



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“PRODUCCIÓN DE COMPOST UTILIZANDO RESIDUOS
ORGÁNICOS Y ESTIÉRCOL DE CERDO, CON FINES
AGRÍCOLAS EN CASMA, ANCASH”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Lisbeth Katherin Crisolo Berrospi (0000-0003-2416-0597)

Asesor:

Elvito Fabián Villegas Silva (0000-0001-9783-1641)

Lima – Perú

2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 04 de octubre del 2023.

Los integrantes del Jurado de tesis:

| |
|---|
| Presidente: Dra. Llerme Navarro Vásquez |
| Miembro: Mg. Alexander Emanuel Díaz Sotil |
| Miembro: Mg. Jennifer Villavicencio Huamani |

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"PRODUCCIÓN DE COMPOST UTILIZANDO RESIDUOS ORGÁNICOS Y ESTIERCOL DE CERDO, CON FINES AGRÍCOLAS EN CASMA, ANCASH"

Presentada por la bachiller:

- **Lisbeth Katherin Crisolo Berrospi**

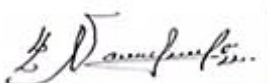
Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Dr. Elvito Fabián Villegas Silva

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del tesista de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (x) por mayoría simple () calificar a:

| | | | |
|--|------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| Tesista: Lisbeth Katherin Crisolo Berrospi | Nota (en letras): 16 (Dieciséis) | | |
| Aprobado () | Aprobado - Muy buena (x) | Aprobado - Sobresaliente () | Desaprobado () |

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



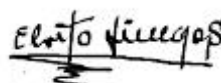
Dra. Llerme Navarro Vásquez
Presidente



Mg. Alexander Emanuel Díaz Sotil
Miembro 1



Mg. Jennifer Villavicencio Huamani
Miembro 2



Dr. Elvito Fabián Villegas Silva
Asesor

T // (51) 610 6738
informes@cientifica.edu.pe
cientifica.edu.pe

DEDICATORIA

A mis padres Pedro Crisolo y Paula Berrospi, como también a mi hermana Beatriz Crisolo que me apoyaron durante los años de mi etapa universitaria y por ser mi incentivación para poder seguir cumpliendo mis objetivos y se sientan orgullosos de mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme cumplir mis metas

A mis padres por apoyarme a realizar este proyecto que se sumaron y creyeron en mí, por la motivación que me brindaron para poder luchar y seguir con mis objetivos sin rendirme.

A las personas que se sumaron apoyando con la donación de los residuos para la elaboración del proyecto.

A mi asesor el Dr. Elvito Villegas por el seguimiento y contribuciones durante la elaboración de la tesis.

A la universidad no solo por los conocimientos impartidos, sino también por los excelentes profesores que me han apoyado y han sido de gran ayuda en mi desarrollo profesional.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| DEDICATORIA..... | 2 |
| AGRADECIMIENTO..... | 3 |
| RESUMEN | 11 |
| ABSTRACT | 12 |
| I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 13 |
| II. MARCO TEORICO | 15 |
| 2.1. Antecedentes Internacionales | 15 |
| 2.2. Antecedentes Nacionales..... | 17 |
| 2.3. Bases teóricas..... | 18 |
| 2.3.1. Residuos solidos..... | 18 |
| 2.3.2. Estiércol..... | 19 |
| 2.3.3. Compost | 19 |
| 2.3.4. Principales fases para el proceso del compost..... | 20 |
| 2.3.5. Factores que intervienen en el proceso del compost..... | 21 |
| 2.3.6. Calidad del compost | 24 |
| 2.3.7. Principales parámetros de calidad del compost final | 26 |
| III. OBJETIVOS | 27 |
| 3.1. Objetivo General | 27 |
| 3.2. Objetivos Específicos | 27 |
| IV. METODOLOGIA | 27 |
| 4.1. Variables Operacionales | 27 |

| | |
|---|----|
| 4.2. Área de estudio | 28 |
| 4.3. Proceso de elaboración del compostaje..... | 29 |
| 4.3.1. Recolección de residuos solidos..... | 29 |
| 4.3.2. Área para el proceso de formación de pilas | 29 |
| 4.3.3. Clasificación, pesado y combinación de los residuos orgánicos... 30 | |
| 4.3.4. Volteo y riego..... | 32 |
| 4.3.5. Medición de los parámetros de control | 33 |
| 4.3.6. Obtención final del compost | 34 |
| 4.3.7. Tamizado..... | 35 |
| 4.3.8. Recolección de muestras | 35 |
| 4.3.9. Determinación de parámetros físicos y químicos del compost maduro | 35 |
| 4.3.10. Análisis estadístico..... | 35 |
| V. RESULTADOS..... | 36 |
| 5.1. Nitrógeno..... | 36 |
| 5.2. Fosforo (P ₂ O ₅)..... | 38 |
| 5.3. Potasio (K ₂ O) | 40 |
| 5.4. Humedad..... | 42 |
| 5.5. pH..... | 44 |
| 5.6. Materia Orgánica..... | 46 |
| 5.7. CIC..... | 48 |
| 5.8. Carbono Orgánico Oxidable..... | 50 |

| | |
|---|----|
| 5.9. Relación Carbono Nitrógeno C/N | 52 |
| VI. DISCUSION | 54 |
| 6.1. Nitrógeno (N)..... | 54 |
| 6.2. Fosforo | 56 |
| 6.3. Potasio | 57 |
| 6.4. Humedad..... | 58 |
| 6.5. pH..... | 59 |
| 6.6. Materia Orgánica..... | 60 |
| 6.7. CIC | 60 |
| 6.8. Carbono Orgánico Oxidable | 61 |
| 6.9. Relación C/N | 62 |
| VII. CONCLUSIONES..... | 63 |
| VIII. RECOMENDACIONES | 64 |
| IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 65 |
| X. ABREVIATURAS | 72 |
| XI. ANEXOS | 73 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Área de estudio del distrito Comandante Noel, Casma | 28 |
| Figura 2. Proceso para la elaboración de compost. | 29 |
| Figura 3. Invernadero de las pilas de compost | 30 |
| Figura 4. Muestra de repeticiones en cada tratamiento..... | 32 |
| Figura 5. Gráfico de medias de los porcentajes de Nitrógeno | 38 |
| Figura 6. Gráfico de medias de los porcentajes de Fosforo. | 40 |
| Figura 7. Gráfico de medias de los porcentajes de Potasio..... | 42 |
| Figura 8. Gráfico de medias de los porcentajes de Humedad..... | 44 |
| Figura 9. Gráfico de medias de los porcentajes de pH..... | 46 |
| Figura 10. Gráfico de medias de los porcentajes de Materia Orgánica. | 48 |
| Figura 11. Gráfico de medias de los porcentajes de CIC | 50 |
| Figura 12. Gráfico de medias de los porcentajes de COO | 52 |
| Figura 13. Gráfico de medias de los porcentajes de Relación Carbono (C/N) . | 54 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Parámetros de la norma técnica colombiana NTC 5167 | 25 |
| Tabla 2. Variable dependiente e independiente..... | 28 |
| Tabla 3. Porcentaje de carbono y nitrógeno contenido en los residuos..... | 31 |
| Tabla 4. Cantidades de residuos para la formación las 4 pilas de compostaje.31 | |
| Tabla 5. Estado del proceso final del compost..... | 34 |
| Tabla 6. Porcentajes de Nitrógeno (N) en las 4 muestras. | 36 |
| Tabla 7. Analisis estadistico del parámetro Nitrógeno. | 37 |
| Tabla 8. Porcentajes de Fosforo (P ₂ O ₅) en las 4 muestras..... | 39 |
| Tabla 9. Analisis estadistico del parámetro Fosforo..... | 39 |
| Tabla 10. Porcentajes de Potasio (K ₂ O) en las 4 muestras. | 41 |
| Tabla 11. Analisis estadistico del parámetro Potasio. | 41 |
| Tabla 12. Porcentajes de Humedad (Hd) en las 4 muestras..... | 43 |
| Tabla 13. Analisis estadistico del parámetro Humedad | 43 |
| Tabla 14. Porcentajes de pH en las 4 muestras. | 45 |
| Tabla 15. Analisis estadistico del parámetro pH. | 45 |
| Tabla 16. Porcentajes de Materia Orgánica (MO) en las 4 muestras | 47 |
| Tabla 17. Analisis estadistico del parámetro Materia Orgánica. | 47 |
| Tabla 18. Unidades de Capacidad de intercambio catiónico (CIC) en las 4 muestras..... | 49 |
| Tabla 19. Analisis estadistico del parámetro Capacidad de intercambio catiónico. | 49 |

| | |
|---|----|
| Tabla 20. Porcentajes de Carbono Orgánico Oxidable en las 4 muestras..... | 51 |
| Tabla 21. Analisis estadistico del parámetro Carbono Orgánico Oxidable. | 51 |
| Tabla 22. Porcentajes de Relación Carbono Nitrógeno (C/N) en las 4 muestras | 53 |
| Tabla 23. Analisis estadistico del parámetro Carbono Nitrógeno (C/N) | 53 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Registro de temperatura de los tratamientos..... | 73 |
| Anexo 2. Registro de humedad de los tratamientos | 74 |
| Anexo 3. Registro de Ph de los tratamientos..... | 76 |
| Anexo 4. Resultados de los parámetros | 78 |
| Anexo 5. Anexos fotográficos de la parte experimental..... | 82 |

RESUMEN

La calidad del compost se evaluó mediante una combinación de 4 tipos de residuos orgánicos (derivados de pescado, desechos orgánicos de mercado, aserrín y estiércol de cerdo), según el análisis de NPK. Las muestras fueron utilizadas en base a su contenido de relación C/N (25 % hasta 30 %). Se emplearon 4 tratamientos y 3 repeticiones, con un seguimiento semanalmente de los indicadores de temperatura, humedad y pH. En las muestras del compost final el resultado con mayor porcentaje para cada muestra fue: N (M4 = 1.27 %), Fosforo (M4 = 4.58 %), Potasio (M1 = 0.29 %), COO (M4 = 17.9 %), relación C/N (M3 = 16.1 %), pH (M1 = 6,91), humedad (M1 = 38.05 %), materia orgánica (M4 = 30.83 %), CIC (M1 = 28.4 meq/100g), los valores mencionados deben estar dentro de los parámetros establecidos por la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5167 para considerar compost de calidad. La concentración de K es 0.75 % menor y la materia orgánica es 9 % mayor, de lo que establece la norma. El tratamiento del residuo de pescado con estiércol de cerdo permitió generar buen rendimiento en el contenido de sus nutrientes. La utilización de los residuos sólidos orgánicos es beneficioso debido a la alta concentración de nutrientes que puede ser aprovechado como fertilizante orgánico en la agricultura.

Palabras clave: composta, calidad, abono orgánico, desechos orgánicos.

ABSTRACT

The quality of the compost was evaluated by a combination of 4 types of organic waste (fish derivatives, organic market waste, sawdust and pig manure), according to NPK analysis. The samples were used based on their C/N ratio content (25% up to 30%). 4 treatments and 3 repetitions were used, with weekly monitoring of temperature, humidity and pH indicators. In the final compost samples, the result with the highest percentage for each sample was: N (M4 = 1.27%), Phosphorus (M4 = 4.58%), Potassium (M1 = 0.29%), COO (M4 = 17.9%), C ratio /N (M3 = 16.1%), pH (M1 = 6.91), humidity (M1 = 38.05%), organic matter (M4 = 30.83%), CEC (M1 = 28.4 meq/100g), the mentioned values must be within the parameters established by the Colombian Technical Standard (NTC) 5167 to consider quality compost. The K concentration is 0.75% lower and the organic matter is 9% higher than what is established by the standard. The treatment of fish waste with pig manure generated good performance in its nutrient content. The use of organic solid waste is beneficial due to the high concentration of nutrients that can be used as organic fertilizer in agriculture.

Keywords: compost, quality, organic fertilizer, organic waste.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gestión de residuos sólidos en Perú presenta dificultades en todos los sectores (industriales, domésticos, urbano, etc.). Es imprescindible mejorar la manera en que desechan dichos residuos sólidos para reducir riesgos medioambientales (Vera, 2018).

El sector de industria pesquera cuenta con 384 empresas, pero solamente el 51% cumple con las normas para el manejo de residuos sólidos. En el año 2011, las empresas pesqueras produjeron 30 205 toneladas por año (t/año), y 112 116 toneladas por día (t/día) en comparación con los datos del año anterior (2010) (Ministerio del ambiente [MINAM], 2012). En el departamento de Ancash, existen 109 establecimientos pesqueros que generan 2305.19 (t/año) de Residuos Sólidos No Peligrosos y 634.61 (t/año) de Residuos Sólidos Peligrosos (Ministerio del ambiente [MINAM], 2008).

Los departamentos más afectados con mayor generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios en Perú son: Ucayali 0.66 (kg/hab/día), Lima y Callao 0.60 (kg/hab/día) y Ancash 0.52 (kg/hab/día). En todo el país, existe un total de 58 rellenos sanitarios, 7 rellenos mixtos y 5 celdas transitorias, lo cual no son suficientes para abastecer las necesidades de todas las municipalidades. Asimismo, no se está aprovechando al máximo su capacidad disponible (Ministerio del ambiente [MINAM], 2021). El departamento de Ancash está experimentando una situación negativa debido a su posición clave en la generación de residuos sólidos domiciliarios donde su destino final presenta una recolección de dos veces por semana y beneficia a 166 municipalidades, teniendo como disposición final 118 botaderos (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2019).

En la provincia de Casma, ubicada en la región Ancash, la cantidad de residuos generados por la población es de 30.04 (t/día), incluyendo residuos domiciliarios y otros. Asimismo, la producción per cápita corresponde a 0.67 (kg/hab/día) (Ministerio del ambiente [MINAM], 2019). La mayoría de los residuos sólidos municipales proceden del mercado de abastos y no reciben ningún tratamiento. En la zona existen dos plantas de tratamiento de aguas residuales, una de las cuales no está operativa y la otra está colapsada. Además, existe un vertedero abierto, 45 puntos críticos de recolección de residuos sólidos, 15 sitios de descarga de contaminantes y un vertedero de residuos (Municipalidad Provincial de Casma [MPC], 2017). En función del tiempo se ha observado que existe un gran sector de la población orientada a la crianza informal de ganado porcino a nivel de la provincia y distritos en Casma, dicha actividad produce estiércol de cerdo en grandes cantidades.

La actividad económica de la población es la agricultura con una tendencia tradicional a utilizar el estiércol de ganado vacuno para fines agrícolas; dejando de lado el aprovechamiento del estiércol del ganado porcino, cuya acumulación genera contaminación del agua por los criaderos de cerdo que se encuentran ubicados en la rivera del río Casma, generando problemas en la calidad del agua que utilizan los agricultores en el riego de sus cultivos (Municipalidad Provincial de Casma [MPC], 2017).

El Decreto de Urgencia N° 013-2022, establece que la agricultura en la provincia de Casma está siendo afectada por el alza de precio de los fertilizantes químicos durante la pandemia del COVID-19 afectando a las campañas agrícolas 2021 – 2022 generando pérdidas para los productores agrarios.

Los problemas de erosión provocan la pérdida de fertilidad del suelo debido al uso excesivo de fertilizantes químicos, lo que tiene efectos negativos en las propiedades del suelo. Esos cambios pueden producirse como resultado de la remoción y desequilibrio del suelo en relación con el entorno, causados por perturbaciones tanto naturales como humanas (Espinosa et al., 2011).

Una opción racional es utilizar los residuos orgánicos como materia prima para la producción de compost, lo que mejora rápidamente la cantidad de nutrientes y la composición de microorganismos beneficiosos para las plantas. De esta manera, los agricultores podrían aprovechar de manera completa y económica los recursos disponibles.

La ejecución de la investigación en Casma tiene beneficios para los habitantes al realizar el manejo de los residuos orgánicos al transformarlo en compost, lo cual es considerado un proceso económico rentable en la agricultura.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes Internacionales

Los resultados en un estudio de Aguirre et al. (2022) Se realizaron seis tratamientos con diferentes proporciones a base de residuos de cascara de naranja y otros materiales orgánicos. Comparando estos tratamientos con la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 encontramos que el T6, compuesto por 40 % cáscara de naranja, 25 % suelo, 25 % hojarasca, 5 % cascarilla de arroz y 5 % de gallinaza, cumple con los requisitos de la normativa basados en las disposiciones en base a los parámetros la proporción de nutrientes es alta. Esto demuestra que la combinación de varios componentes orgánicos potencia la calidad del compost.

Bohórquez et al. (2014) evaluaron la calidad del compost utilizando una combinación de subproductos según la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5167. El desarrollo del estudio se realizó mediante un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en: “100 % cachaza (T1)”, “75 % cachaza y 25 % bagazo (T2)”, “50 % cachaza y 50 % bagazo (T3)”, “25 % cachaza y 75 % bagazo (T4)” y “100 % bagazo (T5)”. Con la finalidad de lograr una alta calidad de compost, se recomienda que los niveles de nutrientes sean superiores a 1 %. El T3 presentó los niveles más altos de Nitrógeno, Fósforo y Potasio. La relación carbono nitrógeno (C/N) es esencial para garantizar la calidad óptima del compost, y se considera adecuada cuando son valores cercanos a 20, como se observa en los tratamientos T5, T4 y T3.

Oviedo et al. (2014) evaluaron la aireación (volteo) de las pilas para el control de temperatura y humedad, comprobando que altera la calidad de los nutrientes del compost final en base a N, P, K y COT (Carbono Orgánico Total). La investigación se dividió en dos grupos: Pila A realizaba dos volteos de la pila por semana, mientras que la Pila B realizaba seis volteos por semana. Después de cuatro semanas, ambos grupos empezaron a realizar volteos por semana. Se descubrió que aumentar la frecuencia de agitación de la pila de compost aceleró el proceso de descomposición de la materia orgánica y acortó el tiempo las etapas mesofílica, termofílica y de enfriamiento. Se verificó que la calidad del compost presenta una repercusión desfavorable en términos de pérdida de nutrientes (COT, N y P). Se comprobó que la Pila B presenta una menor velocidad de degradación, deshidratación y pérdida de temperatura en comparación con la Pila A. Es aconsejable llevar a cabo el volteo del compost durante las primeras 3 semanas con frecuencia, y posteriormente hacerlo una

vez por semana hasta su disposición final. Esto se recomienda con la finalidad de evitar la pérdida de nutrientes importantes como el nitrógeno, fósforo y potasio.

2.2. Antecedentes Nacionales

Huamán (2019) se orientó a conocer la proporción y cantidad de nutrientes que cuenta un compost maduro en base a N, F, K y Ca. La relación C/N, es un parámetro muy importante para poder obtener un compost de calidad y rico en nutrientes. Se realizó 3 tratamientos que son: Combinación Baja (CB), Combinación Media o Regular (CR) y Combinación Alta (CA), con diferentes combinaciones de componentes orgánicos. Los tratamientos fueron comprobados obteniendo una buena relación de C/N a 40 % y buenos valores en cuanto a N y P por encima del 1 %.

Moreno & Cadillo (2018) en su investigación tuvieron como objetivo evaluar los beneficios de estiércol porcino como abono orgánico con valor nutricional para las plantas y propiedades fisicoquímicas para el suelo. El diseño experimental se utilizó basado en un diseño de bloques completamente al azar comparando medidas de tratamiento mediante la prueba de Duncan. Se aplicaron tres tipos de tratamientos a las plantas de maíz: el primero fue el tratamiento de control con fertilizante químico, el segundo consistió en estiércol sólido y el tercero fue una combinación de fertilizante químico y estiércol sólido. Según los datos de las tablas estadísticas, se determinó que el T2 tuvo una mayor influencia en el crecimiento del maíz, evidenciado por su mayor altura de planta, tamaño de mazorca y diámetro del tallo. Esto se debe principalmente al elevado contenido de nutrientes de N y MO presente en este tratamiento. Las propiedades fisicoquímicas del suelo al inicio y al final de la post cosecha, se demostró en las

tablas estadísticas que el T2 dejó mejores propiedades fisicoquímicas (P y K). Además, el análisis económico que se realizó determinó que existe un menor costo de producción, mayor ingreso y rentabilidad al usar estiércol de cerdo. Los resultados permiten evidenciar que la aplicación de abonos orgánicos es una buena alternativa para la fertilización, tiene un beneficio económico y es más amigable con el entorno ambiental.

Lara et al. (2015) evaluaron la eficiencia del fertilizante a base de residuos marinos, utilizando diferentes combinaciones en la parte experimental. En el tratamiento T1 se utilizó una mezcla de 20 kg algas pardas y 20 kg de residuos de pescado, en el T2 se emplearon 10 kg algas pardas y 20 kg de residuos de pescado, y en el T3 se utilizaron 20 kg algas pardas y 10 kg de residuos de pescado. Además, cada tratamiento se adicionó 100 kg de una mezcla de estiércol de vaca y pajilla de arroz. Observando que el T3 presenta la mejor composición de las cantidades de los componentes orgánicos, ya que al adicionar a las raíces de las plantas de tomate tuvo mejores resultados que los tratamientos T1 y T2, los parámetros de control del compost fueron temperatura, pH y humedad. Se aplicó el método de aireación (volteo), comprobando que la aireación y control de humedad semanal del compost contribuye al proceso de degradación de la materia orgánica.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Residuos sólidos

De acuerdo con el MINAM (2017), se considera residuo sólido que se genera como resultado del consumo o uso de un bien o servicio, y de la cual el propietario desea o está obligado a deshacerse. Estos residuos deben ser gestionados adecuadamente para su recuperación y disposición final.

- **Residuos orgánicos**

Estos residuos son generados durante la preparación de alimentos (vegetales, frutas y sus cascaras) y se descomponen rápidamente, causando olores hediondos. Este tipo de residuos pueden provocar fácilmente contaminación ambiental, ya que atrae la presencia de roedores y pueden favorecer la propagación de enfermedades y poner en peligro la salud de las personas (Arenas, 2017).

- **Residuos de procesos industriales**

Vera (2018) estima que los desechos sólidos generados por las fábricas pesqueras representan aproximadamente el 55% de las materias primas utilizadas en la producción de conservas. Estos residuos se producen durante el proceso de fileteado, incluyendo la cabeza, cola, vísceras, piel, cáscaras y caparazones.

2.3.2. Estiércol

Es un material orgánico que se utiliza como fertilizante en los suelos agrícolas, está compuesto de heces y orina de animales domésticos. Los nutrientes como N, P y K se encuentran en mayor cantidad en comparación con su presencia abundante en otros fertilizantes. Existe una tendencia a que aumente la fertilidad del suelo y mejore la capacidad de almacenamiento de agua (Vera, 2018).

2.3.3. Compost

El compostaje es el proceso de descomposición biológica de materiales orgánicos que se encuentran en residuos vegetales, desechos municipales y desechos animales. El resultado obtenido de este proceso se emplea para enriquecer la calidad del suelo (Román et al., 2013).

2.3.4. Principales fases para el proceso del compost

El compostaje es un proceso biológico en condiciones anaeróbicas y se desarrolla en las siguientes etapas dependiendo de la temperatura:

- a) Fase Mesófila. - Es el inicio del proceso que dura cerca de dos a ocho días, donde el material del compostaje está a temperatura ambiente y después aumenta hasta 45°C generando que la actividad microbiana produzca compuestos solubles que reducen el pH entre 4.0 a 4.5 (Román et al., 2013).
- b) Fase Termófila. – En esta fase se lleva a cabo un proceso calentamiento que ayuda a eliminar cualquier organismo patógeno presente en el material. En esta fase, se generan altas temperaturas que favorecen la degradación de la materia orgánica, lo que a su vez contribuye a la eliminación de gérmenes y bacterias dañinas para la salud. En esta etapa se denomina “termofílica” debido a las altas temperaturas que se alcanzan. Además, se conoce como etapa de “higienización” debido a que se logra una desinfección efectiva del material, reduciendo así el riesgo de transmisión de enfermedades. Durante esta fase, es fundamental alcanzar y mantener una temperatura constante y adecuada para asegurar la correcta eliminación de patógenos, garantizando así un proceso de compostaje seguro y libre de riesgos. En esta fase, puede tener una duración corta o prolongada, el compuesto experimenta altas temperaturas que superan los 45 °C. Durante este proceso, los microorganismos termófilos realizan la conversión del nitrógeno en amoníaco (NH₃) en un ambiente alcalino. A partir de los 60 °C, surgen microorganismos que forman esporas y actinomicetos, cuya tarea es

degradar ceras, hemicelulosas y otros compuestos complejos de carbono (Román et al., 2013). La fase de higienización implica el uso de calor para eliminar bacterias y suciedad. Cuando la temperatura alcanza los 55 °C, se retiran las esporas de hongos y semillas de malezas presentes en el material, logrando su desinfección (Román et al., 2013).

- c) Fase de Enfriamiento. – Durante este periodo, que puede durar varias semanas, es posible mezclarlo con la fase de maduración. Durante este tiempo, la temperatura puede aumentar hasta 40 y 45°C, lo que provoca la reaparición de los hongos termófilos y permite la descomposición de la celulosa. Cuando la temperatura baja a 40 °C, se reinicia en la actividad de enfriamiento y el pH se mantiene ligeramente alcalino (Román et al., 2013).
- d) Fase de Maduración. – El proceso tiene una duración de algunos meses a temperatura ambiente, durante el cual los compuestos de carbono experimentan una reacción secundaria de condensación y polimerización en el compost (Román et al., 2013).

2.3.5. Factores que participan en el desarrollo del compost

a) Residuos

La calidad del compost obtenido de los residuos utilizados depende de la elaboración. La descomposición de los microorganismos en la pila está influenciada por las propiedades físicas del material, como la porosidad y el tamaño de las partículas de los residuos. Si la pila tiene mas porosidad, habrá una mejor circulación de aire. El rango óptimo para el tamaño de las partículas es de 2 a 5 centímetros, lo cual favorece tanto el crecimiento como la descomposición de la actividad microbiana. Si las partículas son más pequeñas,

habrá menos aireación, lo que retrasará la obtención del producto generado (O’Ryan & Riffo, 2007).

b) Temperatura

El material orgánico se descompone durante el proceso de compostaje gracias al calor generado por la actividad de los microorganismos, su distribución en el sistema y su pérdida. Mientras ocurre el proceso de compostaje, las altas temperaturas pueden ser favorables ya que eliminan microorganismos dañinos y parásitos que son sensibles al calor. Sin embargo, también pueden tener un impacto negativo en el avance del compostaje al eliminar organismos necesarios o beneficiosos para el proceso. Durante el transcurso de todo el tratamiento, es necesario mantener un equilibrio térmico adecuado que facilite el progreso del procedimiento. La temperatura ideal para el proceso de compostaje debe estar en el rango de 35 y 55 °C para asegurar su efectividad (Román et al., 2013).

Las temperaturas bajas pueden surgir debido a la ausencia de humedad, una cantidad insuficiente de material o la falta de N, lo cual retrasa el aumento de la temperatura durante más de una semana. Se sugiere agregar desechos con mayor cantidad de humedad, tales como restos de vegetales, frutas o materiales ricos en nitrógeno como el estiércol. Es recomendable añadir materiales secos, como aserrín, comprobar el nivel de humedad, ya que las altas temperaturas pueden causadas por un exceso de humedad (Román et al., 2013).

c) Humedad

El agua es fundamental para el crecimiento de los microorganismos y desempeña un papel relevante en la oxigenación de los gases. La cantidad adecuada de humedad depende del tipo de sustrato, especialmente de sus

características físicas y tamaño de partículas, aunque suele oscilar entre el 50 % y el 60 %. El exceso de humedad puede bloquear los poros y dificultar la circulación de gases, lo que provoca la reducción de oxígeno y puede resultar en putrefacción y malos olores. Este compuesto puede ocasionar la filtración y resultar en la disminución de los nutrientes del compost (Román et al., 2013).

La baja nivel de humedad provoca demoras y dificulta la descomposición adecuada, lo que lleva a un proceso inestable porque no hay agua en los microorganismos. Al agregar residuos orgánicos de alimentos (como frutas, verduras, u otros) se recomienda mantener la humedad. En caso de que la humedad sea elevada, los poros se saturan de agua y el oxígeno es desplazado. Para controlar la humedad, es necesario dar vuelta a la pila de material o agregar materiales con poco contenido de humedad, como hojas secas, aserrín u otros (Román et al., 2013).

d) pH

Al realizar el compostaje, lo ideal se considera un valor de 5.5 y 8.0. El crecimiento de los microbios y la disminución de las pérdidas de N son influenciados por el pH. Cuando el pH es mayor a 7.5, se favorece la volatilización de NH_3 , lo que resulta en una mayor pérdida de este nutriente (Tortosa, 2013).

Al principio, el pH del sustrato oscila entre 6 – 7, y durante los primeros días disminuye debido a la generación de ácidos orgánicos en el sistema. Durante toda la fase termofílica, el pH puede elevarse hasta alcanzar valores de 8 – 8.5, y cuando comienza el enfriamiento en el compost maduro, vuelve a ubicarse entre 7 - 8 (Arenas, 2017).

Si el pH está por debajo del rango óptimo, se debe a la presencia excesiva de ácidos orgánicos, los cuales son generados por la acumulación de residuos orgánicos tales como restos de vegetales y frutas. Para solucionar este problema, se sugiere añadir material que contenga altos niveles de nitrógeno hasta que la proporción de C a N este en niveles apropiados. En cambio, si el pH es mayor del rango es debido al exceso de nitrógeno, deficiencia de relación C/N, alta humedad y temperatura ocasionando amoníaco liberando olores desagradables, por ende, se recomienda adicionar residuos secos como aserrín que tiene mayor cantidad de carbono (Román et al., 2013).

e) Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

Este factor es importante durante el desarrollo y productor final del compost. El C y N son elementos importantes para la descomposición microbiana y determinar la duración del compostaje. Los residuos que se consideran para la formación del compost la relación C/N debe encontrarse entre 25 – 35, ya que es un equilibrio adecuado para un compost de calidad. Si la relación es mayor a 35 presenta deficiencia de N ocasionando aplazamiento en el proceso y si es menor a 30 el N se encontrará más elevado donde se pierde NH_3 ocasionando olor desagradable en el proceso (O’Ryan & Riffo, 2007).

2.3.6. Calidad del compost

La calidad del compost es diversa y está influenciada principalmente por el tipo de material orgánico empleado, la inclusión de aditivos, el método de compostaje y el tiempo que dura el proceso (Escobar et al., 2011)

Es indispensable comparar con las normativas técnicas vigentes donde muestran entre que rangos se debe encontrar los parámetros físicos y químicos

del material a compostar y caracterizar el producto final donde permita clasificar y determinar la calidad del compost.

- **NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC) 5167**

El propósito de esta norma es establecer los requisitos que deben cumplir los parámetros que se monitorean o someten a la matriz para producir un fertilizante orgánico final (compost) que se utiliza ampliamente en la agricultura y tiene ventajas para mejorar el suelo (NTC–5167, 2004).

La producción de abono orgánico está directamente relacionada con la cantidad de residuos sólidos de origen vegetal y animal, la calidad del compost está determinada por las normas según la normativa (Tabla 1).

Tabla 1.

Parámetros de la norma técnica colombiana (NTC) 5167

| Parámetro | NTC 5167 enmienda orgánica |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Nitrógeno (N) | Mayor que 1% |
| Fósforo (P) | Mayor que 1% |
| Potasio (K) | Mayor que 1% |
| Humedad | Máximo 30% |
| pH | Mayor que 4 y menor que 9 |
| Materia orgánica | Mínimo 15% |
| CIC | Mínimo a 30 meq/100g |

| | |
|----------------------------------|------------|
| Carbono orgánico oxidable | Mínimo 15% |
| C/N | 15 a 20 |

Fuente: (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2004, Norma técnica colombiana 5167).

Los parámetros que contiene el compost deben estar dentro del rango establecido en la NTC–5167, para que se considere el compost de calidad y pueda ser aplicado en cualquier tipo de suelo (Bohórquez et al., 2015).

2.3.7. Principales parámetros de calidad del compost final

Estos parámetros son importantes en el compost como fertilizante orgánico para las plantas, los cuales son:

a) Nitrógeno (N). – Este componente es el impulsor del crecimiento de la planta puesto que participa en todas las etapas fundamentales de su desarrollo. Es crucial garantizar un adecuado aporte de N a la planta debido a su función en la absorción de nutrientes. Es un factor de calidad esencial para el compost, ya que desempeña un papel vital para el crecimiento de las plantas (Román et al., 2013).

b) Fosforo (P). - Este componente juega un papel esencial en la transferencia de energía en el proceso de fotosíntesis. El P es bajo en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas, o en aquellos donde el pH limita su disponibilidad y favorece su fijación (Román et al., 2013).

c) Potasio (K). – La presencia de este componente en la estructura de la planta es fundamental para la producción de carbohidratos y proteínas. El K mejora la disponibilidad de agua en la planta y aumenta su resistencia a la sequía, el frío y

la salinidad. Las enfermedades se pueden prevenir con plantas que contienen mucho potasio (Román et al., 2013).

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

- Evaluar la producción de compost utilizando residuos orgánicos y estiércol de cerdo, con fines agrícolas en Casma, Áncash.

3.2. Objetivos Específicos

- Elaborar compost por el método de aireación mecánica a partir de tres tipos de residuos orgánicos: Residuos de pescado, residuos de vegetales y aserrín; con estiércol de cerdo.
- Evaluar el rendimiento de la producción de compost a través de los parámetros fisicoquímicos de todos los tratamientos por descomposición de los residuos orgánicos comparando con los estándares de la Norma técnica colombiana (NTC) 5167.
- Determinar la calidad del compost por el contenido de nutrientes NPK.

IV. METODOLOGIA

4.1. Variables Operacionales

La cantidad de residuos (variable independiente - X) según la composición en diferentes porcentajes refleja una relación C/N que permitirá obtener la calidad de compost el cual se evaluó mediante sus parámetros (variable dependiente - Y) físicos y químicos (Tabla 2).

Tabla 2.

Variable dependiente e independiente

| VARIABLE DEPENDIENTE | VARIABLE INDEPENDIENTE |
|--------------------------------------|--|
| Calidad de compost (N, P, K). | Cantidad de residuos (residuos de pescado, residuos vegetales, aserrín, estiércol de cerdo). |

4.2. Área de estudio

La experimentación se realizó en el distrito Comandante Noel, provincia de Casma, región Ancash, Perú; ubicada a 39 msnm. Con temperatura y precipitación medias anuales de 22°C y 50 mm, respectivamente en los meses de enero a abril. Las pilas de compostaje fueron situadas en un espacio de 20 m² (Figura 1) ubicada en las siguientes coordenadas: 9°29'39"S y 78°21'01"W.

Figura 1.

Área de estudio del distrito Comandante Noel, Casma

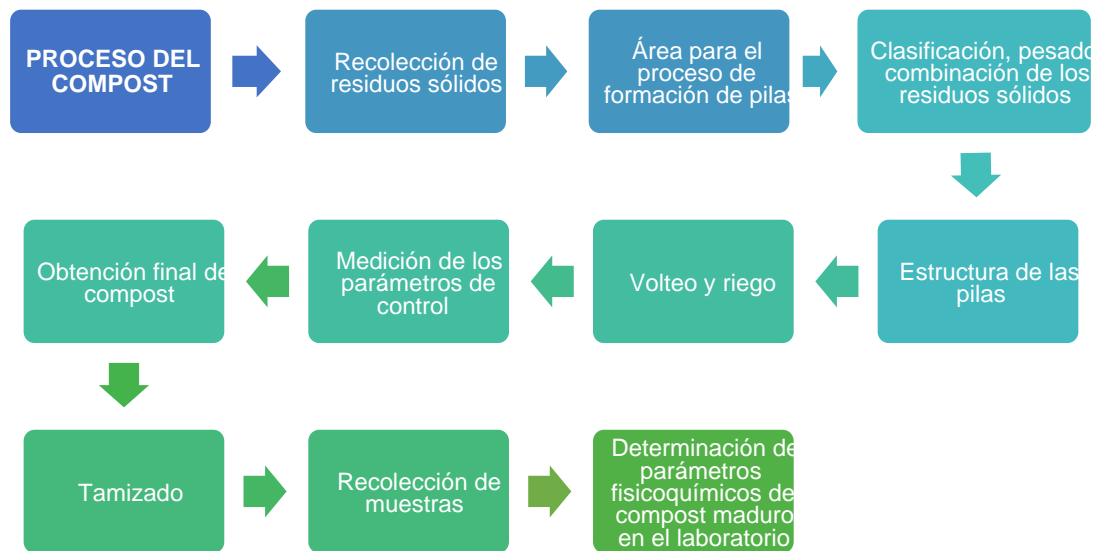


4.3. Proceso de elaboración del compostaje

Se planteó el siguiente proceso para realizar el compost con diferentes residuos orgánicos (Figura 2).

Figura 2.

Proceso para la elaboración de compost



4.3.1. Recolección de residuos sólidos

Se obtuvieron 450 kg de residuos orgánicos de pescado (anchoveta) de la planta Hillary S.A.C, 200 kg de residuos de madera (aserrín) de la Maderera Libertad, 450 kg de restos de vegetales del Mercado “Milagritos” y 300 kg de estiércol de cerdo de la provincia de Casma; donde se obtuvo en una semana todos los residuos.

4.3.2. Área para el proceso de formación de pilas

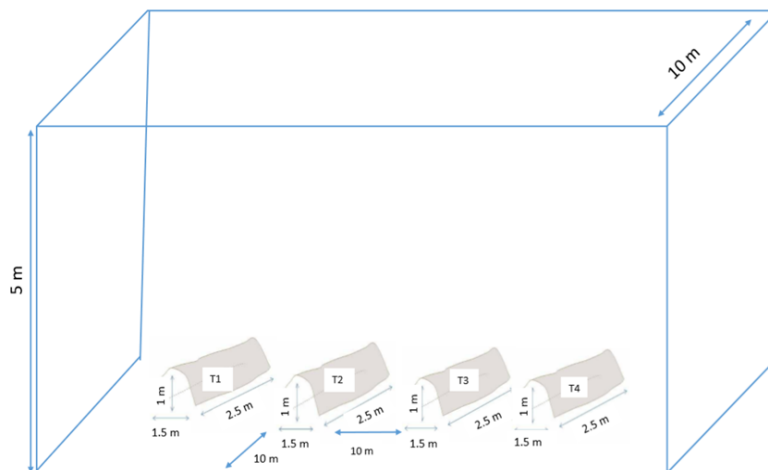
El área del compost se encontraba a 30 km de distancia de la población (San Diego – Comandante Noel), ya que esto evito molestias a la población como posibles olores e ingreso de animales domésticos (Bonifaz & Guartambel, 2012).

El área determinada fue de 20 m², luego se realizó una limpieza previa y se niveló

el suelo antes de la formación de las pilas, para ello se construyó un invernadero (Figura 3), para evitar el ingreso de animales domésticos o residuos que no son parte de las pilas de compost (Défaz & Gualoto, 2020).

Figura 3.

Invernadero de las pilas de compost



4.3.3. Clasificación, pesado y combinación de los residuos orgánicos

Se realizó el procedimiento de compostaje usando el método de aireación mecánica de forma trapezoidal con las medidas de 1.0 m de altura, 1.5 m de ancho y 2.5 m de largo, aproximadamente (O’Ryan & Riffo, 2007). Las combinaciones de los residuos se basaron en el contenido de C y N para obtener la cantidad de material a utilizar (Tabla 3). Para obtener resultados ideales en el proceso del compost la cantidad (kg) de los residuos, se encontraron en el rango de 40 a 60 % de humedad y la relación C/N entre 25 a 30 (Vega, 2015).

Los residuos estuvieron en el terreno agrícola de acopio para su respectiva clasificación y pesado, de acuerdo con las cantidades establecidas para cada tratamiento (Tabla 4). Para la preparación de las pilas se homogenizo con

machete en partículas pequeñas, de 2.5 a 3.5 cm con la finalidad de facilitar la estabilización de los residuos orgánicos (Bellido, 2019).

Tabla 3.

Porcentaje de carbono y nitrógeno contenido en los residuos.

| Material | % Carbono (peso seco) | % Nitrógeno (peso seco) | % Humedad (peso seco) |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Residuos de pescado | 38 | 10.6 | 76 |
| Residuos de vegetales | 56 | 1.4 | 80 |
| Estiércol de cerdo | 48.8 | 3.8 | 90.8 |
| Aserrín | 100 | 0.24 | 39 |

Fuente: (O’Ryan & Riffo, 2007)

Tabla 4.

Cantidades de residuos para la formación las 4 pilas de compostaje

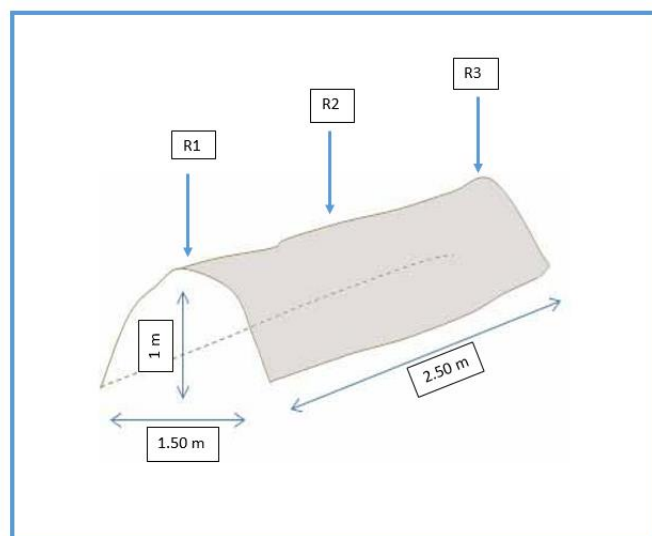
| Pila | Residuos de vegetales (kg) | Aserrín (kg) | Residuos de pescados (kg) | Estiércol de cerdo (kg) | Peso final (kg) |
|-------------|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| P1 | 150 | 50 | 50 | 150 | 400 |
| P2 | 100 | 50 | 100 | 100 | 350 |
| P3 | 50 | 50 | 150 | 50 | 300 |

| | | | | | |
|-----------------|-----|----|-----|---|-----|
| P4 (Control) | 150 | 50 | 150 | – | 350 |
|-----------------|-----|----|-----|---|-----|

La composición final es de 4 pilas con 3 repeticiones, para ello se recogieron 3 muestras de cada pila (Figura 4).

Figura 4.

Muestra de repeticiones en cada tratamiento



4.3.4. Volteo y riego

En el proceso de compostaje se realizaron siete volteos de las 4 pilas semanalmente hasta finalizar el proceso, utilizando palas. Para conservar la humedad del compost se aplicó riegos controlados sólo en los días de volteos, se realizaron tres riegos principales al inicio del proceso y luego semanalmente, para lo cual se utilizó el agua del pozo artesanal del propietario mediante un motor de bombeo utilizando un total de 100 L, utilizando 25 L para cada pila en cada ocasión respectivamente. Los requerimientos de mayor humedad en el

proceso experimental se presentaron por efecto de la temporada cálida, considerando que se necesitaba el riego constante (Vega, 2015).

4.3.5. Medición de los parámetros de control

Se realizaron 3 mediciones de los tratamientos en cada pila, 5 días después de que comenzara el proceso de compostaje, cuando todos los residuos se habían estabilizado.

a) Temperatura

Se llevó a cabo la medición de la temperatura una vez por semana utilizando un higrómetro digital a una profundidad de 24 a 30 cm. Se dejó el dispositivo durante 5 minutos para registrar los valores (Défaz & Gualoto, 2020). Es indispensable que se realizaran mediciones de temperatura para que no ocasione desestabilización en el proceso del compost (Serrano, 2015).

b) Humedad

La medición de la humedad se realizó mediante un higrómetro y también se aplicó la teoría del puño, que consiste en sacar un puñado de compost y apretarlo en tu mano, considera la humedad adecuada cuando el compost debe humedecer la mano y no escurrir agua entre los dedos (Román et al., 2013). El proceso de medición fue una vez por semana.

c) pH

La medición de nivel de pH se llevó a cabo utilizando un dispositivo digital llamado potenciómetro digital. Esta medición se registró semanalmente durante un periodo de 3 meses, que fue la duración total del proceso de compostaje.

4.3.6. Obtención del compost

El periodo de tiempo necesario para completar el proceso final del compost fue de 3 meses, esto se determinó a través del uso de una vara de madera para medir el grado de degradación de los materiales en los diferentes tratamientos, como se muestra en la Tabla 5. En cada tratamiento se colocó una vara de madera y se dejó reposar por un tiempo de 15 minutos aproximadamente (Escobar et al., 2012).

Tabla 5.

Estado del proceso final del compost

| Estado de la vara de madera | Resultado |
|--|---|
| Fría y mojada | No hay fermentación, probablemente exceso de agua |
| Levemente normal y seca, con filamentos blanco de micelio de hongos. | La pila necesita más agua. |
| Caliente, húmeda y manchada de pardo oscuro. | Las condiciones para compostaje están correctas |
| Libre de barro, introducida con facilidad de vuelta a la pila. | El compost está listo para ser usado |

Fuente: (Escobar et al., 2012).

4.3.7. Tamizado

Una vez concluido el proceso de compostaje, se procedió a realizar la tamización con el propósito de obtener un compost uniforme. Se recolectaron 1.0 kg de muestra de cada tratamiento.

4.3.8. Recolección de muestras

Se tomaron las muestras de los 4 tratamientos con una cantidad de 1.0 Kg donde fueron un total de 12 muestras que se transportaron en un cooler, con la etiqueta correspondiente, en bolsa ziplock y sin aire. Las muestras fueron llevadas a Laboratorio para análisis de calidad del compost, utilizando el método NPK, en la Facultad de Agronomía – Universidad Nacional Agraria La Molina.

4.3.9. Determinación de parámetros físicos y químicos del compost maduro

El análisis se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos en la Facultad de Agronomía – Universidad Nacional Agraria La Molina para determinar los parámetros fisicoquímicos del compost. Estos parámetros incluyeron la conductividad eléctrica (CE), Carbono orgánico (CO), relación Carbono/Nitrógeno (C/N), pH, materia orgánica (MO), capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), y NPK. Los valores numéricos se compararon con los datos de la Norma técnica colombiana (NTC) 5167 (Tabla 1).

4.3.10. Análisis estadístico

Los datos obtenidos en los análisis de laboratorio se compararon estadísticamente mediante el programa SPSS, donde la prueba de varianza se realizó mediante ANOVA. El análisis de las medias mediante el test de Tukey y test de Dunnet para comparaciones. Se llevó a cabo un análisis utilizando el test de Tukey para comprobar si hay una diferencia significativa entre las 4 muestras.

Además, se utilizó el test de Dunnet para verificar si existe una diferencia significativa entre las muestras y el control. El propósito de este análisis fue evaluar la calidad del compost producido y determinar si puede ser utilizado como fertilizante orgánico por los agricultores de la provincia de Casma. Esto se debe a la situación actual de los altos precios de los fertilizantes inorgánicos.

V. RESULTADOS

5.1. Nitrógeno

De acuerdo a los estudios realizados en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía – Universidad Nacional Agraria La Molina. La medición de nitrógeno (N) se realizó mediante el método de Micro Kjeldahl (N) (Tabla 6), se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6.

Porcentajes de Nitrógeno (N) en las 4 muestras

| PARAMETRO | REPETICION | MUESTRA PILA1 | MUESTRA PILA 2 | MUESTRA PILA 3 | CONTROL PILA 4 |
|----------------------|------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Nitrógeno (%) | R1 | 0.80 | 1.14 | 0.97 | 1.27 |
| | R2 | 0.82 | 1.05 | 0.91 | 1.22 |
| | R3 | 0.86 | 1.03 | 0.98 | 1.22 |

Comparando las muestras (Tabla 7) mediante el análisis estadístico con el programa SPSS se obtuvo lo siguiente:

Tabla 7.

Análisis estadístico del parámetro Nitrógeno.

Comparaciones múltiples

| (I) MUESTRA | | | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|---------------------------------------|------------------|------------------|----------------------------|--------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| HSD de Tukey | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | -.24667* | ,03325 | ,000 | -,3531 | -,1402 |
| | | MUESTRA 3 | -.12667* | ,03325 | ,022 | -,2331 | -,0202 |
| | | CONTROL | -.41000* | ,03325 | ,000 | -,5165 | -,3035 |
| | MUESTRA 2 | MUESTRA 1 | .24667* | ,03325 | ,000 | ,1402 | ,3531 |
| | | MUESTRA 3 | .12000* | ,03325 | ,028 | ,0135 | ,2265 |
| | | CONTROL | -.16333* | ,03325 | ,005 | -,2698 | -,0569 |
| | MUESTRA 3 | MUESTRA 1 | .12667* | ,03325 | ,022 | ,0202 | ,2331 |
| | | MUESTRA 2 | -.12000* | ,03325 | ,028 | -,2265 | -,0135 |
| | | CONTROL | -.28333* | ,03325 | ,000 | -,3898 | -,1769 |
| | CONTROL | MUESTRA 1 | .41000* | ,03325 | ,000 | ,3035 | ,5165 |
| | | MUESTRA 2 | .16333* | ,03325 | ,005 | ,0569 | ,2698 |
| | | MUESTRA 3 | .28333* | ,03325 | ,000 | ,1769 | ,3898 |
| t de Dunnett (bilateral) ^b | MUESTRA 1 | CONTROL | -.41000* | ,03325 | ,000 | -,5057 | -,3143 |
| | MUESTRA 2 | CONTROL | -.16333* | ,03325 | ,003 | -,2591 | -,0676 |
| | MUESTRA 3 | CONTROL | -.28333* | ,03325 | ,000 | -,3791 | -,1876 |

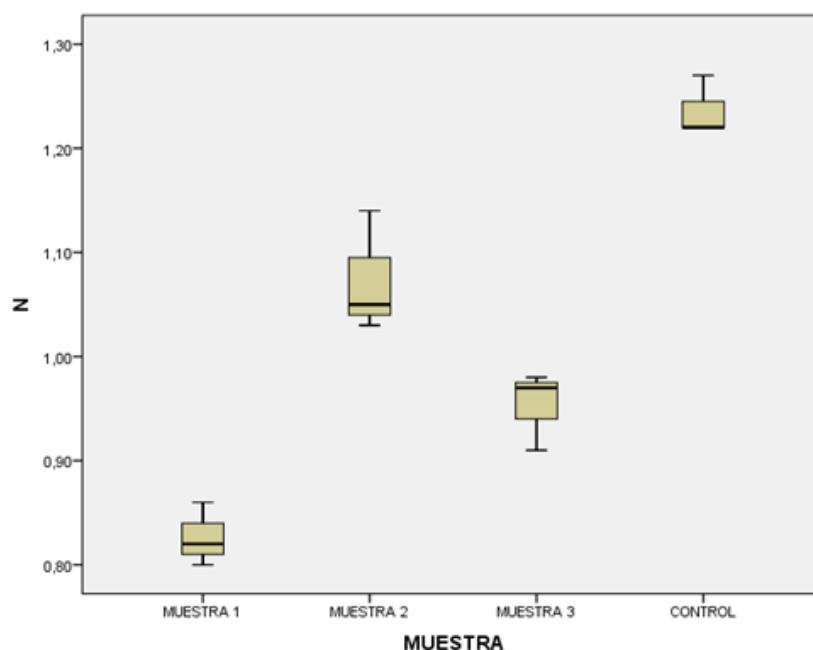
*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

b. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

Según el análisis estadístico, al realizar las comparaciones entre todas las muestras mediante el test de Tukey, todas las muestras tienen diferencia significativa. De manera similar, según el análisis del test de Dunnett, tanto la muestra 1, como la muestra 2 y la muestra 3 tienen una diferencia significativa con respecto a la muestra control. En la figura 5, se muestra la tendencia de las medias de los porcentajes de N para cada muestra.

Figura 5.

Gráfico de medias de los porcentajes de Nitrógeno



En el gráfico de media del parámetro del N, el eje de ordenadas figura el rango de N en (%) y en el eje de abscisas los 4 tratamientos que son 3 muestras y 1 control. En este gráfico se observa, que el control obtiene el mayor porcentaje (%) de N y el menor porcentaje (%) lo obtiene la Muestra 1.

5.2. Fósforo (P_2O_5)

De acuerdo a los estudios realizados en el laboratorio de Suelos en la Facultad de Agronomía – Universidad Nacional Agraria La Molina. La medición del Fósforo (P_2O_5) se realizó mediante el método de Digestión Vía seca (%) (Tabla 8), se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8.

Porcentajes de Fósforo (P_2O_5) en las 4 muestras

| PARAMETRO | REPETICION | MUESTRA PILA1 | MUESTRA PILA 2 | MUESTRA PILA 3 | CONTROL PILA 4 |
|------------------------------|------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| FOSFORO (P_2O_5) % | R1 | 2.16 | 2.81 | 4.47 | 3.96 |
| | R2 | 1.95 | 0.50 | 4.35 | 5.52 |
| | R3 | 1.29 | 2.31 | 3.42 | 4.27 |

Comparando las muestras (Tabla 9) mediante el análisis estadístico con el programa SPSS se obtuvo lo siguiente:

Tabla 9.

Análisis estadístico del parámetro Fósforo.

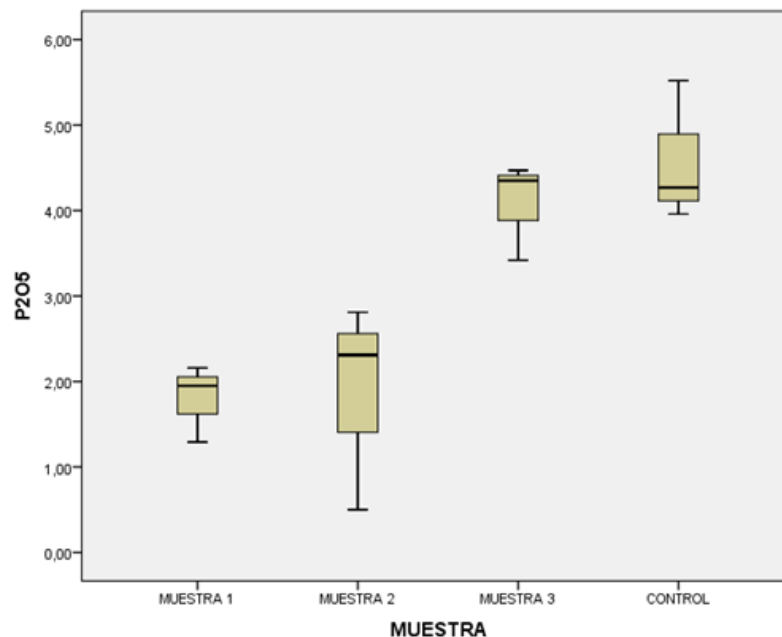
| | | Comparaciones múltiples | | | | Intervalo de confianza al 95% | |
|---------------------------------------|-----------|----------------------------|--------------|--------|-----------------|-------------------------------|--------|
| (I) MUESTRA | | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Límite inferior | Límite superior | |
| HSD de Tukey | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | -,07333 | ,67026 | ,999 | -2,2197 | 2,0731 |
| | | MUESTRA 3 | -2.28000* | ,67026 | ,038 | -4,4264 | -,1336 |
| | | CONTROL | -2.78333* | ,67026 | ,014 | -4,9297 | -,6369 |
| | MUESTRA 2 | MUESTRA 1 | ,07333 | ,67026 | ,999 | -2,0731 | 2,2197 |
| | | MUESTRA 3 | -2.20667* | ,67026 | ,044 | -4,3531 | -,0603 |
| | | CONTROL | -2.71000* | ,67026 | ,016 | -4,8564 | -,5636 |
| | MUESTRA 3 | MUESTRA 1 | 2.28000* | ,67026 | ,038 | ,1336 | 4,4264 |
| | | MUESTRA 2 | 2.20667* | ,67026 | ,044 | ,0603 | 4,3531 |
| | | CONTROL | -,50333 | ,67026 | ,874 | -2,6497 | 1,6431 |
| CONTROL | MUESTRA 1 | 2.78333* | ,67026 | ,014 | ,6369 | 4,9297 | |
| | MUESTRA 2 | 2.71000* | ,67026 | ,016 | ,5636 | 4,8564 | |
| | MUESTRA 3 | ,50333 | ,67026 | ,874 | -1,6431 | 2,6497 | |
| t de Dunnett (bilateral) ^b | MUESTRA 1 | CONTROL | -2.78333* | ,67026 | ,008 | -4,7134 | -,8532 |
| | MUESTRA 2 | CONTROL | -2.71000* | ,67026 | ,009 | -4,6401 | -,7799 |
| | MUESTRA 3 | CONTROL | -,50333 | ,67026 | ,797 | -2,4334 | 1,4268 |

Según el análisis estadístico, al realizar las comparaciones entre todas las muestras mediante el test de Tukey, solo la muestra 3 tiene diferencia significativa, en cambio la muestra 2 y muestra 1 no tienen diferencia significativa. Según el análisis mediante el test de Dunnett también la muestra 1

y muestra 2 tienen diferencia significativa con el control, pero la muestra 3 no tiene diferencia significativa. En la figura 6, muestra la tendencia de las medias de los porcentajes de Fósforo (P_2O_5) en cada muestra.

Figura 6.

Gráfico de medias de los porcentajes de Fósforo.



En el gráfico de media del parámetro del Fósforo (P_2O_5), el eje de ordenadas figura el rango de Fósforo en (%) y en el eje de abscisas los 4 tratamientos que son 3 muestras y 1 control. En este gráfico se observa, que el control obtiene el mayor porcentaje (%) de Fósforo y el menor porcentaje (%) lo obtiene la Muestra 1.

5.3. Potasio (K_2O)

De acuerdo a los estudios realizados en el laboratorio de Suelos en la Facultad Agronomía – Universidad Nacional Agraria La Molina. La medición del Potasio (K_2O) se realizó mediante el método de Absorción Atómica (%) (Tabla 10), donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 10.

Porcentajes de Potasio (K_2O) en las 4 muestras

| PARAMETRO | REPETICION | MUESTRA PILA1 | MUESTRA PILA 2 | MUESTRA PILA 3 | CONTROL PILA 4 |
|------------------------|------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| POTASIO(K_2O) % | R1 | 0.31 | 0.22 | 0.21 | 0.24 |
| | R2 | 0.29 | 0.19 | 0.21 | 0.27 |
| | R3 | 0.29 | 0.26 | 0.19 | 0.26 |

Comparando las muestras (Tabla 11) mediante el análisis estadístico con el programa SPSS se obtuvo lo siguiente:

Tabla 11.

Análisis estadístico del parámetro Potasio.

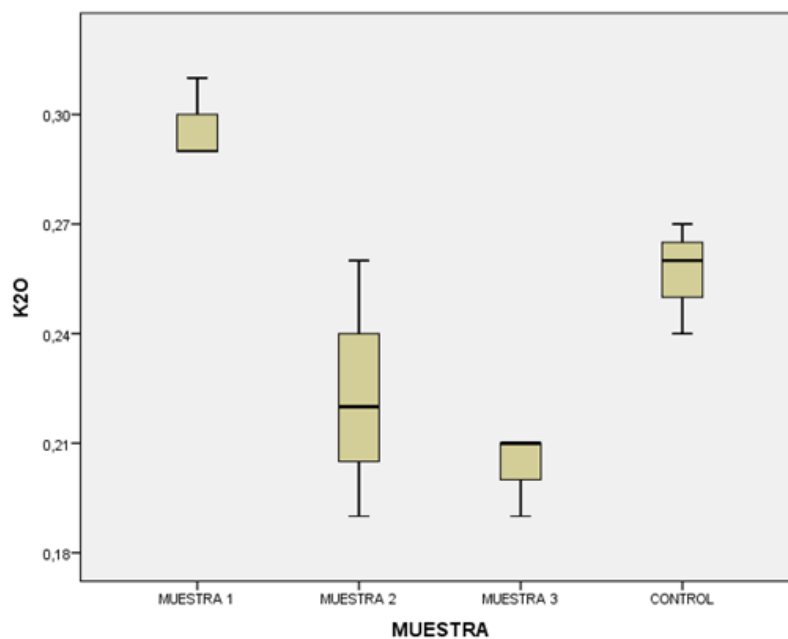
| Comparaciones múltiples | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-----------|----------------------------|--------------|--------|-------------------------------|-----------------|
| (I) MUESTRA | | | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| HSD de Tukey | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | .07333* | ,01700 | ,011 | ,0189 | ,1278 |
| | | MUESTRA 3 | .09333* | ,01700 | ,003 | ,0389 | ,1478 |
| | | CONTROL | ,04000 | ,01700 | ,165 | -,0144 | ,0944 |
| | MUESTRA 2 | MUESTRA 1 | -.07333* | ,01700 | ,011 | -,1278 | -,0189 |
| | | MUESTRA 3 | ,02000 | ,01700 | ,657 | -,0344 | ,0744 |
| | | CONTROL | -,03333 | ,01700 | ,278 | -,0878 | ,0211 |
| | MUESTRA 3 | MUESTRA 1 | -.09333* | ,01700 | ,003 | -,1478 | -,0389 |
| | | MUESTRA 2 | -,02000 | ,01700 | ,657 | -,0744 | ,0344 |
| | | CONTROL | -,05333 | ,01700 | ,055 | -,1078 | ,0011 |
| CONTROL | MUESTRA 1 | -,04000 | ,01700 | ,165 | -,0944 | ,0144 | |
| | MUESTRA 2 | ,03333 | ,01700 | ,278 | -,0211 | ,0878 | |
| | MUESTRA 3 | ,05333 | ,01700 | ,055 | -,0011 | ,1078 | |
| t de Dunnett (bilateral) ^b | MUESTRA 1 | CONTROL | ,04000 | ,01700 | ,109 | -,0089 | ,0889 |
| | MUESTRA 2 | CONTROL | -,03333 | ,01700 | ,193 | -,0823 | ,0156 |
| | MUESTRA 3 | CONTROL | -.05333* | ,01700 | ,034 | -,1023 | -,0044 |

Según el análisis estadístico, al realizar las comparaciones entre todas las muestras mediante el test de Tukey, todas las muestras no tienen diferencia significativa. Asimismo, según el análisis mediante el test de Dunnett solo la muestra 3 tiene diferencia significativa con el control, pero la muestra 1 y muestra

2 no tienen diferencia significativa. En la figura 7, muestra la tendencia de las medias de los porcentajes de Potasio (K_2O) en cada muestra.

Figura 7.

Gráfico de medias de los porcentajes de Potasio.



En el gráfico de media del parámetro Potasio (K_2O), el eje de ordenadas figura el rango de Potasio en (%) y en el eje de abscisas los 4 tratamientos que son 3 muestras y 1 control. En este gráfico se observa, que la Muestra 1 obtiene el mayor porcentaje (%) y el menor porcentaje (%) lo obtiene la Muestra 3.

5.4. Humedad

De acuerdo a los estudios realizados en el laboratorio de Suelos en la Facultad de Agronomía – Universidad Nacional Agraria La Molina. La medición de la Humedad (Hd) se realizó mediante el método Gravimétrico (%) (Tabla 12), donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 12.

Porcentajes de Humedad (Hd) en las 4 muestras

| PARAMETRO | REPETICION | MUESTRA PILA1 | MUESTRA PILA 2 | MUESTRA PILA 3 | CONTROL PILA 4 |
|-----------|------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| HUMEDAD % | R1 | 38.05 | 34.15 | 33.76 | 35.10 |
| | R2 | 37.88 | 38.64 | 33.55 | 35.37 |
| | R3 | 38.23 | 37.35 | 32.84 | 35.20 |

Comparando las muestras (Tabla 13) mediante el análisis estadístico con el programa SPSS se obtuvo lo siguiente:

Tabla 13.

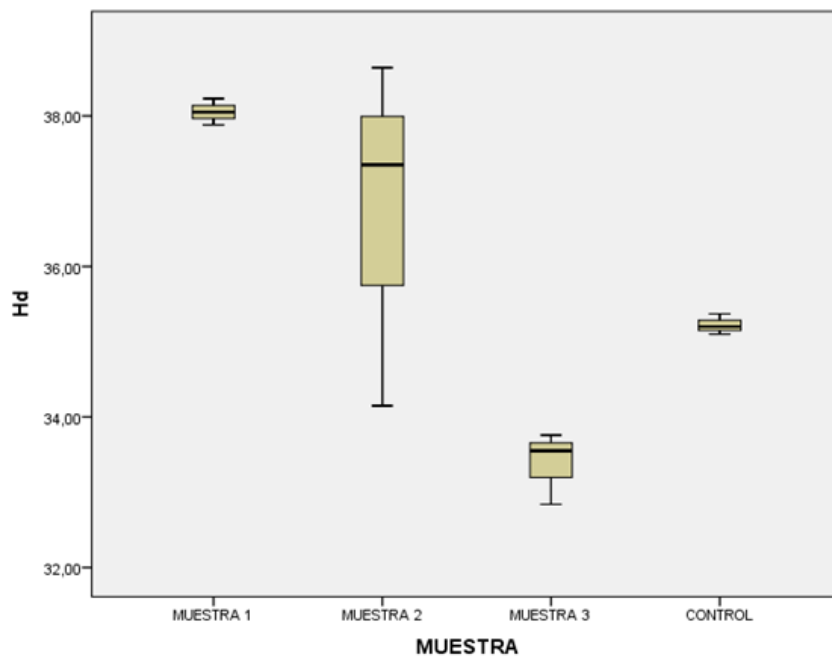
Análisis estadístico del parámetro Humedad

| Comparaciones múltiples | | | | | | Intervalo de confianza al 95% | |
|---------------------------------------|-----------|-----------|----------------------------|--------------|------|-------------------------------|-----------------|
| (I) MUESTRA | | | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Límite inferior | Límite superior |
| HSD de Tukey | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | 1,34000 | ,96831 | ,542 | -1,7609 | 4,4409 |
| | | MUESTRA 3 | 4,67000* | ,96831 | ,006 | 1,5691 | 7,7709 |
| | | CONTROL | 2,83000 | ,96831 | ,074 | -,2709 | 5,9309 |
| | MUESTRA 2 | MUESTRA 1 | -1,34000 | ,96831 | ,542 | -4,4409 | 1,7609 |
| | | MUESTRA 3 | 3,33000* | ,96831 | ,036 | ,2291 | 6,4309 |
| | | CONTROL | 1,49000 | ,96831 | ,460 | -1,6109 | 4,5909 |
| | MUESTRA 3 | MUESTRA 1 | -4,67000* | ,96831 | ,006 | -7,7709 | -1,5691 |
| | | MUESTRA 2 | -3,33000* | ,96831 | ,036 | -6,4309 | -,2291 |
| | | CONTROL | -1,84000 | ,96831 | ,300 | -4,9409 | 1,2609 |
| | CONTROL | MUESTRA 1 | -2,83000 | ,96831 | ,074 | -5,9309 | ,2709 |
| | | MUESTRA 2 | -1,49000 | ,96831 | ,460 | -4,5909 | 1,6109 |
| | | MUESTRA 3 | 1,84000 | ,96831 | ,300 | -1,2609 | 4,9409 |
| t de Dunnett (bilateral) ^b | MUESTRA 1 | CONTROL | 2,83000* | ,96831 | ,047 | ,0416 | 5,6184 |
| | MUESTRA 2 | CONTROL | 1,49000 | ,96831 | ,345 | -1,2984 | 4,2784 |
| | MUESTRA 3 | CONTROL | -1,84000 | ,96831 | ,211 | -4,6284 | ,9484 |

Según el análisis estadístico, al realizar las comparaciones entre todas las muestras mediante el test de Tukey, todas las muestras no tienen diferencia significativa. Asimismo, según el análisis mediante el test de Dunnett la muestra 1 tiene diferencia significativa con el control, a comparación de la muestra 2 y muestra 3. En la figura 8 se observa la tendencia de las medias de los porcentajes de Humedad en cada muestra.

Figura 8.

Gráfico de medias de los porcentajes de Humedad.



En el gráfico de media de Humedad, el eje de ordenadas figura el rango de Humedad en (%) y en el eje de abscisas los 4 tratamientos que son 3 muestras y 1 control. En este grafico se observa, que la Muestra 1 obtiene el mayor porcentaje (%) y el menor porcentaje (%) lo obtiene la Muestra 3.

5.5. pH

De acuerdo a los estudios realizados en el laboratorio de Suelos en la Facultad de Agronomía – Universidad Nacional Agraria La Molina. La medición del pH se realizó mediante el pH-metro (Tabla 14), donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 14.

Porcentajes de pH en las 4 muestras

| PARAMETRO | REPETICION | MUESTRA PILA1 | MUESTRA PILA 2 | MUESTRA PILA 3 | CONTROL PILA 4 |
|-----------|------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| pH | R1 | 6.91 | 6.20 | 6.69 | 6.51 |
| | R2 | 6.95 | 6.24 | 6.69 | 6.50 |
| | R3 | 6.87 | 6.29 | 6.69 | 6.55 |

Comparando las muestras (Tabla 15) mediante el análisis estadístico con el programa SPSS se obtuvo lo siguiente:

Tabla 15.

Análisis estadístico del parámetro pH.

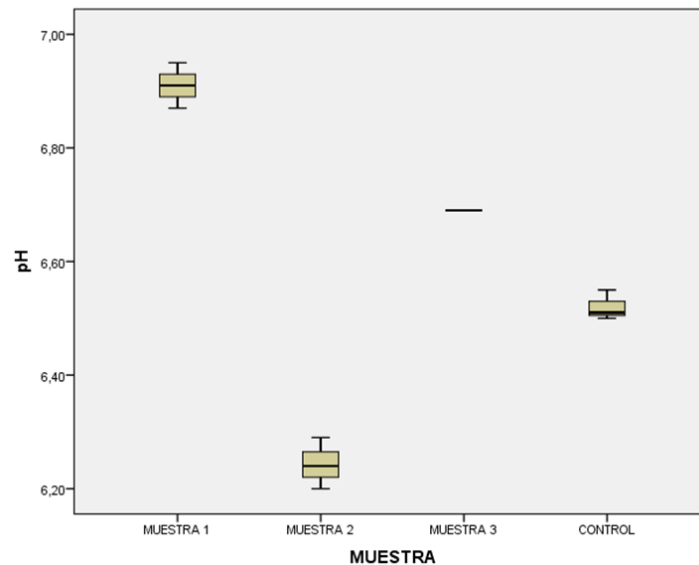
| | | Comparaciones múltiples | | | Intervalo de confianza al 95% | | |
|---------------------------------------|-----------|----------------------------|--------------|--------|-------------------------------|-----------------|--------|
| (I) MUESTRA | | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Límite inferior | Límite superior | |
| HSD de Tukey | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | .66667* | ,02687 | ,000 | ,5806 | ,7527 |
| | | MUESTRA 3 | .22000* | ,02687 | ,000 | ,1339 | ,3061 |
| | | CONTROL | .39000* | ,02687 | ,000 | ,3039 | ,4761 |
| | MUESTRA 2 | MUESTRA 1 | -.66667* | ,02687 | ,000 | -,7527 | -,5806 |
| | | MUESTRA 3 | -.44667* | ,02687 | ,000 | -,5327 | -,3606 |
| | | CONTROL | -.27667* | ,02687 | ,000 | -,3627 | -,1906 |
| | MUESTRA 3 | MUESTRA 1 | -.22000* | ,02687 | ,000 | -,3061 | -,1339 |
| | | MUESTRA 2 | .44667* | ,02687 | ,000 | ,3606 | ,5327 |
| | | CONTROL | .17000* | ,02687 | ,001 | ,0839 | ,2561 |
| | CONTROL | MUESTRA 1 | -.39000* | ,02687 | ,000 | -,4761 | -,3039 |
| | | MUESTRA 2 | .27667* | ,02687 | ,000 | ,1906 | ,3627 |
| | | MUESTRA 3 | -.17000* | ,02687 | ,001 | -,2561 | -,0839 |
| t de Dunnett (bilateral) ^b | MUESTRA 1 | CONTROL | .39000* | ,02687 | ,000 | ,3126 | ,4674 |
| | MUESTRA 2 | CONTROL | -.27667* | ,02687 | ,000 | -,3541 | -,1993 |
| | MUESTRA 3 | CONTROL | .17000* | ,02687 | ,001 | ,0926 | ,2474 |

Según el análisis estadístico, al realizar las comparaciones entre todas las muestras mediante el test de Tukey, todas las muestras tienen diferencia significativa. Asimismo, según el análisis mediante el test de Dunnett también la muestra 1, muestra 2 y muestra 3 tienen diferencia significativa con el control.

En la figura 9 se observa la tendencia de las medias de los porcentajes de pH en cada muestra.

Figura 9.

Gráfico de medias de los porcentajes de pH.



En el gráfico de media del parámetro pH, el eje de ordenadas figura el rango de pH y en el eje de abscisas los 4 tratamientos que son 3 muestras y 1 control. En este gráfico se observa, que la Muestra 1 obtiene el mayor valor y el menor lo obtiene la Muestra 2.

5.6. Materia Orgánica

De acuerdo a los estudios realizados en el laboratorio de Suelos en la Facultad de Agronomía – Universidad Nacional Agraria La Molina. La medición de Materia Orgánica (MO) se realizó mediante el método de Walkley y Black (%) (Tabla 16), donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 16.

Porcentajes de Materia Orgánica (MO) en las 4 muestras

| PARAMETRO | REPETICION | MUESTRA PILA1 | MUESTRA PILA 2 | MUESTRA PILA 3 | CONTROL PILA 4 |
|--------------------|------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Materia Orgánica % | R1 | 18.30 | 21.48 | 25.97 | 30.14 |
| | R2 | 18.49 | 21.80 | 25.08 | 30.65 |
| | R3 | 15.66 | 21.80 | 28.53 | 31.80 |

Comparando las muestras (Tabla 17) mediante el análisis estadístico con el programa SPSS se obtuvo lo siguiente:

Tabla 17.

Análisis estadístico del parámetro Materia Orgánica.

Comparaciones múltiples

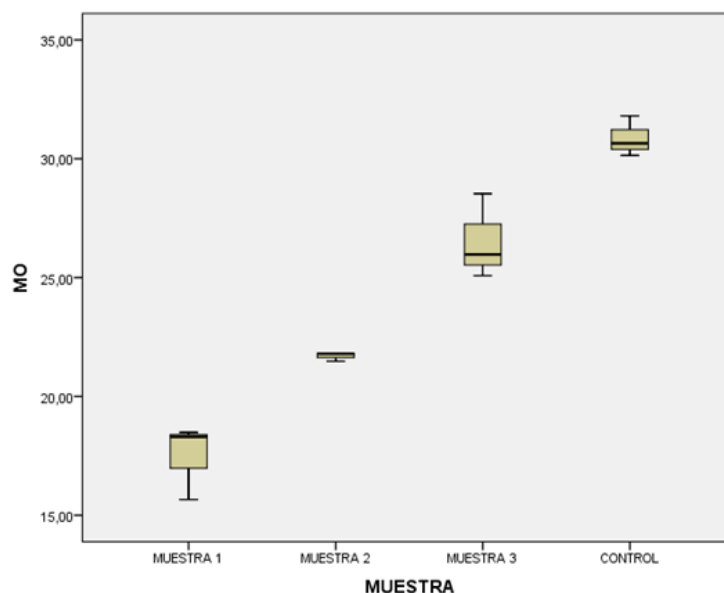
| (I) MUESTRA | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | | |
|---------------------------------------|----------------------------|------------------------|---------|-------------------------------|-----------------|----------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior | |
| HSD de Tukey | MUESTRA 1 MUESTRA 2 | -4.21000 [*] | 1,03824 | ,015 | -7,5348 | - ,8852 |
| | MUESTRA 1 MUESTRA 3 | -9.04333 [*] | 1,03824 | ,000 | -12,3681 | -5,7185 |
| | MUESTRA 1 CONTROL | -13.38000 [*] | 1,03824 | ,000 | -16,7048 | -10,0552 |
| | MUESTRA 2 MUESTRA 1 | 4.21000 [*] | 1,03824 | ,015 | ,8852 | 7,5348 |
| | MUESTRA 2 MUESTRA 3 | -4.83333 [*] | 1,03824 | ,007 | -8,1581 | -1,5085 |
| | MUESTRA 2 CONTROL | -9.17000 [*] | 1,03824 | ,000 | -12,4948 | -5,8452 |
| | MUESTRA 3 MUESTRA 1 | 9.04333 [*] | 1,03824 | ,000 | 5,7185 | 12,3681 |
| | MUESTRA 3 MUESTRA 2 | 4.83333 [*] | 1,03824 | ,007 | 1,5085 | 8,1581 |
| | MUESTRA 3 CONTROL | -4.33667 [*] | 1,03824 | ,013 | -7,6615 | -1,0119 |
| | CONTROL MUESTRA 1 | 13.38000 [*] | 1,03824 | ,000 | 10,0552 | 16,7048 |
| | CONTROL MUESTRA 2 | 9.17000 [*] | 1,03824 | ,000 | 5,8452 | 12,4948 |
| | CONTROL MUESTRA 3 | 4.33667 [*] | 1,03824 | ,013 | 1,0119 | 7,6615 |
| t de Dunnett (bilateral) ^b | MUESTRA 1 CONTROL | -13.38000 [*] | 1,03824 | ,000 | -16,3698 | -10,3902 |
| | MUESTRA 2 CONTROL | -9.17000 [*] | 1,03824 | ,000 | -12,1598 | -6,1802 |
| | MUESTRA 3 CONTROL | -4.33667 [*] | 1,03824 | ,008 | -7,3264 | -1,3469 |

Según el análisis estadístico, al realizar las comparaciones entre todas las muestras mediante el test de Tukey, todas las muestras tienen diferencia significativa. Asimismo, según el análisis mediante el test de Dunnett también la muestra 1, muestra 2 y muestra 3 tienen diferencia significativa con el control.

En la figura 10 se observa la tendencia de las medias de los porcentajes de Materia Orgánica en cada muestra.

Figura 10.

Gráfico de medias de los porcentajes de Materia Orgánica.



En el gráfico de media del parámetro Materia Orgánica, el eje de ordenadas figura el rango de Materia Orgánica en (%) y en el eje de abscisas los 4 tratamientos que son 3 muestras y 1 control. En este grafico se observa, que el control obtiene el mayor porcentaje (%) y el menor porcentaje (%) lo obtiene la Muestra 1.

5.7. CIC

De acuerdo a los estudios realizados en el laboratorio de Suelos en la Facultad de Agronomía – Universidad Nacional Agraria La Molina. La medición de Capacidad de intercambio catiónico (CIC) se realizó mediante Micro Kjeldahl (Tabla 18), donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 18.

Unidades de Capacidad de intercambio catiónico (CIC) en las 4 muestras

| PARAMETRO | REPETICION | MUESTRA | MUESTRA | MUESTRA | CONTROL |
|-------------------|------------|---------|---------|---------|---------|
| | | PILA1 | PILA 2 | PILA 3 | |
| CIC (meq/100g) | R1 | 35.20 | 26.00 | 21.60 | 24.80 |
| | R2 | 26.00 | 28.00 | 20.00 | 24.00 |
| | R3 | 24.00 | 24.80 | 20.00 | 24.00 |

Comparando las muestras (Tabla 19) mediante el análisis estadístico con el programa SPSS se obtuvo lo siguiente:

Tabla 19.

Análisis estadístico del parámetro Capacidad de intercambio catiónico.

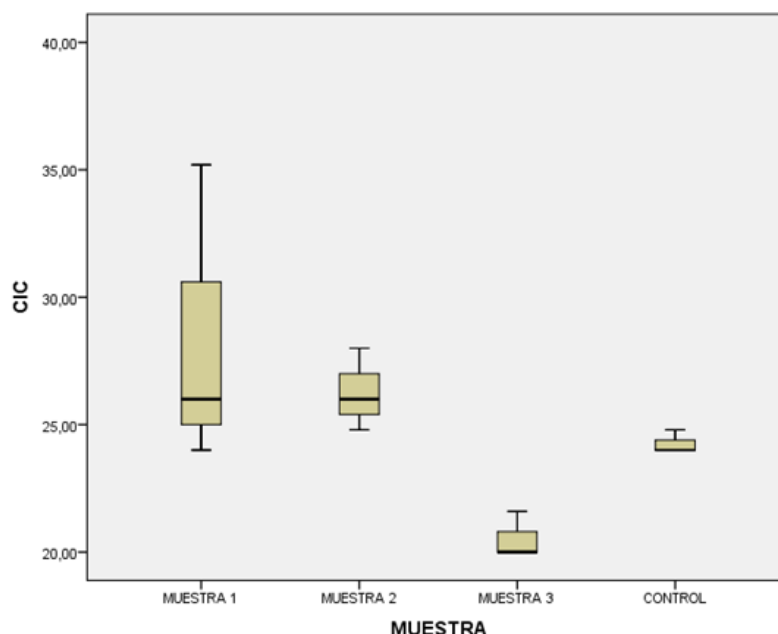
| Comparaciones múltiples | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-----------|----------------------------|--------------|------|-------------------------------|-----------------|
| (I) MUESTRA | | | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| HSD de Tukey | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | 2,13333 | 2,56125 | ,838 | -6,0687 | 10,3354 |
| | | MUESTRA 3 | 7,86667 | 2,56125 | ,060 | -,3354 | 16,0687 |
| | | CONTROL | 4,13333 | 2,56125 | ,423 | -4,0687 | 12,3354 |
| | MUESTRA 2 | MUESTRA 1 | -2,13333 | 2,56125 | ,838 | -10,3354 | 6,0687 |
| | | MUESTRA 3 | 5,73333 | 2,56125 | ,193 | -2,4687 | 13,9354 |
| | | CONTROL | 2,00000 | 2,56125 | ,861 | -6,2020 | 10,2020 |
| | MUESTRA 3 | MUESTRA 1 | -7,86667 | 2,56125 | ,060 | -16,0687 | ,3354 |
| | | MUESTRA 2 | -5,73333 | 2,56125 | ,193 | -13,9354 | 2,4687 |
| | | CONTROL | -3,73333 | 2,56125 | ,502 | -11,9354 | 4,4687 |
| | CONTROL | MUESTRA 1 | -4,13333 | 2,56125 | ,423 | -12,3354 | 4,0687 |
| | | MUESTRA 2 | -2,00000 | 2,56125 | ,861 | -10,2020 | 6,2020 |
| | | MUESTRA 3 | 3,73333 | 2,56125 | ,502 | -4,4687 | 11,9354 |
| t de Dunnett (bilateral) ^a | MUESTRA 1 | CONTROL | 4,13333 | 2,56125 | ,313 | -3,2422 | 11,5089 |
| | MUESTRA 2 | CONTROL | 2,00000 | 2,56125 | ,780 | -5,3755 | 9,3755 |
| | MUESTRA 3 | CONTROL | -3,73333 | 2,56125 | ,383 | -11,1089 | 3,6422 |

Según el análisis estadístico, al realizar las comparaciones entre todas las muestras mediante el test de Tukey, todas las muestras no tienen diferencia significativa. Según el análisis mediante el test de Dunnett también todas las muestras no tienen diferencia significativa con el control. En la figura 11, se

observa la tendencia de las medias de las unidades de Capacidad de intercambio catiónico en cada muestra.

Figura 11.

Gráfico de medias de los porcentajes de CIC



En el gráfico de media del parámetro Capacidad de intercambio catiónico (CIC), el eje de ordenadas figura el rango de CIC en (meq/100 g) y en el eje de abscisas los 4 tratamientos que son 3 muestras y 1 control. En este gráfico se observa, que la Muestra 1 obtiene el mayor rango (meq/100 g) y el menor rango (meq/100 g) lo obtiene la Muestra 3.

5.8. Carbono Orgánico Oxidable

De acuerdo a los estudios realizados en el laboratorio de Suelos en la Facultad de Agronomía – Universidad Nacional Agraria La Molina. La medición de Carbono Orgánico Oxidable se realizó mediante el método de Walkley y Black (Tabla 20), se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 20.

Porcentajes de Carbono Orgánico Oxidable en las 4 muestras

| PARAMETRO | REPETICION | MUESTRA PILA1 | MUESTRA PILA 2 | MUESTRA PILA 3 | CONTROL PILA 4 |
|-------------------------------|------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Carbono Orgánico Oxidable (%) | R1 | 10.26 | 12.46 | 15.06 | 17.48 |
| | R2 | 10.72 | 12.64 | 14.55 | 17.78 |
| | R3 | 9.09 | 12.65 | 16.55 | 18.44 |

Comparando las muestras (Tabla 21) mediante el análisis estadístico con el programa SPSS se obtuvo lo siguiente:

Tabla 21.

Análisis estadístico del parámetro Carbono Orgánico Oxidable.

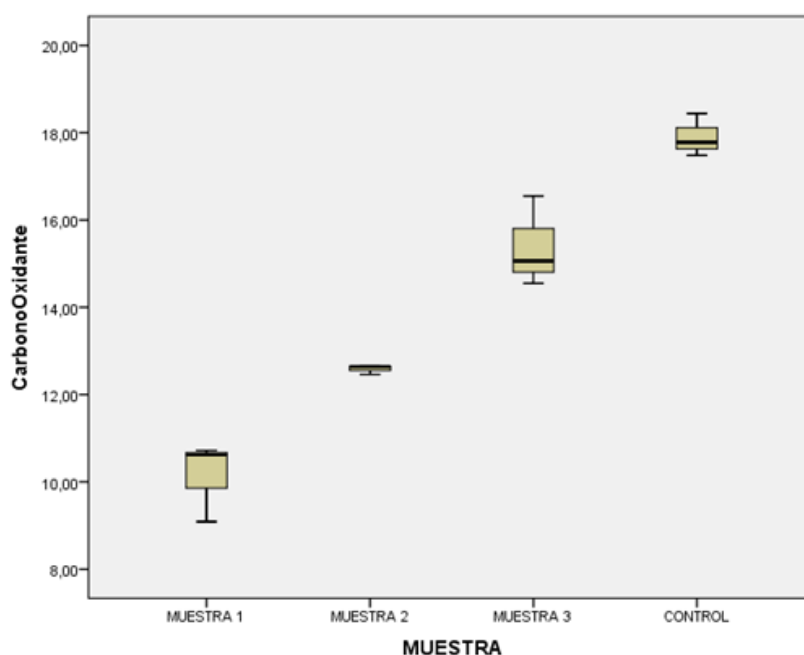
| Comparaciones múltiples | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-----------|----------------------------|--------------|------|-------------------------------|-----------------|
| (I) MUESTRA | | | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| HSD de Tukey | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | -2.44000* | ,60101 | ,015 | -4,3647 | -,5153 |
| | | MUESTRA 3 | -5.24333* | ,60101 | ,000 | -7,1680 | -3,3187 |
| | | CONTROL | -7.75667* | ,60101 | ,000 | -9,6813 | -5,8320 |
| | MUESTRA 2 | MUESTRA 1 | 2.44000* | ,60101 | ,015 | ,5153 | 4,3647 |
| | | MUESTRA 3 | -2.80333* | ,60101 | ,007 | -4,7280 | -,8787 |
| | | CONTROL | -5.31667* | ,60101 | ,000 | -7,2413 | -3,3920 |
| | MUESTRA 3 | MUESTRA 1 | 5.24333* | ,60101 | ,000 | 3,3187 | 7,1680 |
| | | MUESTRA 2 | 2.80333* | ,60101 | ,007 | ,8787 | 4,7280 |
| | | CONTROL | -2.51333* | ,60101 | ,013 | -4,4380 | -,5887 |
| | CONTROL | MUESTRA 1 | 7.75667* | ,60101 | ,000 | 5,8320 | 9,6813 |
| | | MUESTRA 2 | 5.31667* | ,60101 | ,000 | 3,3920 | 7,2413 |
| | | MUESTRA 3 | 2.51333* | ,60101 | ,013 | ,5887 | 4,4380 |
| t de Dunnett (bilateral) ^b | MUESTRA 1 | CONTROL | -7.75667* | ,60101 | ,000 | -9,4874 | -6,0260 |
| | MUESTRA 2 | CONTROL | -5.31667* | ,60101 | ,000 | -7,0474 | -3,5860 |
| | MUESTRA 3 | CONTROL | -2.51333* | ,60101 | ,008 | -4,2440 | -,7826 |

Según el análisis estadístico, al realizar las comparaciones entre todas las muestras mediante el test de Tukey, todas las muestras tienen diferencia significativa. Según el análisis mediante el test de Dunnett también la muestra 1, muestra 2 y muestra 3 tienen diferencia significativa con el control. En la figura

12 se observa la tendencia de las medias de los porcentajes de Carbono Orgánico Oxidable en cada muestra.

Figura 12.

Gráfico de medias de los porcentajes de COO.



En el gráfico de media del parámetro Carbono Orgánico Oxidable, el eje de ordenadas figura el rango de Carbono Orgánico Oxidable en porcentaje (%) y en el eje de abscisas los 4 tratamientos que son 3 muestras y 1 control. Se observa, que el control obtiene el mayor porcentaje (%) y el menor porcentaje (%) lo obtiene la Muestra 1.

5.9. Relación Carbono Nitrógeno C/N

De acuerdo a los estudios realizados en el laboratorio de Suelos en la Facultad de Agronomía – Universidad Nacional Agraria La Molina. Los resultados para el parámetro de Relación Carbono Nitrógeno (C/N) (Tabla 22), son los siguientes:

Tabla 22.

Porcentajes de Relación Carbono Nitrógeno (C/N) en las 4 muestras

| PARAMETRO | REPETICION | MUESTRA PILA1 | MUESTRA PILA 2 | MUESTRA PILA 3 | CONTROL PILA 4 |
|-----------|------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| C/N (%) | R1 | 13.23 | 10.94 | 15.52 | 13.77 |
| | R2 | 13.06 | 12.09 | 15.90 | 14.54 |
| | R3 | 10.58 | 12.32 | 16.89 | 15.09 |

Comparando las muestras (Tabla 23) mediante el análisis estadístico con el programa SPSS se obtuvo lo siguiente:

Tabla 23.

Análisis estadístico del parámetro Relación (C/N)

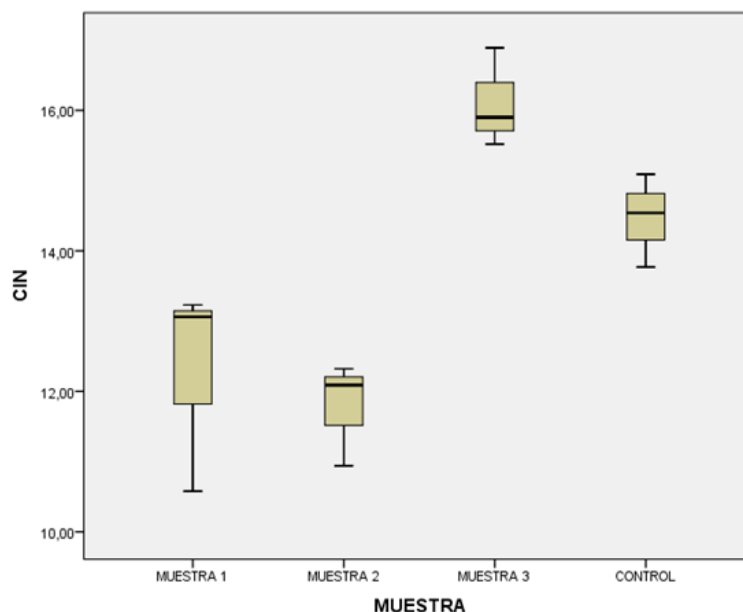
Comparaciones múltiples

| (I) MUESTRA | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | | |
|---------------------------------------|----------------------------|--------------|--------|-------------------------------|-----------------|---------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior | |
| HSD de Tukey | MUESTRA 1 MUESTRA 2 | ,50667 | ,78388 | ,914 | -2,0036 | 3,0169 |
| | MUESTRA 1 MUESTRA 3 | -3.81333* | ,78388 | ,005 | -6,3236 | -1,3031 |
| | MUESTRA 1 CONTROL | -2,17667 | ,78388 | ,091 | -4,6869 | ,3336 |
| | MUESTRA 2 MUESTRA 1 | -,50667 | ,78388 | ,914 | -3,0169 | 2,0036 |
| | MUESTRA 2 MUESTRA 3 | -4.32000* | ,78388 | ,003 | -6,8303 | -1,8097 |
| | MUESTRA 2 CONTROL | -2.68333* | ,78388 | ,037 | -5,1936 | -,1731 |
| | MUESTRA 3 MUESTRA 1 | 3.81333* | ,78388 | ,005 | 1,3031 | 6,3236 |
| | MUESTRA 3 MUESTRA 2 | 4.32000* | ,78388 | ,003 | 1,8097 | 6,8303 |
| | MUESTRA 3 CONTROL | 1,63667 | ,78388 | ,235 | -,8736 | 4,1469 |
| | CONTROL MUESTRA 1 | 2,17667 | ,78388 | ,091 | -,3336 | 4,6869 |
| | CONTROL MUESTRA 2 | 2.68333* | ,78388 | ,037 | ,1731 | 5,1936 |
| | CONTROL MUESTRA 3 | -1,63667 | ,78388 | ,235 | -4,1469 | ,8736 |
| t de Dunnett (bilateral) ^b | MUESTRA 1 CONTROL | -2,17667 | ,78388 | ,058 | -4,4340 | ,0806 |
| | MUESTRA 2 CONTROL | -2.68333* | ,78388 | ,023 | -4,9406 | -,4260 |
| | MUESTRA 3 CONTROL | 1,63667 | ,78388 | ,161 | -,6206 | 3,8940 |

Según el análisis estadístico, al realizar las comparaciones entre todas las muestras mediante el test de Tukey, todas las muestras no tienen diferencia significativa. Asimismo, según el análisis mediante el test de Dunnett la muestra 1 y muestra 2 tienen diferencia significativa con el control, en comparación con la muestra 3. En la figura 13, se observa la tendencia de las medias de los porcentajes de Relación Carbono Nitrógeno (C/N) en cada muestra.

Figura 13.

Gráfico de medias de los porcentajes de Relación (C/N)



En el gráfico de media del parámetro relación C/N, el eje de ordenadas figura el rango de C/N en (%) y en el eje de abscisas los 4 tratamientos que son 3 muestras y 1 control. En este gráfico se observa, que la Muestra 3 obtiene el mayor porcentaje (%) y el menor porcentaje (%) lo obtiene la Muestra 2.

VI. DISCUSION

6.1. Nitrógeno (N)

Con respecto al parámetro del N, la muestra 4 (control), muestra 3 (M3) y muestra 2 (M2) contiene el mayor contenido de N correspondiente a 1.27 %, 1.0 % y 1.07 % respectivamente, como se observa en la figura 5 en comparación con la muestra 1 (M1). Esta variación de resultados se debe a la composición en la muestra 4 (control), muestra 2 (M2) y muestra 3 (M3) fueron preparadas utilizando mayor cantidad de residuos de pescado.

La muestra 1 (M1) presento el menor contenido de N con un promedio de 0,83 %, debido a la deficiencia en el contenido de residuos de pescado y estiércol de

cerdo, lo cual se determina que es importante la combinación y la cantidad de los residuos en la calidad del compost. La mayor disponibilidad de N en la muestra 2 y el control se presenta por el tratamiento a baja lixiviación durante el proceso de compostaje a comparación de las otras muestras donde su contenido de humedad fue más alto.

Los componentes que contribuyeron a la conversión de N-orgánico a NH_3 fueron el nivel de pH, temperatura y la humedad durante el proceso de compostaje en la fase termófila. Durante las dos primeras semanas después de iniciar el proceso de compostaje, se observó la liberación de malos olores y un aumento de las temperaturas durante la descomposición de los desechos en los montones. Durante este proceso, se produjo una pérdida de N en forma de NH_3 en el aire.

La calidad del compost en base al parámetro N se comparó con los valores de la normativa colombiana NTC-5167 observando en las muestras que presentan valores mayores a 1 % de N el compost obtenido es de buena calidad. En base al compost preparado, la muestra 2 (M2), muestra 3 (M3) y muestra 4 (control) presentaron mayor contenido de N alcanzando un promedio de 1.07, 1.0 y 1.27 % respectivamente. Dicho resultado indica que las 3 muestras son aptas para un compost de calidad y cumplen con los rangos de la normativa correspondiente. Los resultados obtenidos en la investigación son mayores que los valores mencionados en el trabajo de Martínez y Pantoja (2013), donde sugieren que el contenido de N en el compost final debe estar entre el 0.3 a 1.5 %. Esto es importante ya que el contenido de N juega un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Chilon (2013) preparo residuos vegetales con agentes biológicos con un contenido de N inferior a la Normativa colombiana (NTC) 5167 con valores de 0.67, 0.81, 0.50 y 0.71 % respectivamente, en base a las combinaciones que realizo en sus tratamientos, se realizaron comparación de los resultados con la Norma chilena (NCh2880.Of2004), lo cual establece que los valores de N deben ser mayores o iguales a 0.5 % para considerar un compost de buena calidad.

6.2. Fosforo (P)

Con respecto al parámetro P, la muestra 3 (M3) y muestra 4 (control) presentaron mayor contenido de P con promedio 4.08 y 4.58 % respectivamente, como se observa en la figura 6, a comparación con las demás muestras. Esta variación de resultados se debe porque en la Muestra 4 (control) se le adicionó mayor cantidad (150 kg) de residuos de pescado, al igual que en la muestra 3 (M3). La muestra 1 (M1) y muestra 2 (M2) presentaron diferencia significativa con la muestra 4 (control), pero la muestra 3 (M3) no presento diferencia significativa.

La calidad de compost en base al parámetro de fosforo (P_2O_5) se comparó los resultados con la normativa colombiana (NTC) 5167 donde especifica que si la muestras presentan valores mayores a 1 % es un compost de buena calidad. En base a los resultados la muestra: M1, M2, M3 y el (control) presentaron mayor porcentaje: 1.8, 1.87, 4.08 y 4.58 %, respectivamente. Es evidente que la actividad microbiológica en la descomposición de la materia orgánica junto con los residuos utilizados en el compostaje favorece la liberación de P en forma de óxido, lo que resulta beneficioso para todo el proceso completo.

La investigación de Gallardo (2013) presenta contenidos de P entre 5.40 y 8.60 % corresponde a un compost rico en P y fue utilizado en reforestación de plantas nativas, teniendo como resultado un crecimiento y sobrevivencia optimo en el

suelo. Muñoz, Dorado y Pérez (2015), la presencia elevada de P en el compost o lombricompost resulta beneficioso debido a las ventajas que proporciona en el desarrollo de las plantas y el suelo cuando se aplica a lo largo de tres meses.

La investigación de Aguilar (2018) sugiere que, para obtener un compost de buena calidad, es recomendable que el nivel de concentración de P del compost final se encuentre entre el 0.96 a 1.13 %. Se recomienda evitar la pérdida de nutrientes durante el desarrollo del proceso del compostaje, ya que esto conlleva a una disminución de fósforo.

Los valores obtenidos en la investigación son superiores a lo indicado por Martínez y Pantoja (2013), quienes establecen que el nivel de P en el compost final debe estar entre 0.1 y 1.0 % respectivamente. Esto se debe a que la mayoría de los suelos agrícolas presentan una deficiencia de P debido a la limitada disponibilidad ocasionada por el pH. La muestra M3 tenía un contenido de P alto, específicamente del 4.08 %, mientras que la muestra M4 tenía un contenido de P del 4.58 %, según lo establecido por la normativa. Es importante destacar que se empleó una mayor cantidad de harina de residuos de pescado anchoveta (*Engraulis ringens*). En el caso de la muestra M1 y M2 que solo se adicionó vísceras de pescado. Se puede trabajar con las vísceras de pescado o con la harina de los residuos de pescado anchoveta para obtener alta concentración de P que caracteriza a un compost de calidad.

6.3. Potasio (K)

Con respecto al parámetro K, la muestra (M1 = 0.29 %) y muestra (M4 = 0.26 %) presentaron mayor contenido de K como se observa la Figura 7, frente a las otras muestras que tienen menor concentración. Esta variación de resultados se debe

porque la Muestra (M1) contenía mayor cantidad (150 kg) de residuos de vegetales, al igual que en la muestra (M4).

La muestra (M1) y muestra (M2) no presentaron diferencia significativa entre sí con la muestra (M4), pero la muestra (M3) si presenta diferencia significativa con la muestra (M4). La calidad de compost en base al parámetro potasio (K_2O) se comparó los resultados con la normativa colombiana (NTC) 5167 donde considera que si la muestras presentan valores mayores a 1.0 % es un compost de buena calidad.

Las muestras (M1), (M2), (M3) y (M4) presentaron valores de porcentaje (%) de K menores a 1.0 % demostrando que este rendimiento se ha presentado por utilizar residuos vegetales (principalmente verduras). La propuesta de Martínez y Pantoja (2013) está orientada a recomendar el contenido de K para compost final de 0.3 a 1.0 % para cumplir el rol importante del K en la actividad agrícola y en la prevención de enfermedades. Jiménez (2015) en su investigación realizó un diseño experimental en base a los residuos de mercado para la obtención de compost, obteniendo un valor promedio de 1.69 % de K. La propuesta de Chilon (2013) consiste en utilizar diferentes elementos como residuos orgánicos vegetales, estiércol, ceniza y activadores biológicos como el suero de leche, para obtener un compost con un nivel alto de contenido de K. Este compost resultaría beneficioso para el cultivo de grandes cantidades de plantas agrícolas.

6.4. Humedad

El contenido de humedad de la muestra evaluada para el parámetro indicado fue en promedio 33.38 y 38.05% respectivamente, como se muestra en la Figura 8. La muestra (M1) tiene una diferencia significativa entre sí con la muestra (M4). La calidad de compost en base al parámetro humedad se comparó con la

normativa colombiana (NTC) 5167 que considera si las muestras presentan valores máximos a 30 % es un compost de buena calidad. Los resultados obtenidos muestran que durante el compostaje la descomposición de los desechos orgánicos en la mezcla fue moderada, lo que permitió que la humedad permaneciera en el proceso. Además, la presencia de cargas eléctricas negativas en el compost aumentó la capacidad de absorción de agua. Martínez y Pantoja (2013) recomiendan mantener con un nivel de humedad óptimo que oscile entre el 45 a 60 %.

6.5. pH

El comportamiento del pH fue moderadamente ácido, las muestras (M1) y (M3) presentaron mayor contenido de pH con un valor promedio de 6.91 y 6.24 respectivamente, como se observa en la figura 9. Todas las muestras presentan diferencia significativa con el control muestra (M4). Los resultados de este parámetro influyeron durante el proceso del compost, donde tiende a ocurrir variaciones moderadas de pH, los cuales se van liberando de ácidos provenientes de la materia orgánica de los residuos, los cuales se van liberando gradualmente a medida que se descomponen. Estos ácidos contribuyen de manera moderada al aumento del pH final del compost. Al comparar el nivel de pH del compost obtenido con los estándares establecidos en la normativa colombiana (NTC) 5167, se determina si las muestras cumplen con los criterios de calidad para ser considerado un compost de buena calidad, ya que deben tener un pH superior a 4 e inferior a 9. Según Rivas y Silva (2020) en un proceso de compostaje el pH debe encontrarse cercano a la neutralidad, en su diseño experimental utilizaron residuos de jardinería y pergamino de café, alcanzando en el proceso valores de pH entre 6.6 y 7.3. Martínez y Pantoja (2013)

recomiendan el pH como rango ideal debe estar comprendido entre 6.6 a 8.5 para compost final. Para Bárbaro et al. (2019) si el compost final tiene un pH menor al rango que establece las normativas, se recomienda utilizar componentes como cal, caliza, dolomita o mezclas con otros materiales derivados de compuestos orgánicos que contiene azufre, para ajustar el pH al rango requerido, que puede ser: moderadamente ácido, neutro o moderadamente básico.

6.6. Materia Orgánica

Con respecto a este parámetro, la muestra (M3) y el control muestra (M4) presentaron mayor contenido de materia orgánica en promedio 26,53 y 30,83 % respectivamente, como se observa en la figura 10. Todas las muestras presentan diferencia significativa con la muestra 4 (control). Comparando los valores para la calidad de compost en base al parámetro (M.O) con la normativa colombiana (NTC) 5167 que indica que el mínimo valor de M.O en un compost de buena calidad debe ser de 15 %. Para correlacionar la M.O es fundamental considerar el tipo de residuo para la preparación del compost, en la presente investigación se utilizó estiércol de cerdo y residuos vegetales. Martínez y Pantoja (2013), es aconsejable seguir las recomendaciones de M. O. Según la Norma Chilena (NCh2880.Of2004), el contenido de materia orgánica de un compost de buena calidad debe ser menos del 20 %. Esto se considera como el rango ideal para el compostaje final.

6.7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Respecto a la CIC se ha observado que las muestras (M1) y (M2) presentaron mayor disponibilidad de CIC con valores promedio de 28.4 y 26.27 meq/100 g respectivamente, como se observa en la figura 11. Se ha demostrado que las

muestras no presentan diferencia significativa entre sí con la muestra control (M4). La calidad de compost en base al parámetro CIC se comparó con la normativa colombiana (NTC) 5167 donde considera que el compost de buena calidad debe presentar un valor menor a 30 meq/100 g.

Los valores de CIC encontrados en la investigación de Castro et al. (2016) presentó su contenido de CIC entre 35.5 y 44 meq/100 g para todos los tratamientos los cuales estuvieron por encima del valor recomendado por la Norma técnica colombiana (NTC) 5167. El aumento de CIC se debe a la formación de humus durante la descomposición de la materia orgánica en los procesos de compostaje. Un estudio de Cardona y Hernández (2008) demostró que el compost analizado tiene un alto contenido de CIC entre 108.76 y 120.47 meq/100 g, lo que sugiere que un compost con un alto CIC puede tener ventajas para las propiedades físicas y biológicas.

6.8. Carbono Orgánico Oxidable (COO)

La evaluación del compost obtenido demostró que las muestras (M3) y el control (M4) presentaron mayor contenido de COO en promedio con valores mínimo máximo de 15.37 y 17.9 % respectivamente, como se muestra en la figura 12. La totalidad de las muestras presentan diferencia significativa entre sí con el control (M4). La calidad de compost en base al parámetro COO, se comparó con los valores de la normativa colombiana (NTC) 5167 indicando que las muestras que presentan valores menores al 15 % corresponde a un compost de buena calidad. donde manifiesta que si las muestras presentan valores mínimos a 15 % es un compost de buena calidad. En la investigación de Castro et al. (2016) los resultados obtenidos en relación con el COO obtuvieron un valor de 12.89 %, lo cual indica que el COO presenta características relacionadas con la calidad

del suelo. Estas características están asociadas a aspectos como la estructura del suelo, el ciclo de nutrientes y la capacidad de retención de carbono, los cuales pueden verse afectados negativamente por la práctica de la agricultura intensiva, ya que esto puede provocar la liberación de carbono a la atmósfera, la pérdida de nutrientes y la disminución de la fertilidad del suelo.

6.9. Relación C/N

La cuantificación de la relación C/N presentó mayor contenido en las muestras (M3) y el control (M4), con un promedio de 16.1 y 14.47 % respectivamente, como se muestra en la figura 13 la comparación entre las cuatro muestras. Las muestras (M1) y (M2) presentaron diferencia significativa con el control (M4).

Comparando los resultados obtenidos en las relaciones C/N con la normativa colombiana (NTC) 5167 que indica: si las muestras presentan valores entre 15 a 20 % respectivamente, el producto obtenido es un compost de buena calidad. La relación C/N no se considera como indicador confiable de la madurez del compost debido a las diferencias en el proceso de descomposición. Sin embargo, en el suelo agrícola, la disponibilidad de esta relación es esencial para el correcto funcionamiento de los microorganismos y cultivos. La tendencia de los microorganismos es generar reacciones físicas, químicas y biológicas, llevando a factores complejos favorables para los cultivos agrícolas porque puedan disponer de nutrientes y condiciones ambientales para su crecimiento y desarrollo. La investigación de López et al. (2017) en un compost preparado con bagazo, cachaza y ceniza, utilizando residuos provenientes de una fábrica de azúcar, lograron obtener resultados para la relación (C/N) de 15 %, demostrando una dependencia lineal en el tratamiento estadístico que corresponde a una adecuada maduración en el proceso del compost, esta maduración se debe a la

dinámica del carbono, que disminuye a medida que ocurre la oxidación. Verano et al. (2007) utilizando residuos derivados de café, frutas y residuos vitivinícolas, prepararon un compost que alcanzó un rendimiento en C/N de 12, 10 y 11 % respectivamente, considerando que el compost obtenido al agregar a un suelo agrícola no generaría problemas de inmovilización de nitrógeno.

VII. CONCLUSIONES

La evaluación de los resultados obtenidos del compost producido utilizando residuos orgánicos fueron comparados con los estándares de la Norma técnica colombiana (NTC) 5167 donde la humedad, pH, materia orgánica, CIC, relación C/N, superan los valores establecidos para la calidad del compost. Sin embargo, los análisis revelaron que los valores del COO en las muestras (M1), (M2) y (M3) estaban dentro del rango establecido por la normativa aplicable.

El compost elaborado a partir de tres tipos de residuos orgánicos y estiércol de cerdo tiene niveles de disponibilidad de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) de 1.02 %, 3.1 % y 0.25 % respectivamente. Al comparar estos resultados con los valores establecidos de la normativa colombiana NTC 5167, se observa que el contenido el N supera en 0.02 %, P en 2.1 % y K está 0.75 % por debajo del valor indicado en la Norma. La relación N/P/K por el alto contenido de P corresponde a un compost de alta calidad.

El método de aireación mecánica en la producción de compost, utilizando tres tipos de residuos orgánicos (pescado, vegetales y aserrín con estiércol de cerdo), desempeña un papel crucial en el control de la temperatura, nivel de humedad, liberación de CO₂ y disponibilidad de O₂. Estos factores son especialmente importantes durante la fase mesófila, donde se requiere un

suministro de oxígeno bajo, máximo en la fase de termófila y moderado en la fase final del proceso.

VIII. RECOMENDACIONES

Se sugiere utilizar principalmente las verduras provenientes de los desechos orgánicos del mercado para obtener un compost de alta calidad en nutrientes NPK. Esto se debe al contenido nutricional en K de las verduras, lo que permite que el compost mantenga un nivel de calidad adecuado dentro de los parámetros establecidos.

Para la preparación del compost se tiene que analizar previamente la relación C/N de los componentes que conforma la pila, para evitar alta relación C/N en el compost final.

Durante la parte experimental se considera que no se utilice mucha agua al momento del regado para evitar que los nutrientes por erosión se pierdan en el suelo y pueda influir en la calidad del compost

Evaluar los diferentes tipos de residuos orgánicos aptos para ser empleados en la producción de compost resulta esencial debido a que cada planta y fruta presenta una descomposición y proporción de nutrientes distintos, lo cual afecta directamente la calidad de compost obtenido.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, Y. (2018). *Optimización del proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos de los mercados de la ciudad de Juliaca mediante la impermeabilización con geomembrana y la aplicación de activadores biológicos (suero de leche y levadura) – 2018* [Tesis de grado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez]. http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/2982/T036_47970899_T.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Aguirre, S., Piraneque, N., y Cabarcas, D. (2022). Compost de cáscara de naranja: una alternativa de aprovechamiento y ciclaje de materia orgánica en la Región Caribe de Colombia. *Entramado 8 (1)*, 8063. <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v18n1/2539-0279-entra-18-01-e216.pdf>
- Arenas, C. (2017) *Implementación de un sistema integral de compostaje para el tratamiento de los residuos orgánicos en el Centro Educativo Rural Josefa Romero Municipio de Dabeiba* [Tesis de Maestría, Universidad Pontificia Bolivariana]. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3303/Implementaci%C3%B3n%20de%20un%20sistema%20integral%20de%20compostaje%20para%20el%20tratamiento.pdf?sequence>
- Bárbaro, L., Karlanian, M., Rizzo, P., & Riera, N. (2019). Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustratos. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(2), 126 – 136. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902019005000309&lng=en&nrm=iso&tlng=en

- Bellido, J. (2019). *Influencia de la aireación extendida en el proceso de compostaje aerotérmico de residuos sólidos orgánicos provenientes de mercado de la ciudad de Juliaca, 2017* [Tesis de pregrado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca]. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/3183>
- Bohórquez, A., Puentes, Y., y Menjivar, J. (2015). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 73. https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:398
- Bonifaz, N., y Guartambel, M. (2012). *Obtención de Bio Abono (compostaje) a Partir de las Aves de Desecho (mortalidad) en la Granja Avícola “Jatumpamba”* [Tesis de pregrado, Universidad Central de Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/372>
- Castro, G., Daza, M., y Marmolejo, L. (2016). Evaluación de la adecuación de humedad en el compostaje de biorresiduos de origen municipal en la Planta de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS) del Municipio de Versalles, Valle del Cauca. *Gestión y Ambiente*, 19(1), 179 – 191. <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169446378012.pdf>
- Cardona, S., y Hernández, L. (2008). Aprovechamiento de residuos de podas mediante compostaje en la escuela militar de aviación Marco Fidel Suárez. [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Occidente]. <http://red.uao.edu.co//handle/10614/6399>
- Chilon, E. (2013). High-andean compost as fertility support from soil to climate change. *CienciAgro*, 2 (4), 456 – 468. http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/rca/v2n4/v2n4_a04.pdf

Défaz, G., y Gualoto, H. (2020). *Evaluación de la eficiencia de tres activadores biológicos aplicados a pilas de compostaje ubicadas en la comunidad de San Francisco de Cruz Loma*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20668/1/CD%2010170.pdf>

Decreto de Urgencia N°. 013-2022. (19 de mayo de 2022). Decreto de urgencia que dicta medidas extraordinarias para facilitar y garantizar el abastecimiento del fertilizante nitrogenado urea en el marco del próximo inicio de la campaña agrícola 2022-2023 como consecuencia de la escasez mundial de dicho insumo a raíz del escenario de conflictos internacionales en curso. Diario Oficial El Peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-de-urgencia-que-dicta-medidas-extraordinarias-para-f-decreto-de-urgencia-n-013-2022-2068629-2>

Escobar, F., Ponce, J., y Azero, M. (2012). Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicas en la Granja Modelo Pairumani. *Acta Nova*, 5(5), 390–410.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S168307892012000100004&script=sci_abstract

Espinosa, M., Andrade, E., Rivera, P., y Romero, A. (2011). Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Redalyc*, (53–54), 77–88.
<https://www.redalyc.org/pdf/407/40721572006.pdf>

- Gallardo, K. (2013). *Obtención de compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geomembrana* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <https://cybertesis.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/1222>
- Huamán, M. (2019). Concentration of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium in the compost produced from organic Solid waste from popular markets and residences of Huaraz-Ancash. *Aporte Santiaguino*, 12(2),264 – 277. <https://1library.co/document/zln2lgrq-concentracion-nitrogeno-producido-residuos-solidos-organicos-populares-residencias.html>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2019). *Perú Anuario de Estadísticas Ambientales 2019*. Lima, Perú. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digital/es/Est/Lib1704/libro.pdf
- Jiménez, O. (2015). *Elaboración de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayorista del cantón Riobamba* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador]. <https://1library.co/document/qvix09gy-elaboracion-residuos-solidos-organicos-generados-mercado-mayorista-riobamba.html>
- Lara, J., Torres, A., y Vargas, J. (2015). *Formulación de abono a base de algas y residuos marinos de Pucusana para aumentar la talla de las raíces de la planta de tomate*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Callao]. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/1488>

- López, E., Andrade, A., Herrera, M., Gonzales, O., y García, A. (2017). Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. *Centro Agrícola*, 44(3), 49 – 55. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v44n3/cag07317.pdf>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2008). *Informe de la situación actual de la gestión de residuos sólidos no municipales*. Lima, Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/informe-situacion-actual-gestionresiduos-solidos-no-municipales-2007>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2012). *Cuarto Informe Nacional de Residuos Sólidos Municipales y No Municipales: Gestión 2010-2011*. Lima, Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/cuarto-informe-nacional-residuossolidos-municipales-no-municipales>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019). *Ancash: estadísticas ambientales, diciembre 2019*. https://www.vademecum.es/medicamento-nuvaring_26045
- Moreno, L., & Cadillo, J. (2018). Use of pig solid manure as organic fertilizer in corn forage production. *Anales Científicos*, 79(2), 415 – 419. https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/914/html_39
- Municipalidad Provincial de Casma [MPC]. (2017). *Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Casma 2017-2027*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Muñoz, J., y Pérez, E. (2015). Sistema de compostaje y lombricompostaje aplicado en residuos orgánicos de una galería municipal. *Suelos Ecuatoriales*, 45(2), 72 – 83.

http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuadoriales/articulo/view/20/18

Norma Colombiana (NTC 5167). *Norma para Abonos Orgánicos y Fertilizantes*. Imeqingeniería.

<https://es.scribd.com/doc/138627365/NTC-5167-Apartes1-1-Norma-Para-Abonos-Organicos-y-Fertilizantes#>

Norma Chilena Oficial (NCh2880.Of2004). *Compost – clasificación y requisitos*. Instituto Nacional de normalización (INN).

https://miros.cl/wp-content/uploads/2020/01/NCh_2880_Compost_Clasificaci%C3%B3n.pdf

O’Ryan, J., y Riffo, O. (2007). *El compostaje y su utilización en agricultura*. Fundación Para La Innovación Agraria Universidad de Las Américas, 1–40. <http://www.fao.org/3/ai3388s.pdf>

Quichiz, E. (2017). Normatividad, gestión y manejo de residuos sólidos en establecimientos de salud y servicios médicos de apoyo. MINSA, Lima. <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-legislativo-que-aprueba-la-ley-de-gestion-integral-d-decreto-legislativo-n-1278-1466666-4>

Oviedo, E., Marmolejo, L., y Torres, P. (2014). Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de bioresiduos de origen municipal. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(1), 91 – 100. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v30n1/v30n1a8.pdf>

- Rivas, M., y Silva, R. (2020). Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia Crassipes*). *Revista Ciencia Unemi*, 13(32), 87 – 100.
<https://www.redalyc.org/journal/5826/582661898009/html/>
- Román, P., Martínez, M., y Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor*. Experiencia en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
<https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>
- Serrano, A. (2015). *Tratamiento de residuos y subproductos agroindustriales mediante co-digestión anaerobia* [Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba]. <https://core.ac.uk/download/pdf/60899961.pdf>
- Tortosa, G. (2013). Factores que influyen en el proceso de compostaje. *Compostando ciencia*.
<http://www.compostandociencia.com/2013/04/factores-influyen-compostaje-html/>
- Varnero, M., Rojas, C., & Orellana, R. (2007). Phytotoxicity indices of organic residues during composting. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 7(1), 28 – 37.
<https://www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v7n1/art03.pdf>
- Vera, S. (2018). *Elaboración De Compost a Partir De Los Residuos Orgánicos Generados En La Limpieza De Planta De La Empresa Copeinca SAC*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura].
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1475>

X. ABREVIATURAS

M1: Muestra 1

M2: Muestra 2

M3: Muestra 3

M4: Muestra 4

CO: Carbono Oxidable

C/N: Relación Carbono/Nitrógeno

MO: Materia Orgánica

CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico

N: Nitrógeno

C: Carbono

P2O5: Fosforo

K2O: Potasio

Hd: Humedad

XI. ANEXOS

Anexo 1. Registro de temperatura de los tratamientos

| TEMPERATURA - 1 REPITICION | | | | |
|----------------------------|--------|-------|--------|-------|
| FECHA | PILA 1 | PILA2 | PILA 3 | PILA4 |
| 08/01/2022 | 27.3 | 25.6 | 24.8 | 27.4 |
| 16/01/2022 | 26.5 | 27.3 | 26.5 | 26.7 |
| 23/01/2022 | 26.3 | 28.3 | 37.3 | 27.5 |
| 28/01/2022 | 26.3 | 26.2 | 26.1 | 26.1 |
| 05/02/2022 | 27.5 | 35.8 | 26.4 | 28.5 |
| 13/02/2022 | 29.1 | 29.1 | 29.3 | 29.3 |
| 19/02/2022 | 24 | 24.7 | 24.9 | 27.5 |
| 02/03/2022 | 32.5 | 31.7 | 27.7 | 27.7 |
| 19/03/2022 | 27.8 | 26.7 | 25.9 | 25 |
| 26/03/2022 | 28.3 | 27.1 | 27.8 | 30.8 |
| 03/04/2022 | 36.5 | 29.1 | 31.7 | 27.7 |
| 10/04/2022 | 26.3 | 35.3 | 26.4 | 26 |
| 17/04/2022 | 32.1 | 27.8 | 28.3 | 29.9 |
| 24/04/2022 | 28.4 | 26.4 | 27.3 | 28.2 |

| TEMPERATURA - 2 REPITICION | | | | |
|----------------------------|--------|-------|--------|-------|
| FECHA | PILA 1 | PILA2 | PILA 3 | PILA4 |
| 08/01/2022 | 27.4 | 24.5 | 26.3 | 26.7 |
| 16/01/2022 | 26.5 | 27.3 | 26.5 | 26.7 |
| 23/01/2022 | 32.1 | 28.3 | 27.5 | 27.5 |
| 28/01/2022 | 26.3 | 26.2 | 26.1 | 26.1 |
| 05/02/2022 | 27.5 | 23.6 | 27.4 | 28.5 |
| 13/02/2022 | 27.8 | 29.1 | 28.3 | 29.9 |
| 19/02/2022 | 24.3 | 24.7 | 25.8 | 25.5 |
| 02/03/2022 | 26.6 | 28.4 | 26.3 | 27.7 |
| 19/03/2022 | 27.8 | 28.3 | 25.9 | 30.8 |
| 26/03/2022 | 27.8 | 26.7 | 27.8 | 30.8 |
| 03/04/2022 | 27.5 | 35.3 | 26.4 | 25.5 |
| 10/04/2022 | 28 | 26.4 | 26.8 | 26 |
| 17/04/2022 | 26.7 | 34.3 | 24.9 | 29.3 |
| 24/04/2022 | 27.4 | 26.4 | 23.5 | 28.5 |

| TEMPERATURA - 3 REPETICION | | | | |
|----------------------------|--------|-------|--------|-------|
| FECHA | PILA 1 | PILA2 | PILA 3 | PILA4 |
| 08/01/2022 | 27.4 | 27.4 | 28.4 | 24.6 |
| 16/01/2022 | 26.5 | 27.3 | 26.5 | 27.4 |
| 23/01/2022 | 26.3 | 28.3 | 27.5 | 27.5 |
| 28/01/2022 | 26.3 | 27.4 | 25.7 | 26.1 |
| 05/02/2022 | 28.4 | 27.8 | 26.4 | 28.5 |
| 13/02/2022 | 29.1 | 29.1 | 29.3 | 29.3 |
| 19/02/2022 | 25.1 | 24.7 | 27.6 | 28.3 |
| 02/03/2022 | 26.6 | 26.5 | 27.7 | 29.5 |
| 19/03/2022 | 27.8 | 26.7 | 25.9 | 25.2 |
| 26/03/2022 | 26 | 26.2 | 27.5 | 32.1 |
| 03/04/2022 | 27.8 | 29.5 | 28.5 | 29.1 |
| 10/04/2022 | 24.7 | 34.4 | 29.3 | 26.4 |
| 17/04/2022 | 25.8 | 29.9 | 27.4 | 28.3 |
| 24/04/2022 | 27.4 | 26.4 | 27.3 | 28.4 |

Anexo 2. *Registro de humedad de los tratamientos*

| HUMEDAD - 1 REPETICION | | | | |
|------------------------|--------|--------|--------|-------|
| FECHA | PILA 1 | PILA 2 | PILA 3 | PILA4 |
| 08/01/2022 | 48 | 50 | 46 | 49 |
| 16/01/2022 | 48 | 51 | 50 | 52 |
| 23/01/2022 | 62 | 53 | 56 | 56 |
| 28/01/2022 | 49 | 49 | 50 | 49 |
| 05/02/2022 | 50 | 53 | 52 | 59 |
| 13/02/2022 | 41 | 41 | 41 | 41 |
| 19/02/2022 | 63 | 61 | 61 | 57 |
| 02/03/2022 | 50 | 49 | 48 | 47 |
| 19/03/2022 | 53 | 54 | 58 | 61 |
| 26/03/2022 | 52 | 55 | 51 | 53 |
| 03/04/2022 | 56 | 50 | 56 | 50 |
| 10/04/2022 | 50 | 51 | 51 | 53 |
| 17/04/2022 | 54 | 52 | 55 | 51 |
| 24/04/2022 | 53 | 56 | 54 | 53 |

| HUMEDAD - 2 REPETICION | | | | |
|------------------------|--------|--------|--------|-------|
| FECHA | PILA 1 | PILA 2 | PILA 3 | PILA4 |
| 08/01/2022 | 49 | 52 | 50 | 53 |
| 16/01/2022 | 48 | 51 | 50 | 52 |
| 23/01/2022 | 62 | 53 | 56 | 56 |
| 28/01/2022 | 49 | 49 | 50 | 49 |
| 05/02/2022 | 50 | 53 | 52 | 59 |
| 13/02/2022 | 41 | 41 | 41 | 41 |
| 19/02/2022 | 63 | 61 | 61 | 57 |
| 02/03/2022 | 50 | 49 | 48 | 47 |
| 19/03/2022 | 53 | 54 | 58 | 61 |
| 26/03/2022 | 52 | 54 | 55 | 56 |
| 03/04/2022 | 56 | 52 | 51 | 52 |
| 10/04/2022 | 51 | 51 | 50 | 51 |
| 17/04/2022 | 54 | 56 | 53 | 54 |
| 24/04/2022 | 52 | 50 | 51 | 50 |

| HUMEDAD - 3 REPETICION | | | | |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|
| FECHA | PILA 1 | PILA 2 | PILA 3 | PILA 4 |
| 08/01/2022 | 50 | 53 | 51 | 54 |
| 16/01/2022 | 48 | 51 | 50 | 52 |
| 23/01/2022 | 62 | 53 | 56 | 56 |
| 28/01/2022 | 49 | 49 | 50 | 49 |
| 05/02/2022 | 50 | 53 | 52 | 59 |
| 13/02/2022 | 41 | 41 | 41 | 41 |
| 19/02/2022 | 63 | 61 | 61 | 57 |
| 02/03/2022 | 50 | 49 | 48 | 47 |
| 19/03/2022 | 53 | 54 | 58 | 61 |
| 26/03/2022 | 50 | 56 | 50 | 51 |
| 03/04/2022 | 52 | 54 | 56 | 54 |
| 10/04/2022 | 54 | 51 | 52 | 52 |
| 17/04/2022 | 56 | 53 | 54 | 57 |
| 24/04/2022 | 52 | 50 | 55 | 55 |

Anexo 3. Registro de pH de los tratamientos

| PH - 1 REPETICION | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| FECHA | PILA 1 | PILA 2 | PILA 3 | PILA 4 |
| 08/01/2022 | 6,68 | 6,87 | 6,64 | 6,5 |
| 16/01/2022 | 6,88 | 6,94 | 6,62 | 7,02 |
| 23/01/2022 | 7,54 | 6,87 | 7,44 | 7,54 |
| 28/01/2022 | 7,43 | 7,68 | 6,67 | 6,83 |
| 05/02/2022 | 7,15 | 7,13 | 6,85 | 6,69 |
| 13/02/2022 | 5,92 | 5,82 | 5,84 | 5,8 |
| 19/02/2022 | 6,14 | 5,85 | 5,8 | 6,01 |
| 02/03/2022 | 6,82 | 6,61 | 6,68 | 6,61 |
| 19/03/2022 | 6,9 | 6,83 | 6,73 | 6,73 |
| 26/03/2022 | 6,4 | 6,42 | 6,93 | 6,85 |
| 03/04/2022 | 6,7 | 6,82 | 6,54 | 6,73 |
| 10/04/2022 | 5,9 | 6,1 | 6,78 | 6,85 |
| 17/04/2022 | 6,9 | 5,8 | 6,68 | 6,64 |
| 24/04/2022 | 6,14 | 6,3 | 6,45 | 6,72 |

| PH - 2 REPETICION | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| FECHA | PILA 1 | PILA 2 | PILA 3 | PILA 4 |
| 08/01/2022 | 6,5 | 6,73 | 6,54 | 6,87 |
| 16/01/2022 | 6,88 | 6,94 | 6,62 | 7,02 |
| 23/01/2022 | 7,54 | 6,87 | 7,44 | 7,54 |
| 28/01/2022 | 7,43 | 7,68 | 6,67 | 6,83 |
| 05/02/2022 | 7,15 | 7,13 | 6,85 | 6,69 |
| 13/02/2022 | 5,92 | 5,82 | 5,84 | 5,8 |
| 19/02/2022 | 6,14 | 5,85 | 5,8 | 6,01 |
| 02/03/2022 | 6,82 | 6,61 | 6,68 | 6,61 |
| 19/03/2022 | 6,9 | 6,83 | 6,73 | 6,73 |
| 26/03/2022 | 6,7 | 6,75 | 6,56 | 6,63 |
| 03/04/2022 | 6,8 | 6,47 | 6,75 | 6,65 |
| 10/04/2022 | 6,43 | 6,78 | 6,94 | 6,78 |
| 17/04/2022 | 6,72 | 6,91 | 6,21 | 6,46 |
| 24/04/2022 | 6,94 | 6,64 | 6,45 | 6,81 |

| PH - 3 REPETICION | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| FECHA | PILA 1 | PILA 2 | PILA 3 | PILA 4 |
| 08/01/2022 | 6,73 | 6,85 | 6,63 | 6,74 |
| 16/01/2022 | 6,88 | 6,94 | 6,62 | 7,02 |
| 23/01/2022 | 7,54 | 6,87 | 7,44 | 7,54 |
| 28/01/2022 | 7,43 | 7,68 | 6,67 | 6,83 |
| 05/02/2022 | 7,15 | 7,13 | 6,85 | 6,69 |
| 13/02/2022 | 5,92 | 5,82 | 5,84 | 5,8 |
| 19/02/2022 | 6,14 | 5,85 | 5,8 | 6,01 |
| 02/03/2022 | 6,82 | 6,61 | 6,68 | 6,61 |
| 19/03/2022 | 6,9 | 6,83 | 6,73 | 6,73 |
| 26/03/2022 | 6,78 | 6,71 | 6,91 | 6,72 |
| 03/04/2022 | 6,91 | 6,58 | 6,81 | 6,48 |
| 10/04/2022 | 6,54 | 6,42 | 6,45 | 6,74 |
| 17/04/2022 | 6,73 | 6,61 | 6,75 | 6,55 |
| 24/04/2022 | 6,62 | 6,67 | 6,83 | 6,45 |

Anexo 4. Resultados de los parámetros que se mandaron a analizar al laboratorio



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



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : LISBETH KATHERIN CRISOLO BERROSPÍ
 PROCEDENCIA : ANCASH/ CASMA/ CASMA
 MUESTRA DE : COMPOST
 REFERENCIA : H.R. 76810
 BOLITA : 5133
 FECHA : 26/05/2022

| N° LAB | CLAVES | pH | C.E. dS/m | M.O. % | N % | P ₂ O ₅ % | K ₂ O % |
|--------|----------------|------|--------------|-----------|--------|------------------------------------|-----------------------|
| 216 | MUESTRA 1 (R1) | 6.91 | 3.80 | 18.30 | 0.80 | 2.18 | 0.31 |
| 217 | MUESTRA 1 (R2) | 6.95 | 3.56 | 18.49 | 0.82 | 1.95 | 0.29 |
| 218 | MUESTRA 1 (R3) | 6.67 | 3.91 | 15.65 | 0.86 | 1.29 | 0.29 |

| N° LAB | CLAVES | CaO % | MgO % | Hd % | Na % |
|--------|----------------|----------|----------|---------|---------|
| 216 | MUESTRA 1 (R1) | 3.70 | 1.05 | 38.05 | 0.12 |
| 217 | MUESTRA 1 (R2) | 4.67 | 1.02 | 37.88 | 0.12 |
| 218 | MUESTRA 1 (R3) | 3.40 | 0.93 | 36.23 | 0.14 |

| N° LAB | CLAVES | CIC meq/ 100g | Relación C/N | Carbono oxidable % |
|--------|----------------|------------------|-----------------|--------------------------|
| 216 | MUESTRA 1 (R1) | 35.20 | 13.23 | 10.62 |
| 217 | MUESTRA 1 (R2) | 26.00 | 13.08 | 10.72 |
| 218 | MUESTRA 1 (R3) | 24.00 | 10.58 | 9.09 |



Constantino Calderón Mendoza
 Jefe de Laboratorio

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA

SOLICITANTE : LISBETH KATHERIN CRISOLO BEFROSPI
 PROCEDENCIA : ANCASH/ CASMA/ CASMA
 MUESTRA DE : COMPOST
 REFERENCIA : H.R. 76810
 BOLETA : 5133
 FECHA : 26/05/2022

| N° LAB | CLAVES | pH | C. E. dS/m | M.O. % | N % | P ₂ O ₅ % | K ₂ O % |
|--------|----------------|------|---------------|-----------|--------|------------------------------------|-----------------------|
| 219 | MUESTRA 2 (R1) | 6.20 | 3.84 | 21.48 | 1.14 | 2.81 | 0.22 |
| 220 | MUESTRA 2 (R2) | 6.24 | 3.54 | 21.80 | 1.05 | 0.60 | 0.19 |
| 221 | MUESTRA 2 (R3) | 6.29 | 3.57 | 21.80 | 1.03 | 2.31 | 0.26 |

| N° LAB | CLAVES | CaO % | MgO % | Hd % | Na % |
|--------|----------------|----------|----------|---------|---------|
| 219 | MUESTRA 2 (R1) | 4.22 | 0.73 | 34.15 | 0.12 |
| 220 | MUESTRA 2 (R2) | 2.96 | 0.49 | 38.64 | 0.12 |
| 221 | MUESTRA 2 (R3) | 4.48 | 0.80 | 37.35 | 0.13 |

| N° LAB | CLAVES | CIC meq/100g | Relación C/N | Carbono oxidable % |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 219 | MUESTRA 2 (R1) | 26.00 | 10.94 | 12.46 |
| 220 | MUESTRA 2 (R2) | 28.00 | 12.09 | 12.64 |
| 221 | MUESTRA 2 (R3) | 24.80 | 12.32 | 12.65 |



Dr. Constantino Calderón Mendoza
 Jefe de Laboratorio

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



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



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : LISBETH KATHERIN CRISOLO BERROSPI
 PROCEDENCIA : ANCASH/ CASMA/ CASMA,
 MUESTRA DE : COMPOST
 REFERENCIA : H.R. 78810
 BOLETA : 5133
 FECHA : 26/05/2022

| N° LAB | CLAVES | pH | C.E. dS/m | M.O. % | N % | P ₂ O ₅ % | K ₂ O % |
|--------|----------------|------|-----------|--------|------|---------------------------------|--------------------|
| 222 | MUESTRA 3 (R1) | 6.69 | 1.54 | 25.97 | 0.97 | 4.47 | 0.21 |
| 223 | MUESTRA 3 (R2) | 6.69 | 1.58 | 25.08 | 0.91 | 4.35 | 0.21 |
| 224 | MUESTRA 3 (R3) | 6.69 | 1.57 | 26.53 | 0.96 | 3.42 | 0.19 |

| N° LAB | CLAVES | CaO % | MgO % | Hd % | Na % |
|--------|----------------|-------|-------|-------|------|
| 222 | MUESTRA 3 (R1) | 5.90 | 0.75 | 33.78 | 0.15 |
| 223 | MUESTRA 3 (R2) | 5.57 | 0.73 | 33.55 | 0.14 |
| 224 | MUESTRA 3 (R3) | 5.28 | 0.68 | 32.84 | 0.14 |

| N° LAB | CLAVES | CIC mg/100g | Relación C/N | Carbono oxidable % |
|--------|----------------|-------------|--------------|--------------------|
| 222 | MUESTRA 3 (R1) | 21.60 | 15.52 | 15.06 |
| 223 | MUESTRA 3 (R2) | 20.00 | 15.90 | 14.55 |
| 224 | MUESTRA 3 (R3) | 20.00 | 16.89 | 16.55 |



Dr. Constantino Calderón Mendoza
 Jefe de Laboratorio

Ax. La Molina s/n Campus UNALM
 Tel.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 Celular: 946-505-254
 e-mail: lab_suelo@lamolina.edu.pe



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



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : LISBETH KATHERIN CRISOLO BERROSPI
 PROCEDENCIA : ANCASH/ CASMA/ CASMA
 MUESTRA DE : COMPOST
 REFERENCIA : H.R. 75810
 BOLETA : 6133
 FECHA : 26/05/2022

| N° LAB | CLAVES | pH | C.E. dS/m | M.O. % | N % | P ₂ O ₅ % | K ₂ O % |
|--------|------------------------|------|--------------|-----------|--------|------------------------------------|-----------------------|
| 225 | MUESTRA 4 CONTROL (R1) | 6.51 | 2.95 | 30.14 | 1.27 | 3.96 | 0.24 |
| 226 | MUESTRA 4 CONTROL (R2) | 6.50 | 2.82 | 30.65 | 1.22 | 5.52 | 0.27 |
| 227 | MUESTRA 4 CONTROL (R3) | 6.55 | 2.90 | 31.80 | 1.22 | 4.27 | 0.26 |

| N° LAB | CLAVES | CaO % | MgO % | Hd % | Na % |
|--------|------------------------|----------|----------|---------|---------|
| 225 | MUESTRA 4 CONTROL (R1) | 7.15 | 0.83 | 35.10 | 0.16 |
| 226 | MUESTRA 4 CONTROL (R2) | 7.71 | 0.93 | 35.37 | 0.19 |
| 227 | MUESTRA 4 CONTROL (R3) | 7.29 | 0.88 | 35.20 | 0.19 |

| N° LAB | CLAVES | CIC meq/ 100g | Relación C/N | Carbono oxidable % |
|--------|------------------------|------------------|-----------------|--------------------------|
| 225 | MUESTRA 4 CONTROL (R1) | 24.80 | 13.77 | 17.48 |
| 226 | MUESTRA 4 CONTROL (R2) | 24.00 | 14.54 | 17.73 |
| 227 | MUESTRA 4 CONTROL (R3) | 24.00 | 15.09 | 18.44 |



Dr. Constantino Calderón Mendoza
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Tel: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 348-5622
 Celular: 946-005-254
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 5. *Anexos fotográficos de la parte experimental*

Fotografía 1:

Recolección de los residuos sólidos de la empresa pesquera Hillary SAC



Fotografía 2: *Recolección de los residuos orgánicos del mercado Milagritos*



Fotografía 3.

Invernadero y las pilas de compost formadas



Fotografía 4.

Formación de las pilas de compost



Fotografía 8.

Volteo y riego de las pilas



Fotografía 9.

Medición del parámetro temperatura, humedad y pH





Fotografía 10.

Estado de la vara para el compost final



Fotografía 11.

Tamizado del compost



Fotografía 12.

Recolección y pesado de las muestras para enviar al laboratorio



CADENA DE CUSTODIA DE MUESTRA DE COMPOST

| FECHA 05-05-2022 | | HORA 12:00 pm | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|-----|---|--------------------|----------------|-------|---|
| RESPONSABLE DEL MUESTREO | | FIRMA | | | | | | |
| INFORMACION DEL SOLICITANTE | | | | | | | | |
| NOMBRE LISBETH KATHE PINO | | [CÓDIGO DE BARRAS] | | | | | | |
| TELÉFONO | | TELÉFONO | | | | | | |
| NÚMERO DE CELULAR 915478308 | | NÚMERO DE CELULAR | | | | | | |
| DEPARTAMENTO Arequipa | PROVINCIA Arequipa | DISTRITO Arequipa | | | | | | |
| INFORMACION DE LA MUESTRA | | | | | | | | |
| N° DE MUESTRA | TOMA DE MUESTRA | | | TIPO DE MUESTRA | TIPO DE RECIPIENTE | | | ANÁLISIS A REALIZAR |
| | AÑO | MES | DÍA | | VIDRIO | BOLSA PLÁSTICA | OTROS | |
| 1 | 2022 | 05 | 03 | COMPOST (Residuo orgánico (Residuo) (Residuo pasado) (Residuo de cosecha) | | X | | PH, conductividad eléctrica, Humedad (%), materia orgánica (%), nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, CEC total, Carbono Oxidable, Relación C/N |
| FECHA | | HORA | | RECIBIDO POR | | | FIRMA | |