Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Aplicación de carbón vegetal para el tratamiento y aprovechamiento de lixiviado generados en la compostera de la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho, 2025

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autora

Evelin Beatriz Tena Pantoja

Asesora

Mg. Hellen Yahaira Huertas Pomasoncco

Hellen Y. Huertas Pomasoncco
ING. AMBIENTAL
CIP:153068

Huacho - Perú

2026

Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.

UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

INFORMACIÓN DE METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	**DNI**	**FECHA DE SUSTENTACIÓN**
Evelin Beatriz Tena Pantoja	75712440	14/09/2026
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	**DNI**	**CÓDIGO ORCID**
Hellen Yahaira Huertas Pomasoncco	46741141	https://orcid.org/0000-0002-4204-7320
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	**DNI**	**CODIGO ORCID**
Elia Clorinda Andrade Giron	15647991	https://orcid.org/0000-0002-2126-7869
Alexander Jorge Torres Anaya	44613470	https://orcid.org/0009-0007-4146-8848
Edwin Rafael Rodríguez Bolívar	45660115	https://orcid.org/0009-0009-4907-0804

2026-066165 EVELIN BEATRIZ TENA PANTOJA

Aplicación de carbón vegetal para el tratamiento y aprovechamiento de lixiviados generados en la compostera d...

UI-FIAIAyA PREGRADO 2026

Unidad de Investigación FIAIAYA-2026

Facultad de Ingenieria Agrarias, Industrias Alimentarias y Ambiental

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3626986761

Fecha de entrega
13 ago 2026, 2:08 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
13 ago 2026, 2:26 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
BORRADOR.pdf

Tamaño del archivo
5.8 MB

112 páginas

21.100 palabras

117.177 caracteres

20% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

19% Fuentes de Internet
4% Publicaciones
12% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

DEDICATORIA

Primeramente, doy gracias a Dios por darme la sabiduría, fortaleza y la perseverancia en cada etapa de mi formación académica.

A mi familia, por su apoyo constante e incondicional, que a sido mi mayor motivación para culminar esta investigación.

A mis docentes y asesores, que con su orientación y conocimiento hicieron parte del desarrollo de este trabajo.

Finalmente, doy gracias a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, por brindarme todas las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional

TENA PANTOJA, EVELIN BEATRIZ

AGRDECIMIENTO

A Dios, por regalarme la vida, acompañarme en cada paso y darme la fuerza para continuar incluso en los momentos difíciles.

A mi familia, por su apoyo constante, y mi mayor soporte emocional a lo largo del desarrollo de este proyecto.

TENA PANTOJA, EVELIN BEATRIZ

ÍNDICE

DEDICATORIA……...v
AGRADECIMIENTO……..vi
INDICE GENERAL……vii
INDICE DE TABLAS …… x
INDICE DE FIGURAS……...xii
RESUMEN……..xiv
ABSTRACT……xv
INTRODUCCION……..xvi
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....18
1.1. Descripción de la realidad problemática 18
1.2. Formulación del problema 19
1.2.1. Problema general..... 19
1.2.2. Problemas específicos 19
1.3. Objetivos de la Investigación..... 20
1.3.1. Objetivo general..... 20
1.3.2. Objetivos específicos..... 20
1.4. Justificación de la investigación..... 20
1.4.1. Justificación teórica..... 20
1.4.2. Justificación social 21
1.4.3. Justificación practico..... 21
1.4.4. Justificación metodológica 21
1.5. Delimitación del estudio 21
1.5.1. Delimitación espacial 21
1.5.2. Delimitación Temporal..... 21
1.6. Viabilidad del estudio..... 21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....22
2.1 Antecedentes de la Investigación..... 22
2.1.1 Antecedentes Internacionales 22

2.1.2 Antecedentes Nacionales 24
2.2 Bases teóricas 27
2.2.1 Residuos orgánicos 27
2.2.2 Compostaje 28
2.2.2.1 Fases del proceso de compostaje 28
2.2.2.2 Sistemas de compostaje 28
2.2.3 Lixiviados 29
2.2.3.1 Características de los Lixiviados 30
2.2.3.2 Nutrientes en Lixiviados de Compost 31
2.2.3.3 Índice de biodegradabilidad 32
2.2.4 Carbón vegetal 32
2.4.4.1 Efecto del carbón vegetal 33
2.4.4.2 Propiedades del carbón vegetal 34
2.2.5 Generalidades del cultivo 34
2.2.5.1 Practica Agrícola 35
2.2.5.2 Producción 35
2.2.5.3 Cosecha y Pos cosecha 35
2.3 Bases filosóficas 36
2.4 Definición de términos básicos 37
2.5 Formulación de la hipótesis 39
2.5.1 Hipótesis General 39
2.5.2 Hipótesis específicas 39
2.6 Operacionalización de variables 40
CAPÍTULO III. METODOLOGIA 41
3.1 Diseño metodológico 41
3.1.1 Ubicación 41
3.1.2 Características del área experimental 43
3.1.3 Tratamientos 46

3.1.4 Diseño de la investigación.....47
3.1.5 Tipo de la investigación 47
3.1.6 Enfoque de la investigación 47
3.1.7 Nivel de la investigación 47
3.2 Población y muestra 48
3.2.1 Población 48
3.2.1 Muestra.....48
3.3 Técnica de recolección de datos.....49
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información.....51
3.4.1 Tabla estadística.....41
3.4.2 Gráfico estadísticas 51
CAPITULO IV. RESULTADOS……...52
4.1 Análisis de resultados ……...52
4.1.1 Características fisicoquímicas del lixiviado en la etapa de pre tratamiento……52
4.1.2 Efecto del uso de diferentes dosis de carbón vegetal ……54
4.1.3 Resultados del rendimiento del cultivo de Lactuca semana 5……57
4.1.4 Resultados del rendimiento del cultivo de Lactuca semana 12……..59
4.2. Contrastación de hipótesis ……...62
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN……..70
5.1. Discusión de resultados……70
CAPITULO VI. CONCLUSIONES YRECOMENDACIONES……...74
6.1 Conclusiones……74
6.2. Recomendaciones……....76
CAPITULO VII. REFERNCIAS BIBLIOGRAFICAS……..77
ANEXOS**……..81**

INDICE DE TABLA

Tabla 1: Concentración de nutrientes en los lixiviados de compost 31

Tabla 2:Valores de la relación DBO5/DQO que indican el nivel de biodegradabilidad.32

Tabla 3 :Operacionalización de las variables de investigación.....40

Tabla 4: Parámetros del lixiviado que se evaluara en el laboratorio.....48

Tabla 5: Aplicación de diferentes dosis para el tratamiento de lixiviado.....49

Tabla 6:Resultado de los parámetros analizados en lixiviados en el pretratamiento 52

Tabla 7: Valores de la relación DBO5 / DQO indican el nivel de biodegradabilidad ... 53

Tabla8: Resultados del análisis de DBO5 de lixiviados tratados.....54

Tabla 9: Resultados del análisis de DQO de lixiviados tratados.....55

Tabla 10: Resultados del análisis de pH del lixiviado tratado.....56

Tabla 11: Resultado del análisis de Eschirichia Coli del lixiviado tratado 57

Tabla 12: Porcentaje de eficacia de remoción de los contaminantes 61

Tabla 13: Resultado de remoción del DBO5.....63

Tabla 14: Prueba normalidad de Shapiro Wilk para DBO5.....63

Tabla 15: Análisis de Varianza de DBO5 64

Tabla 16: Prueba Tukey para DBO5 64

Tabla 17: Resultado de remoción del DQO.....65

Tabla 18: Prueba normalidad de Shapiro Wilk para DQO.....65

Tabla 19: Análisis de Varianza de DQO 66

Tabla 20: Prueba Tukey para DQO 66

Tabla 21: Prueba normalidad de Shapiro wilk para pH.....67

Tabla 22: Análisis de Varianza de pH.....68

Tabla 23: Prueba Tukey para pH.....68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de fases del proceso de compostaje 29

Figura 2: Formas de presentación del carbón vegetal 33

Figura 3: Lactuca Sativa L. variedad 34

Figura 4: Ubicación de la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 42

Figura 5: Croquis del proceso de compostaje y ubicación de las pilas.....43

Figura 6: Croquis del diseño completamente al Azar (DCA) 44

Figura 7: Croquis de una parcela experimental de Lactuca sativa 45

Figura 8: Diagrama de flujo para el procedimiento de tratamiento de lixiviados 46

Figura 9: Diagrama de flujos de la metodología del proyecto.....47

Figura 10. DBO5 obtenido por cada tratamiento de lixiviado tratado 54

Figura11. DQO obtenido por cada tratamiento de lixiviado tratado.....55

Figura 12. pH obtenido por cada tratamiento de lixiviado tratado.....56

Figura 13. Comportamiento promedio del tamaño (cm) de la lechuga durante 5 semanas en Fertilizante comercial y cada tratamiento 58

Figura 14. Comportamiento promedio del número de hojas de la lechuga durante 5 semanas en testigos, fertilizante comercial y cada tratamiento.....59

Figura 15. Resultados finales del tamaño de la lechuga semana 12 60

Figura 16. Resultados finales del número de hojas de la lechuga semana 12.....60

Figura 17. Resultado del peso de la lechuga en la cosecha semana 12.....61

Figura 18. Planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 101

Figura 19. Recolección de muestra de lixiviado inicial en la planta de valorización de residuos orgánicos 101

Figura 20. Envió de muestra del lixiviado inicial al laboratorio ANALYTICAL LABO – RATORY E.I.R.L.....102

Figura 21. Preparación para tratar el lixiviado 103

Figura 22. Peso de las diferentes dosis de carbón vegetal para el tratamiento de lixiviado

Figura 23. Tratamiento del lixiviado con carbón vegetal durante 8 semanas 103

Figura 24. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 1 aplicando los tratamientos

Figura 25. Control de crecimiento de Lactuca sativa en la variedad capitata 104

Figura 26. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 3 105

Figura 27. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 4 105

Figura 28. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 5 106

Figura 29. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 6 106

Figura 30. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 7 107

Figura 31. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 8 108

Figura 32. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 9 109

Figura 33. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 10 109

Figura 34. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 11 110

Figura 35. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 12 111

Figura 37. Envió de muestra de lixiviado tratado con diferentes dosis de carbón vegetal al laboratorio ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L 112

RESUMEN

Objetivo: Determinar la efectividad del carbón vegetal en el tratamiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2025. **Metodología:** Tipo de investigación aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental y alcance explicativo. La población de la investigación fue el lixiviado procedente del proceso de compostaje que tuvo como muestra 8 litros de lixiviado. **Resultados**: El DQO disminuyo progresivamente, T3 al 25% de carbón vegetal (29 274,5mg/L), T2 al 50% de carbón vegetal (27 414.7mg/L) y el T1 al 100% de carbón vegetal (24 018.8 mg/L), DBO_5 T3 al 25% de carbón vegetal (13 942.9/L), T2 al 50% de carbón vegetal (12 462.7mg/L) y el T1 al 100% de carbón vegetal (10 921.9 mg/L), pH T3 al 25% de carbón vegetal (9.70), T2 al 50% de carbón vegetal (9.66) y el T1 al 100% de carbón vegetal (8.59) y se removió al 98.62% a la bacteria de Escherichia Coli. **Conclusión**: Se evidencio que el uso de carbón vegetal es efectivo para el tratamiento de lixiviado generado en el proceso de compost, es una solución sostenible y de bajo costo, promoviendo prácticas amigables con el medio ambiente y responsables con la gestión de residuos sólidos.

Asimismo, este enfoque abre nuevas posibilidades de aprovechar el lixiviado tratado con carbón vegetal como fertilizante para las plantas representativas de la localidad.

Palabra clave: lixiviados, carbón vegetal, proceso de compostaje, planta de valorización tratamiento.

ABSTRACT

Objective: To determine the effectiveness of charcoal in treating the leachate generated during the composting process at the Huacho organic waste recovery plant from 2025. **Methodology:** This is an applied research study with a quantitative approach, experimental design, and explanatory scope. The research population consisted of leachate from the composting process, with a sample of 8 liters of leachate. Results: COD decreased progressively, T3 at 25% charcoal (29,274.5 mg/L), T2 at 50% charcoal (27,414.7 mg/L) and T1 at 100% charcoal (24,018.8 mg/L), BOD5 T3 at 25% charcoal (13,942.9 mg/L), T2 at 50% charcoal (12,462.7 mg/L) and T1 at 100% charcoal (10,921.9 mg/L), pH T3 at 25% charcoal (9.70), T2 at 50% charcoal (9.66) and T1 at 100% charcoal (8.59) and 98.62% of the Escherichia coli bacteria was removed. **Conclusion**: It was shown that the use of charcoal is effective for treating leachate generated in the composting process. It is a sustainable and low-cost solution, promoting environmentally friendly and responsible solid waste management practices.

Furthermore, this approach opens up new possibilities for using the leachate treated with charcoal as fertilizer for representative plants of the locality.

Keywords: leachate, charcoal, composting process, waste-to-energy plant, treatment.

INTRODUCCION

En la actualidad a nivel mundial se generan 2.000 millones de toneladas/año de residuos, el 50% son orgánicos. En América Latina, se generan 200 millones de toneladas/año; 100 millones de toneladas/año son residuos orgánicos biodegradable Villada (2022). En el Perú se generan cada día un promedio de 24 mil toneladas de residuos sólidos, el 56.67% son residuos orgánicos Servindi (2024).

(Suero, 2022), actualmente en el Perú las municipalidades fomentan el aprovechamiento de residuos orgánico a través del compost. Durante el proceso de compostaje se generan como subproducto el lixiviado, si no se manejan adecuadamente los lixiviados pueden generar impacto negativo al ambiente.

Por ello mismo, Córdova y Taype (2023), manifiesta que el proceso de compostaje se ha convertido en la mejor gestión para disminuir el volumen de los residuos de los vertederos y rellenos sanitarios, es una de las formas actuales que están a la orden de la personas que lo necesiten usar el lixiviado generado de compost provenientes de residuos orgánicos en fertilizante orgánicos, lo que contribuye en gran manera, para los agricultores, quienes ven una solución para su siembras de manera natural, orgánica, amigable con el medio ambiente y económico.

La investigación se desarrolla experimentalmente, empleando un método fácil y económico, en base a la aplicación de carbón vegetal para el tratamiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho. Una vez tratado el lixiviado aprovecharlo como fertilizante orgánico para el cultivo de Lactuca sativa en la variedad capitata.

En el capítulo I se describe el planteamiento del problema que provocan los lixiviados generados en la planta de valorización, los cuales generan un impacto negativo al ambiente y al suelo, además se plantean los objetivos de la investigación, asociados a la caracterización fisicoquímica y microbiológica del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho. Asimismo, determinar la efectividad del carbón vegetal en el tratamiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho. Además, se exponen las hipótesis que afirman el carbón vegetal es efectivo para el tratamiento de lixiviado generado en el proceso de compostaje de la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho, los resultados de la caracterización microbiológica del lixiviado generado en el proceso de

compostaje de la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho , superarían los 50 NMP/100ml de la bacteria Escherichia Coli y comprobar si existen diferencias significativas en el uso de diferentes dosis de carbón vegetal para el tratamiento de lixiviado, además de su rendimiento del fertilizante liquido cuando se aplica al cultivo Lactuca Sativa en la variedad capitata obtenido a partir del tratamiento 1 del lixiviado con el carbón vegetal en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho.

En el capítulo II se describen los antecedentes de la investigación, así como la revisión bibliográfica, literatura enfocada en los términos de compostaje, lixiviados, fertilizante orgánico, residuo líquido y carbón vegetal.

En el capítulo III se presentan la metodología y alcance de la investigación, asimismo se describe el método experimental que empieza con la recolección de la muestra del lixiviado para su caracterización fisicoquímica y microbiológica, se describe el tratamiento de los lixiviado con diferentes dosis de carbón vegetal, seguidamente se presenta el diseño de la investigación, tipo y enfoque, población, muestra, técnica y recolección de datos.

En el capítulo IV, se detallan los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica y microbiológica del lixiviado inicial y posterior al tratamiento del lixiviado con carbón vegetal, asimismo se realiza la prueba de hipótesis.

En el capítulo V, se detalla la discusión y se llega a la conclusión que el uso de carbón vegetal es efectivo para el tratamiento de lixiviado generado en el proceso de compostaje de la planta de valorización de residuos orgánicos y el rendimiento del cultivo de Lactuca sativa en la variedad Capitata, es favorable al aplicar el fertilizante orgánico.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En los últimos años se ha visto que a nivel mundial los lixiviados han generado problemas, lo cual ha aumentado de manera brusca. Por ello mismo, Diaz (2023) manifiesta que los lixiviados se generan por la filtración de agua a través de los desechos, llevando consigo componentes del sólido al líquido. Estos líquidos residuales son altamente contaminantes y generan impacto negativo al ambiente. Según el INEI- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020). Destaca un reciente estudio sobre la importancia del tratamiento del lixiviado en las plantas de compostaje, ya que este tipo de residuos líquidos es altamente contaminante, representa un riesgo ambiental, esto se debe a su carga de nutrientes, metales pesados y otros contaminantes orgánicos e inorgánicos. El manejo apropiado de estos lixiviados es crítico, debido al aumento de instalaciones de plantas de compostaje en todo el mundo, que generan grandes volúmenes de lixiviado y carecen de soluciones completas para su tratamiento efectivo Roy et al. (2020).

En el Perú se generan al día un promedio de 24,643.19 toneladas de residuos sólidos municipales Servindi (2024). La composición de los residuos municipales son los siguientes:8.94% peligrosos, 12.46% no aprovechables, 21.94% inorgánicos, 56.67% orgánico Sigersol (2024). Hoy en día las municipalidades buscan implementar una economía circular con estos residuos orgánicos por medio del compostaje, pero no se toma en cuenta los lixiviados que se generan durante el proceso. Al humedecer las pilas de compostaje, se añade agua, y con la descomposición de la materia orgánica se producen lixiviados con altas concentraciones de carga orgánica, que emiten un olor a putrefacción y fomentan la proliferación de vectores.

La municipalidad provincial de Huaura, en el distrito de Huacho se aprovechan cerca de 90 ton/mes de residuos orgánicos lo que equivale a un promedio diario de 3 toneladas, por medio del compost, que tiene lugar en la Planta de Valorización de Residuos Orgánicos Huacho, ubicada en el Relleno Sanitario Acisclo Salas Ariza donde se producen aproximadamente 1000 litros/mes de lixiviados en la que se observa que aún no está recibiendo un manejo y tratamiento adecuado, solo lo recirculan en las pilas de compostaje.

Aunque la cantidad de lixiviado que se genera en la planta de valorización no sea excesiva, es importante que se realice un tratamiento, ya que, si a largo plazo se incrementa la cantidad de toneladas de residuos orgánicos, se cuente con un plan de manejo y aprovechamiento de lixiviados en la municipalidad, ya que una mala disposición de estos pueda contaminar los recursos de suelo, agua y aire. Por lo antes descrito, el presente trabajo de investigación tiene como finalidad proponer una metodología para el tratamiento del lixiviado con el carbón vegetal, ya que el carbón vegetal tiene una gran capacidad de remover contaminantes Rodríguez y Molina (2018). Asimismo, aprovecharlo como fertilizante orgánico para la producción de hortalizas de tallo corto como la *Lactuca sativa L*. en la variedad de *Capitata*. Según la (FAO 2013), los lixiviados generados en el proceso de compostaje son biofertilizantes líquidos orgánicos y están compuestos por nutrientes y microorganismos beneficiosos para el suelo y la plantas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del uso de carbón vegetal para el tratamiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024- 2025?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas y microbiológicas del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024 - 2025?
- ¿Cuál es la dosis optima de carbón vegetal para el tratamiento de los lixiviados generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024 - 2025?
- ¿Cuál es el rendimiento del cultivo de Lactuca sativa L. en la variedad de Capitata al aplicar el fertilizante orgánico obtenido a partir del lixiviado tratado con carbón vegetal en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024 - 2025?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la efectividad del carbón vegetal en el tratamiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024 - 2025.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar fisicoquímica y microbiológica el lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024 - 2025.
- Determinar la dosis optima de carbón vegetal para el tratamiento de lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024- 2025.
- Evaluar el rendimiento del cultivo de Lactuca sativa en la variedad Capitata mediante la aplicación del fertilizante orgánico obtenido a partir del lixiviado tratado con carbón vegetal en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024-2025.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación teórica

La investigación a nivel teórico se justifica, ya que en la actualidad existe una fuerte preocupación ambiental del impacto negativo que produce el lixiviado, ya que este residuo líquido contamina los recursos como agua, aire y suelo, pero si se logra dar un manejo adecuado e incluso aprovechamiento de este sub producto que se generan en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho se reduciría significativamente el impacto negativo al ambiente.

1.4.2. Justificación social

La investigación aporta soluciones en la disminución del mal olor que generan los lixiviados sin tratamiento, siendo un foco atractivo para moscas, mosquitos, ratas afectan a los trabajadores directamente que están laborando en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho.

La investigación en el tema de lixiviados en el Perú es muy escasa, por eso es de suma importancia que las municipalidades deban incentivar a su investigación y buscar alternativas de tratamiento y por qué no también su aprovechamiento ya que este residuo liquido contiene altas concentraciones de nutrientes beneficiosos tanto para el suelo como también para las plantas.

1.4.3. Justificación practico

Los resultados que se obtengan en esta investigación permitirá a las autoridades involucradas a contar con una herramienta y técnica, en la toma de decisiones respecto al adecuado manejo de los lixiviados generado como sub producto del

proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho, asimismo una vez tratada esto se pueda aprovechar como fertilizante orgánico permitiendo un mayor rendimiento en cultivos tradicionales de la localidad como son las hortalizas ,lechuga , maíz, fresas, ,tomates y entre otros.

1.4.4. Justificación metodológica

El tratamiento del lixiviado con carbón vegetal se desarrollará en un sistema simple y bajo costo, siendo esto es una técnica eficaz y una de las tecnologías económica y accesible para muchos municipios en la que quieran replicar.

1.4.5. Delimitación del estudio

1.4.6. Delimitación espacial

El presente proyecto de investigación se desarrollará en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho ubicado en el relleno sanitario Acisclo Salas Ariza de la provincia de Huaura con la siguiente coordenada por el este 219581.00 m y norte 8777653.00 m, ubicado en el distrito de Huaura, provincia de Huaura, departamento de Lima.

1.4.7. Delimitación Temporal

El presente proyecto de investigación se desarrollará en los meses comprendidos entre septiembre del 2024 a diciembre del 2025.

1.4.8. Viabilidad del estudio

El presente proyecto se realizará con financiamiento propio y con el apoyo del municipio para poder realizar los estudios y las visitas a la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho y con la guía de un equipo de expertos del municipio.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

López y Novillo (2024), en su tesis desarrollada en Argentina, titulada "Uso de lixiviado de raquis de banana como fertilizante". Cuyo objetivo fue determinar características fisicoquímicas y microbiológica del lixiviado, producido bajo condiciones controladas en la provincia de Formosa y analizar los efectos de su aplicación sobre un cultivo hortícola. Metodología, se utilizó un diseño experimental, enfoque cuantitativo totalmente aleatorizado, con unidades experimentales compuestas por 15 macetas y tres repeticiones por tratamiento, se instaló un ensayo con plantas de lechuga (Lactuca sativa), en macetas, sobre el que se aplicó el lixiviado evaluado. El resultado del lixiviado son los siguientes: pH= 8,2; CE= 18,9 $dS.m^{-1}$; nitrógeno total 392,0 mg. L^{-1}, fósforo 124 mg. L^{-1} y 4 871,9 mg. L^{-1} de potasio, presenta ausencia de coliformes totales. Llegando a la conclusión la ausencia de coliformes totales permite su utilización segura en cultivos de hoja y de tallo corto, las plantas tratadas con lixiviado presentaron diferencias significativas en altura y número de hojas a la cosecha.

Ahmad (2022) en su tesis desarrollada en Omán, titulada "Revisión crítica de las tecnologías de tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios de residuos sólidos municipales desarrollada a escala de laboratorio". Cuyo objetivo fue realizar una revisión crítica sobre las tecnologías de tratamiento de lixiviados generados en botaderos municipales a escala laboratorio. Su metodología es no experimental y de carácter cualitativo, puesto que recolecta la metodología y resultado de otras investigaciones. Dentro de sus resultados demuestra que la adsorción mediante el proceso fisicoquímico, resulta ser una de las mejores opciones por ser bastante económica y eficientes a comparación de otras tecnologías para tratar lixiviados, ya que normalmente presenta una composición a partir de desechos orgánicos. El adsorbente con más capacidad es el carbón vegetal, por su afinidad a los metales pesados. Conclusión el investigador de acuerdo a la revisión bibliográfica afirma que los adsorbentes más utilizados son la fronda de plátano, café molido, semilla de tamarindo, residuo de caña y cascarilla de arroz. Todos evidenciaron su capacidad para eliminar DQO y NH3 - N, Fe y fosfatos, por lo que su aplicación en lixiviados

es recomendada.

Rohers (2021), en su tesis desarrollada en Brasil, titulada “Pretratamiento físico-químico del lixiviado bruto de vertederos sanitarios mediante filtración ascendente directa” cuyo objetivo fue determinar el efecto de la filtración directa de lixiviados procedentes del tanque de ecualización de lixiviados del municipio de Biguaçu. Metodología, diseño experimental, enfoque cuantitativo, los estudios fueron realizados a nivel de laboratorio utilizando un lecho filtrante de arena y carbón vegetal, la filtración fue en flujo ascendente. Entre los resultados más importantes se menciona la eliminación de metales, 74% para la DQO, 47% para la DBO5, 93% para el color y 90% para el amoníaco. Conclusión el buen desempeño de la filtración ascendente directa con filtros de arena y carbón vegetal para el tratamiento de lixiviado de vertederos, demostró eficiencia en la remoción del 60-96% de los contaminantes.

Medina (2020), en su tesis desarrollada en Honduras, titulada “Análisis de la implementación de biofiltros para el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje”. Cuyo objetivo fue identificar las características fisicoquímicas de los lixiviados generados en el proceso de compostaje y sus contaminantes mayoritarios y describir los tratamientos convencionales aplicados para la remoción de los contaminantes presentes en los lixiviados de compostaje. Metodología la investigación se sustentó por una revisión literaria, incluyendo revistas científicas, que permitieron la recopilación y análisis de información sobre la aplicabilidad de biofiltros para la remoción de contaminantes presentes en el lixiviado. De acuerdo a los resultados recopilados para diferentes muestras de lixiviados obtenidos de sistema abiertos y cerrados. Los valores revelan que el contaminante mayoritario es la materia orgánica, expresado en términos de las concentraciones de DBO_5 y DQO. Asimismo, el fosforo y nitrógeno se perfilan como los principales nutrientes presentes en el lixiviado generado en el proceso de compostaje, asimismo la importancia de resaltar la relación entre DBO_5 /DQO para determinar la aplicación de tratamientos biológicos de acuerdo a su biodegradabilidad ya que su relación muestra resultados mayores de 0.4, el lixiviado tiene un alto grado de biodegradabilidad de la materia orgánica. Conclusión la caracterización de lixiviados generadas en el proceso de compostaje demuestra que los componentes mayoritarios son la materia orgánica, nitrógeno y metales; estos

representan un impacto al ser descargados en el entorno sin la aplicación de un tratamiento apropiado, asimismo los tratamientos convencionales que reportaron una mayor eficiencia en el tratamiento de lixiviados de composteras se enfocan en la reducción de la materia orgánica por tratarse del contaminante mayoritario presente en el residuo, pero se requiere la aplicación de varias etapas, como las de biorreactores anaerobios y filtración de membrana, para alcanzar el cumplimiento de las metas de reducción de contaminantes de forma integral.

García (2019), en su tesis desarrollada en Colombia, titulada "Manejo y Tratamiento de Lixiviados en Rellenos Sanitarios: Revisión bibliográfica y Experiencia en Planta de Tratamiento de Lixiviados de Navarro", cuyo objetivo fue realizar un análisis documental riguroso para identificar diferentes técnicas destinadas al procesamiento de efluentes líquidos en rellenos sanitarios. La estrategia metodológica corresponde es de carácter cualitativo y no experimental al estar sustentado en un análisis documental. Resultados, según la búsqueda y revisión rigurosa bibliográfica, se encuentra que las características fisicoquímicas dependen del tiempo que tienen en la intemperie (edad) y de ello dependerá el tipo de tratamiento que debe tener porque mientras más tiempo tenga el lixiviado, será más complicado de tratar y por ende será más costoso. El investigador toma como referencia el Vertedero de Navarro – Santiago de Cali, bibliográficamente encuentra que los lixiviados exhibieron DQO:3444 mg/L, DBO:198 mg/L. Asimismo, se detectaron sólidos suspendidos volátiles en una concentración de 16 mg/l, contenido total de sólidos de 31 mg/l, cloruros con 2542 mg/l, sulfatos:314 mg/l y nitritos: 0.658 mg/l. Se registró una acidez nula (0 mg $CaCO_3$/L), nitrógeno amoniacal de 217.33 mg/L, oxígeno disuelto ausente (0 mg/L), ph:8.46 alta conductividad (19210 µS/cm). Por todo ello decidieron elegir por un tratamiento de configuración tecnológica (floculación-coagulación y osmosis inversa), llegando a disminuir la concentración de DQO a 3mg/L y DBO/DQO llegó a 0.05mg/L. El investigador, llega a la conclusión, que la adsorción de carbón vegetal es un buen tratamiento, pues tiene una alta capacidad de reducir el DQO, y si se trabaja en conjunto con un tratamiento biológico, sería muy eficiente para tratar los lixiviados.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Colonia y Sánchez (2024), en su tesis realizada en Lima, titulada "Filtro de biocarbón de Stipa Ichu para el tratamiento de lixiviados procedentes de la planta de compostaje

los Olivos". Cuyo objetivo fue determinar la caracterización fisicoquímica y microbiológicas de los lixiviados procedentes de la planta de compostaje los Olivos y evaluar diferentes proporciones (25%, 50% y 75%) de biocarbon de ichu en combinación con arena fina y grava para el tratamiento de lixiviado. El tipo de investigación es aplicada, diseño experimental y enfoque cuantitativo. La población de la investigación fue los lixiviados procedentes de la planta de compostaje que tuvo como muestra 3 litros de lixiviado. Los resultados de la caracterización inicial del lixiviado fueron los siguientes: El pH presento un valor de 7.64, DBO presento 756 mg/L, DQO presento 817 mg/L, la conductividad eléctrica es de 9.78Ms/cm, un elevado nivel de coliformes totales 2.5 x 10^{5} NMP, lo cual sugiere una posible contaminación bacteriana significativa. Evaluó en diferentes proporciones (25%, 50% y 75%) en combinación con arena fina y grava. La mezcla filtrante estaba compuesta por un 25% de biocarbón, un 45% de arena fina y un 30% de grava; un 50% de biocarbón, un 30% de arena fina y un 20% de grava; y un 75% de biocarbón, un 15% de arena fina y un 10% de grava para el tratamiento de los lixiviados, conforme aumentaba la proporción de biocarbón de Ichu. La efectividad del filtro, mostraron una reducción del 66,4% de (DQO), de 817 mg/l a 274 mg/l, y del 70,4% de (DBO), de 756 mg/l a 224 mg/l. Además, el nivel de turbidez disminuyó un 93,5%, lo que indica una mejora significativa de la transparencia del agua tratada. El número total de bacterias coliformes disminuyó más de un 90%, lo que confirma la eficacia microbiológica del filtro. Legando a la conclusión que el uso de biocarbón de Stipa ichu es una solución sostenible para el tratamiento de lixiviados, mitigando la contaminación y promoviendo prácticas más responsables de gestión de residuos sólidos.

Suero (2022), en su tesis realizada en Cusco, titulada "Manejo de lixiviados de la fracción orgánica de los residuos sólidos del relleno sanitario de Anta, Cusco". El objetivo de la investigación fue evaluar el funcionamiento de un piloto de humedales construidos para el tratamiento de los lixiviados del proceso de compostaje de la fracción orgánica de los residuos del relleno sanitario de Chacán, Anta, Cusco. La metodología de la investigación es experimental, enfoque cuantitativo donde los lixiviados son generados en 14 composteras del relleno sanitario de Anta, se diseñó, construyó y evaluó un piloto de humedales construidos compuesto por un Sistema Francés y un humedal horizontal, para utilizar humedales construidos en el tratamiento de estos

lixiviados, se estableció que sería necesaria una dilución 1:5 de los lixiviados y para así evitar la muerte de los micrófitos de los humedales. Los resultados demostraron, el piloto humedal tuvo una eficiencia global de remoción promedio de 86.46% de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), 88.90% de Demanda Química de Oxígeno (DQO), 94.10% de Solidos Totales en Suspensión (STS) y 98.25%. Llego a la conclusión que el funcionamiento del piloto de humedales construidos para el tratamiento de los lixiviados del proceso de compostaje de la fracción orgánica del residuo, remueve eficazmente a los contaminantes DQO, DBO_5, y solidos totales en suspensión.

Soto (2019), en su tesis realizada en Huancayo, titulada "Microorganismos eficientes y su efecto en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje en el centro ecoturístico de protección ambiental Santa Cruz – CEPASC, concepción". Cuyo objetivo fue determinar el efecto del uso de microorganismos eficientes en el tratamiento de lixiviados generados en el proceso de compostaje. Cuyo método de investigación es experimental, tipo aplicado, enfoque cuantitativo, el alcance de esta investigación es reutilizar los lixiviados generado en el proceso de compostaje, inició con el acondicionamiento de las composteras donde se dispusieron los restos orgánicos. Los resultados de la caracterización inicial del lixiviado fueron: El DBO_5 presentó una concentración de 4 592 mg/L, DQO presentó una concentración de 74 737.7 mg/L, la conductividad presento 5 970 µS/cm, el pH presentó un valor de 6.31. Después del uso de microrganismos eficiente el pH se incrementó respecto del valor inicial, los tratamientos 3 (20 % EM, pH = 8.69), 2 (15 % EM, pH = 8.75), 1 (10 % EM, pH = 8.83), disminuyó la concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, hasta 1 127 mg/L en el tratamiento 3 (20 % EM). Así mismo disminuyó la concentración de la Demanda Química de Oxígeno hasta 1 627 mg/L en el tratamiento 3 (20 % EM) y el pH aumento a 8.69. Llegando a la conclusión que el uso de microorganismos eficientes afectó la calidad del lixiviado joven influyendo en sus parámetros fisicoquímicos.

Carranza y Plasencia (2019), en su tesis realizada en Cajamarca, titulada "Tratamiento de los lixiviados generados en la planta de residuos sólidos de Cajamarca con humedales artificiales de Juncus Balticus Willd (junco) y Shoenoplectus Californicus (totora). Cuyo objetivo fue tratar los lixiviados de la planta de tratamiento de residuos sólidos utilizando humedales artificiales de Juncus Balticus Willd (junco) y Shoenoplectus californicus (totora). Cuyo método de investigación es experimental y de tipo aplicado. Los resultados de la caracterización inicial del lixiviado son: pH 8.59, la

turbiedad un valor de 526 UNT, la conductividad de 7 150 µS/cm, la DBO de 594 mg/L, la DQO de 1 647 mg/L, y los coliformes termo tolerantes de 13 000 NMP por cada cien mililitros. Luego del tratamiento con el humedal de Shoenoplectus californicus (totora), las características del lixiviado fueron: pH de 8.67, conductividad de 5467.78 µS/cm, DBO de 104.44 mg/L, DQO de 411 mg/L y coliformes termo tolerantes de 28 por cada 100 mililitros. Llegando a la conclusión que el tratamiento del lixiviado con el humedal de Shoenoplectus californicus (totora)alcanzó un porcentaje de remoción de contaminantes del 89%.

Lizárraga y Vidal (2019), en su tesis realizada en Huancavelica, titulada "Aprovechamiento de lixiviados de rellenos sanitarios como fertilizantes en la producción de flores ornamentales". Cuyo objetivo fue evaluar el lixiviado de relleno sanitario como potencial fertilizante para la producción de flores ornamentales. La metodología de la investigación es experimental, se recolectaron las muestras de lixiviado del vertedero y se analizaron las propiedades químicas y físicas, posteriormente se utilizaron diferentes concentraciones de lixiviado como fertilizantes y comparándolos con un grupo de control no fertilizado. Según el resultado obtenido demostraron que los lixiviados de los vertederos tienen propiedades físicas y químicas adecuadas para su uso como fertilizante. Asimismo, la aplicación del lixiviado como fertilizante en la producción de flores ornamentales aumento considerablemente el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como en la calidad y cantidad de flores producidas. Llegando a la conclusión, en que los lixiviados generados en el relleno sanitario Huancavelica son beneficiosos tanto para la industria de la floricultura y para el ambiente, ya que se convierte una fuente provechosa de nutrientes para la producción de flores ornamentales.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Residuos orgánicos

Son todos aquellos provenientes de origen biológico, vegetal o animal, que se descomponen naturalmente, generando gases (dióxido de carbono y metano, entre otros) y lixiviados en los lugares de tratamiento y disposición final. Mediante un tratamiento adecuado, pueden reaprovecharse como mejoradores de suelo y fertilizantes (compost, humus, abono, entre otros), OPS (1999).

2.2.2 Compostaje

El compostaje se entiende como la mezcla de materia orgánica en descomposición

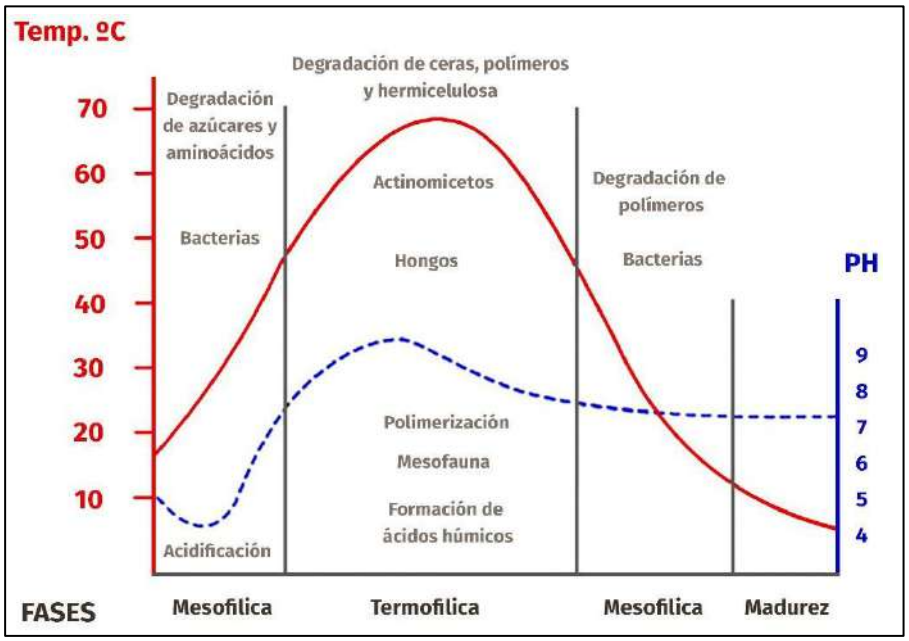
en condiciones aeróbicas en la que usualmente se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes. Con una adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas (FAO, 2013).

2.2.2.1 Fases del proceso de compostaje

El proceso de compostaje se divide en cuatro fases, de acuerdo a la variación de la temperatura: FAO (2013).

- Fase Mesófila I: En este proceso la temperatura de la pila de compostaje sube rápidamente desde la temperatura ambiente hasta los 40°C; donde los microorganismos meso filos se alimentan de proteínas y azucares que son consumidos rápidamente; aquí predominan las bacterias y el pH baja debido a la producción de ácidos orgánicos, alrededor de 5.0 a 4.5.
- Fase Termófila: Esta etapa se caracteriza por la presencia de altas temperaturas, por encima de los 40° C. Los microorganismos termo tolerantes continúan la transformación del material orgánico. Predominan los hongos termófilos y Actinomicetos. Por encima de los 65° C, las bacterias que forman esporas preponderan y los hongos mueren. El pH de la pila sube entre 8 a 9 debido al consumo de los ácidos orgánicos por parte de los microorganismos y por la transformación del nitrógeno en amoniaco, mientras se da la producción de iones, como los de potasio, magnesio y calcio.
- Fase de mesófila II: En esta etapa se da un descenso paulatino de la temperatura a 40°C y los microorganismos mesófilos se reactivan. Las bacterias y los hongos transforman otra parte de la celulosa, como la lignina y la lignoproteína y la presencia de microorganismos e invertebrados. El pH vuelve a descender.
- Fase de maduración: En esta etapa la temperatura de la pila disminuye continuamente hasta asemejarse a la del ambiente. Se produce la madurez o el enfriamiento del compost. Hay una disminución de las poblaciones de microorganismos y el pH del compost terminado puede oscilar entre valores de 7 a 8.

Figura 1: Diagrama de fases del proceso de compostaje, los residuos orgánicos pasan por diferentes transformaciones, asimismo por diferentes variaciones de temperaturas, en la que existen cuatro fases, denominadas las fases térmicas del compostaje.



Fuente: FAO (2013).

2.2.2.2 Sistemas de compostaje

Existen dos sistemas de compostaje, el objetivo de todos, además de transformar los residuos orgánicos en compost, es conseguir las condiciones consideradas letales para patógenos, parásitos y elementos germinativos (semillas esporas).

- Sistema abierto: En este tipo de sistema los residuos orgánicos se colocan en un área al aire libre donde se descomponen de manera natural y los microorganismos presentes en el ambiente lleva a cabo la descomposición de la materia orgánica (Paes 2018).
- Sistema Cerrado: Este tipo de sistema se caracteriza por llevarse a cabo el compostaje en reactores cerrados, siendo el principal obstáculo que generan el elevado costo para su instalación, pero ofrece ventajas como el control de olores, la prevención de plagas y una mayor estética (Paes 2018).

2.2.3 Lixiviados

En el proceso de compostaje se generan lixiviados que pueden producir olores ofensivos y afectan a los recursos agua, suelo y aire si no se manejan adecuadamente. Pero si se logra un manejo adecuado se pueden aprovechar como fertilizante liquido orgánico ya que contienen concentraciones de nutrientes para el suelo tales como

Nitrógeno, Fósforo, Potasio que son elementos esenciales para el desarrollo de las plantas también denominadas macronutrientes. Adicionalmente con esto se puede dar un valor agregado a las comunidades con una solución económicamente viable y ambientalmente sostenible (Losada, 2009).

2.2.4 Características de los Lixiviados

El-Fidel et al (1996) Los lixiviados presentan un alto poder contaminante y dentro de los principales contaminantes es el alto contenido de Materia Orgánica, asimismo presencia significativa de patógenos y sustancias tóxicas, como metales pesados. Las características fisicoquímicas de un lixiviado va depender de diferentes factores referidos por (Reyes, 2015), tales como:

- La antigüedad y forma de explotación del vertedero.
- El origen de su generación ya sean provenientes de la descomposición de residuos orgánicos o residuos inorgánicos.
- La naturaleza y la cantidad de los residuos almacenados.
- La climatología del lugar o la época del año considerada.
- Su composición es bastante compleja y variable, pudiendo ser sus componentes clasificados en cuatro grandes categorías
- Materia orgánica disuelta, expresada en forma de parámetros generales como Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Carbono orgánico total (COT).
- Componentes inorgánicos (Cl-, SO42-, N-NH3, Ca2+, Mg2+, Na+, K+).
- Metales pesados (Fe, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn).

2.2.5 Nutrientes en Lixiviados de Compost

La materia orgánica disuelta y particulada en el lixiviado de compost es una fuente importante de C, H, N, O y P. (Christensen T. H. 1983).

Tabla 1

Concentración de nutrientes en los lixiviados de compost

Fracción acumulada de lixiviado			
Nutrientes	0-100 mm (mg/L)	100- 200 mm (mg/L)	>200 mm (mg/L)
Na	600 -2100	50-600	0-400
K	200 -1800	100-1200	40-700
Ca	250 -1100	100-600	70-400
Mg	60 - 400	30-270	10-200
Mn	0.1 - 1.3	0.1 - 0.6	0-0.5
Fe	0.8- 14	2 - 4	0.5-3.8
Cl	500 - 2500	40 -800	0-500
SO_4	180 -1400	100-650	0-300
	0 -100 mm	>100mm	
PO_4	1.2 -17.5	2.2- 32.7	
BO_3	0.7- 5.0	0.7- 5.0	
F	0.3 - 22.7	1.6 - 67.7	

Fuente: Christensen T. H. (1983)

2.2.5.1.1 Materia orgánica disuelta y coloidal

El proceso de compostaje convierte parte de la Materia Orgánica original en ácidos húmico y ácidos fúlvicos. Estos componentes pueden estar presentes en el lixiviado de compost tanto en forma disuelta como en forma de partículas. La estructura química exacta de la materia orgánica coloidal y disuelta difiere según el tipo de materia prima y las condiciones de compostaje y la edad. Los ácidos húmicos y fúlvicos no son moléculas individuales, sino que están formados por conjuntos de moléculas más pequeñas, que se mantienen unidas por enlaces de hidrógeno e interacciones hidrófobas (Christensen T. H. 1983).

2.2.6 Lixiviado orgánico

Es originado desde la descomposición de materiales orgánicos, como restos de frutas, verduras, hojarascas, restos de poda y estiércol. El lixiviado orgánico suele tener un alto contenido de materia orgánica y rico en nutrientes, se convierte en un medio favorable para la proliferación de microorganismos. Este tipo de lixiviado se generan en plantas de compostaje y humus (Romero y Carlos, 2010).

2.2.7 Lixiviado inorgánico

Es originado desde la descomposición de materiales inorgánicos, como plásticos, metales, vidrios y otras sustancias tóxicas, si no se manejan de manera adecuada, y

llegan a contactar con los recursos suelo y agua se transforma en un riesgo ambiental. Este tipo de lixiviado se generan en rellenos sanitarios y botaderos (Romero y Carlos, 2010).

2.2.8 Índice de biodegradabilidad

Es una característica propia de los compuestos orgánicos la biodegradabilidad ya que tiene relación con el nivel de susceptibilidad de que éstos sean degradados por microorganismos y por lo tanto condiciona en gran medida la viabilidad de tratar biológicamente un efluente que contenga un determinado compuesto.

La biodegradabilidad del lixiviado variará con el tiempo, se pueden supervisar los cambios en esta mediante el control de la relación DBO_5/DQO Martínez (2010).

Tabla 2

Valores de la relación DBO5/DQO que indican el nivel de biodegradabilidad.

Relación	Poco biodegradable	Biodegradable	Muy biodegradable
DBO_5 / DQO	***< 0. 2***	***0.2 - 0.4***	***> 0.4***

Fuente: Martínez (2011)

2.2.9 Aprovechamiento de los lixiviados

Los lixiviados de compost pueden suprimir las enfermedades no deseadas y mejorar el crecimiento de la planta. La literatura lo demuestra los resultados de efectos benéficos en plantas, pero las explicaciones son complejas y dependen de muchos factores, entre ellos las especies de plantas, la calidad del compost, el método de extracción y las condiciones de crecimiento. (Scheuerell y Mahaffee, 2006).

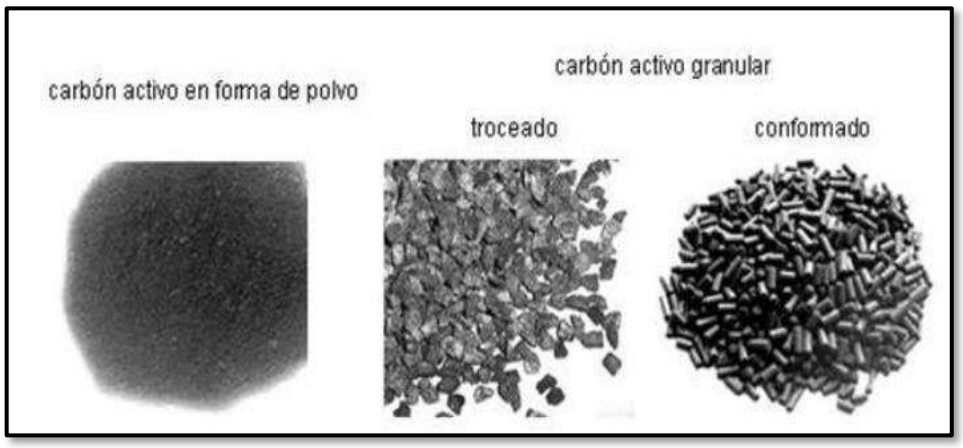
2.2.10 Carbón vegetal

Es considerado el carbón vegetal como el mejor adsorbente en la que usualmente es usado para remover y reducir compuestos orgánicos y algunos inorgánicos de diferentes líquidos y soluciones. El carbón vegetal posee la virtud de adsorber en su superficie uno o más componentes (átomos, moléculas, iones) del líquido que está en contacto con él. A este fenómeno se denomina poder adsorbente. La adsorción es la responsable de purificar, desodorizar y decolorar el agua u otras soluciones líquidas o gases que entren en contacto con el elemento adsorbente. (Apelsa CARBONES, 2004).

2.4.4.1 Efecto del carbón vegetal

El uso de carbón vegetal es muy efectivo para remover contaminación tanto en agua suelo y aire, inmoviliza efectivamente contaminantes como toxinas, malos olores, metales pesados como arsénico y nitratos y es un buen absorbente de compuestos orgánicos. El carbón vegetal en el suelo mejora las propiedades físicas, biológicas y su comportamiento químico facilita la retención de los nutrientes potenciando el crecimiento y desarrollos de las plantas, disminuye las emisiones de efecto invernadero por su eficacia de retener carbono de la atmósfera (Robinson,2013).

Figura 2: Formas de presentación del carbón vegetal, se puede encontrar de diferentes presentaciones el carbón activado en el tratamiento usare en la presentación triturada



Fuente: Acuario Dulce (2010).

2.2.4.2 Propiedades del carbón vegetal.

Este es el adsorbente más versátil de todos, ya que esta reúne una serie de factores que lo muestran atractivo su uso para muchos procesos. La superficie del carbón activo es esencialmente no polar, por ello no adsorbe fuertemente agua, así que puede ser utilizado para tratamiento de aguas o en procesos con gases húmedos. (Fernández Yepes & Torres Gil, 2012).

Los Poros dentro del carbón vegetal consisten en espacios entre placas grafíticas con una separación de entre una y cinco veces el diámetro de la molécula que va a retenerse.

En éstos ambas placas de carbón están lo suficientemente cerca como para ejercer atracción sobre el adsorbato y retenerlo con mayor fuerza. (Textos Científicos, 2006).

Según la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemists), muestra los

diámetros del carbón vegetal, de acuerdo con lo siguiente:

- Microporos: menores a 2 nm
- Mesoporos: entre 2 y 50 nm
- Macroporos: mayores de 50 nm (típicamente 200 a 2000 nm)

2.2.5 Generalidades del cultivo

- Nombre común: Lechuga crespa
- Nombre científico: Lactuca Sativa L. variedad capitata
- Familia botánica: Composite
- Morfología: Es una planta herbácea, alcanza una altura no mayor a 20 cm cuando no ha in7iciado la subida a flor; tiene tallo diminuto no ramificado del cual salen

  las raíces y las hojas, estas son muy grandes con relación a la planta, inicialmente son sueltas, pero al momento de cosechar son un grupo de hojas cerradas sobre el punto decrecimiento de la planta.
- Temperatura: Los rangos de temperatura donde la planta crece en forma óptima, se encuentran entre los 15ºC y 18°C, con temperatura máxima de 21ºC a 24°C y mínima de 7°C.
- Suelo: Los mejores suelos son los arcillo arenosos, de alta fertilidad con una buena cantidad de materia orgánica. El suelo debe ser bien drenado, para poseer una alta capacidad de retención de humedad debido a que el sistema radicular de la lechuga es muy superficial, lo que afecta la planta con las más pequeñas variaciones de contenido de humedad.

Figura 3: Lactuca Sativa L. variedad capitata, esta variedad de cultivo de lechuga utilizare en el experimento de mi investigación

Fuente: Producción Ecológica Certificada de Hortalizas de clima frio, (2003).

2.2.6 Practica Agrícola

- Distancia de siembra: 40 cm entre hileras 35cm entre plantas. En camas de 2m de ancho se deben sembrar más de cinco hileras de plantas.
- Densidad de siembra: 7 y 8 plantas por cada metro cuadrado.
- Siembra: Las plántulas listas para trasplante deben tener como mínimo 3 semanas, 4 hojas verdaderas bien formadas el último par en formación, libres de ataque de enfermedades y de plagas, vigorosas, que no muestren deficiencias nutricionales.
- Preparación del suelo: Antes de iniciar un proyecto de producción de lechuga es indispensable un estudio de suelo para evaluarla necesidad de mejoras físicas, químicas o biológicas como instalación de drenajes, trabajos con subsolador, desinfecciones, adiciones de materia orgánica, cal y abonos químicos, etc. El suelo donde se va a hacer el trasplante se prepara a una profundidad mínima de 25 cm que es donde se encuentra la mayor parte del sistema radicular de la lechuga.
- Fertilización: Se realiza el re abonamiento con bovinas adicionada con roca fosfórica y aplicaciones quincenales de bicarbonato (Álvarez, 2020, p.5).
- Fisiología del cultivo: El ciclo vegetativo de la lechuga crespa es de aproximadamente 12 semanas, sin embargo, la mayoría de las variedades no presenta un desarrollo homogéneo y en la práctica el cultivo se cosecha entre 11 y 13 semanas. La formación del cabeza resultado de la acumulación de las hojas jóvenes bajo la capa de hojas que cubren el punto de crecimiento.

2.2.7 Producción

En promedio una buena cabeza puede pesar entre 400 y 600 gramos, se considera como una buena productividad el 80%. (Álvarez, 2020, p.6)

2.2.8 Cosecha y Pos cosecha

La madurez está basada en la compactación de la cabeza. Donde una cabeza compacta, es apta para su cosecha, y requiere de una fuerza manual moderada para ser extraída. Cuando una cabeza está muy suelta se puede determinar que está inmadura y una muy firme o extremadamente dura es considerada sobre madura. Las cabezas inmaduras y maduras tienen mucho mejor sabor que las sobre maduras y también tienen menos problemas en pos cosecha (Álvarez, 2020, p.6).

2.2.9 Bases filosóficas

Para evaluar la efectividad del carbón vegetal en el tratamiento y aprovechamiento del lixiviado como fertilizante orgánico desde una perspectiva filosófica, se sustenta en el principio que "el residuo se convierta en recurso ", puede considerar lo siguiente:

Ecocentrismo: Es la obligación moral y ética de los seres humanos de cuidar y proteger la naturaleza, no solo por su valor, sino también por el bienestar de las generaciones futuras (Aldo Leopold, 1940). El tratamiento de lixiviado es trascendente para prevenir la contaminación de suelos y aguas subterráneas.

Agricultura Sostenible: Puede definirse como practica agrícolas ecológicas basado en innovaciones científicas a través de las cuales es posible producir alimentos saludables con prácticas respetuosas para el suelo, aire, agua (Petro Kogut, 2025). Al buscar el aprovechamiento agrícola del lixiviado procedente de la planta de compostaje, busca reducir la dependencia de fertilizantes químicos y mejora la residencia del suelo

Responsabilidad: La eficiencia de recursos es una manifestación del principio de responsabilidad, el poder tecnológico del ser humano exige una nueva ética donde el uso eficiente y sostenible de los recursos es un deber para con las generaciones futuras (Hans Jonás, 1903). El uso de carbón vegetal para el tratamiento de lixiviado es un absorbente natural, en la cual representa una alternativa sostenible y de bajo costo frente a tratamientos convencionales más costosos.

Teoría de sistema: El aprovechamiento se alinea con la filosofía (Residuo Cero), que propone un cambio de mentalidad para que cada salida de un sistema sea la entrada de otro (Bertalanffy, 1967). La planta de valorización de residuos orgánicos se concibe un sistema donde la salida es el lixiviado, pero no son finales, si no entradas para otros procesos como sería el caso como de aprovecharlo como biofertilizante.

Positivismo: Se centra en la observación empírica, la experimentación y el uso del método científico para resolver un problema ambiental tangible (Augusto Comte, 1951). La investigación busca conocer el efecto del uso de carbón vegetal para remover contaminantes, malos olores, del lixiviado, validando la teoría mediante la experimentación técnica.

2.2.10 Definición de términos básicos

1. Lixiviado orgánico: Consiste en el líquido residual generado por la descomposición de la materia orgánica bajo condiciones controladas y a su vez por la percolación de agua a través de las pilas de compost. Córdova (2023).
2. Eficiencia del tratamiento: Es la expresión decimal o en porcentajes de la relación entre la concentración o masa removida y concentración o masa inicial para un parámetro específico, en un tratamiento Córdova (2023).
3. Efluente: Es el líquido proveniente de un tratamiento, que contienen altos DBO/DQO que agotan el oxígeno para la flora y la fauna en los cuerpos de agua en los que se descargan. (Cruz 2014).
4. Proceso de compostaje: Es la estabilización o tratamiento aerobio y termofílico de residuos sólidos orgánicos aprovechando la actividad microbiana, con el fin de obtener un producto final estable, libre de patógenos y semillas, para su uso como sustrato, o abono Cruz (2014).
5. Tratamiento: Es el proceso, técnica o método realizado con el fin de cambiar la características físicas, químicas o biológicas del residuo sólido o residuo líquido, con el objetivo de disminuir o anular su potencial peligrosidad que podría afectar la salud de las personas o alterar el medio ambiente Cruz (2014).
6. Residuos orgánicos: Son residuos biodegradables de animales y plantas generados principalmente en actividades domésticas y agropecuarias susceptibles a aprovechamiento y transformación biológica generando un beneficio ambiental y económico Córdova (2023).
7. Fosfatos: Vienen a ser compuestos esenciales para la vida, que se encuentran disueltos o en suspensión en el lixiviado que se filtra de la materia orgánica en descomposición, actuando como nutrientes valiosos para las plantas (N, P, K), pero también representa un riesgo ambiental si son excesivos, si llegan a cuerpos de agua, destacando la importancia de gestionar estos lixiviados para aprovechar su potencial como fertilizante natural o mitigar su impacto negativo al ambiente Cruz (2014).
8. Nitratos: Son iones que se encuentran comúnmente en los lixiviados por la descomposición de los residuos orgánicos y el estiércol Cruz (2014).
9. DBO5: Es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser

consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, y se utiliza para determinar su grado de contaminación. El método se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos Cruz (2014).

10. Nitrito: La presencia de este parámetro suele ser baja en lixiviados de compost estables, ya que se oxidan rápidamente a nitratos o se desnitrifican Cruz (2014).
11. DQO: La presencia de este parámetro determina la cantidad total de materia orgánica que contiene una muestra de líquido. El método consiste en la digestión a 150ºC durante 2 horas de un volumen determinado de muestra junto con una cantidad conocida de solución de dicromato potásico, con un catalizador ($AgSO_4$) en medio fuertemente ácido (H_2SO_4) Cruz (2014).
12. Células de E. Coli: La presencia de esta bacteria en el lixiviado de compost constituye un riesgo sanitario significativo, ya que indica contaminación fecal y que el proceso de descomposición no ha alcanzado las condiciones necesarias para eliminar este tipo de patógenos Cruz (2014).
13. pH: Se forman como resultado de la infiltración de agua en residuos como los domésticos, industriales, y peligrosos. El pH del lixiviado varía demasiado dependiendo de la composición del residuo Cruz (2014).
14. Conductividad: Se refiere a la capacidad de un lixiviado para conducir electricidad a través de la solución Cruz (2014).
15. Aprovechamiento: A través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales o económicos Córdova (2023).
16. Fertilizante orgánico: Es un tipo de fertilizante que presenta sustancia de origen vegetal y/o animal estabilizada y manejada de manera ambientalmente limpia en su procesamiento. Posee una cantidad determinada de nutrientes que aportan beneficios al suelo para un adecuado crecimiento de las plantas. A diferencia de los fertilizantes químicos, los fertilizantes orgánicos son más amigables con el medio ambiente ya que no contienen químicos sintéticos que puedan dañar la salud humana o el ecosistema. Córdova (2023).

2.5 Hipótesis de la investigación

2.5.1 Hipótesis General

- **H1**: El carbón vegetal es efectivo para el tratamiento de lixiviado generado en el proceso de compostaje de la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2025.
- **Ho:** El carbón vegetal no es efectivo para el tratamiento de lixiviado generado en el proceso de compostaje de la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2025.

2.5.2 Hipótesis específicas

- Los resultados de la caracterización microbiológica del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2025 superarían los 50 NMP/100 ml de la bacteria *Escherichia Coli*.

- La aplicación de diferentes dosis de carbón vegetal influye positivamente en el tratamiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos de Huacho 2025.

- El uso del fertilizante orgánico obtenido a partir del tratamiento 1 del lixiviado con carbón vegetal generará un mayor rendimiento en el cultivo de *Lactuca sativa* variedad *capitata* en la Planta de Valorización de Residuos Orgánicos Huacho, 2025.

2.6 Operacionalización de variables

Tabla 3
Operacionalización de las variables de la investigación

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	MÉTODO
VARIABLE INDEPENDIENTE Lixiviado generado a partir de residuos sólidos orgánicos	El lixiviado de compost es un subproducto valioso del proceso de compostaje que puede ser utilizado como fertilizante líquido para nutrir a las plantas de forma natural y sostenible (José C. 2023).	El lixiviado procedente de la planta de compostaje se evaluará los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.	• Composición física, química y microbiológica	• Fosfatos • Nitratos • Nitritos • DBO5 • DQO • Células de E. coli • PH • Conductividad	mg PO4/L mg N/L mg N/L mg O2/L mg O2/L NMP/100 ml Unidad de pH µS/cm.	**Instrumento:** Cadena de custodia **Técnica:** Análisis de Muestra en laboratorio
VARIABLE DEPENDIENTE Efectividad del carbón vegetal para el tratamiento de lixiviado, para su uso como fertilizante	El carbón vegetal tiene la capacidad de inmovilizar efectivamente contaminantes como los metales pesados y es un buen absorbente de compuestos orgánicos, y también ha sido empleaban como abono de cultivos y fuente de energía. (Abenza Paco, 2012).	El lixiviado será puesto en contacto con diferentes dosis de carbón vegetal con el fin de que éste absorbiera los contaminantes presentes en el lixiviado, para luego aprovecharlo como fertilizante.	• Tratamiento (dosis)	• **Tratamiento 1** Al 100% de carbón vegetal • **Tratamiento 2** Al 50% de carbón vegetal • **Tratamiento3** Al 25% de carbón vegetal	gr de carbón/ml de lixiviado)	**Instrumento:** Cadena de custodia **Técnica:** Análisis de Muestra en laboratorio
			• Remoción de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los lixiviados	• DBO_5 • DQO • Células de E. coli • pH	mg O2/L mg O2/L NMP/100 ml Unidad de pH µS/cm	**Instrumento:** Fichas de control semanal del rendimiento del cultivo. **Técnica:** Medición por instrumentos de medición
			• Rendimiento del cultivo *Lactuca Sativa*	• Altura • Número de hojas, • Peso	cm N° gr	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III. METODOLOGIA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Ubicación

Región : Lima

Provincia : Huaura

Distrito : Huaura

Sector : De las Pampas de Acaray, Relleno Sanitario "Acisclo Salas Ariza", planta de valorización de residuos orgánicos Huacho.

Altitud : 409.33 m.s.n.m

Coordenadas

Este : 219581.00 m.

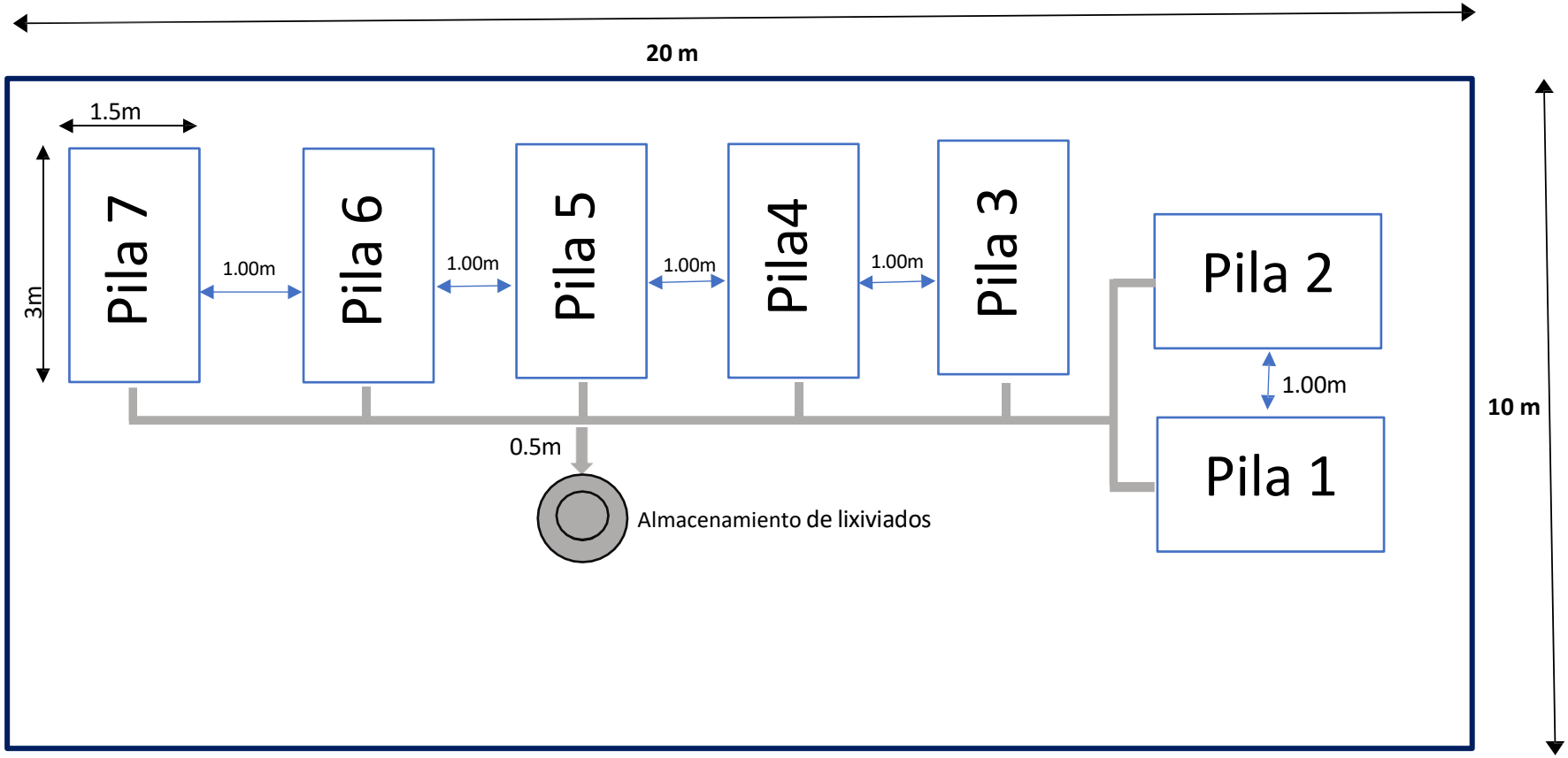
Norte : 8777653.00 m

Figura 4: Ubicación de la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho

Fuente: ArcGIS (2025)

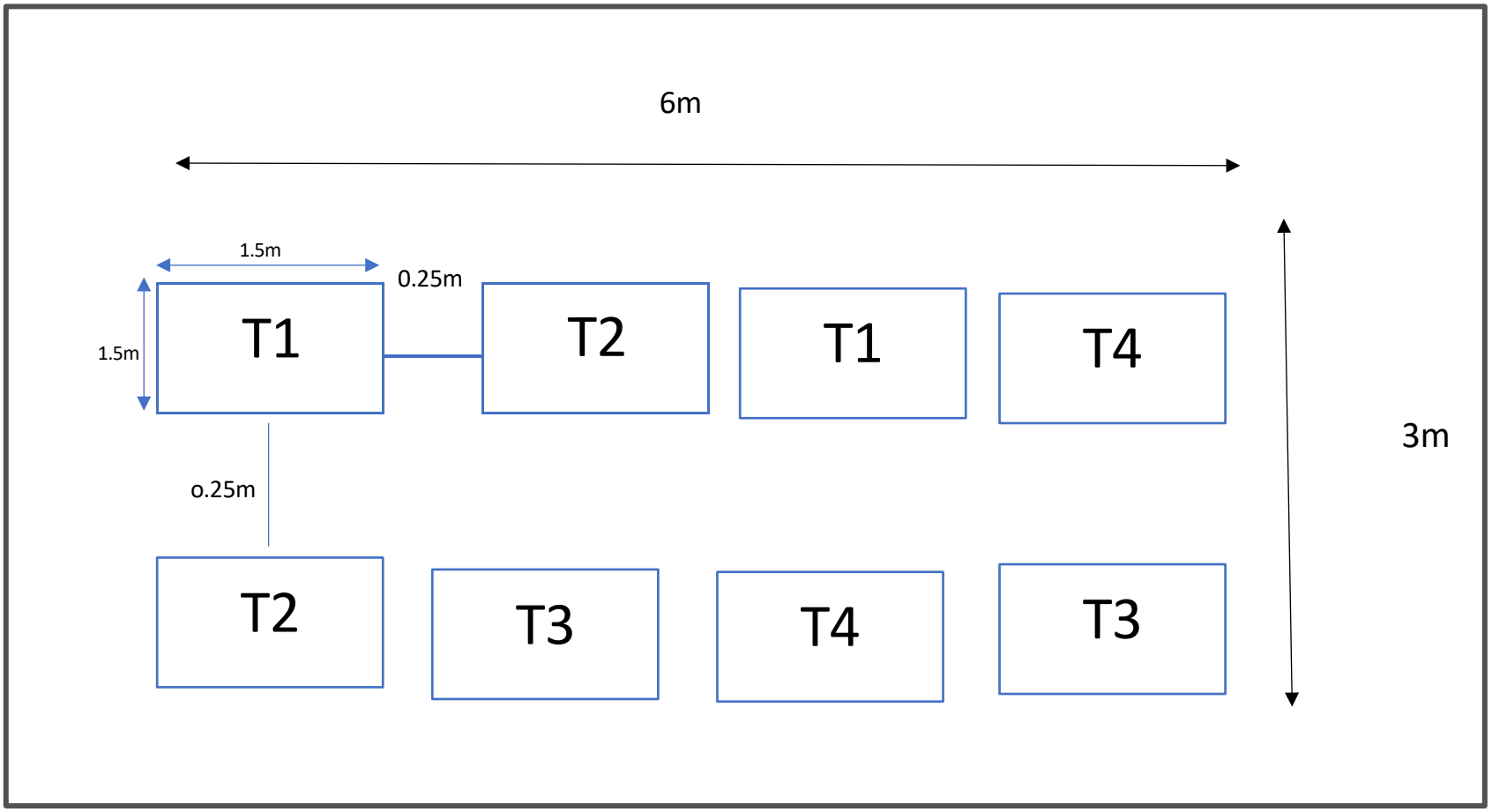
3.1.2 Características del área experimental

Figura 5: Croquis del proceso de compostaje y ubicación de las pilas.



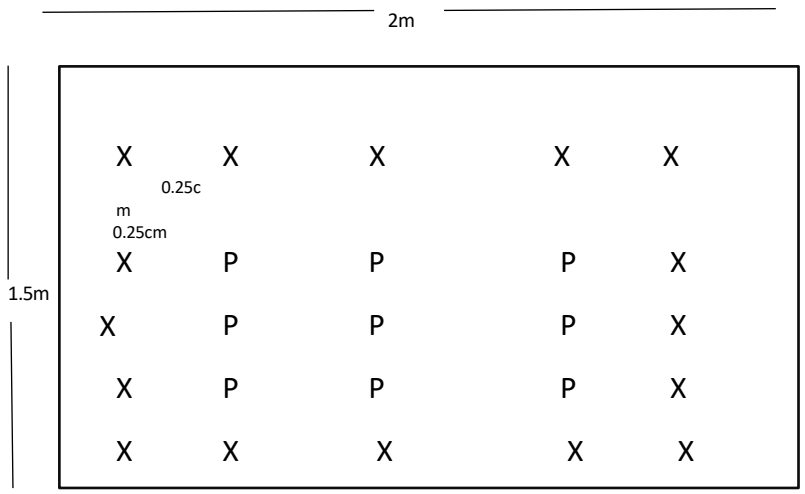
Fuente: Elaboración propia de acuerdo con las necesidades del investigador.

Figura 6: Croquis del diseño completamente al Azar (DCA) de la distribución de las parcelas de Lactuca sativa



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con las necesidades del investigador

Figura 7: Croquis de una parcela experimental de Lactuca sativa.



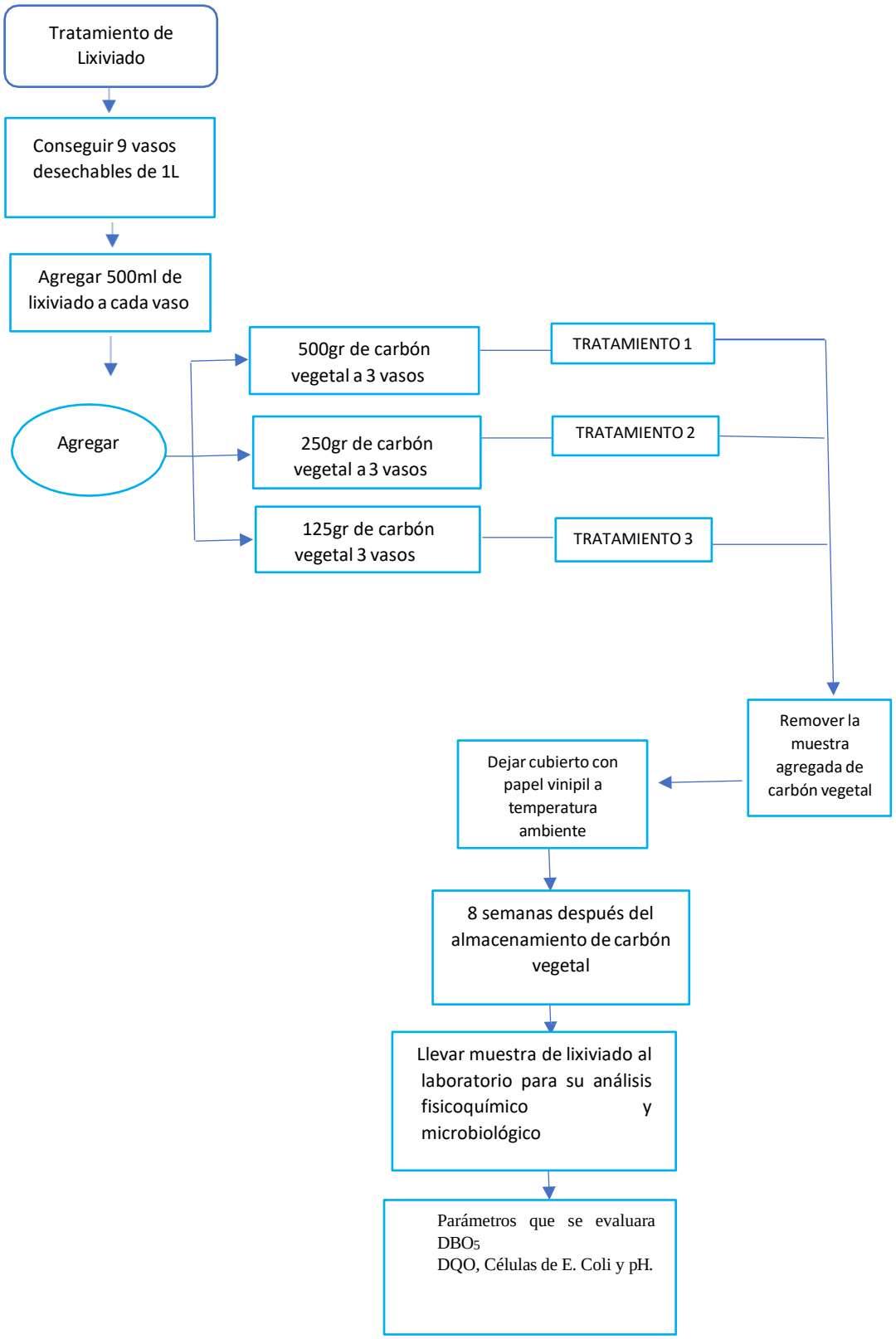
Fuente: Elaboración propia de acuerdo con las necesidades del investigador.

Detalles:

- X: Plantas efecto borde
- P: Plantas evaluadas
- Distanciamiento entre plantas: 0.25 m
- Distanciamiento entre surcos: 0.25 m
- Ancho de la parcela: 1.5 m
- Largo de la parcela: 2 m

3.1.3 Tratamientos

Figura 8: Diagrama de flujo para el procedimiento de tratamiento de lixiviados



Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Diseño investigación

El diseño de investigación es experimental según Carrasco (2005), dado que se manipulará e interrelacionará la variable independiente (inoculación de diferentes dosis de carbón vegetal) como una supuesta causa, para analizar las consecuencias sobre las variables dependientes (tratamiento del lixiviado para su aprovechamiento como fertilizante).

3.1.5 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada según Caballero (2014), ya que este tipo de investigación se caracteriza porque toma en cuenta los fines prácticos del conocimiento y cuyo propósito es el desarrollo de un conocimiento técnico que tenga una aplicación inmediata para solucionar una situación determinada. En este caso la investigación busca tratar los lixiviados generado en el proceso de compostaje de la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho con el uso de carbón vegetal con la finalidad de aprovechar este lixiviado como fertilizante orgánico.

3.1.6 Enfoque de la investigación

El trabajo de investigación se plantea aprovechar el lixiviado generado en el proceso de compostaje como fertilizante para el cultivo de *Lactuca sativa L*. en la variedad de Capitata en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho, con el objetivo reducir las concentraciones de los contaminantes mediante la aplicación de carbón vegetal.

Al emplear un diseño experimental el alcance de la investigación fue determinar los efectos causales así también la correlación de la variable dependiente con las variables independientes, en la que podemos determinar que tiene un enfoque cuantitativo, además de basarse en la hipótesis planteada, se medirán las variables y su aplicación se sujeta al diseño establecido.

3.1.7 Nivel de la investigación

El nivel de la investigación es explicativo según Marroquín (2012), dado que se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. El estudio explicativo se ocupa en la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. La aplicación de diferentes dosis de carbón vegetal) como una supuesta causa, para analizar los efectos sobre la variable dependiente

(tratamiento del lixiviado para su aprovechamiento como fertilizante).

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población de este estudio se basa en el lixiviado de la planta de compostaje de huacho, que incluye todo el lixiviado que se genera durante la técnica del compostaje.

3.2.2 Muestra

La muestra consistió en 8L de lixiviado, donde se utilizó 3L para el análisis de parámetros fisicoquímico y microbiológico, 5L para los tres tratamientos con carbón vegetal.

3.3 Técnicas de recolección de datos

Paso 1: Se tomo muestra de lixiviados en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho ubicado en el relleno sanitario Acisclo Salas Ariza, donde se utilizó 8 frascos de plástico de 1L, en la que 5 frasco se usaran para el tratamiento con carbón vegetal y tres frasco se llevó a laboratorio del instituto científico sostenible minero para medir los parámetros fisicoquímica y microbiológicos de los lixiviados siguiendo todos los métodos oficiales estandarizados con la finalidad de conocer la composición real de los lixiviados a tratar.

Tabla 4

Parámetros del lixiviado que se evaluara en el laboratorio

Parámetro	Unidades	Técnica analítica
DBO5	mg/L	Incubación a 5 días método de sonda óptica
Escherichia coli	NMP/100 ml	Técnica de fermentación en tubos múltiples para miembros del grupo coliformes.
DQO	mg/L	Método colorímetro a reflujo cerrado
Fosforo	mg/L	Método de ácido ascórbico
Nitratos	mg/L	Espectrofotómetro Ultravioleta
Nitritos	mg/L	Colorimétrico
pH	Unidad de pH	Método electrométrico del valor de pH
Conductividad	µS/cm.	Conductímetro

Fuente: Elaboración propia.

Paso 2: Para el desarrollo del experimento se facilitó una determinada área al interior

de la planta de valorización de residuos orgánicos. Los 5 frascos de 1L se utilizaron y distribuyo para los tres tratamientos, en la que se utilizaron 9 vasos en la que corresponde tres vasos para cada tratamiento. Finalmente se sellaron con la tapa y se dejaron a temperatura ambiente durante 8 semanas tiempo estipulado para la duración del tratamiento.

Tabla 5

Aplicación de diferentes dosis para el tratamiento de lixiviado

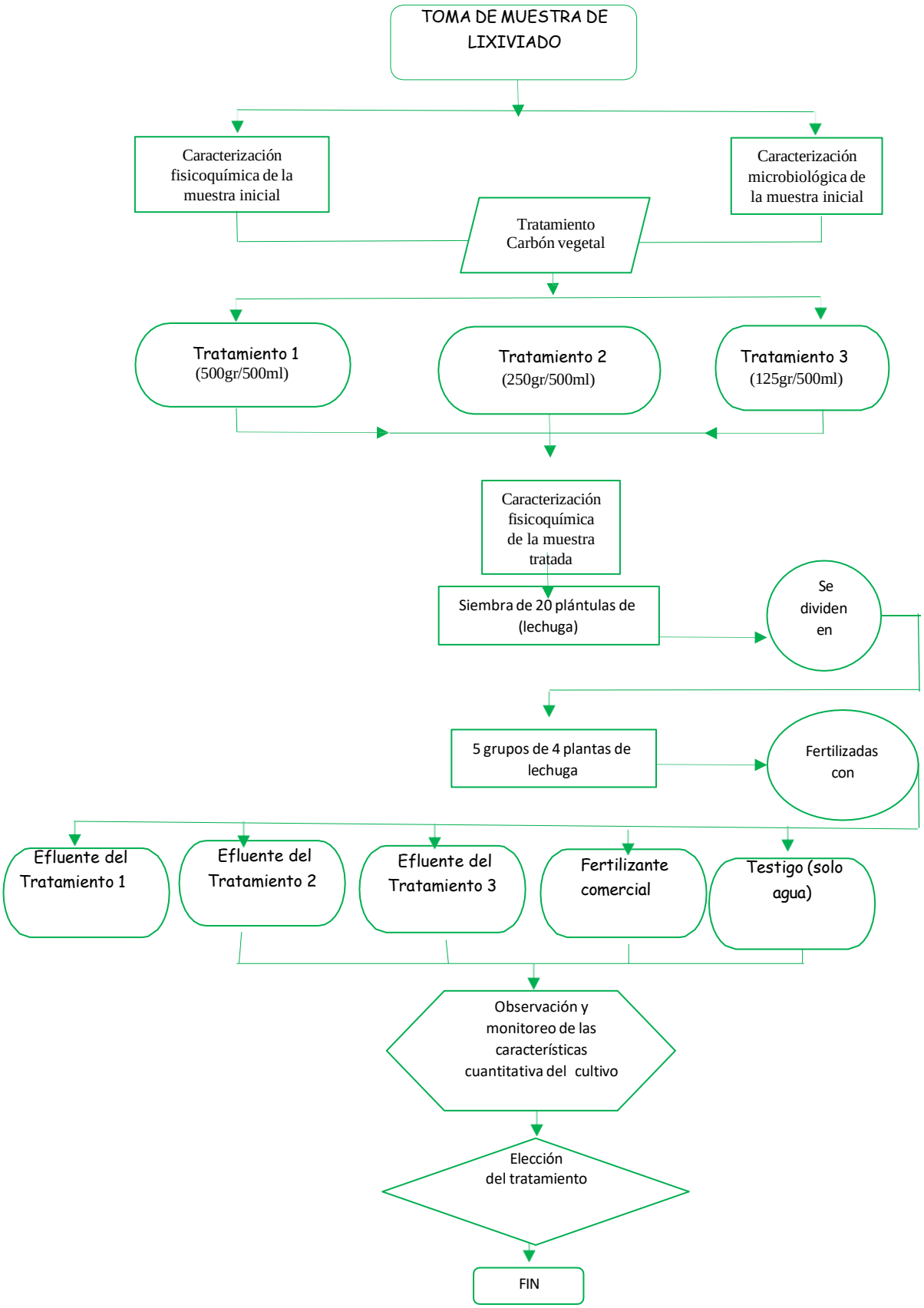
N.º de tratamientos	Descripción del tratamiento
T1	500gr de dosis de carbón activado, para 500ml de lixiviado.
T2	250gr de dosis de carbón activado, para 500ml de lixiviado.
T3	125gr de dosis de carbón activado, para 500ml de lixiviado.

Fuente: Elaboración propia

Paso3: Una vez cumplida las ocho semanas de tratamiento de lixiviado más carbón vegetal, se llevó las muestras de los 3 tratamientos al laboratorio del instituto científico sostenible minero, para medir los parámetros fisicoquímica y microbiológicos con la finalidad de poder evaluar la eficacia de las diferentes dosis que se utilizaron en los T1, T2, y T3.

Paso 4: Posteriormente, se fertilizo con los efluentes de cada tratamiento (T_1, T_2, T_3), testigo (solo agua) y fertilizante comercial, en la que se usaron 20 plantas estas se dividirán en cinco grupos, que corresponde 4 para cada grupo de la planta lechuga *Lactuca Sativa* en la variedad *capitata*, se sembraron estos cultivos en parcelas de forma al lazar. En la semana 1, 4 ,7 y 11 se fertilizo con los efluentes del tratamiento 1, tratamiento 2 y tratamiento 3 y fertilizante comercial. Desde la semana 1 hasta la cosecha se monitoreo el rendimiento del cultivo de cada tratamiento usado como fertilizante, teniendo como indicador la altura, número de hojas y peso en la cosecha con la finalidad de evaluar su posible uso como fertilizante orgánico.

Figura 9: Diagrama de flujos de la metodología del proyecto.



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con las necesidades del investigador

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Se utilizo la fórmula de porcentaje de la eficiencia de remoción de la carga contaminante del lixiviados, se determina con la siguiente formula Romero (2004).

$$E = (S0 - S) / S0 \times 100$$

Donde:

E: Eficiencia de remoción del sistema [%]

S: Carga contaminante de salida mg /l

S0: Carga contaminante de entrada mg/l

Finalizado el experimento y obtenido los resultados se procesaron y se analizaron los datos a través de análisis descriptivo, estadísticos y gráficos utilizando el programa de Excel.

3.4.1 Tablas Estadísticas

En las tablas se consideran los resultados de la caracterización inicial del lixiviado y los resultados del análisis de los lixiviados tratados con distintas dosis de carbón vegetal, siendo los parámetros: pH, DBO_5, DQO y E. Coli.

3.4.2 Gráficos Estadísticos

Con el objetivo de organizar y analizar los datos descriptivos de la investigación se emplearon programa como Microsoft Excel (versión 2019) en la que se elaboraron fichas y gráficos de barras. Los gráficos de barras facilitaron una interpretación general de cada tratamiento realizado y los resultados cuantitativos del rendimiento del cultivo Lactuca sativa en la variedad capitata aplicando los efluentes de cada tratamiento del lixiviado para su correcta interpretación. Así mismo se utilizó el software estadístico Minitab (versión 19), la cual se desarrollaron pruebas de normalidad y método de comprobación de la hipótesis.

Estas dos herramientas permitieron resumir, representar gráficamente los resultados.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de Resultado

4.1.1 Características fisicoquímicas del lixiviado en la etapa de pre tratamiento

Se realizo la caracterización fisicoquímica del lixiviado generados por los residuos orgánicos durante el proceso de compostaje en la Planta de Valorización de Residuos Orgánicos, Huacho para conocer la composición de los lixiviados a tratar. Por medio del laboratorio ALAB Analytica Laboratory, se encuentran descritos en el informe de ensayo N° IE- 24-35250, en el cual se analizaron los parámetros de DBO5, DQO, pH, E. Coli, nitrito, nitrato y fosfato se presentan en la tabla 6.

Tabla 6

Resultado de los parámetros analizados en lixiviados en el pretratamiento

Código	Parámetro	Unidad	Resultado
M-24-104323	DBO_5	mg/L	14 906,7
M-24-104321	E. Coli	NMP/100 ml	130
M-24-104323	DQO	mg/L	30 878,2
M-24-104324	Fosfato	mg /L	52,80
M-24-104324	Nitrito	mg/L	<0,05
M-24-104324	Nitrato	mg /L	39,91
M-24-104322	Conductividad	µS/cm	50 000,00
M-24-104322	pH	Unidad de pH	9,10
-	Olor	-	Desagradable (fruta descompuesta)
-	Color	-	Café oscuro

Fuente**:** Elaboración propia

El análisis del laboratorio de la caracterización fisicoquímica del lixiviado inicial demuestra que este tiene gran contenido de materia orgánica, un pH ligeramente alcalino, el olor es propio de la descomposición de los residuos orgánicos y su color es característico de los lixiviados de compost. El análisis microbiológico inicial del lixiviado se obtuvo como resultado un valor de 130 NMP/100 ml, indica presencia de E. Coli en la muestra, este número representa la cantidad estimada de bacterias E. Coli por cada 100 mililitros de la muestra analizada.

- Índice de biodegradabilidad del lixiviado inicial

En la siguiente tabla nos muestra el nivel de índice de biodegradabilidad del lixiviado inicial.

Tabla 7

Valores de la relación DBO_5 / DQO indican el nivel de biodegradabilidad

Relación	Poco biodegradable	Biodegradable	Muy biodegradable
DBO_5/ DQO	***<0. 2***	***0.2 - 0.4***	***> 0.4***

Fuente: Martínez (2011)

Analizando los resultados de la caracterización fisicoquímica de la muestra de lixiviado inicial es importante resaltar que el valor de la DQO es más alto que el valor de la DBO_5, debido a que hay más compuestos que se oxidan por vía química que por biológica, por lo tanto, el índice de biodegradabilidad es de 0.48. De acuerdo con la tabla 7 este lixiviado es muy biodegradable ya que está por encima de 0.4 confirmando que la composición orgánica de los residuos es apta de ser degradada biológicamente.

4.1.2 Efecto del uso de diferentes dosis de carbón vegetal

Las características fisicoquímicas del lixiviado posteriormente del uso de diferentes dosis de carbón vegetal se describen a continuación.

- Demanda Bioquímica de Oxigeno

Las concentraciones de DBO_5 presentado en la tabla 9 se encuentran descritos en el informe de ensayo N° IE -26-293 (ver anexo 19).

Tabla 8

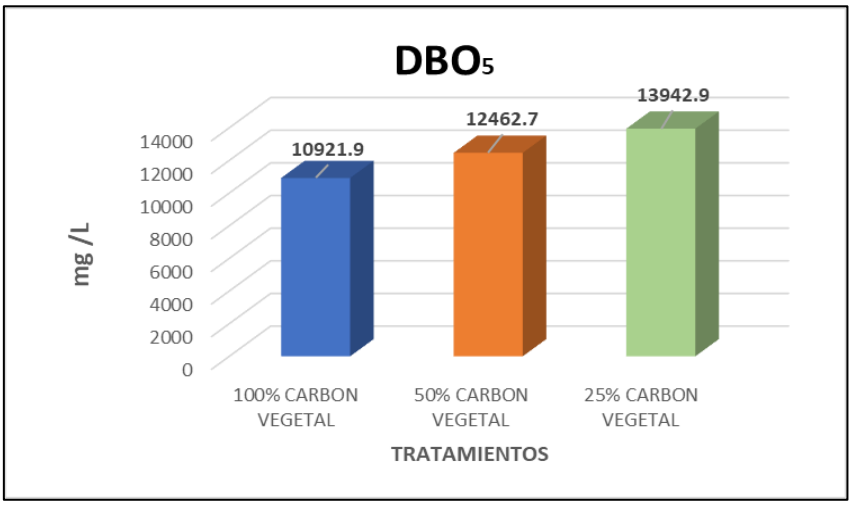
Resultados del análisis de DBO_5 de lixiviados tratado.

Valor inicial	Código	Porcentaje de carbón vegetal	DBO_5	
			Valor	Unidad de expresión
14 906,7	APC 01 -T1	100%	**10 921.9**	mg /L
	APC 02 -T2	50%	**12 462.7**	
	APC 03 – T3	25%	**13 942.9**	

Fuente**:** Elaboración propia

En el análisis del DBO_5 el resultado obtenido en el tratamiento 3 muestra un valor de **13 942,9** mg/L, en el tratamiento 2 un valor de **12 462,7** mg/L y el tratamiento 1 un valor de **10 921,9** mg/L.

Figura 10. DBO_5 obtenido por cada tratamiento de lixiviado tratado



Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la figura 10, el DBO5 tiene como resultado más bajo en el tratamiento 1 (100% de carbón vegetal), ligeramente hay una diferencia que el tratamiento 2 (50% de carbón vegetal) y el tratamiento 3 (25% de carbón vegetal).

- Demanda química de oxigeno

Las concentraciones de DQO presentado en la tabla 10 se encuentran descritos en el informe de ensayo N° IE -26-293 (ver anexo 19).

Tabla 9

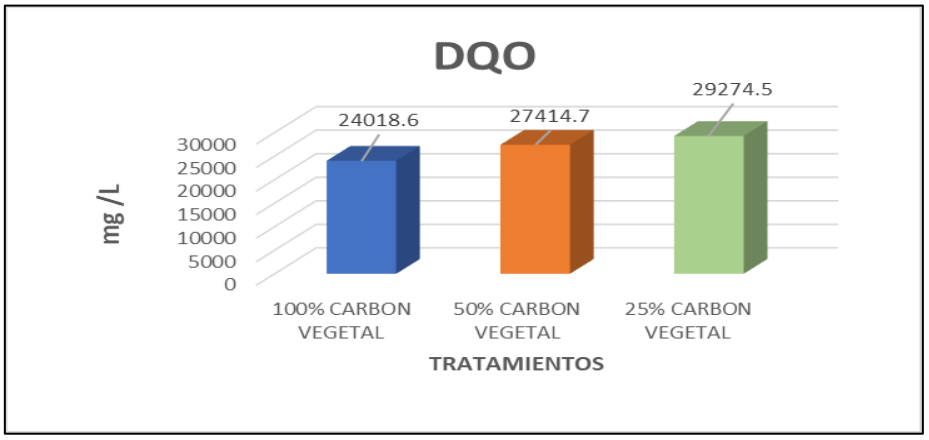
Resultados del análisis de DQO de lixiviados tratado.

Valor inicial	Código	Porcentaje de carbón vegetal	DQO	
			Valor	Unidad de expresión
30 878,2	APC01- T1	100%	**24 018.6**	mg /L
	APC02 - T2	50%	**27 414.7**	
	APC03 – T3	25%	**29 274.5**	

Fuente**:** Elaboración propia

En el análisis del DQO el resultado obtenido en el tratamiento 3 muestra un valor de **29 274,5** mg/L, en el tratamiento 2 un valor de **27 414,7** mg/L y el tratamiento 1 un valor de **24 018, 6** mg/L.

Figura 11. DQO obtenido por cada tratamiento de lixiviado tratado



Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la figura 11, el DQO tiene como resultado más bajo en el tratamiento 1 (100% de carbón vegetal), ligeramente hay una diferencia que el tratamiento 2 (50% de carbón vegetal) y el tratamiento 3 (25% de carbón vegetal).

- pH

Las concentraciones de pH presentado en la tabla 11 se encuentran descritos en el informe de ensayo N° IE -26-294 (ver anexo 20).

Tabla 10

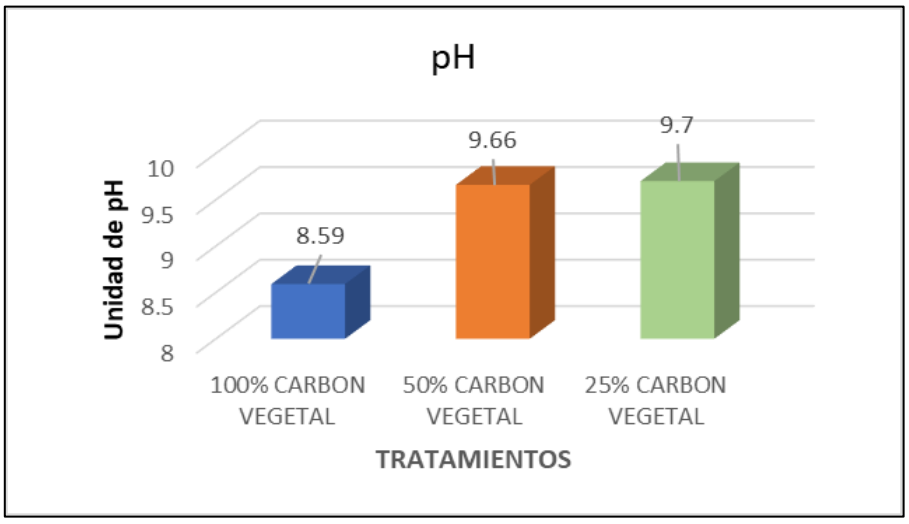
Resultados del análisis de pH del lixiviado tratado.

Valor inicial	Código	Porcentaje de carbón vegetal	pH	
			Valor	Unidad de expresión
9.10	APC01 – T1	100%	**8.59**	Unidades de pH
	APC02 -T2	50%	**9.66**	
	APC03 -T3	25%	**9.70**	

Fuente**:** Elaboración propia

En el análisis del pH el resultado obtenido en el tratamiento 1 muestra un valor de 8.59, en el tratamiento 2 un valor de 9.66 y el tratamiento 3 un valor de 9.70.

Figura 12. pH obtenido por cada tratamiento de lixiviado tratado



Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa en la figura 12, el pH tiene como resultado más bajo en el tratamiento 1 (100% de carbón vegetal) acercándose a la neutralidad, notoriamente hay una diferencia que el tratamiento 2 (50% de carbón vegetal) y el tratamiento 3 (25% de carbón vegetal).

- Escherichia Coli

Las concentraciones de Escherichia Coli presentado en la tabla 12 se encuentran descritos en el informe de ensayo N° IE -26-294 (ver anexo 20).

Tabla 11

Resultado del análisis de Eschirichia Coli del lixiviado tratado

Valor inicial	Código	Porcentaje de carbón vegetal	E. Coli	
			Valor	Unidad de expresión
130	T1	100%	**<1,8**	NMP/100 ml
	T2	50%	**<1,8**	
	T3	25%	**<1,8**	

Fuente: Elaboración propia

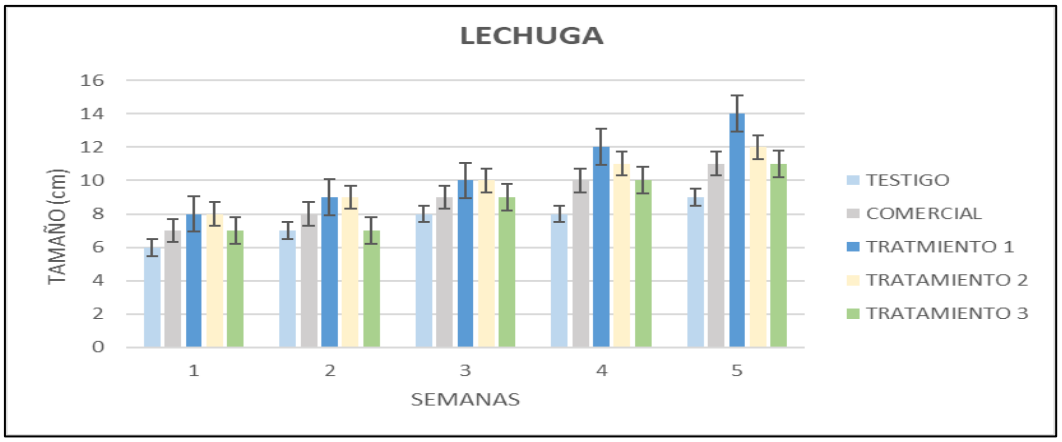
En la tabla 11, se puede identificar que en los tres tratamientos el número más probable de células E. Coli en 100ml de muestra es < 1,8. Lo que indica que las tres muestras tienen niveles muy bajos de contaminación fecal, en términos simples las tres muestras del tratamiento 1(100% de carbón vegetal), tratamiento 2(50% de carbón vegetal) y tratamiento 3 (25% de carbón vegetal) no se detecta contaminación bacteriana por E. coli. De acuerdo con los resultados de la tabla 7 en la muestra del lixiviado inicial se halló 130 NMP por cada cien mililitros presencia de células E. Coli, indicadores de contaminación fecal. Esta contaminación posiblemente es provocada por el fácil acceso de animales como perros en el área de proceso de compostaje, en las visitas realizadas para la elaboración del proyecto se evidencio presencia de perros.

4.1.3 Resultados del rendimiento del cultivo de Lactuca sativa L. en la variedad Capitata semana 1 hasta la semana 5

A continuación, se detalla los resultados cuantitativos de la aplicación de fertilizante comercial, testigo y cada tratamiento en la especie de planta seleccionada la cual es Lactuca sativa en la variedad capitata durante las 5 semanas.

- Tamaño (cm) de la lechuga Lactuca sativa en la variedad *capitata*

Figura 13. Comportamiento promedio del tamaño (cm) de la lechuga durante 5 semanas en testigo, fertilizante comercial y cada tratamiento.

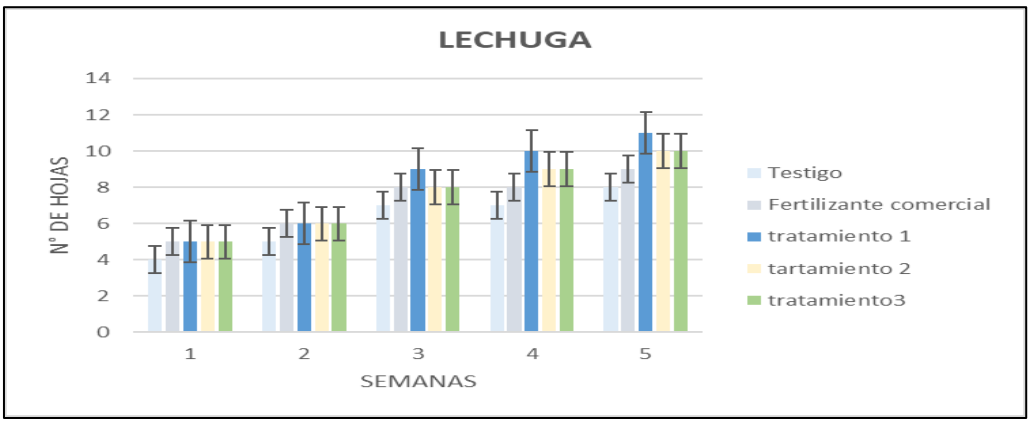


Fuente: Elaboración propia

En la figura 13 muestra la variación promedio del tamaño en cm de las lechugas durante las 5 semanas y así permitiendo observar el comportamiento de las plantas por cada tratamiento aplicado. Se muestra entonces que para la primera semana las lechugas del tratamiento 1 con 8cm, manteniendo un crecimiento constante las siguientes cuatro semanas, aumentando su tamaño en la semana 5 alcanzando los 14cm. Así mismo se observa que las plantas con el tratamiento 2 mostraron un crecimiento constante y similar al tratamiento 1 las tres semanas y la última semana alcanzo un tamaño de 12 cm. Por otro lado, el tratamiento comercial y el tratamiento 3 demostraron un comportamiento similar alcanzando un tamaño de 11cm en la semana 5. Finalmente, las plantas del testigo evidenciaron un menor tamaño en la última semana con un valor de 9 cm.

- Número de hojas de la lechuga Lactuca sativa en la variedad *capitata*

Figurara 14. Comportamiento promedio del número de hojas de la lechuga durante 5 semanas en testigos, fertilizante comercial y cada tratamiento.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 14 detalla los resultados del número de hojas en la especie de planta seleccionada la cual es Lactuca sativa en la variedad *capitata* durante las 5 semanas permitiendo observar el comportamiento de las plantas por cada tratamiento aplicado. Se observa que en la primera semana las lechugas el que presento mayor número de hojas fueron del tratamiento 1, el tratamiento 2, tratamiento 3 y fertilizante comercial con 5 hojas. En las siguientes semanas 3, 4 y 5 el tratamiento 1 mostraron el mayor número de hojas de 5 a 11 hojas. Las plantas de los testigos fueron los que demostraron menor número de hojas desde la semana 1 hasta la semana 5 de 4 a 8 hojas.

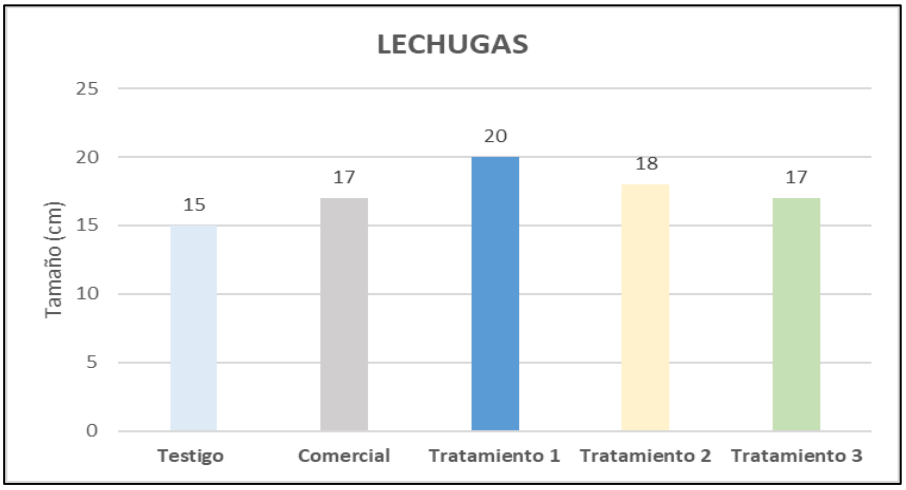
4.1.4 Resultados del rendimiento de la especie seleccionada Lactuca sativa en la variedad *capitata* semana 12 cosecha.

Se detalla los resultados cuantitativos como tamaño, número de hojas, peso, diámetro en la cosecha de la planta, especie seleccionada Lactuca sativa en la variedad capitata, semana 12.

- Tamaño(cm)

A continuación, se detalla los resultados de tamaño (cm) de la aplicación de fertilizante comercial, testigo y cada uno de los tres tratamientos en la especie de planta seleccionada la cual es Lactuca sativa en la variedad capitata durante la cosecha, semanas 12.

Figura 15 Resultados finales del tamaño de la lechuga semana 12



Fuente: Elaboración propia

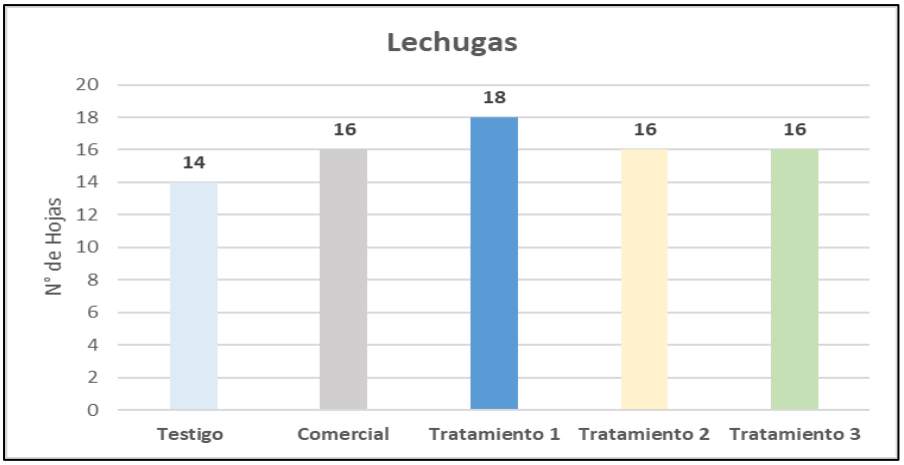
En la figura 15 muestra el tamaño de las lechugas, siendo en la semana 12 su cosecha donde podemos observar diferentes tamaños. Mostrando el tratamiento 1 con el tamaño más alto siendo de 20cm, luego sigue el tratamiento 2 con un tamaño de 18cm, continua el tratamiento

3 y el fertilizante comercial muestran un mismo tamaño siendo 17cm y finalmente el testigo mostrando el menor tamaño del resto alcanzado una medida de 15cm.

- Número de hojas

A continuación, se detalla los resultados del número de hojas de la aplicación de fertilizante comercial, testigo y cada uno de los tres tratamientos en la especie de planta seleccionada la cual es Lactuca sativa en la variedad capitata durante la cosecha, semanas 12.

Figura 16. Resultados finales del número de hojas de la lechuga semana 12



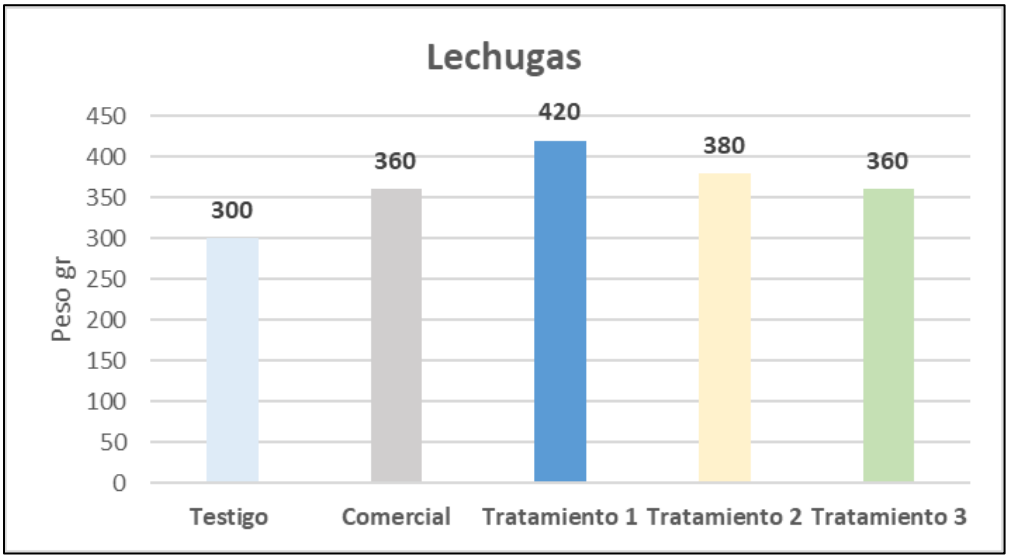
Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 muestra el número de hojas de la lechuga durante la semana 12. Donde se observa que el tratamiento 1 muestra el mayor número de hojas con 18. Continua el tratamiento 2, tratamiento 3 y fertilizante comercial con un mismo número de hojas 16. Finalmente, con el menor número de hojas es el testigo con 14.

- Peso

A continuación, se detalla los resultados del peso de la especie de planta seleccionada la cual es Lactuca sativa en la variedad capitata comparando las diferencias de la aplicación de fertilizante comercial, testigo y cada uno de los tres tratamientos durante la cosecha en la semana 12.

Figura 17. Resultado del peso de la lechuga en la cosecha semana 12



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 17, muestra el peso de las lechugas durante la cosecha siendo esta la semana 12. Donde se observa que el tratamiento 1 a presentado el mayor peso de 420gr. Continua el tratamiento 2 presentando un peso de 380 gr, continua con una ligera diferencia el tratamiento 3 y el comercial presentaron igual peso con 360 gr. Finalmente, el menor peso de 300gr presento el testigo.

4.1.5 Efectividad del carbón vegetal en el tratamiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho.

Tabla 12

Porcentaje de eficacia de remoción de los contaminantes

Indicador	Valor inicial	Tratamientos	% Carbón vegetal	Valor final	% de Remoción
DBO_5	14 906,7mg/L	T1(50 ml/50gr)	100%	10 921.9 mg/L	26.73
		T2(50 ml/50gr)	50%	12 462.7 mg/L	16.40
		T3(50 ml/50gr)	25%	13 942.9 mg/L	6.43
DQO	30 878,2 mg/L	T1(50 ml/50gr)	100%	24 018.6mg/L	22.22

		T2(50 ml/50gr)	50%	27 414.7 mg/L	12.63
		T3(50 ml/50gr)	25%	29 274.5 mg/L	5.19
		T1(50 ml/50gr)	100%	<1,8 NMP/100 ml	98.62
E. Coli	130NMP/100 ml	T2(50 ml/50gr)	50%	<1,8 NMP/100 ml	98.62
		T3(50 ml/50gr)	25%	<1,8 NMP/100 ml	98.62

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 12 se muestra el porcentaje de eficacia de remoción de los contaminantes DBO_5, DQO y E. Coli, con diferente tratamiento (T1, T2 y T3) y aplicando diferentes porcentajes de carbón vegetal (100%, 50% y 25%), como se puede visualizar el que presento mayor remoción de DBO_5 y DQO es el T1 con el porcentaje del 100% de carbón vegetal posterior el T2 con el porcentaje 50% y con menor porcentaje de eficacia de remoción presento el T3 con el porcentaje 25%. Con respecto al contaminante de la bacteria E. Coli el porcentaje de eficacia de remoción en los tres tratamientos presentaron el mismo valor con un 98.62%.

4.2 Contrastación de hipótesis

- Segunda hipótesis especifica

H1:. La aplicación de diferentes dosis de carbón vegetal influye positivamente en el tratamiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos de Huacho 2024-2025.

H0: La aplicación de diferentes dosis de carbón vegetal no influyen positivamente en el tratamiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos de Huacho 2024-2025.

El análisis se realizará según los tratamientos (dosis) de carbón vegetal y los resultados obtenidos de remoción por cada factor estudiado.

Para lograr determinar la segunda hipótesis especifica se trabajó de la siguiente manera:

- DBO_5 y DQO: Datos de remoción (diferencia entre el valor inicial y final).
- pH valor final.

A. Demanda Bioquímica de Oxigeno DBO_5**:**

De acuerdo a la tabla 8 el resultado obtenido de DBO_5 para la prueba de diferentes dosis de carbón vegetal.

Tabla 13.

Resultado de remoción del DBO_5

		Remoción de DBO_5
Tratamientos	mg/L	%
T1 (100% de carbón vegetal)	10 921.9	26.73
T2 (50 % de carbón vegetal)	12 462.7	16.40
T3 (25 % de carbón vegetal)	13 942.9	6.43

Fuente: Elaboración propia.

- Prueba de normalidad de Shapiro Wilk:

H0: Los datos de la variable tienen una distribución normal.

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

Tabla 14.

Prueba normalidad de Shapiro Wilk para DBO_5

Prueba de Normalidad				
		Shapiro Wilk		
	Tratamiento	Estadístico	gl	Sig.
DBO_5	T1	0.986	3	> 0.100
	T2	1.000	3	> 0.100
	T3	1.000	3	> 0.100

Fuente: Elaboración propia.

Decisión:

Los datos en los 3 grupos (tratamientos) son mayores(T1=> 0.100, T2 => 0.100 y T3=> 0.100) al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). Por lo que la distribución es normal. Por lo tanto, se continua con la prueba ANOVA.

- Prueba ANOVA

H0: Los tratamientos son iguales.

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

Tabla 15.

Análisis de Varianza de DBO_5

ANOVA					
DBO_5					
	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2	13691498	6845749	6.84575E+08	0.000
Dentro de grupos	6	0			
Total	8				

Fuente: Elaboración propia.

Decisión

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

- Prueba Tukey

Tabla 16.

Prueba Tukey para DBO_5

DBO_5				
Tratamientos	Diferencia de las medias	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza de 95%
T2 – T1	1540.80	0.08	0.000	(1540.55; 1541.05)
T3 - T1	3021.00	0.08	0.000	(3020.75; 3021.25)
T3- T2	1480.20	0.08	0.000	(1479.95; 1480.45)

Fuente: Elaboración propia.

H1: Existe una variación significativa entre los tres tratamientos.

H0: No existe una variación significativa entre los tres tratamientos.

P valor < 0.05 aceptamos H1, por lo cual rechazamos H0

De acuerdo a la tabla 17 se están comparando los tres tratamientos (T1, T2 y T3). El p valor = 0.000 es menor al nivel de significancia (α = 0.05), se afirma que existe diferencias significativas de DBO_5 entre los tres tratamientos.

B. Demanda Química de Oxigeno DQO.

De acuerdo a la tabla 9 el resultado obtenido de DQO para la prueba de diferentes dosis de carbón vegetal.

Tabla 17.

Resultado de remoción del DQO

		Remoción de DQO
Tratamientos	mg/L	%
T1 (100% de carbón vegetal)	24 018.6	22.22
T2 (50 % de carbón vegetal)	27 414.7	12.63
T3 (25 % de carbón vegetal)	29 274.5	5.19

Fuente: Elaboración propia.

- Prueba de normalidad de Shapiro Wilk:

H0: Los datos de la variable tienen una distribución normal.

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

Tabla 18.

Prueba normalidad de Shapiro Wilk para DQO

Prueba de Normalidad				
		Shapiro Wilk		
	Tratamiento	Estadístico	gl	Sig.
DQO	T1	0.982	3	> 0.100
	T2	1.000	3	> 0.100
	T3	1.000	3	> 0.100

Fuente: Elaboración propia.

Decisión:

Los datos en los 3 grupos (tratamientos) son mayores(T1=> 0.100, T2 => 0.100 y T3=> 0.100) al nivel de significancia (α = 0.05). Por lo que la distribución es normal. Por lo tanto, se continua con la prueba ANOVA.

- Prueba ANOVA

H0: Los tratamientos son iguales.

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

Tabla 19.

Análisis de Varianza de DQO

ANOVA					
DQO					
	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2	42613990	21306995	2.13070E+09	0.000
Dentro de grupos	6	0			
Total	8				

Fuente: Elaboración propia.

Decisión

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

- Prueba Tukey

Tabla 20.

Prueba Tukey para DQO

	DQO			
Tratamientos	Diferencia de las medias	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza de 95%
T2 – T1	3396.10	0.08	0.000	(3395.85; 3396.35)
T3 - T1	5255.70	0.08	0.000	(5255.45; 5255.95)
T3- T2	1859.60	0.08	0.000	(1859.35; 1859.85)

Fuente: Elaboración propia.

H1: Existe una variación significativa entre los tres tratamientos.

H0: No existe una variación significativa entre los tres tratamientos.

P valor < 0.05 aceptamos H1, por lo cual rechazamos H0

De acuerdo a la tabla 21 se están comparando los tres tratamientos (T1, T2 y T3). El p valor = 0.000 es menor al nivel de significancia (α = 0.05), se afirma que existe diferencias significativas de DQO entre los tres tratamientos.

C. pH

De acuerdo a la tabla 8 el resultado obtenido de pH para la prueba de diferentes dosis de carbón vegetal.

- Prueba de normalidad de Shapiro Wilk:

H0: Los datos de la variable tienen una distribución normal.

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

Tabla 21.

Prueba normalidad de Shapiro Wilk para pH.

Prueba de Normalidad				
		Shapiro Wilk		
	Tratamiento	Estadístico	gl	Sig.
pH	T1	1.000	3	> 0.100
	T2	1.000	3	> 0.100
	T3	1.000	3	> 0.100

Fuente: Elaboración propia

Decisión:

Los datos en los 3 grupos (tratamientos) son mayores(T1=> 0.100, T2 => 0.100 y T3=> 0.100) al nivel de significancia (α = 0.05). Por lo que la distribución es normal. Por lo tanto, se continua con la prueba ANOVA.

- Prueba ANOVA

H0: Los tratamientos son iguales.

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

Tabla 22.

Análisis de Varianza de pH

ANOVA					
pH					
	gl	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2	2.60180	1.30090	382.62	0.000
Dentro de grupos	6	0.02040			
Total	8	2.62220			

Fuente: Elaboración propia.

Decisión

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

- Prueba Tukey

Tabla 22.

Prueba Tukey para pH

pH				
Tratamientos	Diferencia de las medias	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza de 95%
T2 – T1	1.0700	0.0476	0.000	(0.9239; 1.2161)
T3 - T1	1.2000	0.0476	0.000	(1.0539; 1.3461)
T3- T2	0.1300	0.0476	0.000	(-0.0161; 0.2761)

Fuente: Elaboración propia.

H1: Existe una variación significativa entre los tres tratamientos.

H0: No existe una variación significativa entre los tres tratamientos.

P valor < 0.05 aceptamos H1, por lo cual rechazamos H0

De acuerdo a la tabla 25 se están comparando los tres tratamientos (T1, T2 y T3). El p valor = 0.000 es menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$), se afirma que existe

diferencias significativas de pH entre los tres tratamientos.

CAPITULO V. DISCUSIÓN

5.1 Discusión de resultados

El objetivo general del presente estudio fue determinar la efectividad del uso del carbón vegetal en el tratamiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2025. Los datos analizados muestran que el carbón vegetal remueve eficazmente bacterias de E. Coli, DBO_5 y DQO. Se observó remoción de la bacteria E. Coli al 98.62% en los tratamientos 1, 2 y 3 con un valor <1,8 NMP/100ml respecto al valor inicial 130 NMP/100 ml. Además, el pH disminuyo respecto al valor inicial que fue de 9.10, en el (T_1 al 100% de carbón vegetal= 8.59), el pH se incrementó al valor inicial (T_2 al 50% de carbón vegetal=9.66) y (T_3 al 25% de carbón vegetal=9.70). Asimismo, el DBO_5 disminuyo progresivamente en el (T_3 al 25% de carbón vegetal=13 942.9mg/L) con una eficacia de remoción 6.43%, (T_2 al 50% de carbón vegetal= 12 462.7mg/L) con una eficacia de remoción 16.40% y (T1 al 100% de carbón vegetal =10 921.9mg/L) con una eficacia de remoción 26.73%. El DQO disminuyo progresivamente en el (T_3 al 25% de carbón vegetal =29 274.5mg/L) con una eficacia de remoción 5.19%, (T_2 al 50% de carbón vegetal 27 414.7mg/L) con una eficacia de remoción 12.63%, y (T_1 al 100% de carbón vegetal= 24 018.6mg/L) con una eficacia de remoción 22.22%. En relación a los antecedentes se hizo una comparación con la investigación de Colonia y Sánchez (2024), reportaron estos resultados con diferentes proporciones de biocarbón (25%, 50% y 75%), el número total de bacterias coliformes disminuyó más de un 90%, lo que confirma la eficacia microbiológica del filtro. Ahmad (2022), de acuerdo a su recopilación de análisis y revisión de estudios científicos y literarias demuestran que la adsorción mediante el proceso fisicoquímico, resulta ser una de las mejores opciones por ser bastante económica y eficientes a comparación de otras tecnologías para tratar lixiviados, ya que normalmente presenta una composición a partir de desechos orgánicos. El adsorbente con más capacidad es el carbón vegetal, por su afinidad a los metales pesados. El carbón vegetal logro remover significativamente a la bacteria Escherichia Coli contaminante fecal. Por ello se admite la hipótesis general: El carbón vegetal es efectivo para el tratamiento de lixiviado generado en el proceso de compostaje de la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2025.

Los resultados fortalecen la evidencia existente sobre el potencial de los adsorbentes naturales siendo estos una alternativa sostenible, eficiente y viable para el tratamiento

de lixiviado para uso seguro como fertilizante liquido orgánico para los cultivos tradicionales de la localidad, promoviendo un aprovechamiento consiente y sostenible.

Continuando con el objetivo específico 1, caracterizar fisicoquímica y microbiológica el lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2025. De acuerdo a la tabla 6, DQO y DBO_5 fueron altos (30 878.2 mg/L y 14 906.7mg/L) reflejando la carga orgánica significativa, (Fosfato 52.80 mg/L) significa que la concentración es alta y es esencial para la floración de raíces actúa como biofertilizante de rápida absorción por las plantas, (nitrato= 39.91 mg/L) es una forma de nitrógeno altamente asimilable por las plantas excelente fertilizante orgánico, (nitrito < 0.05 mg/L) significa que el lixiviado es de buena calidad, maduro y es apto para ser utilizado como fertilizante liquido asimismo es favorable para el medio ambiente ya que reduce la emisión de óxido de nitroso siendo este un gas de efecto invernadero, (conductividad=50 000µS/cm) existe la gran posibilidad, que pueda generar electricidad, ya que este valor indica una alta concentración de iones disueltos como sales y metales, (pH=9.10) ligeramente alcalino y (E. Coli 130 NMP / 100mL) , indicando contaminación fecal. Esta contaminación posiblemente es provocada por el fácil acceso de animales como perros, gatos en el área del proceso de compostaje, lo que fue evidente en las visitas realizadas durante el desarrollo del proyecto. López y Novillo (2024) realizo la caracterización fisicoquímica y microbiológica del lixiviado producido en el proceso de compost obteniendo estos resultados: pH=8,2; CE=18,9 $dS.m^{-1}$; 392,0 mg. L^{-1} de nitrógeno total; 124 mg. L^{-1} de fósforo y 4.871,9 mg. L^{-1} de potasio, ausencia de coliformes que permite su utilización segura en cultivos. Por otro lado, Medina (2020), de acuerdo a los resultados recopilados y obtenidos en diferentes muestras de lixiviados obtenidos de sistema abiertos y cerrados. Los valores revelan que el contaminante mayoritario es la materia orgánica, expresado en términos de las concentraciones de DBO_5 y DQO. Asimismo, el fosforo y nitrógeno se perfilan como los principales nutrientes presentes en el lixiviado generado en el proceso de compostaje, cabe resaltar importancia en la relación entre DBO_5 /DQO para determinar la aplicación de tratamientos biológicos de acuerdo a su biodegradabilidad ya que su relación muestra resultados mayores de 0.4 el lixiviado tiene un alto grado de biodegradabilidad. Con esto se admite la hipótesis especifica 1: Los resultados de la caracterización microbiológica del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2025 superarían los 50 NMP/100 ml de la bacteria *Escherichia Coli.*

Continuando con el objetivo específico 2 se determino la dosis optima de carbón vegetal para el tratamiento de lixiviado, se evaluaron tres diferentes dosis (T1 100%, T2 50% y T3 25%) de carbón vegetal. El análisis estadístico (ANOVA y la prueba de Tukey) si encontró diferencias significativas con las diferentes dosis de carbón vegetal aplicadas al lixiviado en los parámetros DBO, DQO Y pH($p<0.05$) esto indica que los tres tratamientos con diferentes dosis de carbón vegetal presentan diferencias en la eficiencia de remoción entres los parámetros de DBO, DQO y pH. El carbón vegetal reduce significativamente las bacterias de E. Coli ya que en los tres tratamientos se evidencio el mismo valor de remoción de un 98.62% del contamínate fecal de E. Coli. Los hallazgos indicaron que, conforme va aumentando la dosis de carbón vegetal el contaminante $DBO_{5,}$ DQO y pH disminuyeron. La dosis optima es del T1 al 100% de carbón vegetal con mayor disminución del contaminante DBO5=10 921.9mg/L), DQO =24 018.6mg/L) y el pH =8.59. Esto es comparable con el estudio de Colonia y Sánchez (2024), reportaron estos resultados con diferentes proporciones de biocarbón (25%, 50% y 75%) en combinación con arena fina y grava. La mezcla filtrante estaba compuesta por un 25% de biocarbón, un 45% de arena fina y un 30% de grava; un 50% de biocarbón, un 30% de arena fina y un 20% de grava; y un 75% de biocarbón, un 15% de arena fina y un 10% de grava para el tratamiento de los lixiviados. Los resultados obtenidos fueron lo siguiente, que conforme aumentaba la proporción de carbón de Ichu la remocion era mayor. El T3 con el 75% de carbon Ichu mostraron mayor eficiencia de remocion 66,4% de (DQO), de 817 mg/l a 274 mg/l, y del 70,4% de (DBO), de 756 mg/l a 224 mg/l y de 2.5 x 10^5 NMP/100ml disminuyo a 1.1x 10^5 NMP/ 100ml de coliformes. Por ello se admite la hipótesis especifica 2: La aplicación de diferentes dosis de carbón vegetal influye positivamente en el tratamiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2025.

Continuando con el objetivo específico 3 evaluar el rendimiento del cultivo de Lactuca sativa en la variedad de Capitata mediante la aplicación del fertilizante orgánico obtenido a partir del del lixiviado tratado con carbón vegetal, de acuerdo al monitoreo cuantitativo como número de hojas y tamaño del cultivo Lactuca sativa en la variedad *capitata* semana tras semana y hasta la semana de la cosecha (semana 12), se pudo notar claramente que al aplicar el producto del tratamiento 1 la lechuga mostraba un color más vivo , la forma de sus hojas rizadas firmes y compactas al cosechar en la semana 12 obtuvo el mayor peso, mayor número de hojas y tamaño. Esto es comparable con la

investigación de López y Novillo (2024), cuyo objetivo fue analizar los efectos del lixiviado en su aplicación al cultivo de lechuga (Lactuca sativa), la ausencia de coliformes permite su utilización segura en cultivos de tallo corto. Se instaló un ensayo con plantas de lechuga (Lactuca sativa), en macetas, sobre el que se aplicó el lixiviado evaluado. Las plantas tratadas con lixiviado presentaron diferencias significativas en altura y número de hojas a la cosecha. Al finalizar el ensayo, la aplicación de lixiviado en la dosis utilizada no produjo efectos negativos sobre el cultivo sino al contrario mostraron efectos favorables. Asimismo, esto es comparable con la investigación de Lizárraga y Vidal (2019), de acuerdo a su resultado obtenido menciona que los lixiviados de los vertederos tienen propiedades físicas y químicas adecuadas para su uso como fertilizante. Asimismo, la aplicación del lixiviado como fertilizante en la producción de flores ornamentales aumento considerablemente el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como en la calidad y cantidad de flores producidas. Llegando a la conclusión, en que los lixiviados generados en el relleno sanitario Huancavelica son beneficiosos tanto para la industria de la floricultura y para el ambiente, ya que se convierte una fuente provechosa de nutrientes para la producción de flores ornamentales. Así mismo se acepta la hipótesis especifica 3: El cultivo Lactuca Sativa en la variedad capitata el rendimiento es alto cuando aplicamos el fertilizante orgánico obtenido a partir del tratamiento 1 del lixiviado con el carbón vegetal en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2025.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El uso de carbón vegetal es efectivo en el tratamiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024-2025, influyendo en los parámetros fisicoquímico y microbiológico de la siguiente manera:
  - Se disminuyo la concentración inicial de la demanda Bioquímica de oxígeno hasta 10 921.9 mg/L en el tratamiento 1(100% de Carbon Vegetal).
  - Se disminuyo la concentración inicial de la Demanda Química de Oxigeno hasta 24018.6 mg/L en el tratamiento 1(100% de Carbon Vegetal).
  - El pH disminuyo respecto al valor inicial hasta 8.59 en el tratamiento 1(100% de Carbon Vegetal.
  - Se observo que disminuyó significativamente la contaminación fecal de la bacteria Escherichia coli respecto al valor inicial en los tres tratamientos pasando de 130.0 NMP/100ml a < 1.8 NMP/ 100mL. Gracias a sus características físicas y su poder adsorbente el carbón vegetal removió e inactivo eficazmente la contaminación fecal del lixiviado.
- Con la caracterización fisicoquímica del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024-2025, se demostró que el líquido es altamente biodegradable ya que presento una alta concentración de materia orgánica y nutrientes, con un índice de biodegradabilidad de 0.48 en relación del DBO/DQO, lo que aumenta su posibilidad de uso como fertilizante. Con la caracterización microbiológica se detectó contaminación fecal por presencia de la bacteria E. Coli en el lixiviado de 130NMP/100ml, indicador de la presencia potencial de agentes patógenos que causan enfermedades gastrointestinales, requieren un previo manejo y tratamiento para disminuir la contaminación fecal para su uso seguro como fertilizante.
- Existe evidencias estadísticas con nivel de confianza del 95%, para afirmar que hay diferencias significativas entre las medidas de los parámetros de DBO5, DQO y pH, entre los tratamientos 1 (100% de carbón vegetal), tratamiento 2 (50% de carbón vegetal), y tratamiento 3 (25% de carbón vegetal). La dosis optima de carbón vegetal es del tratamiento 1 (100% de carbón vegetal) de acuerdo a los resultados obtenidos, con

mayor disminución del contaminante DQO paso de 30 878,2mg/L a 24 018.6 mg/L, DBO_5 paso de 14 906,7 mg/L a 10 921.9 mg/L, el pH paso de 9.10 a 8.59 y la remoción de 98.62% de la bacteria de E. Coli.

- El rendimiento del cultivo de Lactuca sativa en la variedad Capitata, después de aplicar el fertilizante liquido orgánico obtenido a partir del tratamiento 1 se evidencio que tuvo un desarrollo favorable, presento mayor número de hojas, mayor tamaño y peso, asimismo mostro un color más vivo, la forma de sus hojas rizadas firmes y compactas.

6.2 RECOMENDACIONES

- Continuar con investigaciones acerca de tratar lixiviado de compost con diferentes presentaciones del carbón vegetal de forma granulado o en polvo, con la finalidad de obtener resultados diferentes y favorables, siendo este un tratamiento económico y viable para los municipios, así mismo se puede aprovechar este sub producto generado en el proceso de compostaje, ya que tiene un alto contenido de nutrientes benéficos para el suelo y las plantas.
- De acuerdo a los resultados de la caracterización microbiológica del lixiviado inicial, se recomienda para evitar o disminuir la contaminación fecal en el lixiviado, limitar el acceso de animales a la instalación de la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho donde se realiza el proceso de compostaje ya que el estar contaminado el lixiviado no le hace viable ni segura su uso como fertilizante liquido orgánico.
- De a los resultados obtenidos en el postratamiento, se sugiere no aplicar directamente a la lechuga Lactuca Sativa el fertilizante de los tratamientos 1,2 y 3 el DBO, DQO está sumamente concentrado y está biológicamente activo y el pH está por encima de 7, se debe diluir en agua con una dosis de 1:15.
- Continuar con investigaciones acerca de la viabilidad de combinar lixiviado de compost con carbón vegetal para fertilizar plantas de tallo corto, asimismo evaluar el rendimiento con otras variedades de plantas representativas de la localidad de Huacho, ya que su influencia en el crecimiento de Lactuca Sativa en la variedad Capitata fue favorable, asimismo inactivo la contaminación bacteriana del lixiviado.

CAPÍTULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

5.1. Fuentes Bibliográficas

Álvarez, S, Alexander; C, Suarez, G, y John, H. (2006). Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario el Guayabal de la ciudad San José de Cúcuta, Colombia. *Ingeniería y Desarrollo*. *20* , 95-105.

Arbaiza Cesar; (2019). Determinación de la eficiencia de remoción de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales de Jepelacio Moyobamba. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martin.

Apelsa carbones. (2004). Carbón activado recuperado de http://www.carbonapelsa.com.mx/pages/spanish/carbonactivado.html.

Carlos Romero (2010). Aprovechamiento integral del lixiviado. (tesis doctoral).

Carranza. A y Plasencia.T (2019), Tratamiento de los lixiviados generados en la planta de residuos sólidos de Cajamarca con humedales artificiales de Juncus balticus willd (junco) y Shoenoplectus californicus (totora). Cajamarca: Universidad Privada del Norte.

C. Romero, P. Ramos, C. Costa y M. C. Márquez, «Raw and digested municipal waste compost leachate as potencial fertilizer: comparison with a commercial fertilizer,» Journal of Cleaner Production, vol. 59, pp. 73-78, 2013.

Castro, Arce (2019) *Producción de compost con aplicación de lixiviados y efecto en el rendimiento del cultivo de Lactuca sativa la variedad Waldmans Green en san Jerónimo – Cusco* (tesis de pregrado). Universidad nacional de san Antonio Abad del Cusco.

Cordova (2023). Aprovechamiento de lixiviados generados por los residuos orgánicos en el relleno sanitario Ccatun Huaycco en Paltamachay -Yauli – Huancavelica. Universidad continental Huancayo.

Doménica y Velastegui (2009). *Caracterización físico – química y microbiológica de los lixiviados generados en las composteras del parque itchimbia*", recuperado de

Fernandez Yepes Reducción de DQO y aumento del índice de biodegradabilidad de los lixiviados del relleno. Proyecto de grado para optar al título de ingeniero civil. Cartagena, Bolívar, Colombia: Universidad de Cartagena.

Aroyo y Mantilla (2022) Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales de tipo

vertical para el tratamiento del lixiviado producto del compostaje Colombia Fundación Universitaria de San Gil,Unisan.

Fernandez, A. Contaminación por lixiviados. 13 de octubre de 2006. Disponible en: http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2006/10/13/156373. Php.

Fredy, M & Sarah, H (2015). *Cinética del carbón activado granular en el tratamiento del lixiviado del relleno sanitario loma de los cocos en la ciudad de Cartagena.* (tesis de pregrado). Universidad de Cartagena.

Garcia, P. (2019). Manejo y Tratamiento de Lixiviados en Rellenos Sanitarios: Revisión bibliográfica y Experiencia en Planta de Tratamiento de Lixiviados de Navarro.

Goyal, M., Bhagat, M., & Dhawan, R. (2009). Removal of mercury from water by fixed bed activated carbon columns. Journal of Hazardous Materials, 1009-1015. Aprovechamiento integral de lixiviados. Batallán, Romero, y Carlos Alberto. Vol. 24.Retrieved.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill, 2014. 978-1-4562-2396-0.

Hmad Siddiqi, S., Al-Mamun, A., Said Baawain, M., & Sana, A. (2022). critical review of the recently developed laboratory-scale municipal solid waste landfill leachate treatment technologies,. Tecnologías y evaluaciones de energía sostenible, (5) 23-36

Ingham, E. R. 2005. The compost tea brewing manual. pp. 65-79. In: Soil foodweb 5a. edition. Corvallis, OR, USA.

Inorgánicas. Problemas Ambientales, Medellín, Revista. Setiembre 2013, Vol 3. [Fecha consulta: 8 de Julio 2018]. Disponible en: https:/ecorganicas.com/Cont/index.php.

Internacional de Contaminación Ambiental, 25(3), 133-145.

L. Martínez Soza, Estudio de la evolución de una ETAP para la adecuación legislativa, Barcelona, 2010

Losada, Bermeo. (2009). "Caracterización de los lixiviados generados en el proceso de compostaje provenientes de residuos orgánicos de la plaza de mercado y su uso como complemento nutricional para cultivos hidropónicos ". Universidad de la salle. Apha-awwa-wpcf (1992) Editorial Díaz de Santos, S.A.; Año de publicación: 1992; España.

Lizarraga C, Vidal A. Tesis "Aprovechamiento de lixiviados de rellenos sanitarios como fertilizantes en la producción de flores ornamentales". [Online] 2019.

https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15671.

López, E. R.3, Novillo. "Tesis uso de lixiviado de raquis de banana como fertilizante. Caracterización y efectos sobre suelo y cultivo".[Online] 2024. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/174690/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

M. N. Lutfi Al-mefleh, (2003) Investigación Relativa a la minimización en vertederos y su depuración, Madrid.

Medina (2020). Análisis de la implementación de biofiltros para el tratamiento de lixiviados generados en unidades de compostaje: Revisión de Literatura. https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/a0008898-c529-4948-b342-4a7844168a3c/content.

Marroquín (2012) http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESION-3-DE%20LA%20METODOLOGIA.pdf

Méndez Novelo, R. I., Castillo Borges, E. R., Sauri Riancho, M. R., Quintal Franco, C. A., Giácoman Vallejos, G., & Jiménez Cisneros, B. (2009). COMPARACIÓN DE CUATRO TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS DE LIXIVIADOS. Revista

Norma R, Pedro C, Uriel F, Esteban F y Alejandro (2009). Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Terra Latinoamericana, vol. 27, núm, pp. 319-327. Producción Ecológica Certificada de Hortalizas de clima frio, (2003).

Reyes, M. Lixiviados en plantas de residuos. Valencia: Universidad Politécnica de

Roman, P., Martinez, M., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (1a ed.). chile: FAO.

Rohers F., Dalsasso R., Nadaleti W., Seleme M., Borges de Castilhos A., (2021).Physical chemical pre-treatment of sanitary landfill raw leachate by direct ascending filtration,Chemosphere,285,131362,https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131362.

Romero, J. (2004). Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de diseño (E. C. de Ingeniería (ed.); Tercera Ed). Nuevas Ediciones S.A. https://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S24141046202200200177#B67.

Rodríguez, F., & Molina, M. (2018). El carbón activado en procesos de descontaminación.

J. P. Cotterill , D. S. Robinson, D. P. Alexander y D. J. Gaunt, «The role of biochar in the composting process,» Italia, 2013.

Rosal, A., Pérez, J. P., & Arcos, M. A. (2007). La Incidencia de Metales Pesados en Compost

de Residuos Sólidos Urbanos y en su uso Agronómico en España. Innovacion Tecnológica, 18, 75-82.

Sánchez, A. (2011). Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable (Primera ed.). México DF, México: S y G Editores.

Suero. A (2022), Manejo de lixiviados de la fracción orgánica de los residuos orgánico de los residuos del relleno sanitario Anta, Cusco, Perú. [Online] 2022. https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/0e2b704f-ccbf-4f20-939ec45c7104d92f

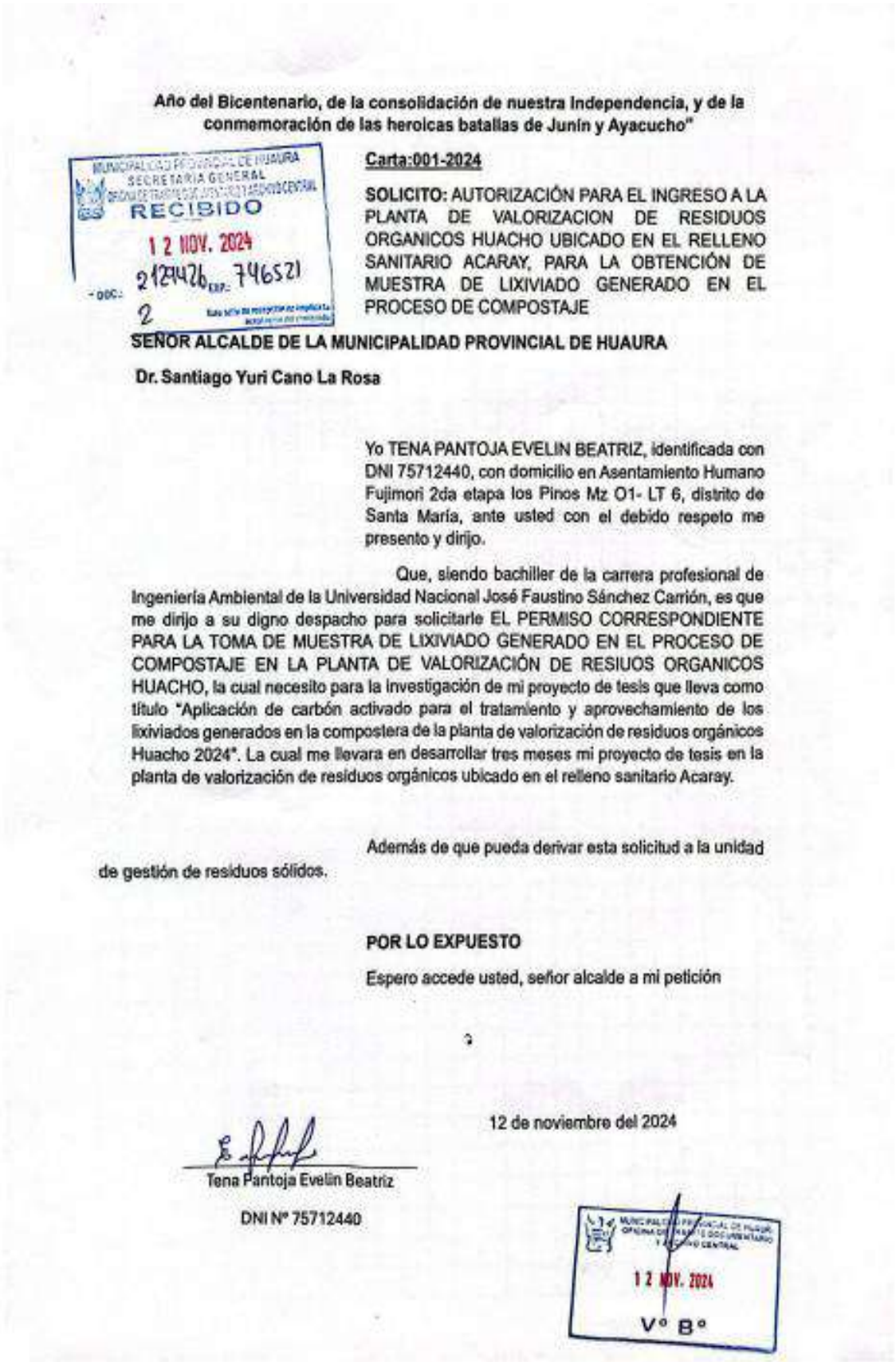
Textos Científicos. (25 de junio de 2006). LOS MATERIALES ADSORBENTES. Obtenido de TextosCientificos.com: http://www.textoscientificos.com/quimica/carbon-activo/materiales-adsorbentes Valencia, 2015.

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	MÉTODO
Problema General • ¿Cuál es el efecto del uso de carbón vegetal para el tratamiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024- 2025?	**Objetivo general** • Determinar la efectividad del carbón vegetal en el tratamiento del lixiviado generado en los proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024 - 2025.	✓ H1: El carbón vegetal es efectivo para el tratamiento de lixiviado generado en el proceso de compostaje de la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024 - 2025. ✓ H0: El carbón vegetal no es efectivo para el tratamiento de lixiviado generado en el proceso de compostaje de la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024 - 2025.	**Tipo de investigación** Aplicada **Enfoque de la investigación** Cuantitativo **Nivel o alcance la de investigación** Explicativo **Diseño de la investigación** Experimental
Problema Especifico • ¿Cuáles son las características fisicoquímicas y microbiológicas del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024 - 2025? • ¿Cuál sería la dosis optima de carbón vegetal para el tratamiento de los lixiviados generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024 - 2025? • ¿Cuál es el rendimiento del cultivo de Lactuca sativa L. en la variedad de Capitata al aplicar el fertilizante orgánico obtenido a partir del lixiviado con carbón vegetal en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024 - 2025?	**Objetivo especifico** • Caracterizar fisicoquímica y microbiológica el lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024 - 2025. • Determinar la dosis optima de carbón vegetal para el tratamiento de lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024- 2025. • Evaluar el rendimiento del cultivo de Lactuca sativa en la variedad de Capitata mediante la aplicación del fertilizante orgánico obtenido a partir del tratamiento del lixiviado con el carbón vegetal en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024-2025.	**Hipótesis Especifica** ✓ Los resultados de la caracterización microbiológica del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024-2025 superarían los 50 NMP/100 ml de la bacteria Escherichia Coli. ✓ La aplicación de diferentes dosis de carbón vegetal influye positivamente en el tratamiento del lixiviado generado en el proceso de compostaje en la planta de valorización de residuos orgánicos de Huacho 2024-2025. ✓ El cultivo Lactuca Sativa en la variedad capitata el rendimiento es alto cuando aplicamos fertilizante orgánico obtenido a partir del tratamiento del lixiviado con el carbón vegetal en la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024 - 2025.	

ANEXO 2. Permiso a la municipalidad provincial de Huacho



Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAURA
SECRETARIA GENERAL
RECIBIDO
12 NOV. 2024
212426 EXP.: 746521
DOC.: 2

Carta:001-2024

SOLICITO: AUTORIZACIÓN PARA EL INGRESO A LA PLANTA DE VALORIZACION DE RESIDUOS ORGANICOS HUACHO UBICADO EN EL RELLENO SANITARIO ACARAY, PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRA DE LIXIVIADO GENERADO EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

SEÑOR ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAURA

Dr. Santiago Yuri Cano La Rosa

Yo TENA PANTOJA EVELIN BEATRIZ, identificada con DNI 75712440, con domicilio en Asentamiento Humano Fujimori 2da etapa los Pinos Mz O1- LT 6, distrito de Santa María, ante usted con el debido respeto me presento y dirijo.

Que, siendo bachiller de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, es que me dirijo a su digno despacho para solicitarle EL PERMISO CORRESPONDIENTE PARA LA TOMA DE MUESTRA DE LIXIVIADO GENERADO EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE EN LA PLANTA DE VALORIZACIÓN DE RESIUOS ORGANICOS HUACHO, la cual necesito para la investigación de mi proyecto de tesis que lleva como título "Aplicación de carbón activado para el tratamiento y aprovechamiento de los lixiviados generados en la compostera de la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho 2024". La cual me llevara en desarrollar tres meses mi proyecto de tesis en la planta de valorización de residuos orgánicos ubicado en el relleno sanitario Acaray.

Además de que pueda derivar esta solicitud a la unidad de gestión de residuos sólidos.

POR LO EXPUESTO

Espero accede usted, señor alcalde a mi petición

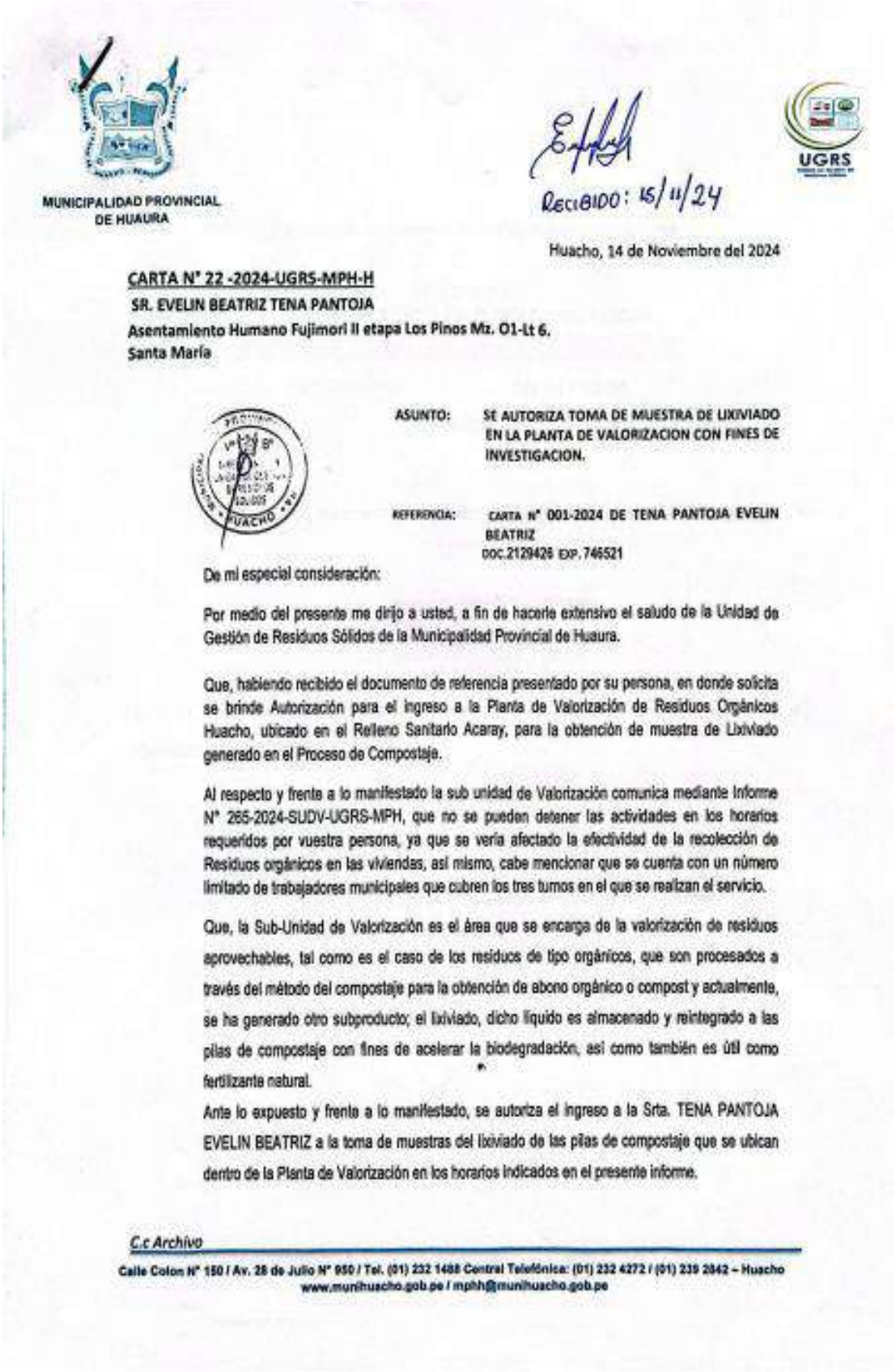
12 de noviembre del 2024

Tena Pantoja Evelin Beatriz

DNI N° 75712440

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAURA
OFICINA DE TRAMITE DOCUMENTARIO
12 NOV. 2024
V° B°

ANEXO 3. Carta de aceptación para el ingreso a la planta de valorización de residuos orgánicos



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL
DE HUAURA

UGRS

RECIBIDO: 15/11/24

Huacho, 14 de Noviembre del 2024

CARTA N° 22 -2024-UGRS-MPH-H

SR. EVELIN BEATRIZ TENA PANTOJA
Asentamiento Humano Fujimori II etapa Los Pinos Mz. O1-Lt 6.
Santa María

ASUNTO: **SE AUTORIZA TOMA DE MUESTRA DE LIXIVIADO EN LA PLANTA DE VALORIZACION CON FINES DE INVESTIGACION.**

REFERENCIA: **CARTA N° 001-2024 DE TENA PANTOJA EVELIN BEATRIZ**
DOC.2129426 EXP. 746521

De mi especial consideración:

Por medio del presente me dirijo a usted, a fin de hacerle extensivo el saludo de la Unidad de Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de Huaura.

Que, habiendo recibido el documento de referencia presentado por su persona, en donde solicita se brinde Autorización para el ingreso a la Planta de Valorización de Residuos Orgánicos Huacho, ubicado en el Relleno Sanitario Acaray, para la obtención de muestra de Lixiviado generado en el Proceso de Compostaje.

Al respecto y frente a lo manifestado la sub unidad de Valorización comunica mediante Informe N° 265-2024-SUDV-UGRS-MPH, que no se pueden detener las actividades en los horarios requeridos por vuestra persona, ya que se vería afectado la efectividad de la recolección de Residuos orgánicos en las viviendas, así mismo, cabe mencionar que se cuenta con un número limitado de trabajadores municipales que cubren los tres turnos en el que se realizan el servicio.

Que, la Sub-Unidad de Valorización es el área que se encarga de la valorización de residuos aprovechables, tal como es el caso de los residuos de tipo orgánicos, que son procesados a través del método del compostaje para la obtención de abono orgánico o compost y actualmente, se ha generado otro subproducto; el lixiviado, dicho líquido es almacenado y reintegrado a las pilas de compostaje con fines de acelerar la biodegradación, así como también es útil como fertilizante natural.

Ante lo expuesto y frente a lo manifestado, se autoriza el ingreso a la Srta. TENA PANTOJA EVELIN BEATRIZ a la toma de muestras del lixiviado de las pilas de compostaje que se ubican dentro de la Planta de Valorización en los horarios indicados en el presente informe.

C.c Archivo

Calle Colon N° 150 / Av. 28 de Julio N° 950 / Tel. (01) 232 1488 Central Telefónica: (01) 232 4272 / (01) 239 2842 – Huacho
www.munihuacho.gob.pe / mphh@munihuacho.gob.pe

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL
DE HUAURA

UGRS

Para el ingreso a la planta se puede realizar en los siguientes horarios establecidos:

CUADRO N° 01:
HORARIO DE INGRESO A LA PLANTA DE VALORIZACIÓN

TURNO	HORARIO
TURNO MAÑANA	7:00 AM – 1:00 PM

UGRS, 2024.

Sin otro particular, quedo de Usted no sin antes reiterarle las muestras de estima y consideración.

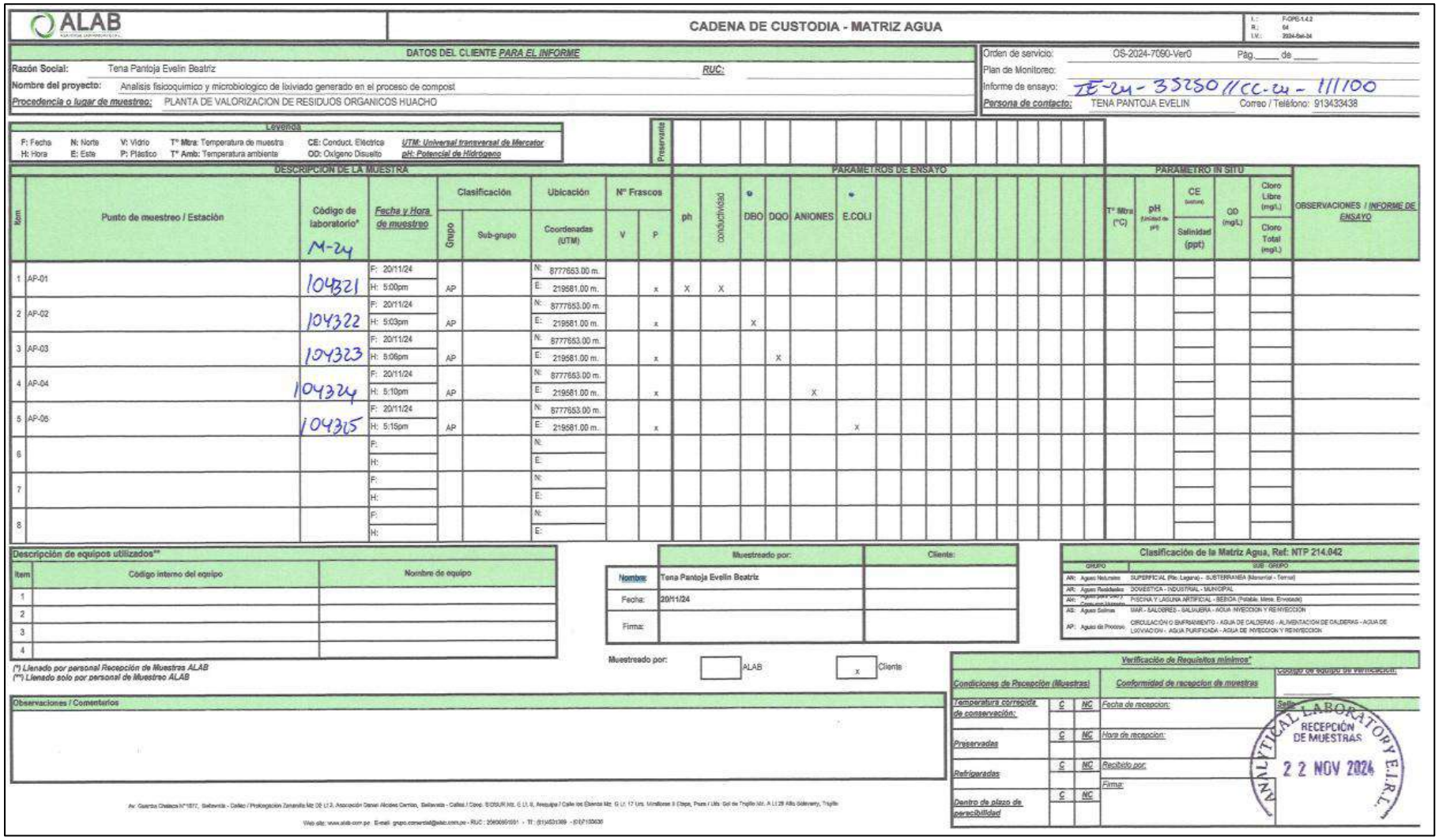
Atentamente,

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAURA
ING. ROSHKSON WILLIAM HIDALGO FALCÓN
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE GESTIÓN
DE RESIDUOS SOLIDOS

DOC. 02131361 EXP. 746521

C.c Archivo

ANEXOS 4. Cadena de custodia para la toma de muestra de lixiviados inicial



ALAB

CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA

DATOS DEL CLIENTE *PARA EL INFORME*

Razón Social: Tena Pantoja Evelin Beatriz — RUC:

Nombre del proyecto: Analisis fisicoquimico y microbiologico de lixiviado generado en el proceso de compost

Procedencia o lugar de muestreo: PLANTA DE VALORIZACION DE RESIDUOS ORGANICOS HUACHO

Orden de servicio: OS-2024-7090-Ver0 — Pág. ____ de ____

Plan de Monitoreo:

Informe de ensayo: IE-24-35250 // CC-24-111100

Persona de contacto: TENA PANTOJA EVELIN — Correo / Teléfono: 913433438

Leyenda

F: Fecha — N: Norte — V: Vidrio — T° Mtra: Temperatura de muestra — CE: Conduct. Eléctrica — UTM: Universal transversal de Mercator

H: Hora — E: Este — P: Plástico — T° Amb: Temperatura ambiente — OD: Oxigeno Disuelto — pH: Potencial de Hidrógeno

Preservante

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA									PARAMETROS DE ENSAYO							PARAMETRO IN SITU					
Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio* M-24	Fecha y Hora de muestreo	Clasificación: Grupo	Clasificación: Sub-grupo	Ubicación: Coordenadas (UTM)	N° Frascos: V	N° Frascos: P	ph	conductividad	DBO	DQO	ANIONES	E.COLI		T° Mtra (°C)	pH (Unidad de pH)	CE (ms/cm) Salinidad (ppt)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L) Cloro Total (mg/L)	OBSERVACIONES / INFORME DE ENSAYO
1	AP-01	104321	F: 20/11/24 H: 5:00pm	AP		N: 8777653.00 m. E: 219581.00 m.		x	X	X											
2	AP-02	104322	F: 20/11/24 H: 5:03pm	AP		N: 8777653.00 m. E: 219581.00 m.		x			X										
3	AP-03	104323	F: 20/11/24 H: 5:06pm	AP		N: 8777653.00 m. E: 219581.00 m.		x				X									
4	AP-04	104324	F: 20/11/24 H: 5:10pm	AP		N: 8777653.00 m. E: 219581.00 m.		x					X								
5	AP-05	104315	F: 20/11/24 H: 5:15pm	AP		N: 8777653.00 m. E: 219581.00 m.		x						x							
6			F: H:			N: E:															
7			F: H:			N: E:															
8			F: H:			N: E:															

Descripción de equipos utilizados**

Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		

	Muestreado por:	Cliente:
Nombre:	Tena Pantoja Evelin Beatriz	
Fecha:	20/11/24	
Firma:		

Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042

GRUPO		SUB - GRUPO
AR:	Aguas Naturales	SUPERFICIAL (Rio, Laguna) - SUBTERRANEA (Manantial - Tomal)
AR:	Aguas Residuales	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL
AR:	Aguas para Cons. y Consumo Humano	PISCINA Y LAGUNA ARTIFICIAL - SEDIA (Potable, Mesa, Envasada)
AS:	Aguas Salinas	MAR - SALOBRES - SALMUERA - AGUA INYECCION Y REINYECCION
AP:	Aguas de Proceso	CIRCULACION O ENFRIAMIENTO - AGUA DE CALDERAS - ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE LIXIVIACION - AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION

Muestreado por: [ ] ALAB [x] Cliente

(*) Llenado por personal Recepción de Muestras ALAB

(**) Llenado solo por personal de Muestreo ALAB

Observaciones / Comentarios

Verificación de Requisitos mínimos*

Condiciones de Recepción (Muestras)	C	NC	Conformidad de recepcion de muestras		Código de equipo de verificación:
Temperatura corregida de conservación:			Fecha de recepcion:		Sello:
Preservadas			Hora de recepcion:		
Refrigeradas			Recibido por:		
Dentro de plazo de perecibilidad			Firma:		

ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L. RECEPCIÓN DE MUESTRAS 22 NOV 2024

ANEXO 5. Resultados de análisis de la muestra de lixiviado inicial

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-35250

N° Id.: 0000134913

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

1.- RAZON SOCIAL	: TENA PANTOJA EVELIN BEATRIZ
2.- DIRECCIÓN	: ASENT.H. FUJIMORI - LOS PINOS ETAPA II MZ. O-1 LT. 6
3.- PROYECTO	: ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO DE LIXIVIADO GENERADO EN EL PROCESO DE COMPOST
4.- PROCEDENCIA	: PLANTA DE VALORIZACION DE RESIDUOS ORGANICOS HUACHO
5.- SOLICITANTE	: TENA PANTOJA EVELIN BEATRIZ
6.- PRODUCTO	: Agua de Proceso

II.- DATOS DEL SERVICIO

1.- ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000007090-2024-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2024-12-03

III.- DATOS DEL ÍTEMS DE ENSAYO

1.- MUESTREADO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2- NÚMERO DE MUESTRAS	: 5
3.- FECHA DE RECEPCIÓN	: 2024-11-22
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN	: Conservacion de la cadena de frio (<= 6°C) / Preservada.
5.- PERÍODO DE ENSAYO	: 2024-11-22 al 2024-12-03

Mgtr. Ing. Lic. Freddy A. Taipe Castro
Director de Investigación y Desarrollo
CIP N° 150812

Marleni V. Rivera Castromonte
Supervisor de Laboratorio de Microbiología e Hidrobiología
CBP N° 16639

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

Pág.1 de 4

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-35250

N° Id.: 0000134913

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023.	pH Value Electrometric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. / Part 4500-O H, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test / Oxygen (dissolved). Optical-Probe Method
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023.	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method.
Aniones IAS	EPA 300.0 Rev. 2.1, 1993, Valited (Applied out of reach), 2023.	Determination of inorganic anions by ion chromatography
Escherichia coli (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F.2, 24th Ed. 2023.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliforms and E.coli.
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 24th Ed. 2023.	Conductivity. Laboratory Method.

"EPA" : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis
"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
"APHA": American Public Health Association

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-35250

N° Id.: 0000134913

V.- RESULTADOS

ITEM		1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO		M-24-104321	M-24-104322	M-24-104323	M-24-104324
CÓDIGO CLIENTE [**]		AP-01	AP-02	AP-03	AP-04
COORDENADAS - UTM WGS 84 [**]		E:0219581 N:8777653	E:0219581 N:8777653	E:0219581 N:8777653	E:0219581 N:8777653
PRODUCTO [**]		Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUBPRODUCTO [**]		Agua de Lixiviación	Agua de Lixiviación	Agua de Lixiviación	Agua de Lixiviación
FECHA y HORA DE MUESTREO [**]		20-11-2024 17:00	20-11-2024 17:03	20-11-2024 17:06	20-11-2024 17:10
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Escherichia coli (NMP) (**)	NMP/100mL	NA	1,8	-	-	-	-
Conductividad (**)	µS/cm	NA	0,00	50 000,00	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxigeno (**)	mg/L	0,8	2,0	-	14 905,7	-	-
pH (**)	Unidad de pH	NA	0,01	9,10	-	-	-
Demanda Química de Oxigeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-	-	30 878,2	-
Aniones IAS							
Nitratos (**)	mg/L	0,02	0,05	-	-	-	39,91
Nitrito (**)	mg/L	0,02	0,05	-	-	-	<0,05
P-Fosfato (**)	mg/L	0,04	0,10	-	-	-	52,80

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.
"-": No ensayado

NA: No Aplica

[**]Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

SEDE PRINCIPAL
SEDE CHIMBOTE
SEDE AREQUIPA
SEDE PIURA
SEDE TRUJILLO
www.alab.com.pe

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-24-35250

N° Id.: 0000134913

ITEM	5
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-24-104025
CÓDIGO CLIENTE **	AP-05
COORDENADAS - UTM WGS 84 **	E:0219581 N:8777653
PRODUCTO **	Agua de Proceso
SUBPRODUCTO **	Agua de Lixiviación
FECHA y HORA DE MUESTREO **	26-11-2024 17:55

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Escherichia coli (NMP) (**)	NMP/100mL	NA	1,8	130,0
Conductividad (**)	µS/cm	NA	0,00	-
Demanda Bioquímica de Oxigeno (**)	mg/L	0,8	2,0	-
pH (**)	Unidad de pH	NA	0,01	-
Demanda Química de Oxigeno (**)	mg/L	2,0	5,0	-
Aniones IAS				
Nitratos (**)	mg/L	0,02	0,05	-
Nitrito (**)	mg/L	0,02	0,05	-
P-Fosfato (**)	mg/L	0,04	0,10	-

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.
"-": No ensayado
N.A: No Aplica
(*) Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

SEDE PIMENTEL
SEDE ZARUMILLA
SEDE AREQUIPA
SEDE PAITA
SEDE TRUJILLO
www.alab.com.pe

ANEXO 6. Datos del crecimiento de la especie Lactuca sativa en la variedad Capitata semana 1

SEMANA 1. 15/09/2025				
TRATAMIENTO	INDICADORES			
TESTIGO (SIN FERTILIZANTE)	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	6	6.5	6	6
	NUMERO DE HOJAS			
	4	5	5	5
FERTILIZANTE COMERCIAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	6.5	6.5	7.5	7.5
	NUMERO DE HOJAS			
	5	5	5	6
TRATAMIENTO N°01 AL 100% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	8	9	9	9
	NUMERO DE HOJAS			
	6	6	5	5
TRATAMIENTO N°2 AL 50% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	8	8	8.5	9
	NUMERO DE HOJAS			
	6	5	5	6
TRATAMIENTO N°3 AL 50% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	7	7.5	8	8.5
	NUMERO DE HOJAS			
	6	5	5	5

ANEXO 7. Datos del crecimiento de la especie Lactuca sativa en la variedad Capitata semana 2

SEMANA 2. 22/09/2025				
TRATAMIENTO	INDICADORES			
TESTIGO (SIN FERTILIZANTE)	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	6.5	7	7	7
	NUMERO DE HOJAS			
	5	6	5	6
FERTILIZANTE COMERCIAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	7	7	8	8
	NUMERO DE HOJAS			
	6	6	6	7
TRATAMIENTO N°01 AL 100% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	9	10	10	9
	NUMERO DE HOJAS			
	6	7	6	6
TRATAMIENTO N°2 AL 50% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	9	9	9	10
	NUMERO DE HOJAS			
	7	6	6	6
TRATAMIENTO N°3 AL 25% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	8	8	9	9
	NUMERO DE HOJAS			
	7	6	6	6

ANEXO 8. Datos del crecimiento de la especie Lactuca sativa en la variedad Capitata semana 3

SEMANA 3. 29/09/2025				
TRATAMIENTO	INDICADORES			
TESTIGO (SIN FERTILIZANTE)	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	7	8	7.5	8
	NUMERO DE HOJAS			
	6	7	6	7
FERTILIZANTE COMERCIAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	8	8	9	9
	NUMERO DE HOJAS			
	7	7	8	8
TRATAMIENTO N°01 AL 100% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	9.5	10.5	11	11
	NUMERO DE HOJAS			
	9	9	9	10
TRATAMIENTO N°2 AL 50% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	10	10	10	11
	NUMERO DE HOJAS			
	8	9	8	9
TRATAMIENTO N°3 AL 25% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	9	8.5	9.5	9.5
	NUMERO DE HOJAS			
	8	8	9	9

ANEXO 9. Datos del crecimiento de la especie Lactuca sativa en la variedad Capitata semana 4.

SEMANA 4. 6/10/2025				
TRATAMIENTO	INDICADORES			
TESTIGO (SIN FERTILIZANTE)	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	8	8.5	8	8.5
	NUMERO DE HOJAS			
	7	7	7	7
FERTILIZANTE COMERCIAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	9	9	9.5	10
	NUMERO DE HOJAS			
	8	8	9	9
TRATAMIENTO N°01 AL 100% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	10	11	12	12
	NUMERO DE HOJAS			
	9	9	10	10
TRATAMIENTO N°2 AL 50% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	10.5	10.5	11	11.5
	NUMERO DE HOJAS			
	9	9	10	10
TRATAMIENTO N°3 AL 25% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	10	9	10	10
	NUMERO DE HOJAS			
	9	9	10	9.5

ANEXO 10. Datos del crecimiento de la especie Lactuca sativa en la variedad Capitata semana 5.

SEMANA 5. 13/10/2025				
TRATAMIENTO	INDICADORES			
TESTIGO (SIN FERTILIZANTE)	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	9	9	8.5	9.5
	NUMERO DE HOJAS			
	8	8	8	9
FERTILIZANTE COMERCIAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	9.5	10	10	11
	NUMERO DE HOJAS			
	9	9	9	9
TRATAMIENTO N°01 AL 100% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	12	13	14	14
	NUMERO DE HOJAS			
	10	12	12	12
TRATAMIENTO N°2 AL 50% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	11.5	11.5	12	12.5
	NUMERO DE HOJAS			
	10	10	11	11
TRATAMIENTO N°3 AL 25% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	11	11	11	12
	NUMERO DE HOJAS			
	10	10	10	11

ANEXO 11. Datos del crecimiento de la especie Lactuca sativa en la variedad Capitata semana 6.

SEMANA 6. 20/10/2025				
TRATAMIENTO	INDICADORES			
TESTIGO (SIN FERTILIZANTE)	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	10	11	10	10.5
	NUMERO DE HOJAS			
	9	10	8	9
FERTILIZANTE COMERCIAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	10.5	11	11.5	12.5
	NUMERO DE HOJAS			
	9	9	10	10
TRATAMIENTO N°01 AL 100% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	13	14	15	15
	NUMERO DE HOJAS			
	11	13	13	13
TRATAMIENTO N°2 AL 50% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	12	12.5	13	14
	NUMERO DE HOJAS			
	11	11	11	12
TRATAMIENTO N°3 AL 25% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	11.5	12	12.5	13
	NUMERO DE HOJAS			
	10	10	11	12

ANEXO 12. Datos del crecimiento de la especie Lactuca sativa en la variedad Capitata semana 7.

SEMANA 7. 27/10/2025				
TRATAMIENTO	INDICADORES			
TESTIGO (SIN FERTILIZANTE)	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	11	11	10	11
	NUMERO DE HOJAS			
	9	10	9	9
FERTILIZANTE COMERCIAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	11	11.5	12	13
	NUMERO DE HOJAS			
	10	9	10	11
TRATAMIENTO N°01 AL 100% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	13.5	14.5	15.5	16
	NUMERO DE HOJAS			
	12	13	14	14
TRATAMIENTO N°2 AL 50% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	12.5	13	13	14.5
	NUMERO DE HOJAS			
	11	12	12	13
TRATAMIENTO N°3 AL 25% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	12	12.5	13	13.5
	NUMERO DE HOJAS			
	10	11	12	13

ANEXO 13. Datos del crecimiento de la especie Lactuca sativa en la variedad Capitata semana 8.

SEMANA 8. 03/11/2025				
TRATAMIENTO	INDICADORES			
TESTIGO (SIN FERTILIZANTE)	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	12	11.5	11	11.5
	NUMERO DE HOJAS			
	11	10	10	10
FERTILIZANTE COMERCIAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	11.5	12.5	12.5	14
	NUMERO DE HOJAS			
	10	11	11	12
TRATAMIENTO N°01 AL 100% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	14.5	15	16	16.5
	NUMERO DE HOJAS			
	13	13	14	15
TRATAMIENTO N°2 AL 50% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	13	13.5	13.5	15.5
	NUMERO DE HOJAS			
	11	12	12	14
TRATAMIENTO N°3 AL 25% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	12.5	13	13.5	14.5
	NUMERO DE HOJAS			
	11	12	12	13

ANEXO 14. Datos del crecimiento de la especie Lactuca sativa en la variedad Capitata semana 9

SEMANA 9. 10/11/2025				
TRATAMIENTO	INDICADORES			
TESTIGO (SIN FERTILIZANTE)	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	12.5	12.5	12	12.5
	NUMERO DE HOJAS			
	11	11	11	11
FERTILIZANTE COMERCIAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	12.5	13.5	13.5	14.5
	NUMERO DE HOJAS			
	11	12	12	13
TRATAMIENTO N°01 AL 100% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	15	15.5	16.5	17
	NUMERO DE HOJAS			
	14	14	14	16
TRATAMIENTO N°2 AL 50% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	13.5	14	14.5	16
	NUMERO DE HOJAS			
	12	12	13	15
TRATAMIENTO N°3 AL 25% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	13	13.5	14.5	14.5
	NUMERO DE HOJAS			
	11	12	12	13

ANEXO 15. Datos del crecimiento de la especie Lactuca sativa en la variedad Capitata semana 10

SEMANA 10. 17/11/2025				
TRATAMIENTO	INDICADORES			
TESTIGO (SIN FERTILIZANTE)	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	13	13.5	13	13.5
	NUMERO DE HOJAS			
	12	12	12	12
FERTILIZANTE COMERCIAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	13.5	14.5	14.5	15.5
	NUMERO DE HOJAS			
	13	13	13	14
TRATAMIENTO N°01 AL 100% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	15.5	16.5	17.5	19
	NUMERO DE HOJAS			
	15	15	15	16
TRATAMIENTO N°2 AL 50% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	14.5	15	15.5	16.5
	NUMERO DE HOJAS			
	13	14	14	15
TRATAMIENTO N°3 AL 25% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	14.5	14.5	15.5	16.5
	NUMERO DE HOJAS			
	12	13	14	14

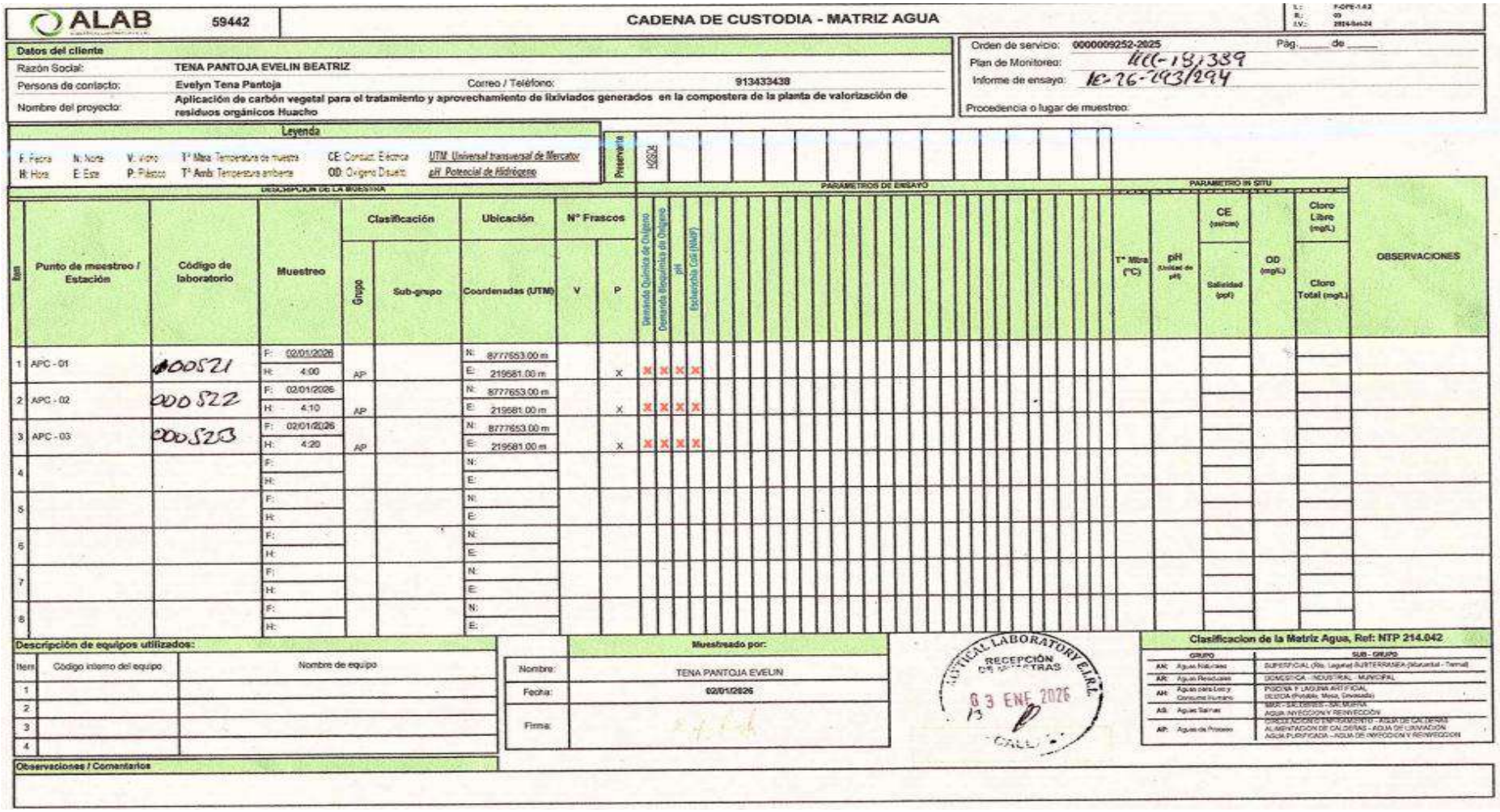
ANEXO 16. Datos del crecimiento de la especie Lactuca sativa en la variedad Capitata semana 11

SEMANA 11. 24/11/2025				
TRATAMIENTO	INDICADORES			
TESTIGO (SIN FERTILIZANTE)	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	13.5	14.5	14	14.5
	NUMERO DE HOJAS			
	13	13	13	13
FERTILIZANTE COMERCIAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	15.5	16	15.5	16.5
	NUMERO DE HOJAS			
	14	15	14	15
TRATAMIENTO N°01 AL 100% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	16.5	17.5	18.5	19.5
	NUMERO DE HOJAS			
	16	16	17	18
TRATAMIENTO N°2 AL 50% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	15.5	16	16.5	17.5
	NUMERO DE HOJAS			
	14	15	15	16
TRATAMIENTO N°3 AL 25% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	16	16	16.5	16.5
	NUMERO DE HOJAS			
	14	14	15	15

ANEXO 17. Datos del crecimiento de la especie Lactuca sativa en la variedad Capitata cosecha semana 12

SEMANA 12. 01/12/2025				
TRATAMIENTO	INDICADORES			
TESTIGO (SIN FERTILIZANTE)	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	14.5	15.5	15.5	15
	NUMERO DE HOJAS			
	14	15	14	14
	PESO (gr)			
	290	300	300	300
FERTILIZANTE COMERCIAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	16.5	17.5	16.5	17.5
	NUMERO DE HOJAS			
	15	16	15	16
	PESO (gr)			
	350	360	370	360
TRATAMIENTO N°01 AL 100% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	18	19	20	21
	NUMERO DE HOJAS			
	17	17	19	20
	PESO (gr)			
	400	410	430	420
TRATAMIENTO N°2 AL 50% DE CARBÓN VEGETAL	ALTURA (cm)			
	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	17	17.5	18	18
	NUMERO DE HOJAS			
	16	16	16	17
	PESO (gr)			
	380	380	370	380
TRATAMIENTO N°3 AL 25% DE CARBÓN VEGETAL	LECHUGA SATIVA L. VARIEDAD CAPITATA			
	ALTURA (cm)			
	17	17.5	17.5	18
	NUMERO DE HOJAS			
	16	16	16	16
	PESO (gr)			
	370	360	360	360

ANEXO 18. Cadena de custodia para el análisis de muestra de lixiviado tratado



ALAB 59442

CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA

Datos del cliente

Razón Social: TENA PANTOJA EVELIN BEATRIZ

Persona de contacto: Evelyn Tena Pantoja — Correo / Teléfono: 913433438

Nombre del proyecto: Aplicación de carbón vegetal para el tratamiento y aprovechamiento de lixiviados generados en la compostera de la planta de valorización de residuos orgánicos Huacho

Orden de servicio: 0000009252-2025 — Pág. ____ de ____

Plan de Monitoreo: 111-18,339

Informe de ensayo: IE-26-193/194

Procedencia o lugar de muestreo:

Leyenda

F: Fecha; H: Hora; N: Norte; E: Este; V: Vidrio; P: Plástico; T° Mez: Temperatura de muestra; T° Amb: Temperatura ambiente; CE: Conduct. Eléctrica; OD: Oxigeno Disuelto; UTM: Universal transversal de Mercator; pH: Potencial de Hidrógeno

Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación: Grupo	Clasificación: Sub-grupo	Ubicación: Coordenadas (UTM)	N° Frascos: V	N° Frascos: P	Preservante: HNO3	Demanda Química de Oxigeno	Demanda Bioquímica de Oxigeno	pH	Escherichia Coli (NMP)	T° Mez. (°C)	pH (Unidad de pH)	CE (us/cm): Salinidad (ppt)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L): Cloro Total (mg/L)	OBSERVACIONES
1	APC - 01	000521	F: 02/01/2026 H: 4:00	AP		N: 8777653.00 m E: 219681.00 m		X		X	X	X	X						
2	APC - 02	000522	F: 02/01/2026 H: 4:10	AP		N: 8777653.00 m E: 219681.00 m		X		X	X	X	X						
3	APC - 03	000523	F: 02/01/2026 H: 4:20	AP		N: 8777653.00 m E: 219681.00 m		X		X	X	X	X						
4			F: H:			N: E:													
5			F: H:			N: E:													
6			F: H:			N: E:													
7			F: H:			N: E:													
8			F: H:			N: E:													

Descripción de equipos utilizados:

Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		

Muestreado por:

Nombre:	TENA PANTOJA EVELIN
Fecha:	02/01/2026
Firma:	

OPTICAL LABORATORY E.I.R.L. RECEPCIÓN DE MUESTRAS 03 ENE 2026 CALLAO

Clasificacion de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042

GRUPO		SUB - GRUPO
AN:	Aguas Naturales	SUPERFICIAL (Rio, Laguna) SUBTERRANEA (Manantial - Termal)
AR:	Aguas Residuales	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL
AH:	Aguas para Uso y Consumo Humano	PISCINA Y LAGUNA ARTIFICIAL, BEBIDA (Potable, Mesa, Envasada)
AS:	Aguas Salinas	MAR - SALOBRES - SALMUERA
AP:	Aguas de Proceso	AGUA INYECCION Y REINYECCION, CONDICIONAMIENTO Y TRATAMIENTO - AGUA DE CALDERAS, ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE LAVADORA, AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION

Observaciones / Comentarios

ANEXO 19. Resultado del parámetro DBO_5 y DQO de la muestra de lixiviado tratado con carbón vegetal

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 096

INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo Acreditado
Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-26-293

N° Id.: 0000203340

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

1.- RAZON SOCIAL	: TENA PANTOJA EVELIN BEATRIZ
2.- DIRECCIÓN	: ASENT.H. FUJIMORI - LOS PINOS ETAPA II MZ. O-1 LT. 6
3.- PROYECTO	: APLICACION DE CARBON VEGETAL PARA EL TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LIXIVIADOS GENERADOS EN LA COMPOSTERA DE LA PLANTA DE VALORIZACION DE RESIDUOS ORGANICOS HUACHO
4.- PROCEDENCIA	: NO INDICA
5.- SOLICITANTE	: TENA PANTOJA EVELIN BEATRIZ
6.- PRODUCTO	: Agua de Proceso

II.- DATOS DEL SERVICIO

1.- ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000009252-2025-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2026-01-19

III.- DATOS DEL ÍTEMS DE ENSAYO

1.- MUESTREADO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2- NÚMERO DE MUESTRAS	: 3
3.- FECHA DE RECEPCIÓN	: 2026-01-03
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN	: Conservacion de la cadena de frio (<= 6°C) / Preservada.
5.- PERÍODO DE ENSAYO	: 2026-01-03 al 2026-01-19

Mgtr. Ing. Lic. Frady A. Taipe Castro
Director de Investigación y Desarrollo
CIP N° 150812

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. Pág.1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-26-293

N° Id.: 000203340

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	CONDICIÓN DE ACREDITACIÓN / LUGAR DE ANÁLISIS
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. / Part 4500-O H, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test / Oxygen (dissolved). Optical-Probe Method	INACAL LE - 096 CHALACA
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th Ed. 2023.	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method.	INACAL LE - 096 CHALACA

"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

"APHA": American Public Health Association

INFORME DE ENSAYO N°: IE-26-293

N° Id : 0000203340

V.- RESULTADOS

ITEM	1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-26-521	M-26-522	M-26-523
CÓDIGO CLIENTE [2]	APC-01	APC-02	APC-03
COORDENADAS - UTM WGS 84 [2]	E 0219581.00 N 8777653	E 0219581.00 N 8777653	E 0219581.00 N 8777653
PRODUCTO [2]	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUB PRODUCTO [2]	Agua de Lixiviación	Agua de Lixiviación	Agua de Lixiviación
FECHA y HORA DE MUESTREO [2]	02-01-2026 16:00	02-01-2026 16:10	02-01-2026 16:20

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Demanda Bioquímica de Oxigeno (*)	mg/L	0.8	2.0	10 921.9	12 462.7	13 942. 9
Demanda Química de Oxigeno (*)	mg/L	2.0	5.0	24 018.6	27 414.7	29 274.5

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Limite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

[2]Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

ANEXO 20. Resultado de pH y Escherichia coli de la muestra de lixiviado tratado con carbón vegetal.

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-26-294

N° Id.: 000033341

I.- DATOS DEL CLIENTE Y/O SOLICITANTE

1.- RAZON SOCIAL	: TENA PANTOJA EVELIN BEATRIZ
2.- DIRECCIÓN	: ASENT.H. FUJIMORI- LOS PINOS ETAPA II MZ. O-1 LT.6
3.- PROYECTO	: APLICACION DE CARBON VEGETAL PARA EL TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE LIXIVIADOS GENERADOS EN LA COMPOSTERA DE LA PLANTA DE VALORIZACION DE RESIDUOS ORGANICOS HUACHO
4.- PROCEDENCIA	: NO INDICA
5.- SOLICITANTE	: TENA PANTOJA EVELIN BEATRIZ
6.- PRODUCTO	: Agua de Proceso

II.- DATOS DEL SERVICIO

1.- ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000009252-2025-0000
2.- FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2026-01-19

III.- DATOS DEL ÍTEMS DE ENSAYO

1.- MUESTREADO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
2- NÚMERO DE MUESTRAS	: 3
3.- FECHA DE RECEPCIÓN	: 2026-01-03
4.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN	: Conservacion de la cadena de frio (<= 6°C) / Preservada.
5.- PERÍODO DE ENSAYO	: 2026-01-03 al 2026-01-19

Mgtr. Ing. Lic. Frody A. Taipe Castro
Director de Investigación y Desarrollo
CIP N° 150812

Marieni V. Rivera Castromonte
Supervisor de Laboratorio de Microbiología e Hidrobiología
CBP N° 16639

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

www.alab.com.pe

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-26-294

N° Id.: 000020334

IV.- MÉTODOS DE ENSAYO

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Escherichia coli (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F,2, 24th Ed. 2023.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliforms and E.coli.
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24th Ed. 2023.	pH Value Electrometric Method

"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
"APHA": American Public Health Association

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-26-294

N° Id.: 0000203341

V.- RESULTADOS

ITEM	1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-26-521	M-26-522	M-26-523
CÓDIGO CLIENTE [1]	APC-01	APC-02	APC-03
COORDENADAS - UTM WGS 84 [1]	E:0219581.00 N:8777653	E:0219581.00 N:8777653	E:0219581.00 N:8777653
PRODUCTO [1]	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
SUBPRODUCTO [1]	Agua de Lixiviación	Agua de Lixiviación	Agua de Lixiviación
FECHA y HORA DE MUESTREO [1]	02-01-2026 16:00	02-01-2026 16:10	02-01-2026 16:20

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Escherichia coli (NMP) (**)	NMP/100mL	NA	1,8	<1,8	<1,8	<1,8
pH (**)	Unidad de pH	NA	0,01	8,59	9,66	9,70

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

[1] Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

SEDE PRINCIPAL
SEDE ZARUMILLA
SEDE AREQUIPA
SEDE PIURA
SEDE TRUJILLO
www.alab.com.pe

EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS

Figura 18. Planta de valorización de residuos orgánicos Huacho.

Figura 19. Recolección de muestra de lixiviado inicial en la planta de valorización de residuos orgánicos.

Figura 20. Envió de muestra del lixiviado inicial al laboratorio ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

Figura 21. Preparación para tratar el lixiviado.

Figura 22. Peso de las diferentes dosis de carbón vegetal para el tratamiento de lixiviado.

Figura 23. Tratamiento del lixiviado con carbón vegetal durante 8 semanas.

Figura 24. Lactuca sativa en la variedad *capitata* semana N° 1 aplicando cada uno de los tratamientos

Figura 25. Control de crecimiento de Lactuca sativa en la variedad capitata.

Figura 26. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 3.

Figura 27. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 4.

Figura 28. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 5.

Figura 29. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 6.

Figura 30. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 7.

Figura 31. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 8.

Figura 32. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 9.

Figura 33. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 10.

Figura 34. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 11.

Figura 35. Lactuca sativa en la variedad capitata semana N° 12.

Figura 36. Envió de muestra de lixiviado tratado con diferentes dosis de carbón vegetal al laboratorio ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.