suprime microorganismos dañinos y ayuda a la descomposición de materiales como la lignina y la celulosa fermentándolos, removiendo efectos no deseables de la materia orgánica no descompuesta. Las bacterias ácido lácticas tienen la habilidad de suprimir enfermedades incluyendo microorganismos como *Fusarium*, que aparecen en programas de cultivos continuos. En circunstancias normales, especies como *Fusarium* debilitan las plantas, exponiéndolos a enfermedades y poblaciones grandes de plagas como los nematodos. El uso de bacterias ácido lácticas reduce las poblaciones de nematodos y controla la propagación y dispersión de *Fusarium*, y gracias a ello induce un mejor ambiente para el crecimiento de los cultivos. (EMPROTEC, s.f, p.3)

Son microorganismos que tienen diversas aplicaciones, siendo una de las principales la fermentación de alimentos como la leche, carne y vegetales para obtener productos como el yogur, quesos, encurtidos, embutidos, ensilados, bebidas y cervezas, entre otros. (Torres et al., 2015)

c) Levaduras (*Saccharomyces* spp):

Las levaduras son un grupo microbiano presente en la preparación de los ME capaces de utilizar diversas fuentes de carbono (glucosa, sacarosa, fructosa, galactosa, maltosa, suero hidrolizado y alcohol) y de energía. Varias especies del género *Saccharomyces* conforman esta comunidad microbiana, aunque prevalece las especies *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*. Estos microorganismos requieren como fuente de nitrógeno el amoníaco, la urea o sales de amonio y mezcla de aminoácidos. No son capaces de asimilar nitratos ni nitritos. (Fayemi & Ojokoh, 2014)

Otros nutrientes requeridos por estos microorganismos es el fósforo que se puede administrar en forma de ácido fosfórico, magnesio (sulfato de magnesio), el calcio, el hierro, el cobre, el zinc, vitaminas del complejo B. Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobianas a partir de azúcares y de aminoácidos secretados por bacterias fotosintéticas. Producen hormonas y enzimas que pueden ser utilizadas por las BAL. Como parte de su metabolismo fermentativo producen etanol el cual en elevadas concentraciones puede tener actividad antifúngica. (Meena, S & Meena, V. 2017)

Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales y otras útiles, requeridas por las plantas para su crecimiento a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fototrópicas, materia orgánica y raíces de plantas. Las sustancias bioactivas como las hormonas y las enzimas producidas por las levaduras promueven la división activa celular y radical. Estas secreciones también son sustratos útiles para el EM como las bacterias ácido lácticas y actinomicetos. Las diferentes especies de los microorganismos eficaces (Bacterias fototrópicas, ácido lácticas y levaduras) tienen sus respectivas funciones. Sin embargo, las bacterias fototrópicas se pueden considerar como el núcleo de la actividad del EM. Las bacterias fototrópicas refuerzan las actividades de otros microorganismos. A este fenómeno se lo denomina "coexistencia y coprosperidad". El aumento de poblaciones de EM en los suelos promueve el desarrollo de microorganismos benéficos existentes en el suelo. Ya que la microflora del suelo se torna abundante, y por ello el suelo desarrolla un sistema microbiano bien balanceado. En este proceso microbios específicos (especialmente los dañinos) son suprimidos, a su vez reduciendo especies microbianas del suelo que causan enfermedades. En contraste, en estos suelos desarrollados, el EM mantiene un proceso simbiótico con las raíces de las plantas junto a la rizósfera. Las raíces de las plantas también secretan sustancias como carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos y enzimas activas. El EM utiliza estas secreciones para su crecimiento. En el transcurso de este proceso el EM también secreta y provee aminoácidos, ácidos nucleicos, una gran variedad de vitaminas y hormonas a las plantas. Esto significa que el EM en la rizósfera coexiste con las plantas. Por ello, en suelos dominados por el EM las plantas crecen excepcionalmente bien. (EMPROTEC, s.f, p.4)

d) Actinomicetes:

Los actinomicetos son bacterias filamentosas con cierta similitud con los hongos. El crecimiento consiste en un micelio ramificado que tiende a fragmentarse en elementos bacterianos. Muchos actinomicetos son de vida libre, particularmente en el suelo. Se destacan por su papel principal en la solubilización de la pared celular o componentes de las plantas, hongos e insectos. Por ello tienen gran importancia en el compostaje y en la formación de suelos. Algunas especies de actinomicetos pueden ser endófitos en tejidos vegetales. Como componentes de

ME *Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus* son las principales especies de actinomicetes informadas. (Vurukonda et al., 2018)

e) Hongos fermentadores:

Los hongos contribuyen con los procesos de mineralización del carbono orgánico del suelo; además una gran cantidad de los hongos son antagónicos de especies fitopatógenas. Por otro lado, los hongos poseen la capacidad de reproducirse tanto sexual como asexualmente, en donde la sexual les permite multiplicarse de forma rápida bajo condiciones favorables (sustratos ácidos y ricos en carbono) y la asexual (esporas) es más común bajo condiciones desfavorables. Los hongos poseen requerimientos relativamente bajos de nitrógeno, lo cual les brinda una ventaja competitiva en la descomposición de materiales como la paja y la madera. (Yang et al., 2017)

2.2.6.2. La activación de EM (EMA) ¿Qué es EM-1 y activación?:

El EM tiene varias expresiones, por ejemplo; EM Solución Madre, EM Original, EM Básico, EM Concentrado, etc., son diferentes nombres para el mismo producto, pero está uniformando su nombre solo EM-1. Y el EM-1 viene únicamente en forma líquida y contiene microorganismos útiles y seguros. El EM-1 está en estado latente (inactivo), para conservar a largo plazo, por lo tanto, antes de usarlo, hay que activarlo, quiere decir “productos secundarios” de EM. (EM Activado = EMA) El cual puede obtener mayor población de microorganismos benéficos y también puede minimizar el costo. EM Activado consiste en 5% de EM-1 y 5% de melaza diluidos en 90% de agua limpia en un recipiente herméticamente cerrado. Se deja para que se fermente durante una o dos semanas. Un olor agridulce y un pH 3.5 o menos indican que el proceso de activación está completo. Y la activación es solo una vez, si lo hace más, se pierde equilibrio de los microorganismos, por lo tanto, no hay garantía sobre su calidad y función. También debe usar los mismos materiales y volumen mencionado, si no afectará a su calidad. La calidad de EMA es muy importante y si activa con mala calidad, no trabaja ni actúa bacterianos en el sitio. Por lo que es mejor consulte a un distribuidor autorizado antes de activación y revise después de activación sobre su calidad cada activación. (EMPROTEC, s.f, p.5)

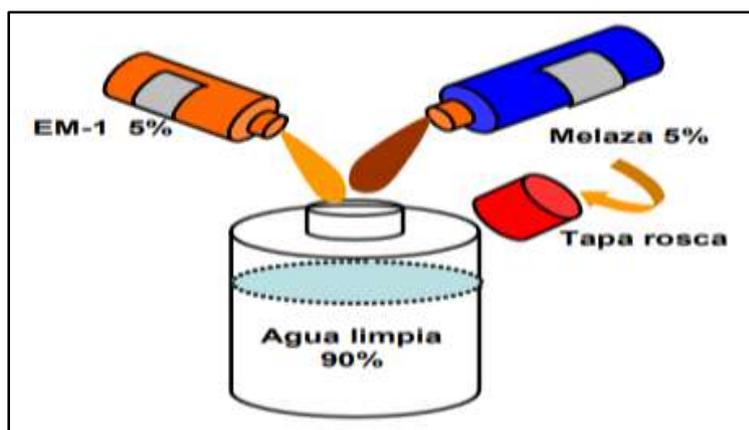


Figura 1. Proporción de insumos para la activación de EM

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Ambiente:** Es el conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos, de origen natural o antropogénico, que rodean a los seres vivos y determinan sus condiciones de existencia. (MINAM, 2016)
- **Botadero:** Lugar inadecuado de disposición final de residuos sólidos en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios y/o ambientales. (MINAM, 2016)
- **Biorremediación:** Empleo de microorganismos para la recuperación del medio ambiente o para el tratamiento de materiales. (RAE, 2021)
- **Calidad de suelos:** Es la capacidad natural del suelo de cumplir diferentes funciones: ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y recreacionales. Es el estado del suelo en función de sus características físicas, químicas y biológicas que le otorgan una capacidad de sustentar un potencial ecosistémico natural y antropogénicas. (MINAM, 2014)
- **Contaminación Ambiental:** Acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente. (MINAM, 2016)
- **Estándar de Calidad Ambiental (ECA):** Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a

que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. (MINAM, 2014)

- **GPS:** Sistema de posicionamiento Global o, NAVSTAR GPS (NAVigation System and Ranging - Global Positioning System, sistema de navegación y determinación de alcance, y sistema de posicionamiento mundial') es el sistema que permite determinar la posición geográfica en cualquier parte del mundo de un objeto, persona o nave y funciona mediante una red de satélites en órbita sobre el planeta. (MINAM, 2014)
- **Lixiviado:** Líquido residual, generalmente tóxico, que se filtra de un vertedero por percolación. (RAE, 2021)
- **Melaza:** Líquido más o menos viscoso, de color pardo oscuro y sabor muy dulce, que queda como residuo de la fabricación del azúcar de caña o remolacha. (RAE, 2021)
- **Punto de muestreo:** Lugar (punto o área determinada) del suelo donde se toman las muestras, sean éstas superficiales o de profundidad. (MINAM, 2014)
- **Recuperación:** Técnica de reaprovechamiento de residuos sólidos referida a volver a utilizar partes de sustancias o componentes que constituyen residuo sólido. (MINAM, 2016)
- **Residuos sólidos:** Son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente. Esta definición incluye a los residuos generados por eventos naturales. (MINAM, 2016)
- **Residuos Sólidos de Ámbito de Gestión Municipal:** Residuos sólidos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos. (MINAM, 2016)
- **Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad. (MINAM, 2014)
- **Suelo contaminado:** Suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana. (MINAM, 2014)

- **Textura de suelo:** Es la propiedad física derivada de la composición granulométrica, constituida por arena, limo y arcilla, cuyos diámetros están contempladas en la escala de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo. (MINAM, 2014).

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se utilizó es de investigación experimental ya que se manipularon deliberadamente una o más variables independientes (supuestas causas) para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos), dentro de una situación de control para el investigador. (Sampieri et al, 2006)

La presente investigación determinó el efecto de la aplicación de diferentes dosis de microorganismos eficaces (EM) activados en los suelos contaminados por lixiviados en el botadero municipal de Pucallpa, mediante 4 tratamientos siendo T1: 10 Kg de suelo sin la aplicación de EM, T2: 10 Kg de suelos y EM al 20%, T3: 10 Kg de suelos y EM al 30%, y T4: 10 Kg de suelos y EM al 40%. Los microorganismos eficaces (EM) se utilizó para mejorar las propiedades químicas y reducir la presencia de metales pesados en los suelos contaminados por lixiviados en el botadero municipal de Pucallpa.

3.1.1. Diseño de la investigación

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), ya que la cantidad de suelos contaminados por lixiviados, fueron iguales para todos los tratamientos; siendo el componente que puso todas las variabilidades, los microorganismos eficaces.

3.2 UBICACIÓN, POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Ubicación

- Área de extracción de suelos contaminados

El área de extracción de suelo a utilizar para el proyecto está ubicada en el km. 22 (ruta Pucallpa – Lima), a 3 km de la margen izquierda de la carretera Federico Basadre, en la provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali (OEFA, 2016), lo que conocemos actualmente como el Botadero Municipal de Pucallpa. Geográficamente está ubicada en latitud 8°26'57.29" y longitud 74°42'41.63" y su ubicación UTM es 18 L 531749.69 mE 9066024.94 mS.

- **Área de ejecución del experimento**

La parte experimental se desarrolló en las instalaciones del vivero de la Universidad Nacional de Ucayali ubicado en la CFB Km 6.200, puesto que el área cuenta con los requisitos básicos para el experimento a condiciones reales. Sus coordenadas Geográficas son latitud 8°24'38" y longitud 74°34'23" y su ubicación UTM es 18 L 547001 mE y 9070289 mS.

3.2.2. Población

La población total es el área operativa en la cual se disponen los residuos municipales de 4 hectáreas.

3.2.3. Muestra

La muestra es la cantidad de insumo que fue objeto de estudio, son 120 kg de suelo contaminado por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa, extraídos de las 4 hectáreas operativas donde se disponen los residuos sólidos.

La cual fue dispuesta de la siguiente manera: Tratamiento 1 (T1) 10 Kg de suelo contaminado por lixiviados + 0 L de Microorganismos eficaces activados; Tratamiento 2 (T2) 10 Kg de suelo contaminado por lixiviados + 4 L de Microorganismos eficaces activados; Tratamiento 3 (T3) 10 Kg de suelo contaminado por lixiviados + 6 L de Microorganismos eficaces activados y Tratamiento 4 (T4) 10 Kg de suelo contaminado por lixiviados + 8 L de Microorganismos eficaces activados.

3.3 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

A continuación, se detallan los procedimientos que se consideraron en esta investigación para la recolección de datos:

3.3.1. Identificación del punto de muestreo

Esta investigación considera al área de recepción de los residuos sólidos municipales del botadero municipal de Pucallpa para los puntos de muestreo de los suelos contaminados por lixiviado producto de la descomposición de los residuos sólidos. Así mismo los microorganismos eficaces fueron activados en las instalaciones del vivero de la Universidad Nacional de Ucayali ubicado en la CFB Km 6.200.

3.3.2. Toma de muestra de los suelos contaminados por lixiviados

Para la toma de muestra de los suelos se realizaron cuatro calicatas de 1x1x0.2m, de manera que se trató de abarcar la mayor extensión posible dentro del área de recepción de los residuos sólidos municipales del botadero municipal de Pucallpa, como se detallan en las *figuras 2 y 3* correspondientemente. Los suelos recolectados se trasladaron en costales negros hasta el lugar donde se realizó el experimento.

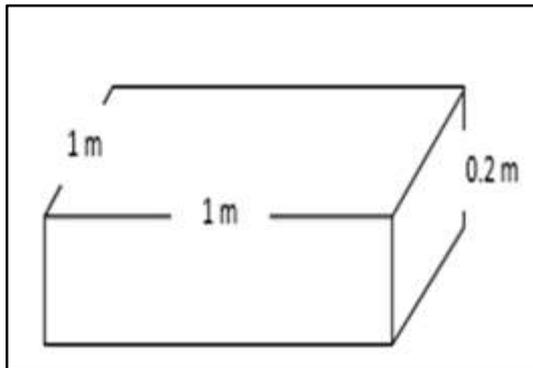


Figura 2. Dimensiones de calicatas

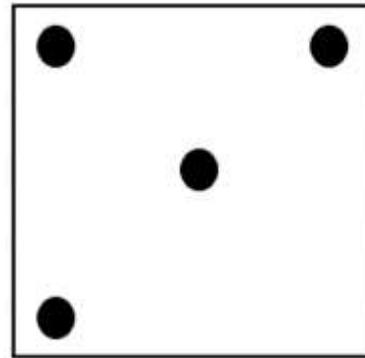


Figura 3. Ubicación aleatoria de calicatas

3.3.3. Activación de los microorganismos eficaces

Para la activación de los microorganismos se utilizó galones con tapa de capacidades 20 litros, en el cual se introdujo los insumos en la siguiente proporción:

- ✓ 5% de melaza de caña de azúcar
- ✓ 5 % de EM
- ✓ 90% de agua no clorada

La activación de los microorganismos se dio mediante los siguientes pasos:

- ✓ Primero se llenó con agua no clorada la mitad del galón de 20L,
- ✓ En un balde de 4 litros se dispuso 2/4 de agua y medio litro de melaza, y se le homogenizó, para luego ser vaciado en el galón con ayuda de un embudo, se repitió el mismo procedimiento con lo restante de melaza, completando un litro de ello.
- ✓ Con ayuda del embudo se vertió el litro de EM-compost directamente en el galón
- ✓ Y por último se llenó el espacio restante del galón con agua no clorada, y se le tapó y dejó reposar por 1 semana, obteniendo el EM activado y listo para el tratamiento.

3.3.4. Instalación de los tratamientos

La instalación de los tratamientos se realizó en los ambientes del vivero de la Universidad Nacional de Ucayali, para ello se acondicionó un área bajo techo de 3x4 m², delimitado con mallas para evitar el ingreso de personas ajenas y/o animales que puedan alterar las unidades experimentales.



Figura 4. Área de investigación

Los 120 kg de suelos recolectados fueron homogenizados, luego se distribuyeron en 12 bandejas de plástico por partes iguales, separadas por 0.5 m una de la otra.



Figura 5. Distribución aleatoria de unidades experimentales

Luego de distribuir las muestras de suelos contaminados con ayuda de una bomba de mochila se aplicó los EM activados esparciendo el producto a cada tratamiento de la siguiente manera:

- a) Tratamiento 1: No se aplicó EM compost
- b) Tratamiento 2: aplicación de EM compost al 20 %
- c) Tratamiento 3: aplicación de EM compost al 30 %
- d) Tratamiento 4: aplicación de EM compost al 40 %

Para los tratamientos T2, T3 y T4, las concentraciones de los tratamientos son referidas al porcentaje de EM disueltos en agua no clorada.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

- **Análisis de laboratorio:** Técnica que permitió recolectar datos directos de las muestras con respecto a los parámetros evaluados.

De cada bandeja se extrajo una muestra de 1kg, que fueron puestas en bolsas herméticas y rotuladas para su remisión al Laboratorio de Suelos de la Universidad Agraria la Molina para los análisis de CIC, P disponible, N total, materia orgánica, plomo (Pb) y cadmio (Cd). Esta operación se realizó al inicio de la investigación o día 0, luego a los 30 días después de la aplicación de EM activado y por último a los 60 días después de la aplicación de EM.

El análisis de pH se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, para ello se utilizó un pH-metro previamente calibrado con buffer de pH de 4.00, 7.00 y 10.00. Para la medición del pH se extrajo una muestra seca del suelo de cada unidad experimental, seguidamente se molió para una mejor homogenización y dilución, es así que se dispuso en un vaso precipitado en una solución de 1:25 con agua destilada, seguidamente se hizo la medición directa con el pH-metro.

3.4.2. Instrumentos para la recolección de datos:

- Estándares de Calidad Ambiental para suelo (ECA - Suelo), aprobado por D.S. N° 011-217-MINAM, el 2 de diciembre del 2017. Perú.

3.4.3. Recursos materiales, equipos y servicios

- **Materiales**
 - ✓ Melaza de caña de azúcar
 - ✓ EM Compost
 - ✓ Bidón
 - ✓ Bandeja de 35 L
 - ✓ Costal
 - ✓ Bata de laboratorio
 - ✓ Guantes de látex de nitrilo

- ✓ Botas
- ✓ Bolsa Ziploc
- ✓ Bomba de mochila manual
- ✓ Cinta de señalización
- ✓ Listón 2x3
- ✓ Listón 2x2
- ✓ Clavo
- ✓ Calamina
- ✓ Malla de alambre
- ✓ Tablero de campo
- ✓ Libreta de apuntes
- ✓ Etiquetas plásticas para rotulación
- ✓ Plumón indeleble
- ✓ Machete
- ✓ Pala
- ✓ Rastrillo
- ✓ Martillo
- ✓ Mascarilla N95
- ✓ Visera
- ✓ Mameluco impermeable
- ✓ Alcohol puro de 96° de 1L
- ✓ Jabón líquido de 400mL
- ✓ Amonio Cuaternario de 1L
- ✓ Botella spray pulverizador de 1L
- ✓ Pulverizador de 5L

- **Equipos**

- ✓ GPS
- ✓ Balanza
- ✓ Laptop

- **Servicios**

- ✓ Mano de obra
- ✓ Transporte de carga
- ✓ Análisis de muestras

3.5 PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

El plan de análisis utilizó gráfico de barras de los resultados obtenidos en los análisis químicos y de metales pesados de los tratamientos elaborados en la investigación.

La investigación cuenta con 4 tratamientos, distribuidos en 12 unidades experimentales. Según se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1. Combinaciones de 4 tratamientos

TRATAMIENTOS	COMBINACIONES	REPETICIONES
T ₁	S ¹	3
T ₂	S ¹ M2 ²	3
T ₃	S ¹ M3 ³	3
T ₄	S ¹ M4 ⁴	3
TOTAL		12 Unidades experimentales

(1) S: Suelos contaminados por lixiviados en el Botadero Municipal

(2) M2: EM al 20%

(3) M3: EM al 30%

(4) M4: EM al 40%

En la tabla 2 se muestra los componentes de los tratamientos de acuerdo al diseño completamente aleatorio.

Tabla 2. Combinaciones de 4 tratamientos en el DCA

TRATAMIENTOS	Suelos contaminados por lixiviados	Aplicación de EM activado
Tratamiento 1 (T ₁)	10 Kg	-
Tratamiento 2 (T ₂)	10 Kg	20 %
Tratamiento 3 (T ₃)	10 Kg	30 %
Tratamiento 4 (T ₄)	10 Kg	40 %

3.6 TRATAMIENTO DE DATOS

Los datos fueron procesados en el programa IBM SPSS STATISTICS 23, mediante el cual fueron sometidos a un análisis de medias para determinar las diferencias entre los tratamientos realizados en la etapa de campo, con un porcentaje de probabilidad del 95%.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Propiedades Químicas

4.1.1.1. Capacidad de Intercambio Catiónico

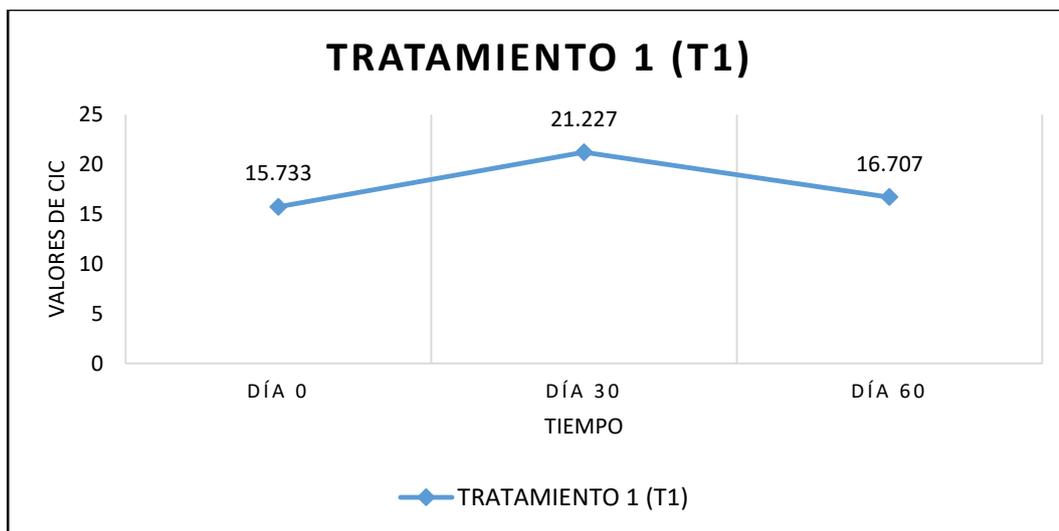


Figura 6. Variación en los valores de CIC en T1 durante el tiempo

- En la figura 6 se muestran los promedios del efecto en los valores de la capacidad de intercambio catiónico en el tratamiento testigo o tratamiento 1 (T1), sin la aplicación de microorganismos eficaces (EM), en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en 2 intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

El promedio de los tratamientos (T1), el día 0 fue 15.733, el día 30 fue 21.227 y el día 60 fue 16.707.

En la cual se puede observar que al día 30 y al día 60 las variaciones en los valores de la capacidad de intercambio catiónico fueron de 5.494 y 0.974 respectivamente, con respecto al día 0.

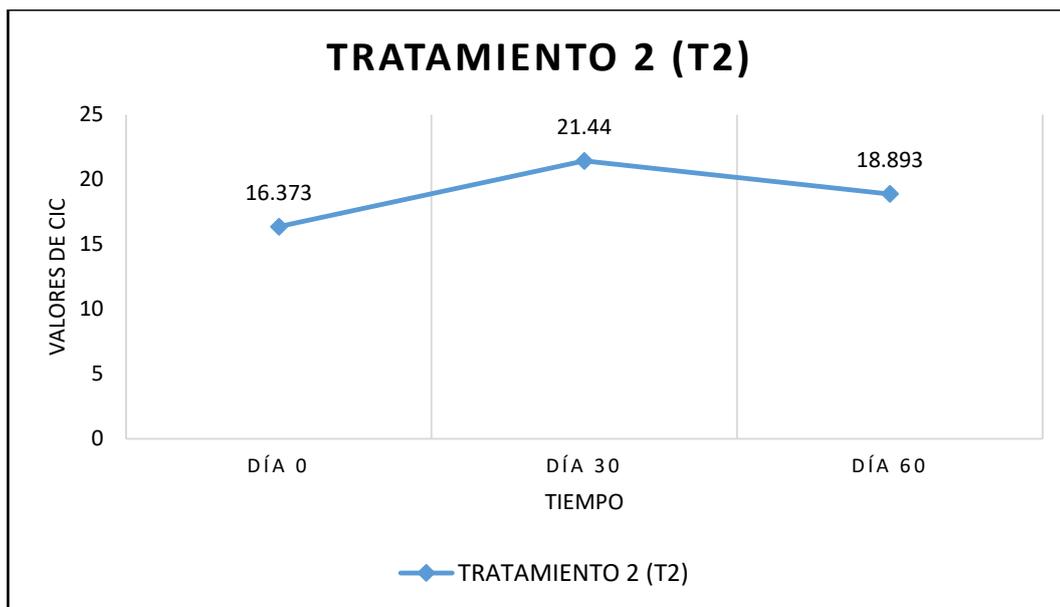


Figura 7. Variación en los valores de CIC en T2 durante el tiempo

- En la figura 7 se muestran los promedios del efecto en los valores de la capacidad de intercambio catiónico en el tratamiento 2 (T2) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 20% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

El promedio del tratamiento (T2), el día 0 fue 16.373, el día 30 fue 21.44 y el día 60 fue 18.893.

En la cual se puede observar que al día 30 y al día 60 las variaciones en los valores de la capacidad de intercambio catiónico fueron de 5.067 y 2.52 respectivamente, con respecto al día 0.

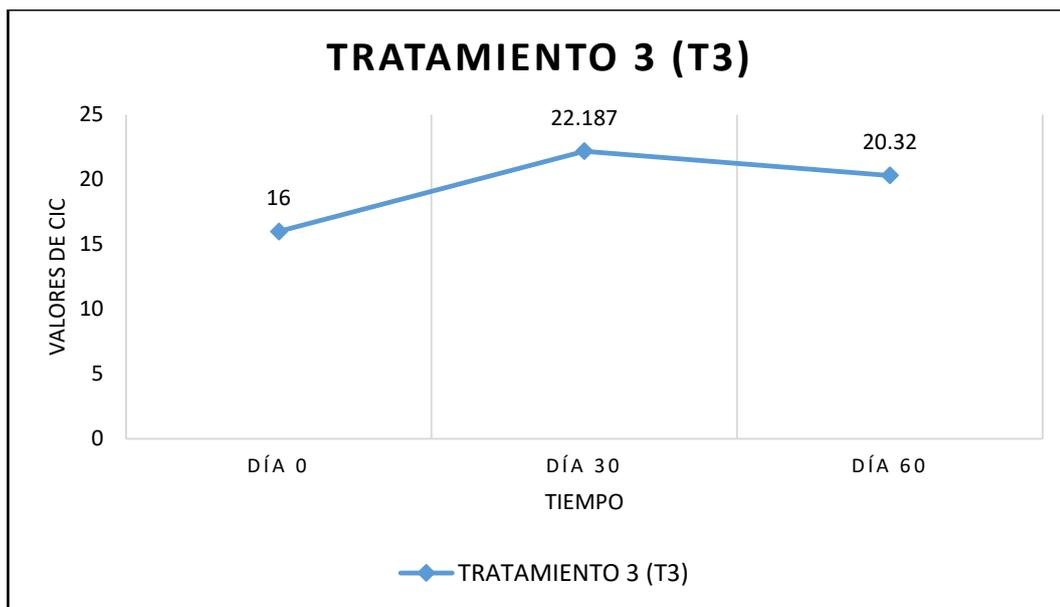


Figura 8. Variación en los valores de CIC en T3 durante el tiempo

- En la figura 8 se muestran los promedios del efecto en los valores de la capacidad de intercambio catiónico en el tratamiento 3 (T3) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 30% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

El promedio del tratamiento (T3), el día 0 fue 16, el día 30 fue 22.187 y el día 60 fue 20.32.

En la cual se puede observar que al día 30 y al día 60 las variaciones en los valores de la capacidad de intercambio catiónico fueron de 6.187 y 4.32 respectivamente, con respecto al día 0.

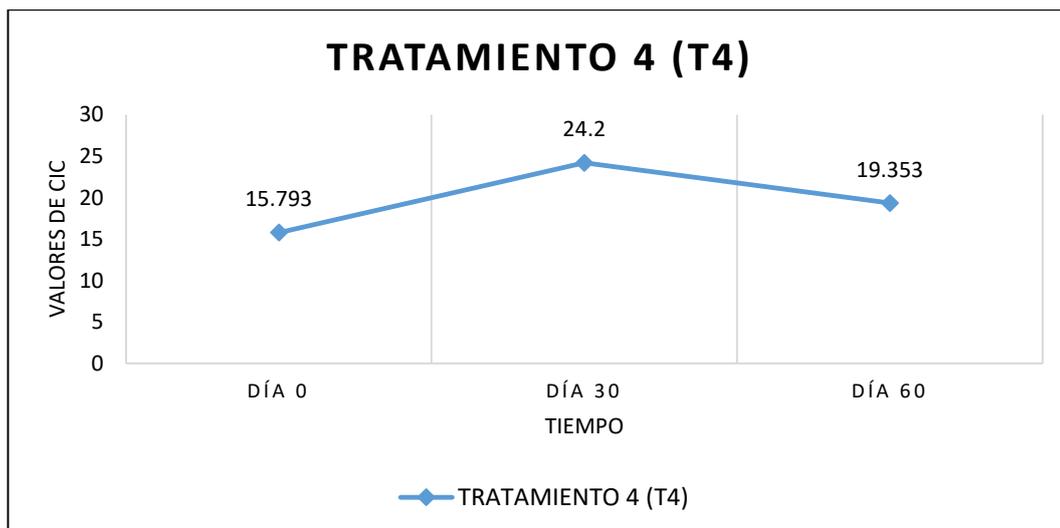


Figura 9. Variación en los valores de CIC en T4 durante el tiempo

- En la figura 9 se muestran los promedios del efecto en los valores de la capacidad de intercambio catiónico en el tratamiento 4 (T4) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 40% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

El promedio del tratamiento (T4), el día 0 fue 15.793, el día 30 fue 24.2 y el día 60 fue 19.353.

En la cual se puede observar que al día 30 y al día 60 las variaciones en los valores de la capacidad de intercambio catiónico fueron de 8.407 y 3.56 respectivamente, con respecto al día 0.

Tabla 3. Variación de medias de CIC durante el tiempo

TRATAMIENTOS	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICODURANTE EL TIEMPO		
	DIA 0	DIA 30	DIA 60
T1	15.733	21.227	16.707
T2	16.373	21.44	18.893
T3	16	22.187	20.32
T4	15.793	24.2	19.353

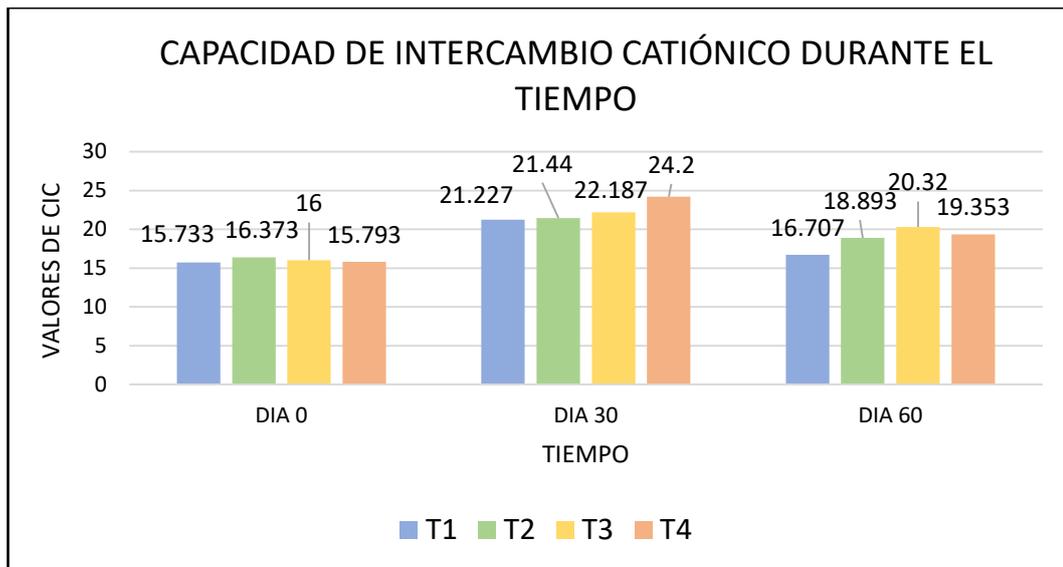


Figura 10. Variación de CIC en los tratamientos durante el tiempo

En la tabla 3 y figura 10 se muestran los promedios del efecto en los valores de la capacidad de intercambio catiónico en los tratamientos aplicados en la investigación durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que en el día 0 el tratamiento 2 (T2) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 4, puesto que la variación de T2 fue de 1.004 respecto a T1, así mismo la variación de T3 fue de 0.267 respecto a T1, y la variación de T4 fue de 0.06 respecto a T1. Así mismo, se observa que en el día 30 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que la variación de T4 fue de 2.973 respecto a T1, así mismo la variación de T3 fue de 0.96 respecto a T1, y la variación de T2 fue de 0.213 respecto a T1. De igual manera se observa que en el día 60 el tratamiento 3 (T3) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 4 y 2, puesto que la variación de T3 fue de 3.613 respecto a T1, así mismo la variación de T4 fue de 2.646 respecto a T1, y la variación de T2 fue de 2.186 respecto a T1.

4.1.1.2. Nitrógeno

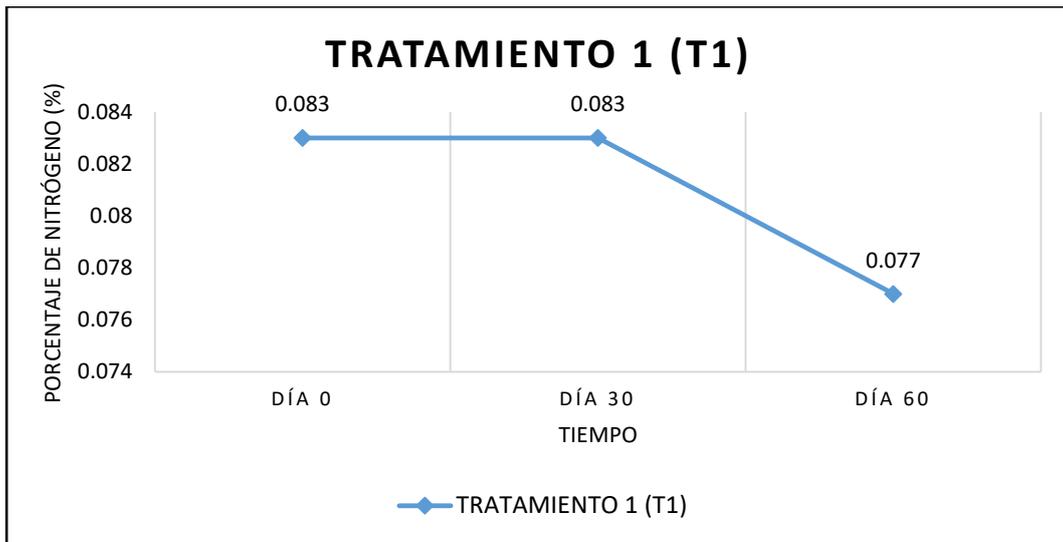


Figura 11. Variación del porcentaje de nitrógeno en el T1 durante el tiempo

- En la figura 11 se muestran los promedios del efecto del porcentaje de nitrógeno en el tratamiento testigo o tratamiento 1 (T1) sin la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

El promedio del tratamiento (T1), el día 0 fue 0.083, el día 30 fue 0.083 y el día 60 fue 0.077.

En la cual se puede observar que la concentración de nitrógeno al día 30 no varió, manteniéndose su valor con respecto al día 0, no obstante, al día 60 se observó una disminución de 0.006 %, con respecto a los valores iniciales.

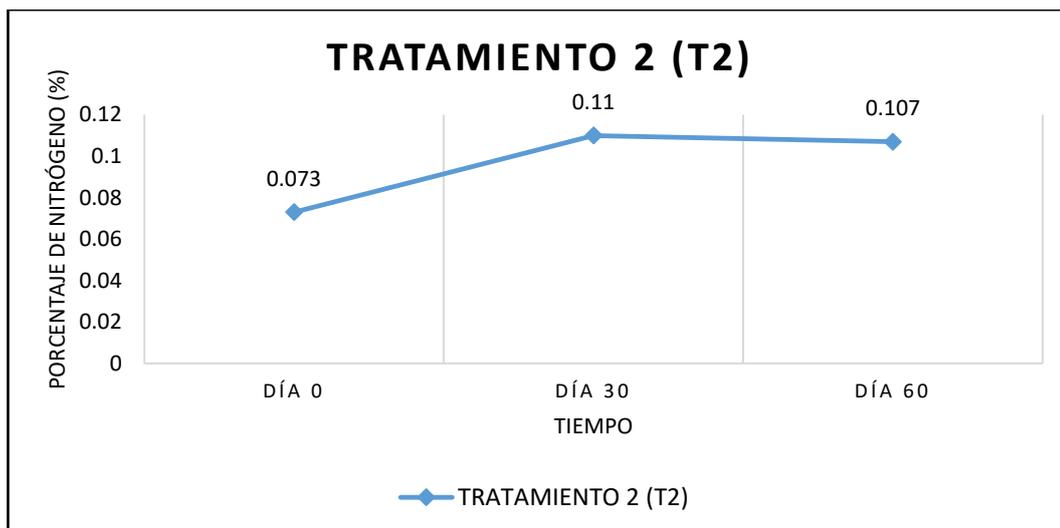


Figura 12. Variación del porcentaje de nitrógeno en el T2 durante el tiempo

- En la figura 12 se muestran los promedios del efecto del porcentaje de nitrógeno en el tratamiento 2 (T2) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 20% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

El promedio del tratamiento (T2), el día 0 fue 0.073, el día 30 fue 0.11 y el día 60 fue 0.107.

En la cual se puede observar que al día 30 y al día 60 las variaciones en los valores de la capacidad de intercambio catiónico fueron de 0.037% y 0.034% respectivamente, con respecto al día 0.

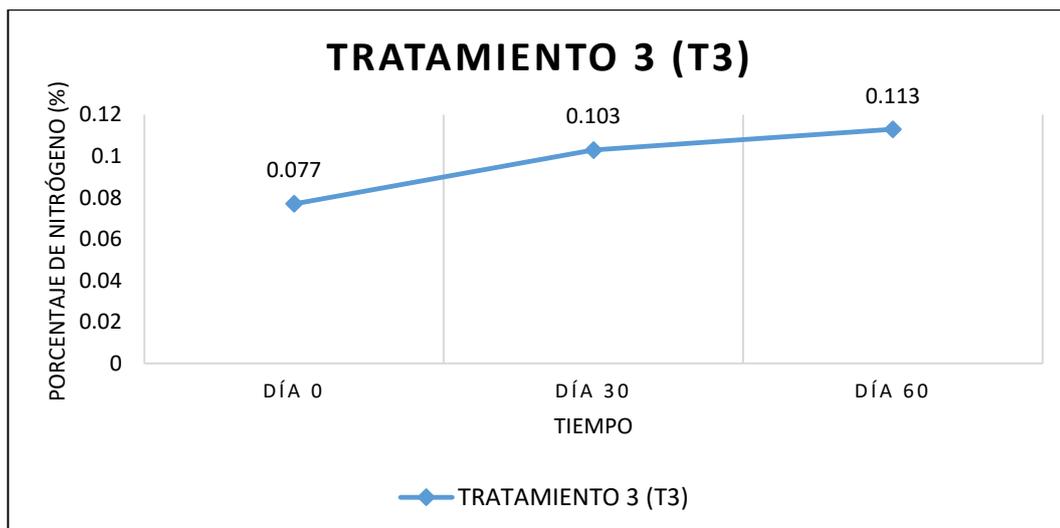


Figura 13. Variación del porcentaje de nitrógeno en el T3 durante el tiempo

- En la figura 13 se muestran los promedios del efecto del porcentaje de nitrógeno en el tratamiento 3 (T3) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 30% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

El promedio del tratamiento (T3), el día 0 fue 0.077, el día 30 fue 0.103 y el día 60 fue 0.113.

En la cual se puede observar que al día 30 y al día 60 las variaciones en los valores de la capacidad de intercambio catiónico fueron de 0.026% y 0.036% respectivamente, con respecto al día 0.

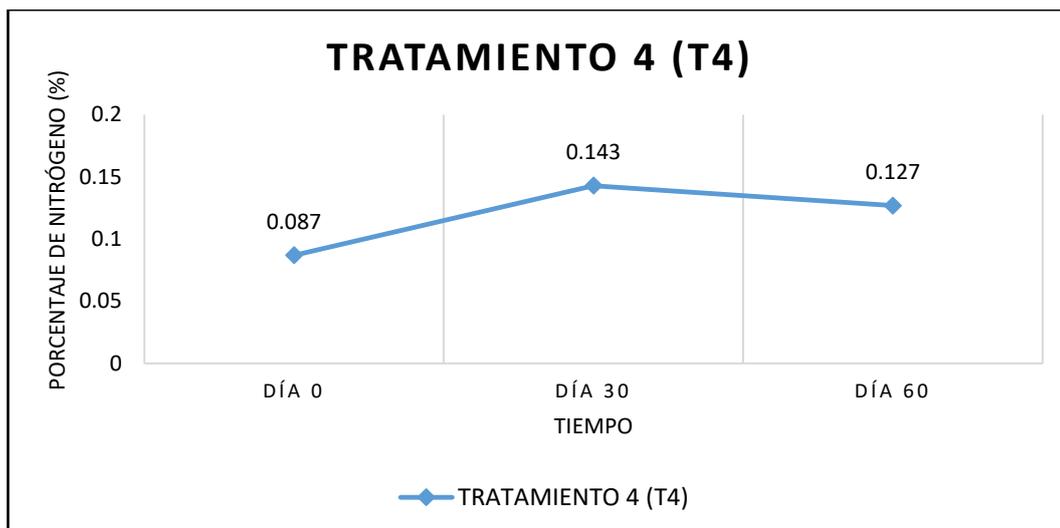


Figura 14. Variación del porcentaje de nitrógeno en el T4 durante el tiempo

- En la figura 14 se muestran los promedios del efecto del porcentaje de nitrógeno en el tratamiento 4 (T4) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 40% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

El promedio del tratamiento (T4), el día 0 fue 0.087, el día 30 fue 0.143 y el día 60 fue 0.127.

En la cual se puede observar que al día 30 y al día 60 las variaciones en los valores de la capacidad de intercambio catiónico fueron de 0.056% y 0.04% respectivamente, con respecto al día 0.

Tabla 4. Variación de medias del porcentaje de Nitrógeno durante el tiempo

TRATAMIENTOS	PORCENTAJE DE NITRÓGENO DURANTE EL TIEMPO		
	DIA 0	DIA 30	DIA 60
T1	0.083 %	0.083 %	0.077 %
T2	0.073 %	0.11 %	0.107 %
T3	0.077 %	0.103 %	0.113 %
T4	0.087 %	0.143 %	0.127 %

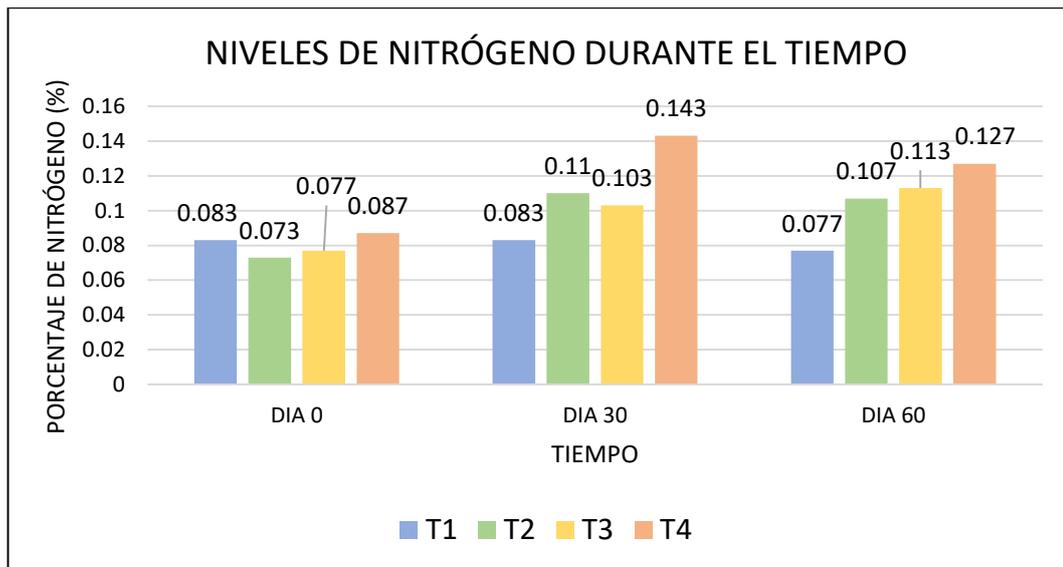


Figura 15. Variación del porcentaje de Nitrógeno en los tratamientos durante el tiempo

- En la tabla 4 y figura 15 se muestran los promedios del efecto del porcentaje de nitrógeno en los tratamientos aplicados en la investigación durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que en el día 0 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que el aporte de T4 fue de 0.004 % respecto a T1, sin embargo, T2 y T3 no aportó mayores concentraciones de nitrógeno respecto a T1. Así mismo, se observa que en el día 30 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que el aporte de T4 fue de 0.06 % respecto a T1, así mismo el aporte de T3 fue de 0.02 % respecto a T1, y el aporte de T2 fue de 0.027 % respecto a T1. De igual manera se observa que en el día 60 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que el aporte de T4 fue de 0.05 % respecto a T1, así mismo el aporte de T3 fue de 0.036 % respecto a T1, y el aporte de T2 fue de 0.03 % respecto a T1.

4.1.1.3. Fósforo

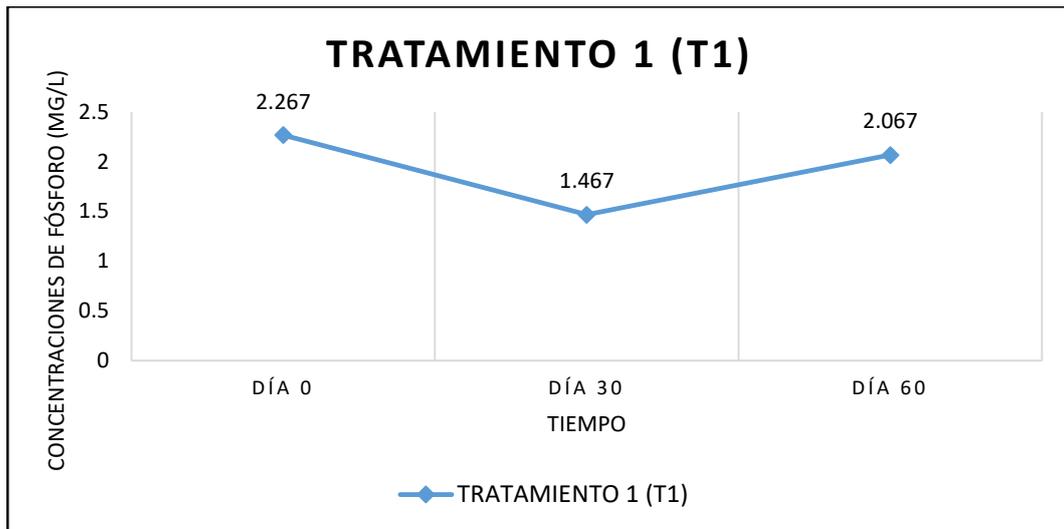


Figura 16. Variación en las concentraciones de fósforo en el T1 durante el tiempo

- En la figura 16 se muestran los promedios del efecto de las concentraciones de Fósforo en el tratamiento testigo o tratamiento 1 (T1) sin la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

El promedio del tratamiento (T1), el día 0 fue 2.267, el día 30 fue 1.467 y el día 60 fue 2.067.

En la cual se puede observar que al día 30 disminuye en 0.8 con respecto al día 0, sin embargo, al día 60 se evidencia un aumento de 0.6 con respecto al día 30, sin llegar a superar el valor inicial.

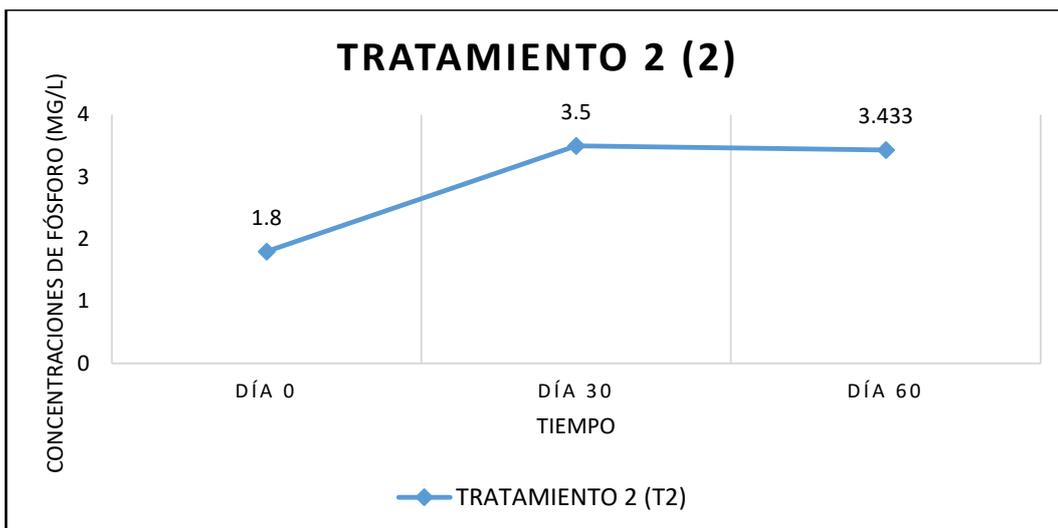


Figura 17. Variación en las concentraciones de fósforo en el T2 durante el tiempo

- En la figura 17 se muestran los promedios del efecto de las concentraciones de fósforo en el tratamiento 2 (T2) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 20% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

El promedio del tratamiento (T2), el día 0 fue 1.8, el día 30 fue 3.5 y el día 60 fue 3.433.

En la cual se puede observar que al día 30 el aporte en la concentración de fósforo sufrió un aumento de 1.7 mg/l respecto al día 0, mientras que al día 60 disminuyó en 1.633 mg/l respecto al día 30.

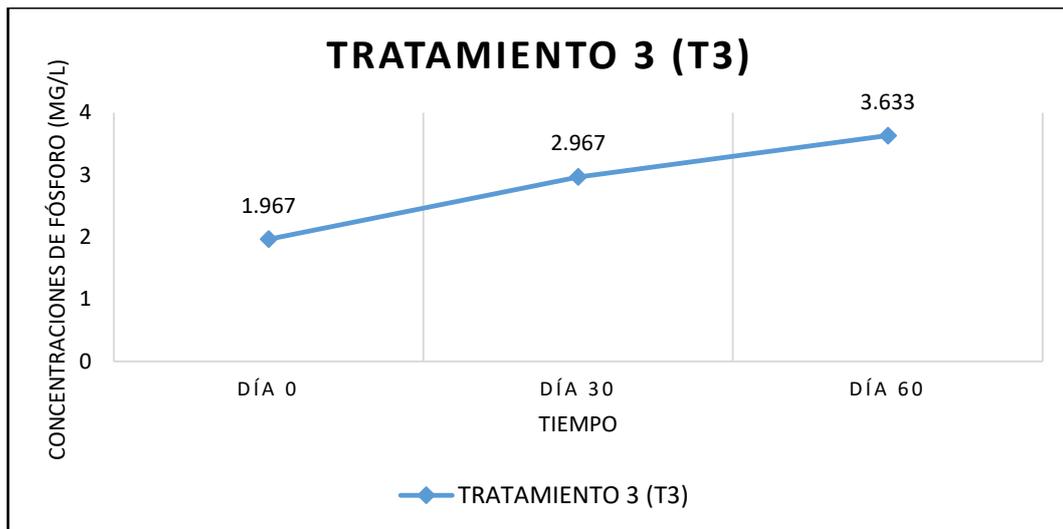


Figura 18. Variación en las concentraciones de fósforo en el T3 durante el tiempo

- En la figura 18 se muestran los promedios del efecto de las concentraciones de fósforo en el tratamiento 3 (T3) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 30% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

El promedio del tratamiento (T2), el día 0 fue 1.967, el día 30 fue 2.967 y el día 60 fue 3.633.

En la cual se puede observar que la concentración de fosforo va en aumento durante el tiempo que duro la investigación, que al día 30 el aporte en la concentración de fósforo fue de 1 mg/l, mientras que al día 60 el aporte fue mayor con 1.666 mg/l, ambos con respecto al día 0.

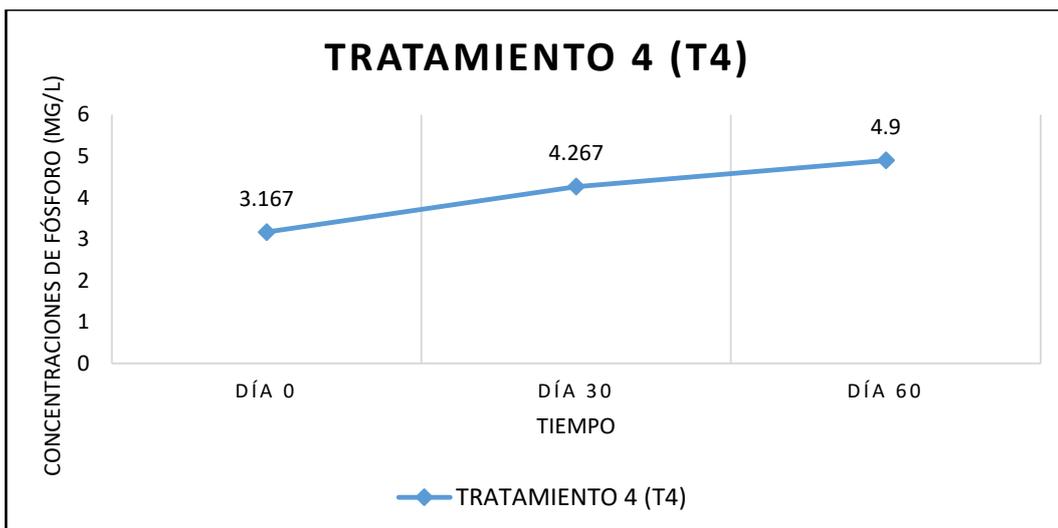


Figura 19. Variación en las concentraciones de fósforo en el T4 durante el tiempo

- En la figura 19 se muestran los promedios del efecto de las concentraciones de fósforo en el tratamiento 4 (T4) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 40% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que al día 30 el aporte en la concentración de fósforo fue de 1.1 mg/l respecto al día 0, mientras que al día 60 el aporte fue mayor con 1.733 mg/l respecto al día 0.

Tabla 5. Variación de medias de las concentraciones de Fósforo durante el tiempo

TRATAMIENTOS	CONCENTRACIONES DE FÓSFORO DURANTE EL TIEMPO		
	DIA 0	DIA 30	DIA 60
T1	2.267 mg/l	1.467 mg/l	2.067 mg/l
T2	1.8 mg/l	3.5 mg/l	3.433 mg/l
T3	1.967 mg/l	2.967 mg/l	3.633 mg/l
T4	3.167 mg/l	4.267 mg/l	4.9 mg/l

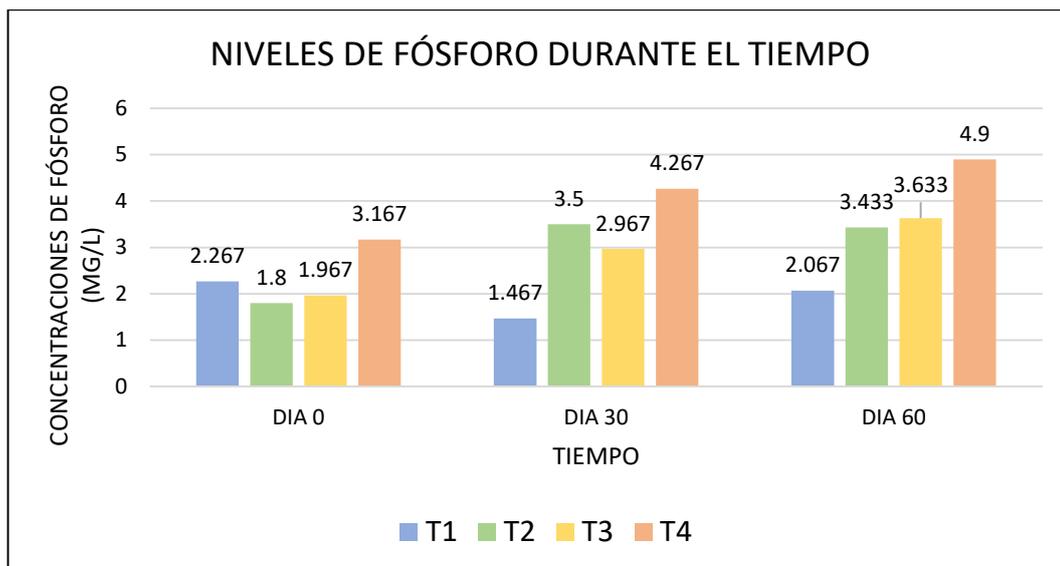


Figura 20. Variación en las concentraciones de fósforo en los tratamientos durante el tiempo

En la tabla 5 y figura 20 se muestran los promedios del efecto de las concentraciones de fósforo en los tratamientos aplicados en la investigación durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que en el día 0 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que el aporte de T4 fue de 0.9 mg/l respecto a T1, sin embargo, T2 y T3 no aportó mayores concentraciones de nitrógeno respecto a T1. Así mismo, se observa que en el día 30 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que el aporte de T4 fue de 2.8 mg/l respecto a T1, así mismo el aporte de T2 fue de 2.033 mg/l respecto a T1, y el aporte de T3 fue de 1.5 mg/l respecto a T1. De igual manera se observa que en el día 60 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que el aporte de T4 fue de 2.833 mg/l respecto a T1, así mismo el aporte de T3 fue de 1.566 mg/l respecto a T1, y el aporte de T2 fue de 1.366 mg/l respecto a T1.

4.1.1.4. Materia Orgánica

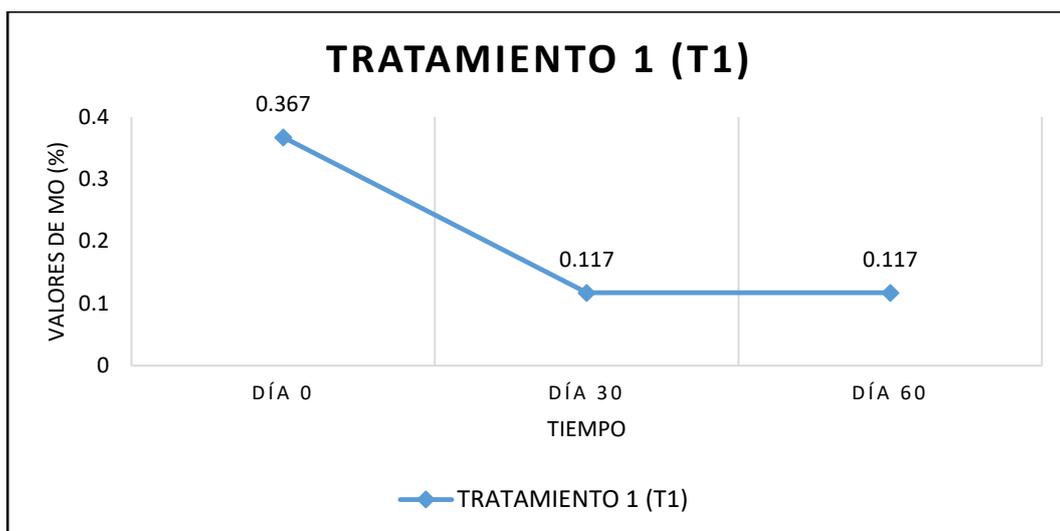


Figura 21. Variación en el porcentaje de materia orgánica en el T1 durante el tiempo

En la figura 21 se muestran los promedios del porcentaje de materia orgánica en el tratamiento testigo o tratamiento 1 (T1) sin la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que al día 0 el porcentaje de materia orgánica siempre fue superior, evidenciando que durante el tiempo las concentraciones de materia orgánica disminuyen.

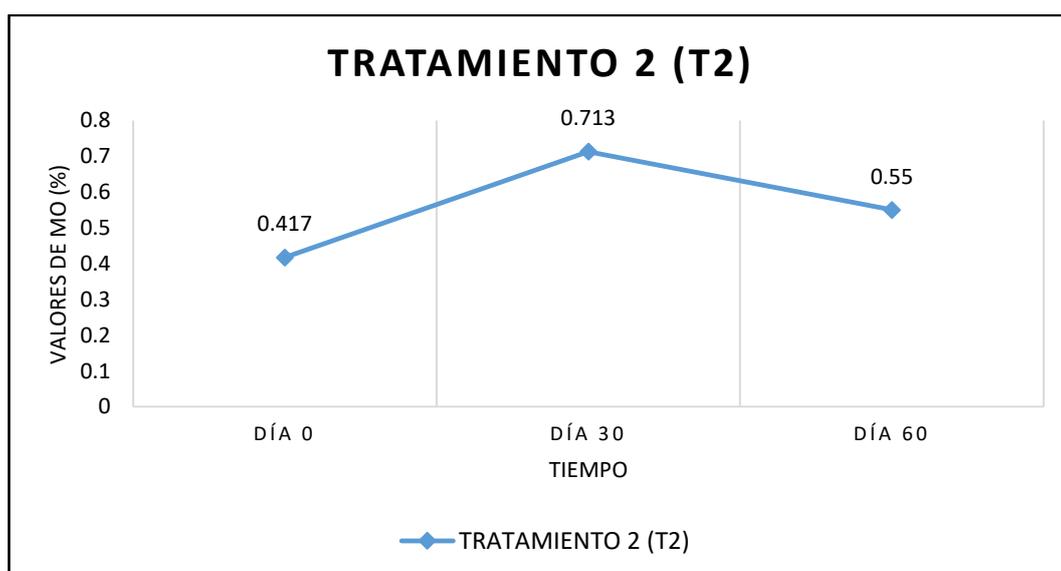


Figura 22. Variación del porcentaje de materia orgánica en el T2 durante el tiempo

En la figura 22 se muestran los promedios del porcentaje de materia orgánica en el tratamiento 2 (T2) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 20% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que al día 30 el aporte en el porcentaje de materia orgánica fue de 0.296 % respecto al día 0, mientras que al día 60 solo aportó en 0.133 % respecto al día 0.

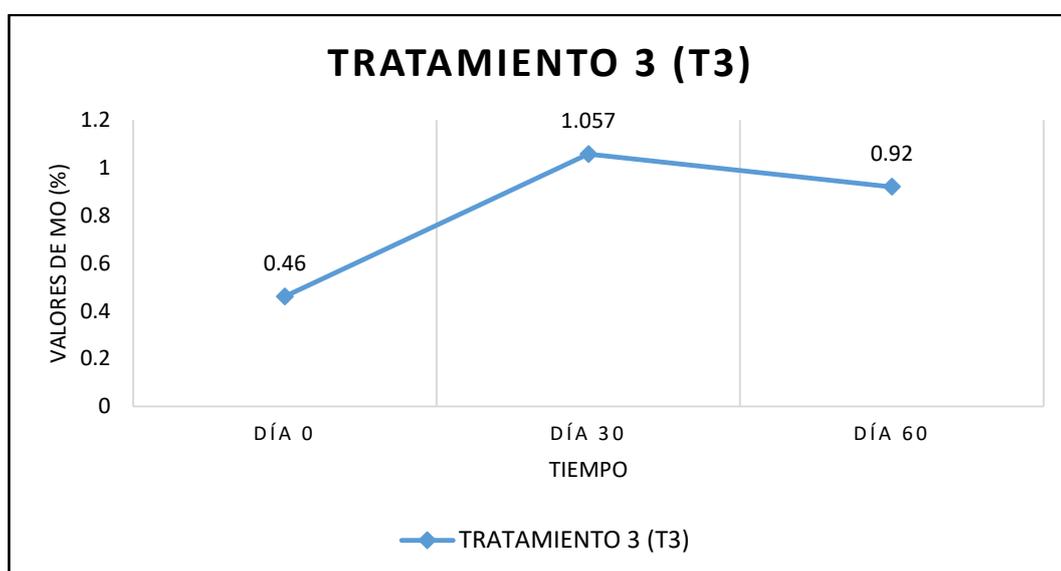


Figura 23. Variación del porcentaje de materia orgánica en el T3 durante el tiempo

En la figura 23 se muestran los promedios del porcentaje de materia orgánica en el tratamiento 3 (T3) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 30% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que al día 30 el aporte en el porcentaje de fósforo fue de 0.597 % respecto al día 0, mientras que al día 60 solo aportó en 0.46 % respecto al día 0.

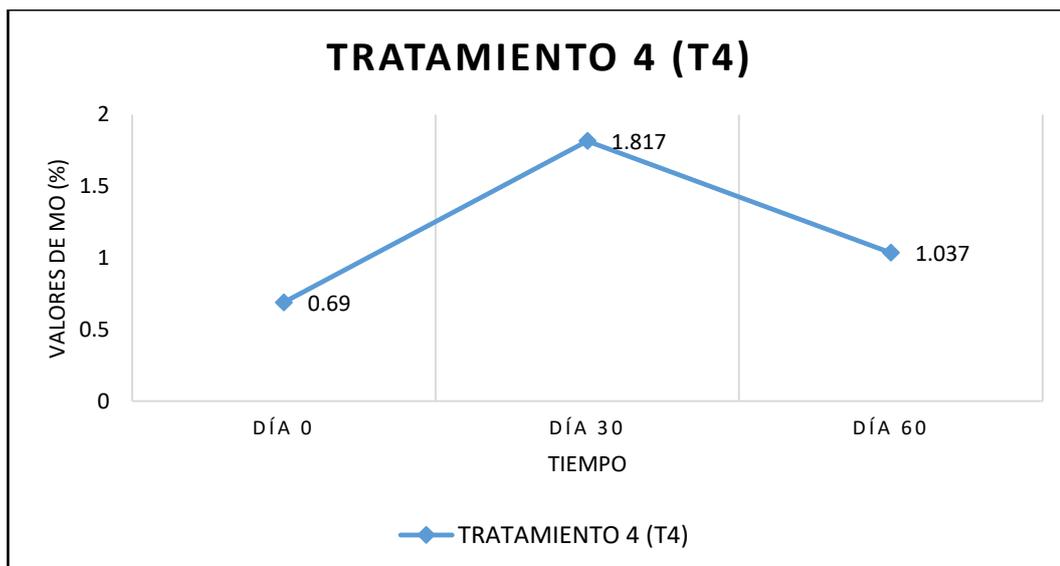


Figura 24. Variación del porcentaje de materia orgánica en el T4 durante el tiempo

En la figura 24 se muestran los promedios del porcentaje de materia orgánica en el tratamiento 4 (T4) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 40% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que al día 30 el aporte en el porcentaje de materia orgánica fue de 1.127% respecto al día 0, mientras que al día 60 solo aportó en 0.347% respecto al día 0.

Tabla 6. Variación de medias del porcentaje de Materia Orgánica durante el tiempo

TRATAMIENTOS	VALORES DE MATERIA ORGÁNICA DURANTE EL TIEMPO		
	DIA 0	DIA 30	DIA 60
T1	0.367%	0.117%	0.117%
T2	0.417%	0.713%	0.55%
T3	0.46%	1.057%	0.92%
T4	0.69%	1.817%	1.037%

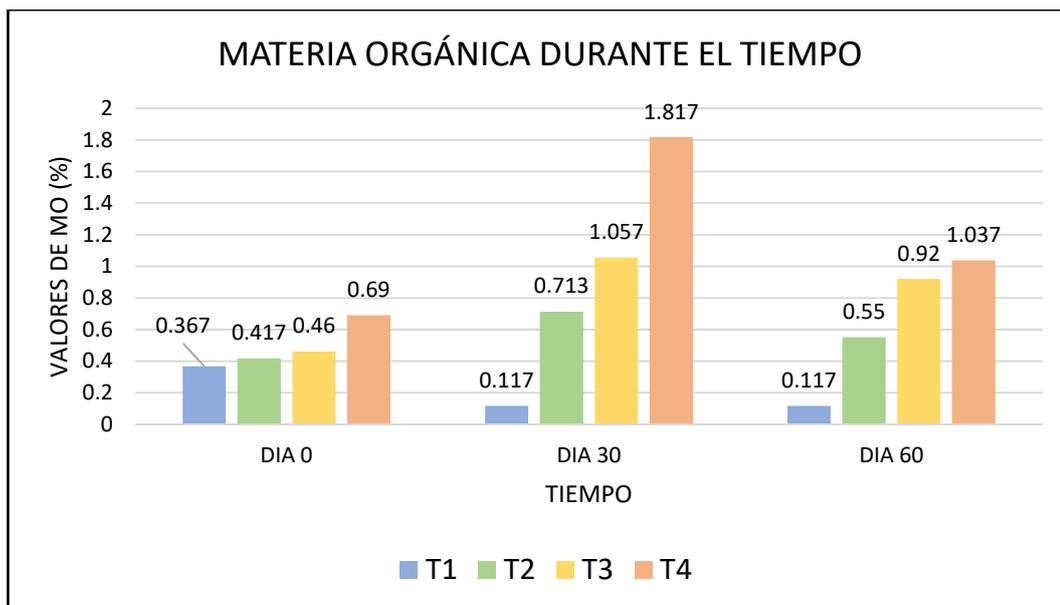


Figura 25. Variación del porcentaje de materia orgánica en los tratamientos durante el tiempo

En la tabla 6 y figura 25 se muestran los promedios del porcentaje de materia orgánica en los tratamientos aplicados en la investigación durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que en el día 0 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que el aporte de T4 fue de 0.323% respecto a T1, mientras que el aporte de T3 fue de 0.093 respecto a T1 y el aporte de T2 fue de 0.05. Así mismo, se observa que en el día 30 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que el aporte de T4 fue de 1.7% respecto a T1, mientras que el aporte de T3 fue de 0.94% respecto a T1, y el aporte de T2 fue de 0.596% respecto a T1. De igual manera se observa que en el día 60 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que el aporte de T4 fue de 0.92% respecto a T1, mientras que el aporte de T3 fue de 0.803% respecto a T1, y el aporte de T2 fue de 0.433% respecto a T1.

4.1.1.5. pH

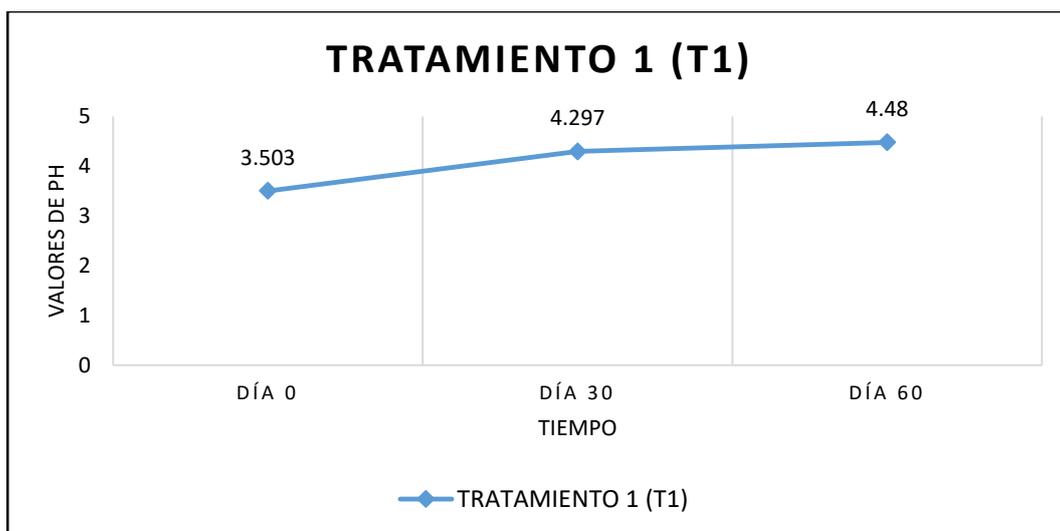


Figura 26. Variación en los valores de pH en el T1 durante el tiempo

En la figura 26 se muestran los promedios del efecto en los valores de pH en el tratamiento testigo o tratamiento 1 (T1) sin la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que los valores de pH al día 30 tuvo una variación de 0.794 respecto al día 0, de la misma manera se observa que al día 60 el valor de pH tuvo una variación de 0.977 respecto al día 0.

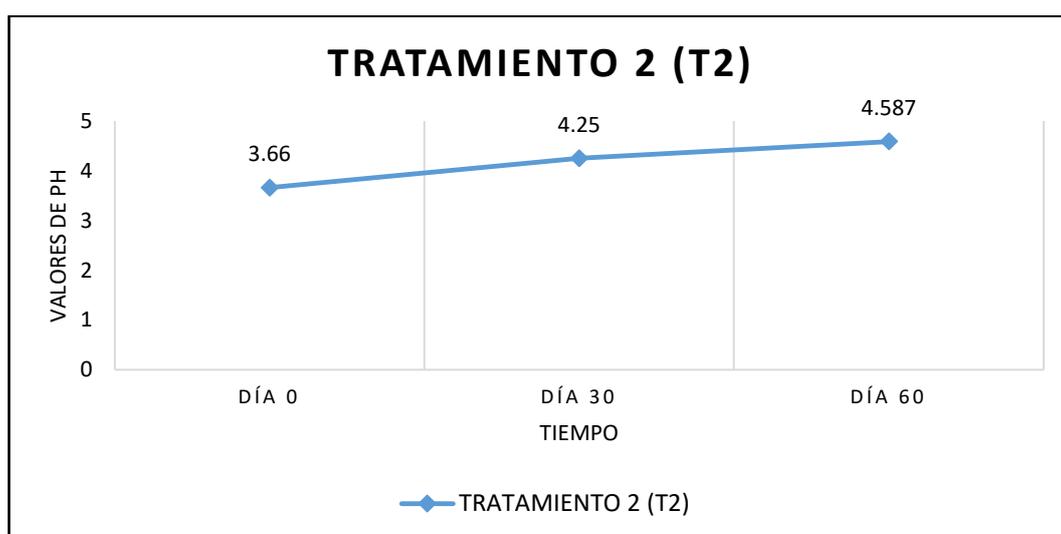


Figura 27. Variación en los valores de pH en el T2 durante el tiempo

En la figura 27 se muestran los promedios del efecto en los valores de pH en el tratamiento 2 (T2) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 20% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que los valores de pH al día 30 tuvo una variación de 0.59 en respecto al día 0, mientras que al día 60 el valor de pH tuvo una variación de 0.927 respecto al día 0.

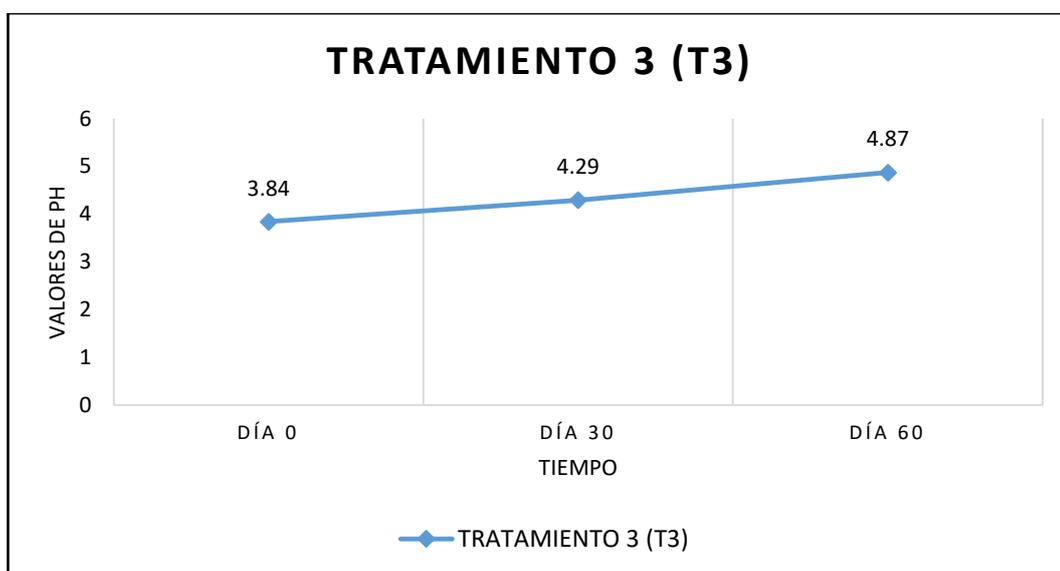


Figura 28. Variación en los valores de pH en el T3 durante el tiempo

En la figura 28 se muestran los promedios del efecto en los valores de pH en el tratamiento 3 (T3) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 30% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que los valores de pH al día 30 tuvo una variación de 0.45 respecto al día 0, mientras que al día 60 el valor de pH tuvo una variación de 1.03 respecto al día 0.

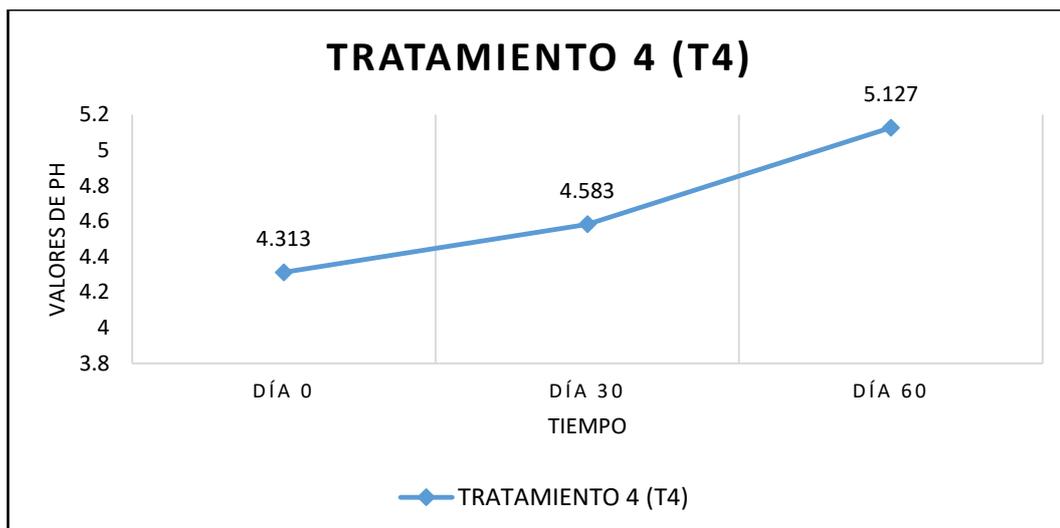


Figura 29. Variación en los valores de pH en el T4 durante el tiempo

En la figura 29 se muestran los promedios del efecto en los valores de pH en el tratamiento 4 (T4) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 40% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que los valores de pH al día 30 tuvo una variación de 0.27 respecto al día 0, mientras que al día 60 el valor de pH tuvo una variación de 0.814 respecto al día 0.

Tabla 7. Variación de medias de los valores de pH durante el tiempo

TRATAMIENTOS	VALORES DE PH DURANTE EL TIEMPO		
	DIA 0	DIA 30	DIA 60
T1	3.503	4.297	4.48
T2	3.66	4.25	4.587
T3	3.84	4.29	4.87
T4	4.313	4.583	5.127

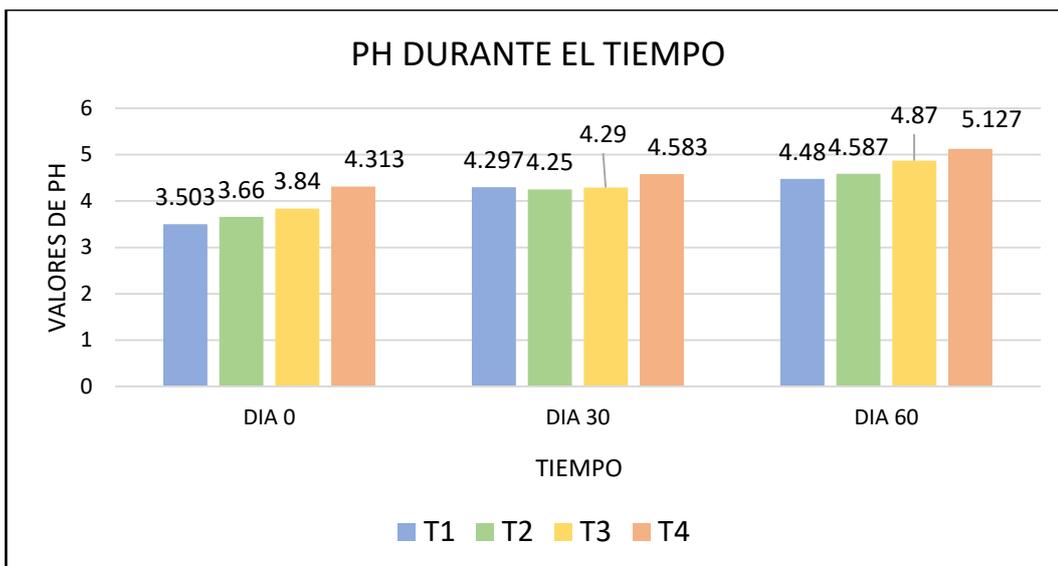


Figura 30. Variación en los valores de pH en los tratamientos durante el tiempo

En la tabla 7 y figura 30 se muestran los promedios del efecto en los valores de pH en los tratamientos aplicados en la investigación durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que en el día 0 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 1, puesto que el aporte de T4 fue de 0.81 respecto a T1, mientras que con T3 y T2 no se logró un aporte mayor en el pH respecto a T1. Así mismo, se observa que en el día 30 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que el aporte de T4 fue de 0.286 respecto a T1, mientras que con T3 y T2 no se logró un aporte mayor en el pH respecto a T1. De igual manera se observa que en el día 60 la aplicación de EM con T2, T3 y T4 aplicados no aportó mayores indicadores de pH respecto a T1.

4.1.2. Metales Pesados

4.1.2.1. Plomo

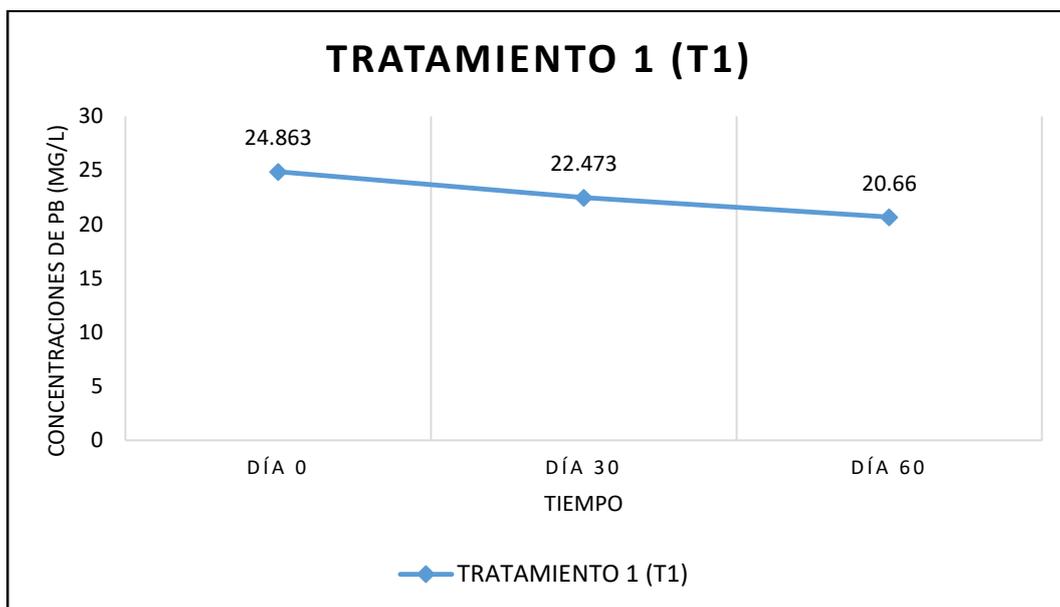


Figura 31. Variación en las concentraciones de Pb en el T1 durante el tiempo

En la figura 31 se muestran los promedios del efecto en las concentraciones de Plomo en el tratamiento testigo o tratamiento 1 (T1) sin la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que las concentraciones de plomo al día 30 disminuyeron en 2.39 mg/l respecto al día 0, de la misma manera se observa que al día 60 las concentraciones de plomo disminuyeron en 4.203 mg/l respecto al día 0.

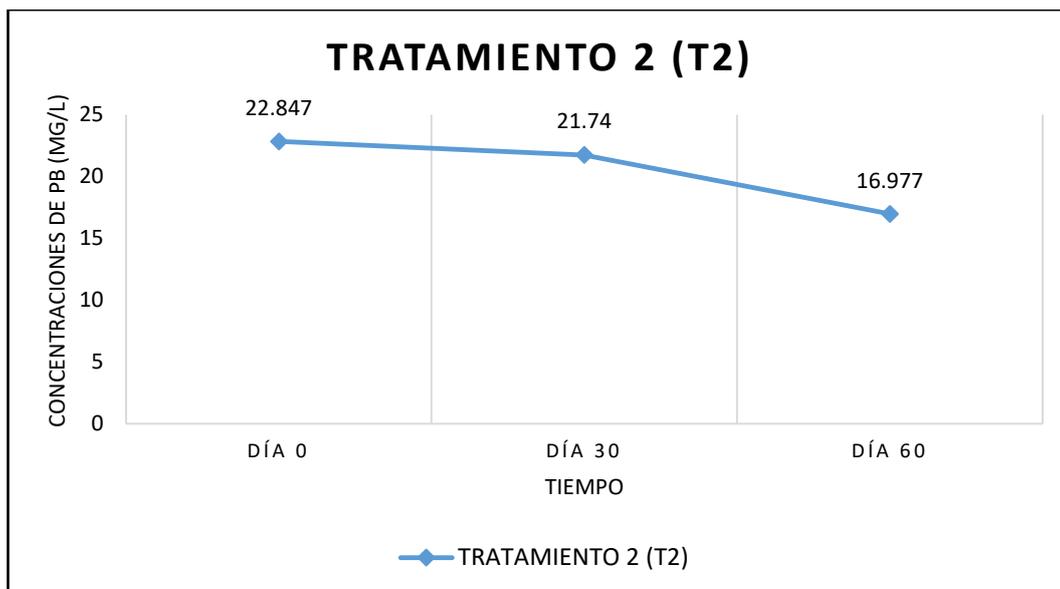


Figura 32. Variación en las concentraciones de Pb en el T2 durante el tiempo

En la figura 32 se muestran los promedios del efecto en las concentraciones de Plomo en el tratamiento 2 (T2) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 20% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que las concentraciones de plomo al día 30 disminuyeron en 1.107 mg/l respecto al día 0, de la misma manera se observa que al día 60 las concentraciones de plomo disminuyeron en 5.87 mg/l respecto al día 0.

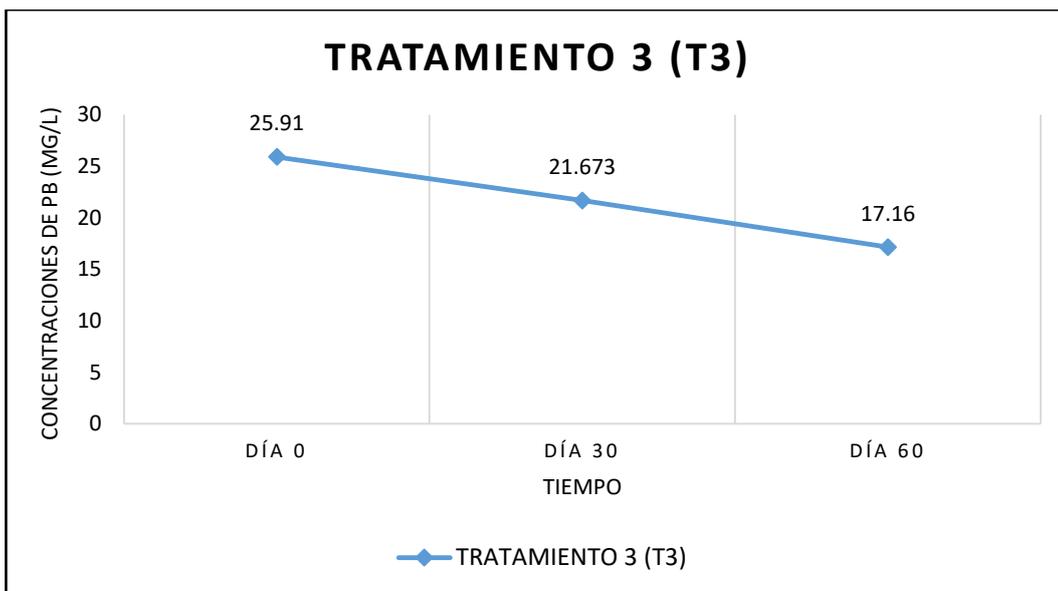


Figura 33. Variación en las concentraciones de Pb en el T3 durante el tiempo

En la figura 33 se muestran los promedios del efecto en las concentraciones de Plomo en el tratamiento 3 (T3) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 30% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que las concentraciones de plomo al día 30 disminuyeron en 4.237% respecto al día 0, de la misma manera se observa que al día 60 las concentraciones de plomo disminuyeron en 8.75% respecto al día 0.

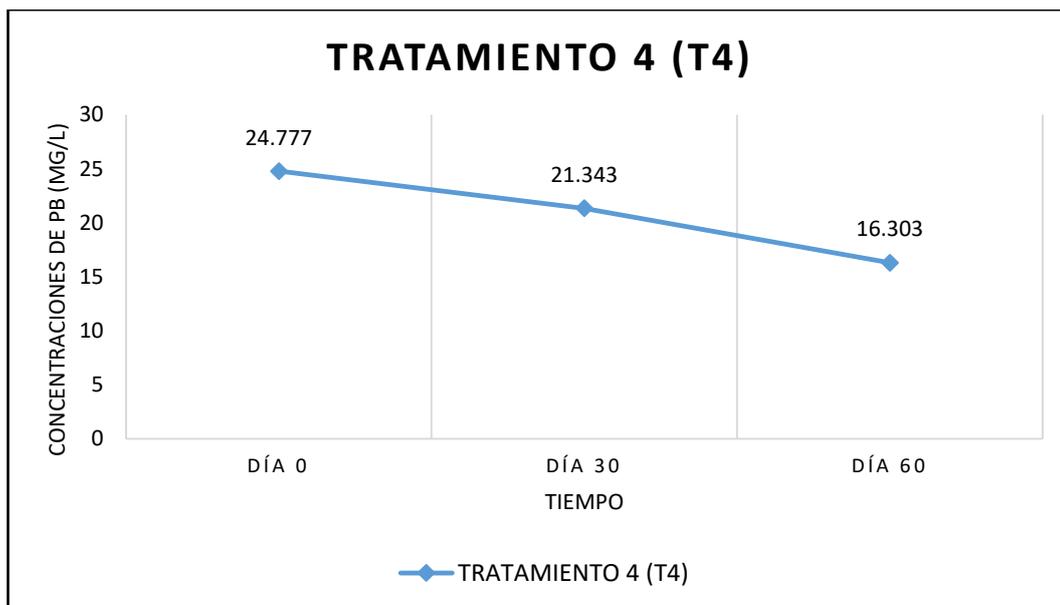


Figura 34. Variación en las concentraciones de Pb en el T4 durante el tiempo

En la figura 34 se muestran los promedios del efecto en las concentraciones de Plomo en el tratamiento 4 (T4) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 40% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que las concentraciones de plomo al día 30 disminuyeron en 3.434% respecto al día 0, de la misma manera se observa que al día 60 las concentraciones de plomo disminuyeron en 8.474% respecto al día 0.

Tabla 8. Variación de medias de las concentraciones de Plomo durante el tiempo

TRATAMIENTOS	CONCENTRACIONES DE PLOMO DURANTE EL TIEMPO		
	DIA 0	DIA 30	DIA 60
T1	24.863 mg/l	22.473 mg/l	20.66 mg/l
T2	22.847 mg/l	21.74 mg/l	16.977 mg/l
T3	25.91 mg/l	21.673 mg/l	17.16 mg/l
T4	24.777 mg/l	21.343 mg/l	16.303 mg/l

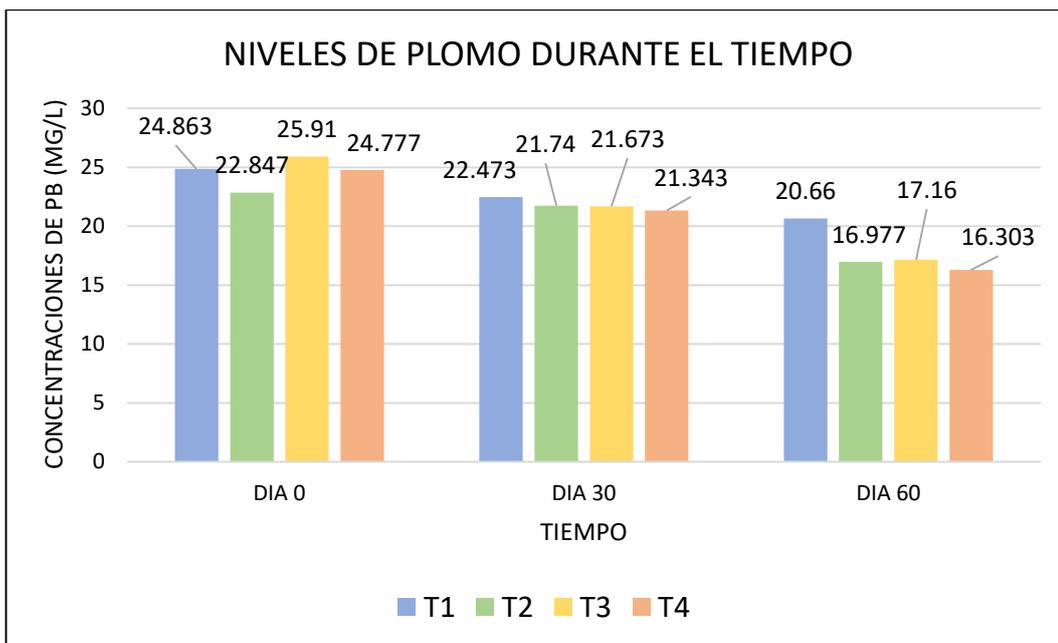


Figura 35. Variación en las concentraciones de Pb en los tratamientos durante el tiempo

En la tabla 8 y figura 35 se muestran los promedios del efecto en las concentraciones de plomo en los tratamientos aplicados en la investigación durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que en el día 0 el tratamiento 2 (T2) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 4, puesto que T2 obtuvo un descenso de 2.016 mg/l respecto a T1, mientras que T4 solo obtuvo un descenso de 0.086 mg/l respecto a T1, y en T3 no se obtuvo un descenso en las concentraciones respecto a T1. Así mismo, se observa que en el día 30 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que T4 obtuvo un descenso de 1.13 mg/l respecto a T1, mientras que T3 obtuvo un descenso de 0.8 mg/l respecto a T1, y en T2 el descenso solo fue de 0.733 mg/l respecto a T1. De igual manera se observa que en el día 60 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que T4 obtuvo un descenso de 4.357 mg/l respecto a T1, mientras que T2 obtuvo un descenso de 3.683 mg/l respecto a T1, y en T3 el descenso solo fue de 3.5 mg/l respecto a T1.

4.1.2.2. Cadmio

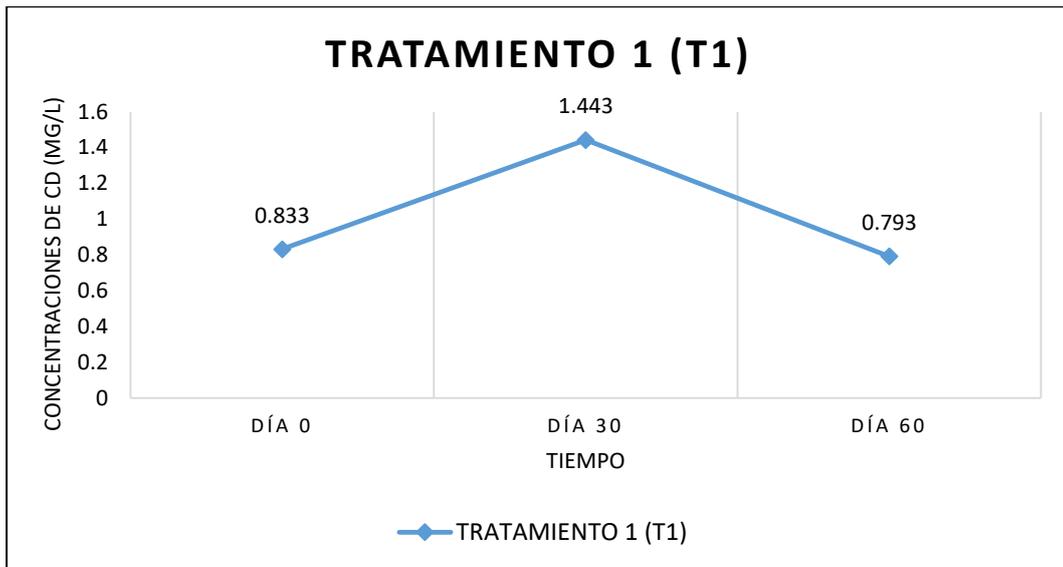


Figura 36. Variación en las concentraciones de Cd en el T1 durante el tiempo

En la figura 36 se muestran los promedios del efecto en las concentraciones de Cadmio en el tratamiento testigo o tratamiento 1 (T1) sin la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que al día 30 las concentraciones de cadmio se mantuvieron en ascenso, obteniendo un resultado de 1.443 mg/l, de la misma manera se observa que al día 60 si hubo una reducción en las concentraciones de plomo disminuyendo en 0.04 mg/l respecto al día 0.

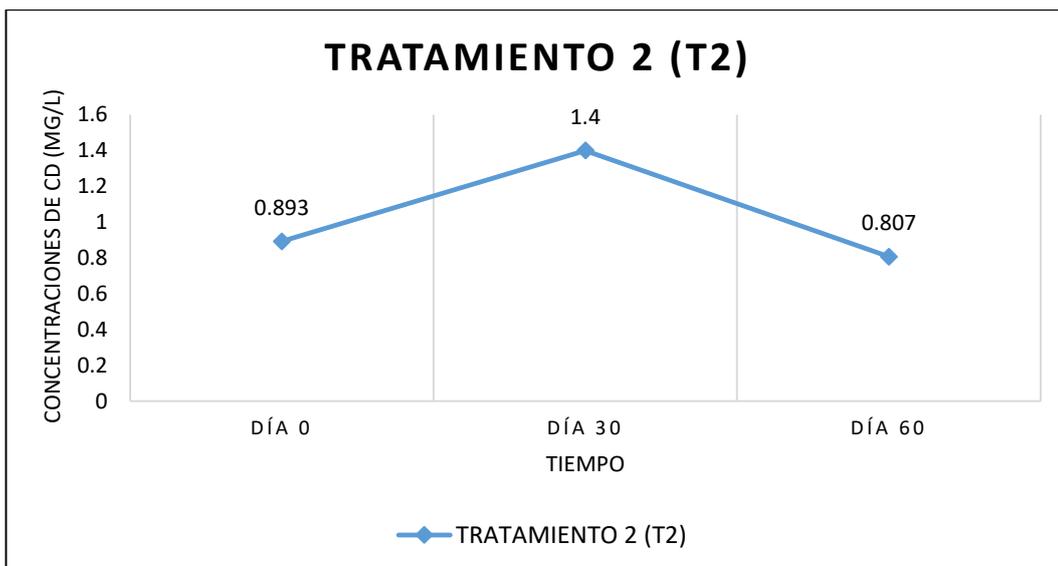


Figura 37. Variación en las concentraciones de Cd en el T2 durante el tiempo

En la figura 37 se muestran los promedios del efecto en las concentraciones de Cadmio en el tratamiento 2 (T2) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 20% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que al día 30 la aplicación de EM no logró reducir las concentraciones de cadmio, obteniendo un resultado de 1.4 mg/l superior al día 0 cuyo indicador fue de 0.893 mg/l, de la misma manera se observa que al día 60 si hubo una reducción en las concentraciones de cadmio disminuyendo en 0.086 mg/l respecto al día 0.

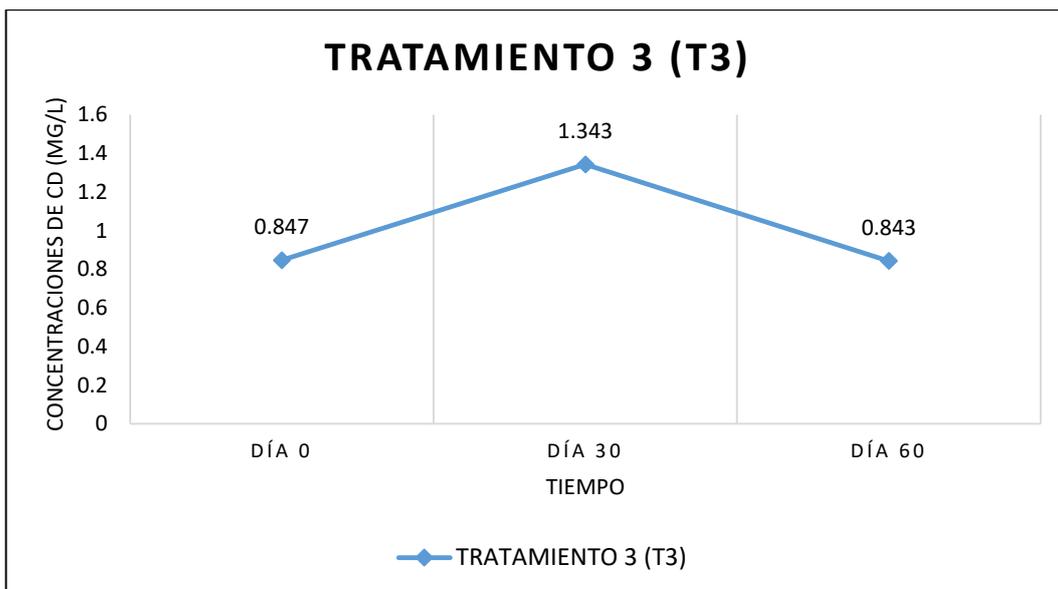


Figura 38. Variación en las concentraciones de Cd en el T3 durante el tiempo

En la figura 38 se muestran los promedios del efecto en las concentraciones de Cadmio en el tratamiento 3 (T3) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 30% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que al día 30 la aplicación de EM no logró reducir las concentraciones de cadmio, obteniendo un resultado de 1.343 mg/l superior al día 0 cuyo indicador fue de 0.847 mg/l, de la misma manera se observa que al día 60 si hubo una reducción en las concentraciones de cadmio disminuyendo en 0.004 mg/l respecto al día 0.

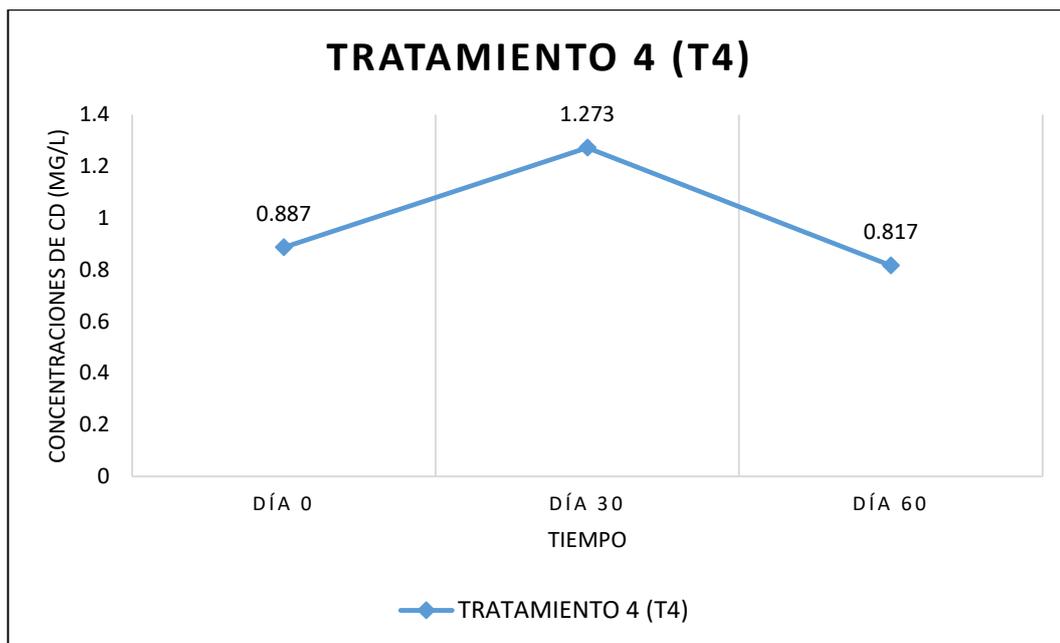


Figura 39. Variación en las concentraciones de Cd en el T4 durante el tiempo

En la figura 39 se muestran los promedios del efecto en las concentraciones de Cadmio en el tratamiento 4 (T4) con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) al 40% en los suelos contaminados por lixiviados del botadero municipal de Pucallpa, en intervalos de 30 días, durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que al día 30 la aplicación de EM no logró reducir las concentraciones de cadmio, obteniendo un resultado de 1.273 mg/l superior al día 0 cuyo indicador fue de 0.887 mg/l, de la misma manera se observa que al día 60 si hubo una reducción en las concentraciones de cadmio disminuyendo en 0.07 mg/l respecto al día 0.

Tabla 9. Variación de medias de las concentraciones de Cadmio durante el tiempo

TRATAMIENTOS	CONCENTRACIONES DE CADMIO DURANTE EL TIEMPO		
	DIA 0	DIA 30	DIA 60
T1	0.833 mg/l	1.443 mg/l	0.793 mg/l
T2	0.893 mg/l	1.4 mg/l	0.807 mg/l
T3	0.847 mg/l	1.343 mg/l	0.843 mg/l
T4	0.887 mg/l	1.273 mg/l	0.817 mg/l

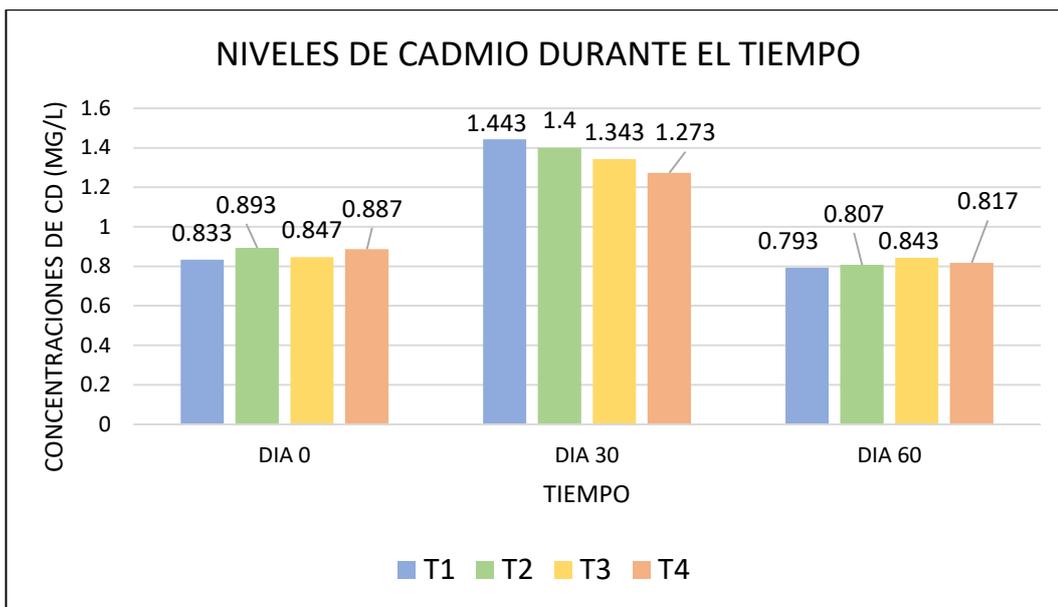


Figura 40. Variación en las concentraciones de Cd en los tratamientos durante el tiempo. En la tabla 9 y figura 40 se muestran los promedios del efecto en las concentraciones de cadmio en los tratamientos aplicados en la investigación durante un periodo total de tiempo de 60 días.

En la cual se puede observar que en el día 0 el tratamiento 2 (T2) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 4, puesto que T2 obtuvo un descenso de 2.016 mg/l respecto a T1, mientras que T4 solo obtuvo un descenso de 0.086 mg/l respecto a T1, y en T3 no se obtuvo un descenso en las concentraciones respecto a T1. Así mismo, se observa que en el día 30 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que T4 obtuvo un descenso de 1.13 mg/l respecto a T1, mientras que T3 obtuvo un descenso de 0.8 mg/l respecto a T1, y en T2 el descenso solo fue de 0.733 mg/l respecto a T1. De igual manera se observa que en el día 60 el tratamiento 4 (T4) tuvo un efecto superior sobre los suelos contaminados por lixiviados a comparación de los tratamientos 3 y 2, puesto que T4 obtuvo un descenso de 4.357 mg/l respecto a T1, mientras que T2 obtuvo un descenso de 3.683 mg/l respecto a T1, y en T3 el descenso solo fue de 3.5 mg/l respecto a T1.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Propiedades Químicas

4.2.1.1. Capacidad de Intercambio Catiónico

El análisis de la capacidad de intercambio catiónico determina que mediante la aplicación de EM con los diferentes tratamientos aplicados en la presente investigación los valores siempre fueron superiores respecto a la muestra inicial o T1 tanto a los 30 días como a los 60 días. Díaz, O *et al.*, (2009) en el trabajo de investigación “Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (acacia melanoxylon) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca” tras la aplicación de EM al 5% sin ningún otro tratamiento adicional determinó que no incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) obteniéndose valores inferiores tanto a los 60 días como a los 120 días con respecto a un suelo testigo, sin embargo, determinó que el tratamiento con mayor CIC es el T8 (compost con mulch, gallinaza, fertilización química y EM).

4.2.1.2. Nitrógeno

El análisis en los suelos contaminados por lixiviados en el botadero municipal de Pucallpa, determina que mediante la aplicación de EM en diferentes concentraciones aporta valores significativos de Nitrógeno sobre estos suelos tanto al día 30 como a los 60 días, obteniendo una variación significativa en el día 30 con T4 (EM al 40%) cuyo porcentaje de Nitrógeno fue de 0.143%, respecto a T1 (muestra testigo) con valores de 0.083%. Ramírez, K *et al.*, (2019), en el trabajo de investigación “Indicadores químicos y microbiológicos del suelo bajo aplicación de microorganismos eficientes en plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.)” utilizaron EM para determinar el efecto de las propiedades químicas del suelo mediante la aplicación de diferentes dosis de EM de 0 (T1), 1 (T2), 2 (T3) y 3 litros/mochila de 20 L (T4); que representaron concentraciones de 0%, 5%, 10% y 15% de EM correspondientemente. Los análisis en las propiedades químicas determinaron valores altamente significativos en el Nitrógeno de 0.092% en T1 a 0.095% en T3.

4.2.1.3. Fósforo

El análisis en los suelos contaminados por lixiviados en el botadero municipal de Pucallpa, determina que mediante la aplicación de EM en diferentes concentraciones aporta valores significativos de Fósforo sobre estos suelos tanto al día 30 como a los 60 días, obteniendo una variación significativa en el día 30 con T4 (EM al 40%) con concentraciones de 4.267 mg/l, respecto a T1 (muestra testigo) cuya concentración fue de 1.467 mg/l, y en el día 60 con T4 (EM al 40%) con concentraciones de 4.9 mg/l, respecto a T1 (muestra testigo) cuya concentración fue de 2.067 mg/l. Coarite, N. & Masco, J. (2019). en el trabajo de investigación “Evaluar los efectos de los microorganismos eficientes (ME) sobre las propiedades químicas del suelo en el distrito de Coata-Puno” mediante la aplicación de EM con los siguientes tratamientos: T0 (testigo o control): 250mL H2O, T1: 10 mL ME + 250mL H2O, T2: 20 mL ME + 250mL H2O y T3: 30 mL ME + 250mL H2O, evaluaron el efecto de los Microorganismos Eficientes sobre las propiedades químicas del suelo en el distrito de Coata. Los resultados muestran que el T2 y T3 presentaron mejores resultados después de aplicar EM, en los 60 días, los resultados pre aplicación de EM determinó que la concentración de Fósforo fue de 19.8 mg/l mientras que en los resultados post aplicación de EM se observa que en T2 los valores incrementaron a comparación del pre muestra (T0) y el T1, cuyo indicador fue de 32.23 mg/l, así mismo se observa que en el T3 el indicador de fósforo fue de 29.27 mg/l.

4.2.1.4. Materia Orgánica

El análisis en los suelos contaminados por lixiviados en el botadero municipal de Pucallpa determina que mediante la aplicación de EM en diferentes concentraciones aporta valores significativos de Materia Orgánica sobre estos suelos tanto al día 30 como a los 60 días, obteniendo una variación significativa en el día 30 con T4 (EM al 40%) cuyo valor de MO fue de 1.817%, respecto a T1 (muestra testigo) con valores de 0.117%. Ramírez, K et al., (2019), en el trabajo de investigación “Indicadores químicos y microbiológicos del suelo bajo aplicación de microorganismos eficientes en plantación de cacao

(*Theobroma cacao* L.)” utilizaron EM para determinar el efecto de las propiedades químicas del suelo mediante la aplicación de diferentes dosis de EM de 0 (T1), 1 (T2), 2 (T3) y 3 litros/mochila de 20 L (T4); que representaron concentraciones de 0%, 5%, 10% y 15% de EM correspondientemente. Los análisis en las propiedades químicas determinaron valores altamente significativos para la MO de 1.570% (T2 y T4) a 1.915% (T3).

4.2.1.5. pH

El análisis de pH determina que la aplicación de EM no tuvo efectos significativos en los suelos contaminados por lixiviados en el botadero municipal de Pucallpa. Así mismo los resultados determinan que independientemente de cada tratamiento los valores siempre adoptaron un comportamiento ascendente durante el periodo de tiempo hasta el día 60, generándose una relación directamente proporcional a la CIC. A comparación de la presente investigación, Díaz, O *et al.*, (2009) en el trabajo de investigación “Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (*acacia melanoxyton*) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca” tras la aplicación de EM al 5% sin ningún otro tratamiento adicional determinó que los indicadores de pH se mantuvieron en forma descendente.

4.2.2. Metales Pesados

4.2.2.1. Plomo

El análisis en las concentraciones de Plomo determina que los niveles no superan los Estándares de Calidad Ambiental para el suelo (ECA SUELO) de 70 mg/l establecidos mediante el DS N° 011-217-MINAM. Del mismo modo, Díaz, B (2018) en el trabajo de investigación “Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del distrito de San Pablo, Tarapoto, Perú” caracterizó el suelo en 3 puntos ubicados dentro del botadero municipal determinó que los tres puntos muestreados no superan los valores establecidos por el ECA (70 mg/l).

Así mismo, los resultados determinaron que mediante la aplicación de EM al 40% los niveles de Plomo a se redujeron los 60 días, alcanzando el

indicador de 16.303 mg/l logrando reducir en 4.357 mg/l respecto a T0 en el día 60. Peña, F. & Beltran, M. (2019) en el trabajo de investigación “Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando *Helianthus annuus* L. en la Estación Experimental el Mantaro” se instaló 03 lotes (A, B, y C) de la estación experimental “EL MANTARO”, de la UNCP, para ello se tomaron muestras de suelos en tres etapas diferentes, antes del cultivo, en el cultivo y después de la cosecha. Los resultados determinaron que los niveles de Plomo solo en el lote A antes de utilizar el Fitoremediador la concentración superó los ECAs para suelos agrícolas (70 mg/l) aun así estos valores variaron de la siguiente manera, lote A de 111.5 a 60.9 mg/l, en el lote B de 54.5 a 39.1 mg/l y en el lote C de 44.2 a 43.6 mg/l.

4.2.2.2. Cadmio

El análisis en las concentraciones de Cadmio determina solo en el día 30 los niveles superan los Estándares de Calidad Ambiental para el suelo (ECA SUELO) de 1.4 mg/l establecidos mediante el DS N° 011-217-MINAM, sin embargo, en el mismo tiempo establecido mediante la aplicación de EM al 40% se logró reducir hasta 1.273 mg/l. Del mismo modo, Díaz, B (2018) en el trabajo de investigación “Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del distrito de San Pablo, Tarapoto, Perú” caracterizó el suelo en 3 puntos ubicados dentro del botadero municipal y determinó que los tres puntos muestreados superan los valores establecidos por el ECA (1.4 mg/l).

Así mismo, los resultados determinaron que no hubo variación significativa entre los valores obtenidos mediante la aplicación de EM, de igual manera se determina que los niveles de Cadmio se redujeron a los 60 días respecto al día 0, donde los indicadores variaron de la siguiente manera: día 0 de 0.833 mg/l a 0.793 al día 60 referente al T0, día 0 de 0.893 mg/l a 0.807 al día 60 referente al T1, día 0 de 0.847 mg/l a 0.843 al día 60 referente al T2 y día 0 de 0.887 mg/l a 0.817 al día 60 referente al T3. Peña, F. & Beltran, M. (2019) en el trabajo de investigación “Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando *Helianthus annuus* L. en la Estación Experimental el

Mantaro” se instaló 03 lotes (A, B, y C) de la estación experimental “EL MANTARO”, de la UNCP, para ello se tomaron muestras de suelos en tres etapas diferentes, antes del cultivo, en el cultivo y después de la cosecha. Los resultados determinaron que en los 3 lotes los niveles de Cadmio superan los ECAs para suelos agrícolas (1,4mg/l) donde los indicadores variaron de la siguiente manera, lote A variando de 4.28 a 2.19 mg/l, lote B de 3.99 a 2.59 mg/l y en el lote C de 3.03 a 3.11mg/l.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se determinó el efecto de los microorganismos eficaces (EM) en suelos contaminados por lixiviados del Botadero Municipal de Pucallpa.
- Se determinó que las concentraciones iniciales de CIC en el suelo, las cuales fueron determinadas por el promedio del tratamiento (T1), al día 0 fue 15.733; en el caso del Nitrógeno fue de 0.083; el Fósforo fue de 2.267; el porcentaje de Materia Orgánica presente en el suelo fue de 0.367; el pH por su parte fue de 3.503.
- Se determinó que las concentraciones iniciales de dos metales; Plomo en el suelo, las cuales fueron determinadas por el promedio del tratamiento (T1), al día 0 fue 24.863 mg/l; en el caso del Cadmio la concentración fue de 0.833 mg/l.
- Las propiedades químicas evaluados en los suelos contaminados por lixiviados en el botadero municipal de Pucallpa tuvieron el siguiente comportamiento: la CIC tuvo un valor mínimo de 15.733 en el día 0, el porcentaje de N inició en 0.083% sin embargo a los 60 días este tuvo un descenso hasta 0.77%, las concentraciones de P tuvieron un valor máximo de 2.267 mg/l en el día 0 y un valor mínimo de 1.467 mg/l en el día 30, el porcentaje de MO inició en 0.367% sin embargo a los 60 días este se redujo hasta 0.117%, el pH tuvo un valor mínimo de 3.943 en el día 0 y un valor máximo de 5.037 en el día 60; determinándose así que, el mejor tratamiento para aumentar la CIC fue el T4 (10 Kg de suelo y EM al 40% a los 30 días) logrando alcanzar un valor máximo de 24.2, el mejor tratamiento en aportar mayores niveles de N fue el T4 (10 Kg de suelo y EM al 40% a los 30 días) logrando alcanzar un valor máximo de 0.143%, el mejor tratamiento para aportar mayores concentraciones en P fue el T4 (10 Kg de suelo y EM al 40% a los 60 días) logrando alcanzar un valor máximo de 4.9 mg/l, el mejor tratamiento en aportar mayores

niveles de MO fue el T4 (10 Kg de suelo y EM al 40% a los 30 días) logrando alcanzar un valor máximo de 1.817%.

- Los niveles de metales pesados evaluados en los suelos contaminados por lixiviados en el botadero municipal de Pucallpa tuvieron el siguiente comportamiento: el Pb tuvo un indicador máximo de 24.863 mg/l en el día 0 y mínimo de 20.66 mg/l en el día 60, el Cd tuvo un indicador máximo de 1.443 mg/l en el día 30 y mínimo de 0.793 mg/l en el día 60; determinándose así que, las concentraciones de Plomo en el suelo no sobrepasaban los ECAs suelo sin embargo, el mejor tratamiento para reducir los niveles de Pb fue el T4 (10 Kg de suelo y EM al 40% a los 60 días, logrando alcanzar un valor mínimo de 16.303 mg/l; del mismo modo se determinó que, a los 30 días las concentraciones de Cadmio en los suelos contaminados por lixiviados en el botadero de Pucallpa llegaron hasta 1.443 mg/l el cual supera los niveles del ECA Suelo (1.4 mg/l), sin embargo, mediante el T4 con la aplicación de EM al 40% se redujo hasta 1.273 mg/l.

5.2. RECOMENDACIONES

- Aplicar microorganismos eficaces sobre suelos contaminados a cielo abierto, ya que enriquecen las propiedades químicas, permitiendo la remediación de suelos y la siembra de cultivos.
- Se recomienda el uso del T4, aplicación de EM al 40%, sobre suelos contaminados por lixiviados de residuos municipales, puesto que en la investigación se ha obtenido mejores resultados frente a los otros tratamientos aplicados en la presente investigación.
- Realizar pruebas experimentales con los suelos obtenidos en la presente investigación, para determinar el efecto y productividad en cultivos.
- Durante la permanencia en los botaderos municipales y durante el muestreo de suelos, se recomienda utilizar los equipos de protección personal necesarios como mascarillas con filtro para gases y vapores por las emisiones de gases presentes en el ambiente, lentes para evitar el contacto directo de lixiviados con los ojos por salpicaduras, manga larga y guantes de nitrilo para evitar con contacto directo con la piel, a fin de prevenir afecciones en la salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, M. (1995). Fundamentos de química de suelos. Caracas. Venezuela: Anauco Ediciones. Obtenido de: <https://books.google.com.pe/books?id=rjeVU6XFajEC&pg=PA41&dq=fases+del+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiQ2I2WoIToAhVwLLkGHZKzCLgQ6AEINjAC#v=onepage&q=fases%20del%20suelo&f=false>
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). (2008). Cadmio. Obtenida por ATSDR en español: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.html
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). (2020). Plomo. Obtenida por ATSDR en español: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts13.html
- Bellver, E. (2020). Contaminación: ¿qué son los lixiviados? Obtenida de: https://tendencias.com/eco/contaminacion-que-son-los-lixiviados/?fbclid=IwAR1UVKBBvALiSvDr5QCK_8YqFsU86KNWgp3IsdOynOJfPaWB0uWFABioZLc
- Bernache, G (2006). CUANDO LA BASURA NOS ALCANCE. Mexico. Obtenida de: https://books.google.com.pe/books?id=bL3Pn7PcFxoC&printsec=frontcover&dq=CUANDO+LA+BASURA+NOS+ALCANCE&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=CUANDO%20LA%20BASURA%20NOS%20ALCANCE&f=false
- Cala, V. y Kunimine, Y. (2003). Distribución de plomo en suelos contaminados en el entorno de una planta de reciclaje de baterías ácidas. Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. (Tesis de investigación). Universidad Autónoma de Madrid., España. Obtenida de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37019301>
- CEPAL/ONU (2010). EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: TENDENCIAS, AVANCES Y DESAFÍOS EN MATERIA DE CONSUMO Y PRODUCCIÓN SOSTENIBLES, MINERÍA, TRANSPORTE, PRODUCTOS QUÍMICOS Y GESTIÓN DE RESIDUOS – pág. 114-115, obtenida de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2941/1/S2010546_es.pdf
- Coarite, N. y Masco, J. (2019). Evaluar los efectos de los microorganismos eficientes (ME) sobre las propiedades químicas del suelo en el distrito de Coata-Puno. (Tesis de pre grado). Universidad Peruana Unión. Perú. Obtenida de: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/2724/Noel%c3%adTrabajo_bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR3kJj7KM2pt6xNxeWO3OZVEOzJu8Hem7UXKejlpYZA21BWgo3400RPt38

- Dalzell, H (1991). Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Roma: Boletín de suelos de la Fao. Obtenida por https://books.google.com.pe/books?id=WgZ47ud_bpoC&pg=PA6&dq=composicion%20del%20suelo&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjVveqWhoToAhUmGbkGHRjDDrgQ6AEIKDAA&fbclid=IwAR07Cg4rkaOAOXwQfj0DI-MQsGsQirlvqQE7Ha1ACP7P3RjHpDSaM11oMGI#v=onepage&q=composicion%20del%20suelo&f=false
- Dendooven, L. (2020). Contaminación del suelo alcanza “altas” concentraciones toxicas. Obtenido de Criterio: <https://criteriohidalgo.com/noticias/contaminacion-del-suelo-alcanza-altas-concentraciones-toxicas-cientifico?fbclid=IwAR2gYhzFOZrnd5nqaoxnua3URMhZsfdSpyiJCnDIwXYdtDzG7alZsLfep0k>
- Díaz, B. (2018). Evaluación de la contaminación del suelo por lixiviados del botadero municipal del distrito de San Pablo, Tarapoto, Perú. (Tesis de pre grado). Universidad Cesar Vallejo. Peru. Obtenida de: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/31560/D%c3%adaz_FB_W.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Díaz, O.; Montero, D. y Lagos, R. (2009). Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (acacia melanoxylon) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca. (Tesis de investigación). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Obtenida de: <https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939612010.pdf>
- Docampo, R., & Silva, A. (s.f). Manejo del suelo y la nutrición mineral. Manual del Duraznero. La planta y la cosecha. INIA las brujas, Monte Video, Uruguay
- EM Producción y Tecnología S.A (EMPROTEC). (s.f). Microorganismos eficaces. Guía de la tecnología de EM. San Juan de Tibás, Costa Rica. Obtenida por: http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin%20Tecnologia%20%20EM.pdf?fbclid=IwAR1e0pwwL9xOamqzqpUuxFmu_JoQdOTZgGbUIWEofP2oSq4DbsH6uHE0wZ0
- Fassbender, H. (1975). Química de suelos: Énfasis en suelos de América Latina. Turrialba. Costa Rica: IICA. Obtenido de: https://books.google.com.pe/books?id=EtIOAQAIAAJ&pg=PA1&dq=composicion%20del%20suelo&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjVveqWhoToAhUmGbkGHRjDDrgQ6AEIMDAB&fbclid=IwAR27MLMA9AuEfzqVoRRSRYelr4d81lu2qZk9fA7qTqnHB_JKnJ-rDZ-jf7Y#v=onepage&q=composicion%20del%20suelo&f=false

- FAYEMI, O. & OJOKOH, A. (2014). The Effect of different fermentation techniques on the nutritional quality of the cassava product (fufu). *Journal of food processing and preservation*. 183-192. Obtenida de : http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093
- Fernández, A. (2006). Fundación Eroski: Información útil y práctica sobre consumo para tu día a día. Contaminación por lixiviados. Obtenido de: <https://www.consumer.es/medio-ambiente/contaminacion-por-lixiviados.html#:~:text=El%20concepto%20de%20lixiviaci%C3%B3n%20se,%20sales%20hierro%20o%20humus>
- Giraldo, E., (2001). Tratamiento De Lixiviados De Rellenos Sanitarios: Avances Recientes. *Revista de Ingeniería* 14. noviembre de 2001. Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería.
- Huiman, A. (2018). La creciente preocupación de los botaderos de residuos sólidos. Obtenido de IINTE: <https://inte.pucp.edu.pe/tema-del-mes/opinion-la-creciente-preocupacion-los-botaderos-residuos-solidos/>
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME). (2002). Determinación de niveles de fondo y niveles de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos de la Comunidad de Madrid. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) Serie: Medio Ambiente. Terrenos contaminados. Nº 2, 167 p
- Jiménez, R. (2017). Introducción a la contaminación de suelo. España: Gráficas Eujoa. Obtenido de: <https://books.google.com.pe/books?id=iZg6DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=que+es+el+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjGoY2FgoToAhW7HLkGHeRPDXyQ6AEIXDAG#v=onepage&q=que%20es%20el%20suelo&f=false>
- Marcano, K. y Delvasto, P. (2016). Contaminación de suelos por metales pesados debido a la presencia de pilas gastadas. (Tesis de investigación). Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela. Obtenida de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376147131005>
- Martínez, F: (2003). Materia orgánica. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Materia_org%C3%A1nica?fbclid=IwAR1H8QseymxhoFM73rkXwmylLjkh2rCDuEsAFkr08o6J2cqzXviNCsFla3w
- MEENA, S. & MEENA, V. (2017). Importance of soil microbes in nutrient use efficiency and sustainable food production. *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture*. Springer, Singapur. Obtenida de:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093

MINAM (2021). La ciudadanía tiene un rol fundamental para impulsar el consume responsable y reducir la generación de residuos sólidos en el país, obtenida de: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/493241-la-ciudadania-tiene-un-rol-fundamental-para-impulsar-el-consumo-responsable-y-reducir-la-generacion-de-residuos-solidos-en-el-pais>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). Guía para el muestreo de suelos. Ministerio del Ambiente. Dirección General de Calidad Ambiental. Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024. Ministerio del Ambiente. Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos. Lima, Perú.

Núñez, J. (1981). Fundamentos de edafología. San José. Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=dpAcHUt7xxoC&pg=PA120&dq=propiedades%20f%C3%ADsicas%20del%20suelo-color&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjW_6mJtYToAhUiHrkGHWQkDkMQ6AEINjAC&fbclid=IwAR3uy11a8UR36Z8yub40loUpaoWaB4dwNJtgH72av4-7qpHFz_Kq-uYfzY#v=onepage&q=propiedades%20f%C3%ADsicas%20del%20suelo-color&f=false

OEFA. (2014). LA FISCALIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS, obtenida de: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=6471#:~:text=rellenos%20de%20seguridad- ,en%20el%20Per%C3%BA,de%20seguridad%20en%20el%20Per%C3%BA. A.

OEFA. (2016). El OEFA constata la inadecuada disposición de basura en el departamento de Ucayali. Obtenido de OEFA Noticias: <https://www.oefa.gob.pe/el-oefa-constata-la-inadecuada-disposicion-de-basura-en-el-departamento-de-ucayali/ocac06/>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2018). OEFA identifica 1585 botaderos informales a nivel nacional. Obtenida de: <https://www.oefa.gob.pe/oefa-identifica-1585-botaderos-informales-nivel-nacional/ocac07/>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2000). Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Roma: Boletín de tierras y aguas de la FAO. Obtenida de <https://books.google.com.pe/books?id=-kZCpFv->

[W1EC&printsec=frontcover&dq=propiedades%20fisicas,%20quimicas%20%20y%20biologicas%20del%20suelo&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwibqyUp4ToAhXTH7kGHUiZAAkQ6AEIbzAJ&fbclid=IwAR306TX8Bv_GfTIH-1rHVw_ukVeLn52dizXWzR8Yj8MK3WilmsxNh8EfEg#v=onepage&q&f=false](http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/)

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2021). Suelo. Obtenido de Portal de suelos de la FAO: <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2021). Propiedades físicas del suelo. Obtenido de Portal de suelos de la FAO: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2021). Propiedades químicas del suelo. Obtenido de Portal de suelos de la FAO: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>

Peña, F.; Beltran, M. (2019). Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando *Helianthus annuus* L. en la Estación Experimental el Mantaro. (Tesis de pre grado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenida de: <http://revistas.uncp.edu.pe/index.php/prospectiva/article/view/34?fbclid=IwAR29uKVQB8QM24P9RwVdTF1jweroaGGuvsbaMBWlrDewM5eSNd6IkIuk65c>

Petraglia, C. y Cayssials, R. (2014). El suelo: Como se conserva, como se destruye. Uruguay. Obtenido de: <https://books.google.com.pe/books?id=RpkgAQAIAAJ&pg=PA1&dq=que+es+el+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjGoY2FgoToAhW7HLkGHeRPDXYQ6AEILTAB#v=onepage&q=que%20es%20el%20suelo&f=false>

Quintero, A.; Valencia, Y. y Lara, L. (2017). Efecto de los lixiviados de residuos sólidos en un suelo tropical. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas. Medellín, Colombia. Obtenida de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49655603036>

Real Academia Española (RAE). (2021). Biorremediación. Asociación de Academias de la Lengua Española. Obtenido de la Real Academia Española: <https://dle.rae.es/biorremediaci%C3%B3n?m=form>

Real Academia Española (RAE). (2021). Lixiviado. Asociación de Academias de la Lengua Española. Obtenido de la Real Academia Española: <https://dle.rae.es/lixiviado?m=form>

- Real Academia Española (RAE). (2021). Melaza. Asociación de Academias de la Lengua Española. Obtenido de la Real Academia Española: <https://dle.rae.es/melaza>
- Raffino, M. (2019). Suelo. Obtenido de Enciclopedia Concepto: <https://concepto.de/suelo/?fbclid=IwAR0ZoUh6mqK50Oad5cwUY3dAWrlzQxFKUafCdy1uBhAHTDIncmHj5aXhZd8>
- Raffino, M. (2020). Contaminación del suelo. Obtenido de Enciclopedia Concepto: <https://concepto.de/contaminacion-del-suelo/>
- Ramirez, K.; Florida, N. y Escobar, R. (2019), Indicadores químicos y microbiológicos del suelo bajo aplicación de microorganismos eficientes en plantación de cacao (Theobroma cacao L.). Distrito de Mariano Dámaso Beraún, las Palmas, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. (tesis de Investigación). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Universidad Nacional del Altiplano. Peru. Obtenida de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S240916182019000200004&script=sci_arttext&fbclid=IwAR33EXEJtsc9YW71TsDI8q-m0fBiCUSjuUySkEVMx1Mqwro84-8yPHiJ62c#f2
- Ramírez, R. (1997). Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Obtenido de Agronet: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf?fbclid=IwAR1E_VVcyK8gEkQvtq-kDIJhI4yN9sVbBEMoxy_931mQNL7v0zhmTyCZ5Ik
- Ramos, J. (2002). Estudio de la contaminación por metales pesados y otros procesos de degradación química en los suelos de invernadero del Poniente Almeriense. Tesis doctoral. Universidad de Almeria, Almeria, España. Obtenida por: https://books.google.com.pe/books?id=EaxMAQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=metales%20pesados&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjQ9ZX8w4ToAhXqGrkGHeLWB0gQ6AEIZjAl&fbclid=IwAR2Pqtm-l-viUFhPttclqwpu_RVs-x2qVzzoIMmgdehmpLhRgDA-qn1z0W8#v=onepage&q=metales%20pesados&f=false
- Rodríguez, N; McLaughlin, M. y Pennock, D. (2019). La contaminación del suelo: Una realidad oculta. Roma. FAO. Obtenida por: <https://books.google.com.pe/books?id=EjumDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=que+es+el+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjGoY2FgoToAhW7HLkGHeRPDXyQ6AEIdzAJ#v=onepage&q=que%20es%20el%20suelo&f=false>

Sampieri, R. H. et al. (2006). Concepción o Elección del Diseño de Investigación. En Metodología de la Investigación Sexta Edición. Pág. 188-192. México: McGrawHill.

Seminis. (2016). Suelo. Obtenido de Seminis: <https://www.seminis.mx/blog-que-es-el-suelo/?fbclid=IwAR3aB2JtWNVNrW6-elsCl-j7eqhR-14L5wnF3hFI2fR3j472MqbB3LFIOVw>

Calidad del Suelo y Agua (SSSA). (2008). Glossary of Soil Science Terms. Soil Science Society of America. Madison, W.I.

Steiner, M. Wiegel, U. (2008). El libro de la basura / una guía básica para la gestión de residuos. European Leonardo Da Vinci Project / Waste TRAINING. Madrid, septiembre de 2008.

Thompson, L y Troeh, F. (1988). Los suelos y su fertilidad. Barcelona: Reverté. Obtenida de https://books.google.com.pe/books?id=AeqjDhEIVAQC&pg=PA82&dq=nu%C3%B1ez%20densidad%20aparente&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj-55rPxoToAhVsJrkGHXThASUQ6AEILzAB&fbclid=IwAR306TX8Bv_GfTIH-1rHVw_ukVeLn52dizXWzR8Yj8MK3WilmsxNh8EfEq#v=onepage&q&f=false

Torres, P., Rodriguez, J., Barba, L., Moran, A., Narváez, J. (2005). Tratamiento anaerobio de lixiviados en reactores UASB. Ingeniería y desarrollo 18 de Julio de 2005 No 18. Ediciones Uninorte. Universidad del Norte, Barranquilla. ISSN 0122 – 3461.

Vásquez, M. (2017). Efecto de los microorganismos eficaces en la calidad fisicoquímica y microbiológica de los lixiviados del relleno sanitario municipal de Cajamarca. (Tesis de post grado). Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenida de: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1197/Efecto%20de%20los%20microorganismos%20eficaces%20en%20la%20calidad%20fisicoquimica%20y%20microbiologica%20de%20los%20lixivi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VURUKONDA, S., GIOVANARDI, D., STEFANI, E. (2018). Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. *International Journal of Molecular Sciences*. Obtenida de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093

YANG, Z., JIANG, Z., HSE, C., LIU, R. (2017). Assessing the impact of wood decay fungi on the modulus of elasticity of slash pine (*Pinus elliottii*) by stress wave non-destructive testing. *International Biodeterioration & Biodegradation*.

Obtenida de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093

Zamorano, M., Garrido, E., Ramos, A. (2007). Diagnóstico ambiental de vertederos de residuos urbanos / teoría y práctica. Universidad de Granada, Granada 2007.

ANEXOS

ANEXO I
TRATAMIENTO DE DATOS POR PARÁMETROS

- **Propiedades químicas**
- ✓ **Capacidad de intercambio catiónico**

Tabla 10. Análisis de medias de la capacidad de intercambio catiónico en T0 durante el

tiempo

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO EN T0						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	15,73333	3	1,451803	14,080	16,800	0,838199
30	21,22667	3	0,789261	20,320	21,760	0,455680
60	16,70667	3	0,966920	15,680	17,600	0,558251
Total	17,88889	9	2,713063	14,080	21,760	0,904354

Tabla 11. Análisis de medias de la capacidad de intercambio catiónico en T1 durante el tiempo

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO EN T1						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	16,37333	3	2,275903	13,760	17,920	1,313993
30	21,44000	3	1,207974	20,320	22,720	0,697424
60	18,89333	3	3,968745	14,400	21,920	2,291356
Total	18,90222	9	3,226584	13,760	22,720	1,075528

Tabla 12. Análisis de medias de la capacidad de intercambio catiónico en T2 durante el tiempo

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO EN T2						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	16,00000	3	0,160000	15,840	16,160	0,092376
30	22,18667	3	1,293265	20,800	23,360	0,746667
60	20,32000	3	1,091238	19,260	21,440	0,630026
Total	19,50222	9	2,876620	15,840	23,360	0,958873

Tabla 13. Análisis de medias de la capacidad de intercambio catiónico en T3 durante el tiempo

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO EN T3						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	15,79333	3	0,098658	15,680	15,860	0,056960
30	24,20000	3	5,478540	17,920	28,000	3,163037
60	19,35333	3	3,556534	15,360	22,180	2,053366
Total	19,78222	9	4,901300	15,360	28,000	1,633767

✓ **Nitrógeno**

Tabla 14. Análisis de medias de Nitrógeno en T0 durante el tiempo

NITRÓGENO EN T0						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	,08333	3	0,025166	0,060	0,110	0,014530
30	,08333	3	0,015275	0,070	0,100	0,008819
60	,07667	3	0,005774	0,070	0,080	0,003333
Total	,08111	9	0,015366	0,060	0,110	0,005122

Tabla 15. Análisis de medias de Nitrógeno en T1 durante el tiempo

NITRÓGENO EN T1						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	,07333	3	0,011547	0,060	0,080	0,006667
30	,11000	3	0,017321	0,100	0,130	0,010000
60	,10667	3	0,005774	0,100	0,110	0,003333
Total	,09667	9	0,020616	0,060	0,130	0,006872

Tabla 16. Análisis de medias de Nitrógeno en T2 durante el tiempo

NITRÓGENO EN T2						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	,07667	3	0,005774	0,070	0,080	0,003333
30	,10333	3	0,015275	0,090	0,120	0,008819
60	,11333	3	0,020817	0,090	0,130	0,012019
Total	,09778	9	0,021082	0,070	0,130	0,007027

Tabla 17. Análisis de medias de Nitrógeno en T3 durante el tiempo

NITRÓGENO EN T3						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	,05667	3	0,041633	0,010	0,090	0,024037
30	,14333	3	0,041633	0,110	0,190	0,024037
60	,12667	3	0,015275	0,110	0,140	0,008819
Total	,10889	9	0,050111	0,010	0,190	0,016704

✓ **Fósforo****Tabla 18.** Análisis de medias de Fósforo en T0 durante el tiempo

FÓSFORO EN T0						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	2,26667	3	0,416333	1,800	2,600	0,240370
30	1,46667	3	0,288675	1,300	1,800	0,166667
60	2,06667	3	0,288675	1,900	2,400	0,166667
Total	1,93333	9	0,463681	1,300	2,600	0,154560

Tabla 19. Análisis de medias de Fósforo en T1 durante el tiempo

FÓSFORO EN T1						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	1,80000	3	0,400000	1,400	2,200	0,230940
30	3,50000	3	0,866025	3,000	4,500	0,500000
60	3,43333	3	0,493288	3,100	4,000	0,284800
Total	2,91111	9	0,991772	1,400	4,500	0,330591

Tabla 20. Análisis de medias de Fósforo en T2 durante el tiempo

FÓSFORO EN T2						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	1,96667	3	0,723418	1,500	2,800	0,417665
30	2,96667	3	0,702377	2,300	3,700	0,405518
60	3,63333	3	0,907377	2,800	4,600	0,523874
Total	2,85556	9	0,993870	1,500	4,600	0,331290

Tabla 21. Análisis de medias de Fósforo en T3 durante el tiempo

FÓSFORO EN T3						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	3,16667	3	0,288675	3,000	3,500	0,166667
30	4,26667	3	0,550757	3,900	4,900	0,317980
60	4,90000	3	0,721110	4,100	5,500	0,416333
Total	4,11111	9	0,896444	3,000	5,500	0,298815

✓ **Materia orgánica**

Tabla 22. Análisis de medias de Materia Orgánica en T0 durante el tiempo

MATERIA ORGÁNICA EN T0						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	,36667	3	0,140119	0,210	0,480	0,080898
30	,11667	3	0,080829	0,070	0,210	0,046667
60	,11667	3	0,040415	0,070	0,140	0,023333
Total	,20000	9	0,150250	0,070	0,480	0,050083

Tabla 23. Análisis de medias de Materia Orgánica en T1 durante el tiempo

MATERIA ORGÁNICA EN T1						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	,41667	3	0,236714	0,280	0,690	0,136667
30	,71333	3	0,040415	0,690	0,760	0,023333
60	,55000	3	0,070000	0,480	0,620	0,040415
Total	,56000	9	0,179444	0,280	0,760	0,059815

Tabla 24. Análisis de medias de Materia Orgánica en T2 durante el tiempo

MATERIA ORGÁNICA EN T2						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	,46000	3	0,240624	0,210	0,690	0,138924
30	1,05667	3	0,241109	0,830	1,310	0,139204
60	,92000	3	0,278388	0,620	1,170	0,160728
Total	,81222	9	0,348811	0,210	1,310	0,116270

Tabla 25. Análisis de medias de Materia Orgánica en T3 durante el tiempo

MATERIA ORGÁNICA EN T3						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	,69000	3	0,140000	0,550	0,830	0,080829
30	1,81667	3	0,379781	1,380	2,070	0,219266
60	1,03667	3	0,179536	0,900	1,240	0,103655
Total	1,18111	9	0,546590	0,550	2,070	0,182197

✓ pH

Tabla 26. Análisis de medias de pH en T0 durante el tiempo

PH EN T0						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	3,94333	3	0,611746	3,260	4,440	0,353192
30	4,49000	3	0,406325	4,030	4,800	0,234592
60	5,03667	3	0,205020	4,800	5,160	0,118369
Total	4,49000	9	0,607845	3,260	5,160	0,202615

Tabla 27. Análisis de medias de pH en T1 durante el tiempo

PH EN T1						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	3,53000	3	0,164621	3,340	3,630	0,095044
30	4,05667	3	0,035119	4,020	4,090	0,020276
60	4,58333	3	0,106927	4,490	4,700	0,061734
Total	4,05667	9	0,466878	3,340	4,700	0,155626

Tabla 28. Análisis de medias de pH en T2 durante el tiempo

PH EN T2						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	3,97333	3	0,581062	3,330	4,460	0,335476
30	4,29000	3	0,260576	4,020	4,540	0,150444
60	4,56667	3	0,124231	4,490	4,710	0,071725
Total	4,27667	9	0,413944	3,330	4,710	0,137981

Tabla 29. Análisis de medias de pH en T3 durante el tiempo

PH EN T3						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	3,87000	3	0,311929	3,510	4,060	0,180093
30	4,58333	3	0,259294	4,400	4,880	0,149703
60	4,87667	3	0,499233	4,460	5,430	0,288232
Total	4,44333	9	0,551793	3,510	5,430	0,183931

- **Metales pesados**

✓ **Plomo**

Tabla 30. Análisis de medias de Plomo en T0 durante el tiempo

PLOMO EN T0						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	24,86333	3	7,322447	20,160	33,300	4,227617
30	22,47333	3	1,272216	21,360	23,860	0,734514
60	20,66000	3	6,904701	15,330	28,460	3,986431
Total	22,66556	9	5,390868	15,330	33,300	1,796956

Tabla 31. Análisis de medias de Plomo en T1 durante el tiempo

PLOMO EN T1						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	22,84667	3	1,985959	20,670	24,560	1,146594
30	21,74000	3	2,055699	20,440	24,110	1,186859
60	16,97667	3	1,680486	15,080	18,280	0,970229
Total	20,52111	9	3,169363	15,080	24,560	1,056454

Tabla 32. Análisis de medias de Plomo en T2 durante el tiempo

PLOMO EN T2						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	25,91000	3	5,452366	20,800	31,650	3,147925
30	21,67333	3	1,114286	20,400	22,470	0,643333
60	17,16000	3	0,773111	16,280	17,730	0,446356
Total	21,58111	9	4,717220	16,280	31,650	1,572407

Tabla 33. Análisis de medias de Plomo en T3 durante el tiempo

PLOMO EN T3						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	24,77667	3	5,491014	19,440	30,410	3,170238
30	21,34333	3	2,346579	18,820	23,460	1,354798
60	16,30333	3	2,072060	13,980	17,960	1,196304
Total	20,80778	9	4,859127	13,980	30,410	1,619709

✓ **Cadmio**

Tabla 34. Análisis de medias de Cadmio en T0 durante el tiempo

CADMIO EN T0						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	,83333	3	0,092376	0,780	0,940	0,053333
30	1,44333	3	0,133167	1,330	1,590	0,076884
60	,79333	3	0,136504	0,700	0,950	0,078811
Total	1,02333	9	0,332791	0,700	1,590	0,110930

Tabla 35. Análisis de medias de Cadmio en T1 durante el tiempo

CADMIO EN T1						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	,89333	3	0,161967	0,790	1,080	0,093512
30	1,40000	3	0,010000	1,390	1,410	0,005774
60	,80667	3	0,055076	0,770	0,870	0,031798
Total	1,03333	9	0,290474	0,770	1,410	0,096825

Tabla 36. Análisis de medias de Cadmio en T2 durante el tiempo

CADMIO EN T2						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	,84667	3	0,277909	0,630	1,160	0,160451
30	1,34333	3	0,176163	1,200	1,540	0,101708
60	,84333	3	0,323161	0,570	1,200	0,186577
Total	1,01111	9	0,339501	0,570	1,540	0,113167

Tabla 37. Análisis de medias de Cadmio en T3 durante el tiempo

CADMIO EN T3						
DÍAS	Media	N	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Error estándar de la media
0	,88667	3	0,257358	0,590	1,050	0,148586
30	1,27333	3	0,179536	1,070	1,410	0,103655
60	,81667	3	0,237136	0,620	1,080	0,136910
Total	,99222	9	0,289904	0,590	1,410	0,096635

ANEXO II
INFORME DE ANALISIS DE SUELOS EN LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : NATHALIE PAOLA PALMA CABRERA
 PROCEDENCIA : UCAYALI/ CORONEL PORTILLO/ PUCALLPA
 REFERENCIA : H.R. 72998
 BOLETA : 4289
 FECHA : 16/11/2020

Lab	CLAVES	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
			meq/100g							
2619	R1-T1	14.08	0.98	1.98	0.85	0.33	7.75	11.89	4.14	29
2620	R1-T2	17.92	1.36	3.60	1.61	0.43	8.35	15.35	7.00	39
2621	R1-T3	16	0.76	1.93	0.56	0.30	9.40	12.96	3.56	22
2622	R1-T4	15.84	1.80	2.30	1.82	0.43	5.45	11.80	6.35	40
2623	R2-T1	16.8	1.28	2.25	1.39	0.31	7.60	12.83	5.23	31
2624	R2-T2	17.44	1.07	2.63	0.84	0.32	9.15	14.01	4.86	28
2625	R2-T3	15.84	1.17	1.85	0.85	0.33	7.55	11.75	4.20	27
2626	R2-T4	15.68	1.62	2.63	1.65	0.46	6.85	13.22	6.37	41
2627	R3-T1	16.32	1.54	2.45	1.47	0.45	6.60	12.51	5.91	36
2628	R3-T2	13.76	0.92	1.42	0.54	0.23	9.35	12.46	3.11	23
2629	R3-T3	16.16	0.85	2.57	0.34	0.26	10.85	14.87	4.02	25
2630	R3-T4	15.84	1.39	1.70	1.39	0.31	6.85	11.65	4.80	30

Lab	CLAVES	Pb	Cd	P	M.O.	N
		ppm	ppm	ppm	%	%
2619	R1-T1	21.13	0.94	1.8	0.41	0.06
2620	R1-T2	23.31	1.08	1.8	0.28	0.06
2621	R1-T3	25.29	1.16	1.6	0.21	0.07
2622	R1-T4	30.41	1.05	3.5	0.83	0.09
2623	R2-T1	33.30	0.78	2.6	0.48	0.11
2624	R2-T2	24.56	0.79	2.2	0.28	0.08
2625	R2-T3	31.65	0.63	2.8	0.69	0.08
2626	R2-T4	19.44	0.59	3.0	0.55	0.07
2627	R3-T1	20.16	0.78	2.4	0.21	0.08
2628	R3-T2	20.67	0.81	1.4	0.69	0.08
2629	R3-T3	20.80	0.75	1.5	0.48	0.08
2630	R3-T4	24.48	1.02	3.0	0.69	0.10



Br. Brulio La Torre Martínez
Ing. Brulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946-505-254
e-mail: labsuelo@unmolina.edu.pe

Figura 41. Análisis de las propiedades químicas y metales pesados al día 0



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
PROCEDENCIA : UCAYALI/ CORONEL PORTILLO/ CALLERIA
REFERENCIA : H.R. 73359
FECHA : 23/12/2020

Lab	Número Muestra		N %	M.O %	Pb ppm	Cd ppm	P ppm
	Claves						
3604	R1	T1	0.10	0.07	23.80	1.59	1.3
3605	R1	T2	0.10	0.78	20.67	1.39	4.6
3606	R1	T3	0.09	0.83	22.15	1.54	2.3
3607	R1	T4	0.11	2.07	21.75	1.34	4.0
3608	R2	T1	0.07	0.21	22.20	1.41	1.3
3609	R2	T2	0.13	0.69	20.44	1.40	3.0
3610	R2	T3	0.10	1.03	22.47	1.29	3.7
3611	R2	T4	0.19	2.00	23.48	1.41	3.9
3612	R3	T1	0.08	0.07	21.36	1.33	1.8
3613	R3	T2	0.10	0.69	24.11	1.41	3.0
3614	R3	T3	0.12	1.31	20.40	1.20	2.8
3615	R3	T4	0.13	1.38	18.82	1.07	4.9



Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
 PROCEDENCIA : UCAYALI/ CORONEL PORTILLO/ CALLERIA
 REFERENCIA : H.R. 73359
 FECHA : 23/12/2020

Lab	CLAVES	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺⁺ + H ⁺			
meq/100g										
3604	R1 T1	20.32	1.93	5.17	1.49	0.77	7.30	16.65	9.35	46
3605	R1 T2	21.28	3.52	5.25	4.85	0.90	4.70	19.23	14.53	88
3606	R1 T3	22.4	3.08	5.27	5.31	1.00	6.20	20.86	14.66	65
3607	R1 T4	26.88	3.24	4.78	6.18	0.77	11.70	26.68	14.96	56
3608	R2 T1	21.6	1.88	4.08	1.37	0.68	8.50	16.52	8.02	37
3609	R2 T2	22.72	3.35	5.40	4.54	1.10	5.05	19.45	14.40	63
3610	R2 T3	20.8	3.22	4.92	4.73	1.06	2.50	16.43	13.93	67
3611	R2 T4	28	5.12	7.98	7.45	1.54	5.90	27.99	22.09	79
3612	R3 T1	21.76	3.16	3.67	2.91	1.37	4.00	15.10	11.10	51
3613	R3 T2	20.32	2.68	5.22	2.56	0.63	6.20	17.29	11.09	55
3614	R3 T3	23.36	3.66	5.43	4.57	1.28	5.20	20.15	14.95	64
3615	R3 T4	17.92	3.60	3.67	4.17	0.76	3.85	16.04	12.19	68



B. La Torre
 Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio

Figura 42. Análisis de las propiedades químicas y metales pesados al día 30



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
 PROCEDENCIA : UCAYALI/ CORONEL PORTILLO/ YARINACCOCHA
 REFERENCIA : H.R. 73575
 BOLETA : 7324
 FECHA : 25/01/2021

Lab	CLAVES	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
			meq/100g							
109	SU-01-1	16.84	1.91	4.53	1.17	0.93	8.30	16.84	8.54	51
110	SU-01-2	14.4	2.32	2.98	2.63	0.92	5.15	14.01	8.86	61
111	SU-01-3	19.26	2.42	4.97	3.83	1.10	6.95	19.26	12.31	64
112	SU-01-4	22.18	3.22	4.97	5.89	0.94	7.15	22.17	15.02	68
113	SU-01-5	15.68	1.59	2.40	1.27	0.97	6.95	13.17	6.22	40
114	SU-01-6	20.36	3.03	5.33	5.51	1.07	5.40	20.36	14.95	73
115	SU-01-7	20.26	2.62	4.48	5.45	1.75	5.95	20.25	14.30	71
116	SU-01-8	15.36	2.38	4.30	4.97	1.25	2.45	15.36	12.91	84
117	SU-01-9	17.6	1.43	2.02	1.11	1.04	7.80	13.40	5.60	32
118	SU-01-10	21.92	2.37	4.50	6.46	1.24	7.35	21.92	14.57	66
119	SU-01-11	21.44	3.25	5.15	6.51	1.68	4.85	21.44	16.59	77
120	SU-01-12	20.52	4.77	4.50	9.20	0.99	1.05	20.51	19.46	95

Lab	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	P ppm	M.O. %	N %
109	SU-01-1	18.19	0.70	1.9	0.14	0.07
110	SU-01-2	16.28	0.78	3.1	0.48	0.10
111	SU-01-3	17.73	0.76	2.8	0.62	0.09
112	SU-01-4	17.96	0.62	4.1	0.97	0.11
113	SU-01-5	28.46	0.73	2.4	0.14	0.08
114	SU-01-6	17.57	0.77	4.	0.62	0.11
115	SU-01-7	17.47	0.57	4.6	1.17	0.12
116	SU-01-8	16.97	0.75	5.1	0.90	0.14
117	SU-01-9	15.33	0.95	1.9	0.07	0.08
118	SU-01-10	15.08	0.87	3.2	0.55	0.11
119	SU-01-11	16.28	1.2	3.5	0.97	0.13
120	SU-01-12	13.98	1.08	5.5	1.24	0.13



Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Vialón No Directo: 349-5622
 Celular: 980-505-254
 e-mail: labsuelo@la.molina.edu.pe

Figura 43. Análisis de las propiedades químicas y metales pesados al día 60

ANEXO III
EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS



Figura 44. Excavación de calicatas



Figura 45. Pesado de las muestras de suelos obtenidos de las calicatas



Figura 46. Equipo para la aplicación de EM activados



Figura 47. Toma de muestras para análisis de laboratorios



Figura 48. Medición de pH



Figura 49. Autores de la Tesis