



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE MEDIO AMBIENTE

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST A PARTIR DE
RESIDUOS AGROPECUARIOS EN LA ESPAM MFL**

AUTORES:

DELGADO ZAMBRANO MARÍA JOSÉ

GARCÍA MERA CHRISTOPHER LEROI

TUTOR:

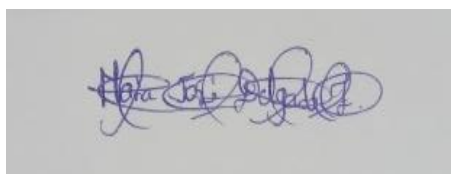
ING. FABRICIO ENRIQUE ALCÍVAR INTRIAGO M. Sc.

CALCETA, FEBRERO DE 2023

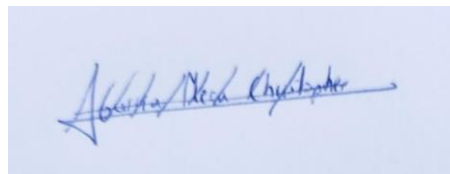
DECLARACIÓN DE AUTORÍA

DELGADO ZAMBRANO MARÍA JOSÉ, con cédula de ciudadanía **1314913045** y **GARCÍA MERA CHRISTOPHER LEROI** con cédula de ciudadanía **1313078105**, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS AGROPECUARIOS EN LA ESPAM MFL** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



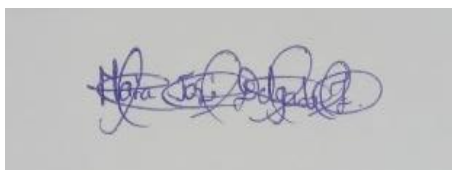
.....
Delgado Zambrano María José
CC: 1314913045



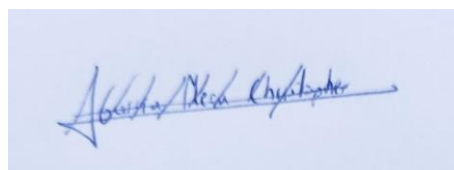
.....
García Mera Christopher Leroi
CC: 1313078105

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

DELGADO ZAMBRANO MARIA JOSÉ, con cédula de ciudadanía **1314913045** y **GARCÍA MERA CHRISTOPHER LEROI** con cédula de ciudadanía **1313078105**, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS AGROPECUARIOS EN LA ESPAM MFL**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



.....
Delgado Zambrano María José
CC: 1314913045



.....
García Mera Christopher Leroi
CC: 1313078105

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. FABRICIO ENRIQUE ALCIVAR INTRIAGO, M. Sc., certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular Titulado: **CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS AGROPECUARIOS EN LA ESPAM MFL**, que ha sido desarrollado por **DELGADO ZAMBRANO MARÍA JOSÉ GARCÍA MERA CHRISTOPHER LEROI** previo a la obtención del título de Ingenieros en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Ing. Fabricio Enrique Alcívar Intriago, M. Sc.
CC: 1308632262

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS AGROPECUARIOS EN LA ESPAM MFL**, que ha sido desarrollado por **DELGADO ZAMBRANO MARÍA JOSÉ GARCÍA MERA CHRISTOPHER LEROI**, previo a la obtención del título de Ingenieros en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Ing. Francisco Velásquez Intriago, D. Sc.

CC: 1309483913
Presidente del tribunal

.....
Ing. Laura Mendoza Cedeño, M. Sc.

CC: 1313222471
Miembro del tribunal

.....
Ing. José Calderón Pincay, M. Sc.

CC: 2300121833
Miembro del tribunal

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López la cual nos dio la oportunidad de formarnos y cumplir nuestras metas, a cada uno de nuestros docentes que impartieron sus conocimientos a lo largo de este camino universitario

Al técnico Alfredo Pinargote que nos ayudó mucho en el área de campo impartiendo sus conocimientos, gracias infinitas.

A nuestro tutor el ingeniero Fabricio Alcívar por el apoyo constante en el transcurso de la realización de nuestra tesis.

Los autores

DEDICATORIA

A mis padres, José Artemio Delgado Mero y Alexandra Elizabeth Zambrano Acosta por ser el pilar fundamental de mi vida para continuar con este largo camino universitario, por no dejarme decaer ante ninguna situación.

A mi hija Amelia Gabriela por ser lo más importante en mi vida, ella es mi principal motivo para seguir adelante en mi vida profesional, a mis hermanas Alejandra y Guadalupe Delgado Zambrano.

A mis abuelitos, Heriberto Zambrano y Reyna Acostada, en especial a mi ángel del cielo, mi abuelita paterna Leyda Quijije.

María José Delgado Zambrano

DEDICATORIA

A mis padres Jhonny y Lorgia mis ángeles que se encuentran en el cielo, ellos me dieron lo más preciado que es la vida y ahora sé que estarían orgullosos de lo que he logrado, a mi abuela Mariela que también partió al cielo antes de verme como un profesional y supo apoyarme, a mis hermanos Ámbar y Gary, a mi prima Nagyun, a la madre Narcisa Bravo y a cada uno de mis tíos que se hicieron presente cuando más los necesitaba y gracias a ellos hicieron que hoy en día esté cumpliendo uno de mis mayores sueños siendo ellos los que de una u otra manera me apoyaron a lo largo de mi carrera estudiantil para poder terminarla.

Christopher Leroi García Mera

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO GENERAL.....	ix
CONTENIDO DE TABLAS	xii
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN	xiv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Residuos orgánicos.....	4
2.2. Importancia de la materia orgánica en el suelo	4
2.3. Abonos orgánicos	5

2.4. Compost	6
2.4.1. Proceso del compostaje	6
2.4.2. Beneficios del compostaje	8
2.4.3. Parámetros del compostaje	9
2.5. Contenido nutricional del compostaje.....	13
2.6. Efectos benéficos nutritivos en el suelo.....	14
2.7. Residuos agropecuarios.....	14
2.7.1. Gallinaza	15
2.7.2. Purín de cerdo	15
2.7.3. Pasto	16
2.7.4. Leguminosa	16
2.7.5. Biochar	16
2.7.6. Microorganismos eficientes	16
2.7.7. Bovinaza.....	17
2.7.8. Enmiendas minerales	17
2.7.9. Tierra de montaña	17
2.7.10. Melaza.....	18
2.7.11. El agua en el compost	18
2.8. Impacto ambiental de los residuos agropecuarios.....	18
2.9. Normalización del compost según la norma chilena (NCH2880)	18
2.9.1. Clasificación	19
2.9.2. Requisitos del producto compostado	19
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	21
3.1. Ubicación	21
3.2. Duración	21
3.3. Métodos y técnicas	22

3.3.1. Métodos	22
3.3.2. Técnicas	22
3.4. Unidad experimental	23
3.5. Variables	23
3.5.1. Variable independiente.....	23
3.6. Diseño experimental	23
3.7. Manejo del experimento	24
3.7.1. Fase I. Elaboración del compost con diferentes mezclas y porcentajes de residuos agropecuarios.....	24
3.7.2. Fase II. Cuantificación del contenido nutricional del compost a partir de residuos agroindustriales	26
3.7.3. Fase III. Establecimiento de una guía para el aprovechamiento de los residuos agropecuarios	27
3.8. Análisis estadístico	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. Fase I. Elaboración del compost con diferentes mezclas y porcentajes de residuos agropecuarios	29
4.2. Fase II. Cuantificación del contenido nutricional del compost a partir de residuos agropecuarios	32
4.3. Fase III. Establecimiento de una guía para el aprovechamiento de residuos agropecuarios	44
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
5.1. Conclusiones	46
5.2. Recomendaciones.....	47
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	66

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.1. Parámetros de porcentajes de aireación	10
Tabla 2.2. Parámetros de humedad óptimos.....	11
Tabla 2.3. Parámetros de temperatura óptimos	11
Tabla 2.4. Parámetros de pH óptimos	12
Tabla 2.5. Parámetros de relación Carbono-Nitrógeno	13
Tabla 2.6. Contenido N, P, K del compost.....	14
Tabla 2.7. Límites permisibles de calidad del compost.....	19
Tabla 3.1. Indicadores de respuesta del compost	23
Tabla 3.2. Cantidades de residuo orgánico en cada tratamiento	24
Tabla 3.3. Análisis de varianza	24
Tabla 3.4. Cantidad de sustrato en cada tratamiento en kg	25
Tabla 4.1. Análisis de varianza para la variable temperatura y pH	32
Tabla 4.2. Análisis de varianza de la variable pH	33
Tabla 4.3. Análisis de varianza de la variable CE.....	34
Tabla 4.4. Análisis de varianza de la variable MO.....	35
Tabla 4.5. Análisis de varianza de los Macronutrientes	38
Tabla 4.6. Análisis de varianza de los Micronutrientes	41
Tabla 4.7. Análisis de calidad de compost	42

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 2.1. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje.....	7
Figura 2.2. Necesidad de oxígeno.....	9
Figura 3.1. Área de estudio	21
Figura 4.1. Flujograma de proceso de compostaje.....	29
Figura 4.2. Comportamiento del pH de diferentes formulaciones sometidas a compostaje.....	30
Figura 4.3. Comportamiento de la temperatura en diferentes formulaciones sometidas a compostaje	31
Figura 4.4. Concentración de pH en compost maduro.	32
Figura 4.5. Concentración de conductividad eléctrica en los diferentes tratamientos.	34
Figura 4.6. Contenido de MO en función de varias formulaciones de compostaje.	35
Figura 4.7. Contenido de Macronutrientes en función de varias formulaciones de compostaje	36
Figura 4.8. Contenido de Micronutrientes en función de varias formulaciones de compostaje.....	40

RESUMEN

El presente estudio tuvo por objeto evaluar el contenido nutricional del compost elaborado con residuos agropecuarios para la determinación de su calidad. Se evaluaron cuatro tratamientos más un testigo con diferentes formulaciones de material de desechos agropecuarios, se valoró el contenido de N, P, K, Ca, Mg y S (mg/kg), CE (dS/m), MO (%), pH, temperatura y humedad, para determinar la calidad del compost según la normativa chilena Nch2880. Los datos fueron analizados en el programa SPSS-IBM Statistics 26 y sometidos a análisis estadístico ANOVA y prueba de Tukey al 5%. Los resultados determinaron que los parámetros temperatura y humedad no tuvieron diferencias significativas durante el proceso del compostaje en cada tratamiento ($p > 0.05$), alcanzando los valores más altos de temperatura en la semana 4 y de pH en la semana 6. El contenido macronutrientes, fueron influenciados significativamente ($p < 0.05$) por la cantidad de material aplicado en cada tratamiento, el T1 tuvo mayor concentración de N (13500 mg/kg), mientras que el T2 tuvo mayor concentración de P (12550 mg/kg), además del T3 donde tuvo mayor concentración de K, Ca, Mg y S (20050, 56850, 11500 y 15200 mg/kg respectivamente). Estos valores demostraron que, todos los tratamientos están tipificados para un compost de calidad de clase B, por contener alto contenido de sales; sin embargo, el T4 posee concentraciones altas de macronutrientes, convirtiéndose en una mejor alternativa para la utilización como sustrato. Los resultados se sociabilizaron al personal técnico y administrativo del CIIDEA, generando una guía para el aprovechamiento de los residuos agropecuarios.

Palabras claves: Desechos agropecuarios, compost, contenido nutricional.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the nutritional content of the compost made with agricultural waste to determine its quality. Four treatments were evaluated plus a control with different formulations of agricultural waste material, the content of N, P, K, Ca, Mg and S (mg/kg), CE (dS/m), MO (%), pH, temperature and humidity, to determine the quality of the compost according to the Chilean regulation Nch2880. Data were analyzed using the SPSS-IBM Statistics 26 program and subjected to ANOVA statistical analysis and Tukey's test at 5%. The results determined that the temperature and humidity parameters did not have significant differences during the composting process in each treatment ($p > 0.05$), reaching the highest values of temperature in week 4 and of pH in week 6. The macronutrient content, were significantly influenced ($p < 0.05$) by the amount of material applied in each treatment, T1 had a higher concentration of N (13,500 mg/kg), while T2 had a higher concentration of P (12,550 mg/kg), in addition to T3 where it had the highest concentration of K, Ca, Mg and S (20050, 56850, 11500 and 15200 mg/kg respectively). These values showed that all the treatments are typified for a class B quality compost, because they contain a high salt content; however, T4 has high concentrations of macronutrients, making it a better alternative for use as a substrate. The results were disseminated to the technical and administrative staff of CIIDEA, generating a guide for the use of agricultural residues.

Keywords: Agricultural waste, compost, nutritional content, quality.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Silva *et al.* (2016) mencionan que la realización de las actividades como la agricultura repercuten en el medio ambiente esto se debe a que es el principal contaminante de los recursos acuáticos y terrestres. Villalba *et al.* (2011); Ramos *et al.* (2014) expresan que año a año se producen una cantidad considerable en cuanto a los residuos de las cosechas.

Ruilova y Hernández (2018) mencionan que el 80% de los residuos agropecuarios en países desarrollados son quemados, apenas el 15% es utilizado como alimento para animales el 4,5% se reincorpora al suelo sin haberse realizado una descomposición adecuada y el 0,05% se usa como materia prima en industrias, compost, etc.

Cameron (2014); Loor *et al.* (2017) consideran que la actividad agrícola a nivel mundial es una de las actividades contribuyentes al calentamiento global, gases como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) son liberados a la atmósfera en grandes cantidades contribuyendo con el 10-12% de las emisiones causadas por dichas actividades. En Ecuador el promedio de las emisiones por parte de suelos agrícolas genera aproximadamente 160 millones de dióxido de carbono (CO₂) al año (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAE], 2014; Loor *et al.*, 2017)

Las actividades agropecuarias generan cantidades de residuos orgánicos que se convierten luego en contaminantes del ambiente provocando daños al ecosistema (Mondini *et al.*, 2003; Hernández *et al.*, 2013). De la intensificación de la producción animal se derivan algunas problemáticas ambientales que afectan a los recursos naturales; la concentración de excretas en áreas reducidas son la principal fuente de exceso de nutrientes, patógenos, metales pesados, y otras drogas veterinarias afectando al agua, aire y suelo (Herrero y Gil, 2008; Castro 2019).

Por lo anteriormente descrito se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el contenido nutricional del compost elaborado a partir de residuos agropecuarios en la ESPAM MFL?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Desde el ámbito teórico la presente investigación se basa en la importancia de los residuos agropecuarios como abono, los cuales presentan un grado de contaminación al ambiente cuando no son utilizados adecuadamente, además esto es importante puesto que el abono es una fuente potencial de nutrientes para las plantas cuando son reciclados mediante compost (Mondinni *et al.*, 2003; Hernández *et al.*, 2013).

Desde el punto ambiental se conoce que en la actualidad hay una gran cantidad de residuos orgánicos y así mismo de residuos agropecuarios que presentan un gran potencial de macro y micronutrientes durante el proceso del compost (Mikelsse *et al.*, 2008). Además, proporciona beneficios como: incremento de la materia orgánica en el suelo, absorción de carbono, control de la temperatura edáfica y aumento de la porosidad del suelo, reduciendo la erosión y desertificación (Román, Martínez y Pantoja 2013). Por otra parte, se destaca que la aplicación de abonos orgánicos es una manera de producción sostenible.

Muñoz (2018) menciona que los abonos orgánicos no solo mejoran la capacidad del suelo para absorber agua y facilitar la fijación del carbono, sino que también su producción no genera gastos energéticos siendo una solución más económica.

En el ámbito legal en Ecuador el Plan Nacional de Desarrollo “Toda una Vida” 2017-2021 en su objetivo 6 política 6.3: impulsa a la producción de alimentos sanos, así como la existencia y acceso de mercados y sistema de producción alternativa que permita satisfacer la demanda nacional con respecto a la forma de producción local. Por otra parte, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación [FAO] (2016) menciona que la cantidad actual de residuos agrícolas generan impactos negativos en el suelo y emiten gases de efecto invernadero a la atmósfera, por lo tanto, la Comisión para la Cooperación Ambiental [CCA], (2014)

indica que por el mal manejo de subproductos agrícolas se originan 40% en CO₂, 32% en CO, 20% en material particulado y 8% en hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), emitidos a escala universal.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el contenido nutricional del compost elaborado a base de residuos agropecuarios para la determinación de su calidad.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar el compost con diferentes mezclas y porcentajes de residuos agropecuarios.
- Cuantificar el contenido nutricional del compost a partir de residuos agropecuarios.
- Establecer una guía para el aprovechamiento de los residuos agropecuarios.

1.4. HIPÓTESIS

El compost a partir de residuos agropecuarios de la ESPAM MFL cumple con lo establecido en la normativa chilena (NCH2880).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. RESIDUOS ORGÁNICOS

La Comisión para la Cooperación Ambiental [CCA] (2017) denomina a los residuos orgánicos, como aquellos materiales que se originan a partir de especies de flora y fauna, lo que los hace susceptibles a la descomposición desarrollada por microorganismos, además, pueden provenir de sobras y subproductos de desechos de cualquier organismo. Es por ello, que la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos [UAESP] (2014) indica que, cuando se aprovecha los residuos orgánicos, se desarrollan diversos beneficios, también, ayudan a reducir los problemas que tienen las comunidades que conviven en las cercanías de los rellenos sanitarios, que en las últimas décadas se han visto afectadas por el inadecuado manejo de los residuos orgánicos.

2.2. IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

La materia orgánica es uno de los componentes más importantes del suelo, su composición es muy variada, proviene de la descomposición de animales, plantas y microorganismos presentes en el suelo o en materiales fuera del predio, es decir estos compuestos orgánicos constituyen el 10-15% de la reserva total de materia orgánica del suelo (Flotax, 2017). Además, el autor considera que la materia orgánica también se la puede considerar como una variedad de material que tiene su origen animal o vegetal, ésta regresa al suelo después de que los microorganismos efectúan el proceso de descomposición.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2014) establece que, la materia orgánica se compone de diferentes minerales, los cuales fluyen por el suelo y son aprovechados por las plantas y los organismos, además éstos minerales son estabilizados hasta llegar a convertirse en humus, aportando por medio del proceso de humificación diferentes beneficios y propiedades al suelo, la cuales son:

Propiedades físicas:

- Manejo de la tierra para facilitar la labranza o siembra.
- Aumenta la capacidad de retención de agua del suelo.
- Reducción del riesgo de erosión.
- Ayuda a regular la temperatura del suelo y la humedad.
- Reducir la evaporación de la humedad.

Propiedades químicas:

- Contribuye con macronutrientes como sodio (N), fósforo (P), potasio (K) y oligoelementos.
- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico.

Actividad biológica:

- Brinda a los organismos (por ejemplo, bacterias y hongos) la capacidad de convertir las sustancias insolubles del suelo en nutrientes para las plantas y descomponer las sustancias nocivas.
- Optimizar las condiciones del suelo.

2.3. ABONOS ORGÁNICOS

Ramos y Terri (2014) mencionan que los abonos orgánicos son un factor importante en la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola, por lo que se fomenta el uso de fertilizantes orgánicos como una alternativa económica para los pequeños y medianos agricultores, pero se debe ajustar la producción para mantener la calidad en el tiempo. De acuerdo con Mosquera (2010) los abonos orgánicos calientan el suelo, favoreciendo así el crecimiento de las raíces, que es la principal vía de nutrición de las plantas, cuando faltan abonos orgánicos, el suelo se enfría y las plantas tienen pésimas características de crecimiento.

Bot (2015) indica que a medida que los residuos y la materia orgánica se descomponen, los nutrientes en exceso (nitrógeno, fósforo y azufre) se liberan dentro del suelo en formas que pueden ser usadas por las plantas.

Soto y Meléndez (2004) aluden que, en la mayoría de los países de América Latina, la fertilización orgánica es el principal fertilizante, principalmente una fuente de nutrientes de liberación lenta.

2.4. COMPOST

El compost es un abono orgánico, que se obtiene de la descomposición controlada de la materia orgánica, es un producto estable, de olor agradable y con diversas propiedades beneficiosas para el suelo y las plantas (Casco y Herrera, 2018), es decir, es la transformación con materiales de origen vegetal, animal o pueden ser mixtos, lo que lleva al origen del humus, por medio de la descomposición con oxígeno (aeróbica).

Según Gómez (2016) es una técnica que lidia con todo tipo de residuos orgánicos de forma más rápida, y que al recubrir la superficie terrestre se liga con el humus, la cual, es la esencia de una buena vida en un suelo sano, fértil y sostenible en la naturaleza. De la misma manera Avendaño (2013) menciona que el compostaje se puede considerar como una alternativa sencilla, barata y una técnica ecológica para transformar estos residuos en productos de alta calidad, reduciendo así el impacto de la contaminación y permitiendo su reutilización en la agricultura.

2.4.1. PROCESO DEL COMPOSTAJE

Fallas (2017) menciona que al descomponer inicialmente el carbono (C), el nitrógeno (N) y toda la materia orgánica, los microorganismos generan calor que puede medirse variando la temperatura a lo largo del tiempo. En función de la temperatura generada durante este proceso, se establecen diferentes periodos del compostaje que se dividen de la siguiente manera:

- **Fase Mesófila:** El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en unos pocos días (e inclusive horas) la temperatura sube a 45 °C, este aumento se debe a la actividad microbiana, ya que los microorganismos utilizan fuentes simples de C y N para generar calor durante este período.

- **Fase Termófila o de Higienización:** Cuando la temperatura de la materia prima supera los 45°C, los microorganismos que crecen a temperaturas moderadas (microorganismos termofílicos) son reemplazados por microorganismos que crecen a temperaturas más altas, principalmente bacterias (bacterias termófilas), favoreciendo la degradación de las fuentes de alimento, como el C, la celulosa y la lignina.
- **Fase de Enfriamiento o Mesófila II:** Cuando se agota la fuente de carbono, especialmente el nitrógeno en el compost, la temperatura vuelve a bajar a 40-45°C. En esta etapa, los polímeros como la celulosa continúan descomponiéndose y aparecen algunos hongos.
- **Fase de Maduración:** Esta etapa dura varios meses y tiene lugar a temperatura ambiente, durante los cuales se desarrollan la condensación y la polimerización secundaria de los compuestos de carbono en los ácidos húmicos y fúlvicos.

A continuación, en la figura 2.1., se muestran las fases del compostaje y su tiempo de duración:

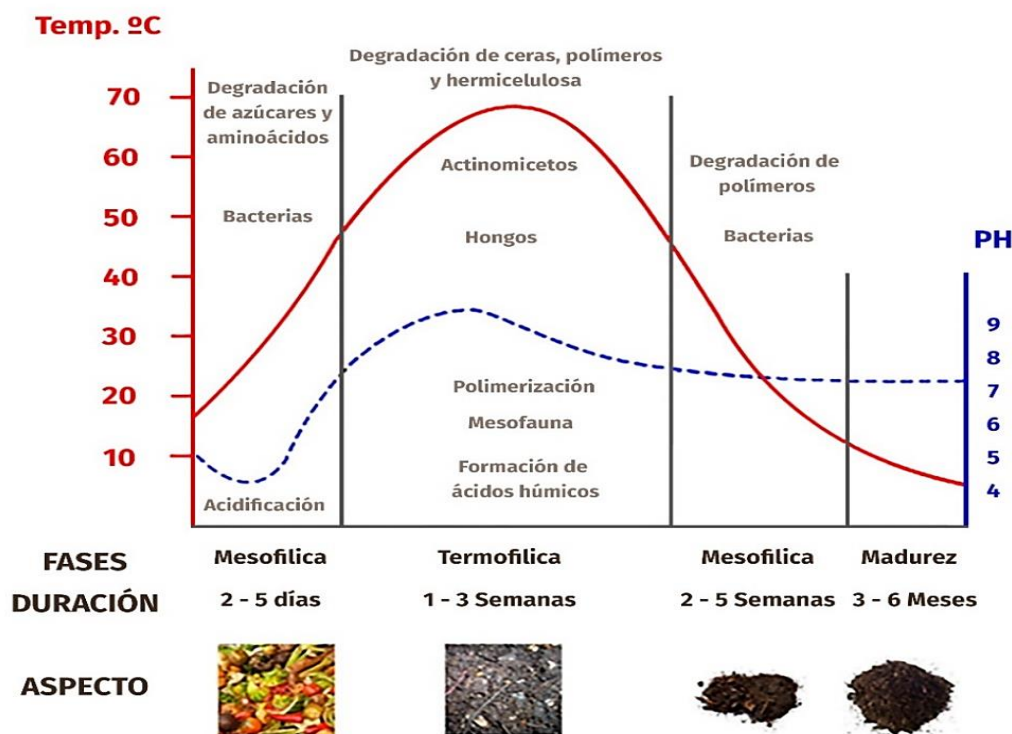


Figura 2.1. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje. **Fuente:** Manual de compostaje de la FAO (2013)

Román *et al.* (2013) indican que el compostaje implica diferentes pasos que se deben seguir para obtener un compost de buena calidad, y el uso de materiales mal terminados durante el compostaje puede generar peligros como:

- **Fitotoxicidad:** En las materias primas que no se compostan adecuadamente, el nitrógeno se encuentra en forma de amonio en lugar de nitrato, lo que da como resultado condiciones cálidas y húmedas que se convertirán en amoníaco, creando un ambiente tóxico para el crecimiento de las plantas. plantas y causar olores desagradables.
- **Bloqueo biológico del nitrógeno (hambre de nitrógeno):** Se encuentra en materiales que no han alcanzado el equilibrio con una proporción de carbono/nitrógeno y materiales con un contenido mucho más alto de carbono a nitrógeno.
- **Reducción de oxígeno radicular:** Ocurre en materiales con una proporción desequilibrada de carbono a nitrógeno y en materiales con un contenido más alto de carbono y nitrógeno.
- **Exceso de amonio y nitratos en las plantas y contaminación de fuentes de agua:** Las sustancias que contienen un exceso de nitrógeno en forma de amonio tienden a perderse por filtración o evaporación y contribuyen a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Asimismo, puede ser absorbido por los cultivos provocando una acumulación excesiva de nitratos, afectando negativamente a la calidad del fruto.

2.4.2. BENEFICIOS DEL COMPOSTAJE

Negro *et al.* (2000) mencionan que, desde un punto de vista ecológico e industrial, las ventajas del compostaje son la eliminación y el reciclaje de una gran variedad de residuos, la solución de los problemas ocasionados por los vertederos y la obtención de materias primas agrícolas adecuadas. Además, ayuda a minimizar el uso de fertilizantes inorgánicos al proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.

López (2015) expone que los beneficios del compostaje son: una mayor similitud entre la materia orgánica residual y el humus del suelo, la eliminación de productos

tóxicos que pueden quedar en los desechos debido a la descomposición incompleta del sustrato, mientras que el aumento de la estabilidad biológica puede reducir la cantidad de materia orgánica dañina, efecto de la descomposición de los residuos sobre el propio suelo.

2.4.3. PARÁMETROS DEL COMPOSTAJE

En la realización de compostaje el principio más importante es que es un proceso biológico realizado por microorganismos y, por ende, tiene todas las ventajas y limitaciones ante otros tipos de procesos (Negro *et al.*, 2000). Por lo tanto, los factores que afectan a los microorganismos son los que necesitan ser más controlados a lo largo del proceso. Estos parámetros incluyen: aireación, humedad y temperatura, pH, factores de nutrientes y relación C/N.

A continuación, se detallan los parámetros y sus rangos óptimos:

- **Aireación:** Este es un factor importante en el proceso de compostaje y por lo tanto un parámetro que necesita ser controlado. Así, Márquez (2017) mencionó que el compostaje es un proceso aeróbico en el que se requiere la presencia de oxígeno para el correcto crecimiento de los microorganismos.

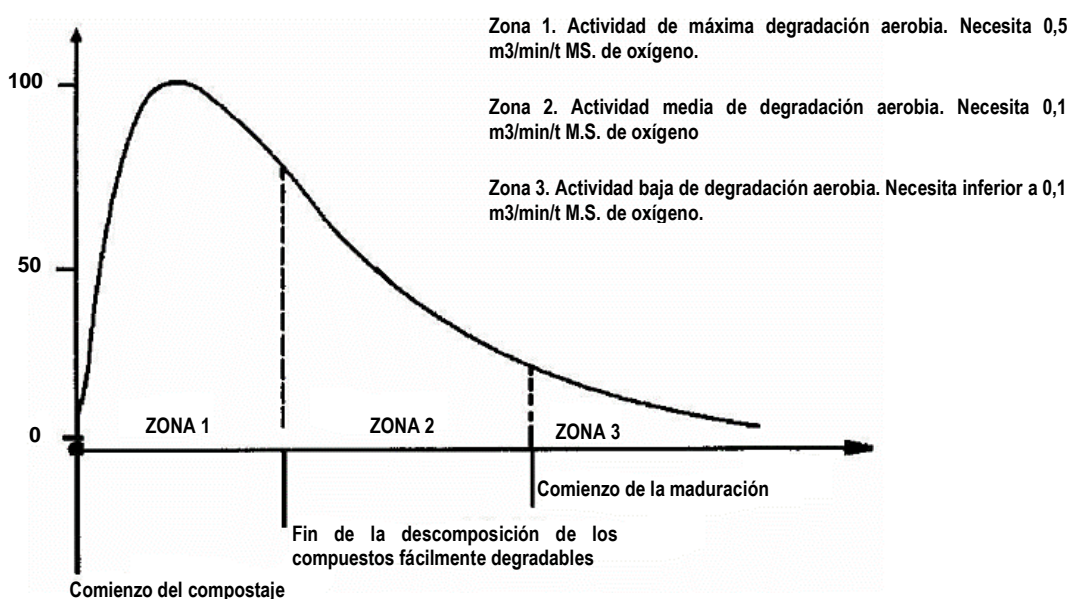


Figura 2.2. Necesidad de oxígeno. Fuente: Negro et al. (2000)

Mientras Negro *et al.* (2000) encontraron que la aireación de un solo lado tiene un doble propósito: proporcionar suficiente oxígeno para los microorganismos y permitir la máxima excreción del dióxido de carbono (CO₂) producido. En cambio, López (2015) menciona que la aireación debe mantenerse en un nivel adecuado, teniendo en cuenta que la demanda de oxígeno varía durante el proceso, baja durante la fase mesófila, alcanza un máximo durante la fase termófila y vuelve a disminuir en el proceso terminado, tal como se evidencia en la Figura 2.2.

- **Oxígeno:** El compostaje debe mantener una ventilación adecuada para la respiración microbiana, liberando dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera (Negro *et al.*, 2000). Por otro lado, Román *et al.* (2013) demostraron que la baja aireación impide la evaporación de la humedad suficiente, resultando en exceso de humedad y ambientes anaeróbicos, debido a compuestos como ácido acético, sulfuro de hidrógeno (H₂S) o cantidades excesivas de metano (CH₄) puede provocar olores desagradables y acidez, tal como se evidencia en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Parámetros de porcentajes de aireación

Porcentaje de aireación		Problema	Soluciones
<5%	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante que permita la aireación.
5%- 15% Rango ideal			
>15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua	Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (resto de fruta y verduras, césped, purines u otros).

Fuente: FAO (2014)

- **Dióxido de Carbono (CO₂):** Como en cualquier proceso aerobio o aeróbico, el oxígeno se usa para convertir el carbono presente en la alimentación a través de la oxidación, que se convierte en biomasa y dióxido de carbono (CO₂) o un gas respiratorio. Se considera que el dióxido de carbono producido durante el

compostaje tiene un impacto ambiental bajo, porque las plantas lo adquieren a través de la fotosíntesis (Román *et al.*, 2013).

- **Humedad:** Durante el proceso de compostaje, la presencia de agua es crucial para las necesidades fisiológicas de los microorganismos (Robles, 2015) debido a que actúa como transportador de solutos durante los procesos celulares de las plantas, productos y residuos del compostaje, como se evidencia en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Parámetros de humedad óptimos

Porcentaje de aireación		Problema	Soluciones
<45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de frutas y verduras, césped, purines u otros)
45%- 60% Rango ideal			
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor de carbono como serrines, paja u hojas secas.

Fuente: FAO (2014)

- **Temperatura:** Los cambios de temperatura son un buen indicador del compostaje, por lo que se ha demostrado que pequeños cambios en este factor tiene un mayor efecto sobre la actividad microbiana y pequeños cambios en la humedad, el pH o C/N (Román *et al.*, 2013) observados en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Parámetros de temperatura óptimos

Temperatura (°C)		Causas asociadas	Soluciones
Bajas temperaturas (T, ambiente <35 °C)	Humedad insuficiente	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y, por tanto, la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otros)

Continúa en la siguiente página

A continuación de la página anterior

Material insuficiente	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.	Añadir más material a la pila de compostaje.
Déficit de nitrógeno o baja C:N	El material tiene una alta relación C:N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura más de una semana.	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T ambiente >70 °C)	Ventilación y humedad insuficiente La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no a la suficiente para activar a los microorganismos mesófilos y facilitar la terminación del proceso.	Volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido de carbono de lenta degradación (madera o pasto seco) para que ralentice el proceso.

Fuente: FAO (2014)

- **pH:** Este factor tiene una influencia directa en el proceso de compostaje ya que afecta la cinética de los procesos microbianos. En muchos casos, esta variable se utiliza para estudiar el desarrollo del proceso de compostaje (Robles, 2015). Por otro lado, Román *et al.*, (2013) mencionó que al monitorear el pH se podría lograr una medición indirecta del control de la aireación de la mezcla, como si en algún momento se presentaran condiciones anaeróbicas, de igual forma se liberan ácidos orgánicos que hacen que el pH baje, tal como se evidencia en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Parámetros de pH óptimos

pH	Causas asociadas	Soluciones
<4,5	Exceso de ácidos orgánicos Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, libera muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N
4.5 – 8.5 Rango ideal		
>8,5	Exceso de nitrógeno Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C:N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoníaco alcalinizado en medio.	Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: FAO (2014)

- **Relación Carbono-Nitrógeno (C/N):** La relación C/N varía con el material de partida, y se obtiene una relación numérica dividiendo el contenido de C (% C total) por el contenido de N total del material de recocido (% N total). Esta relación cambia constantemente, de 35:1 a 15:1 **Tabla 2.5.**

Tabla 2.5. Parámetros de relación Carbono-Nitrógeno

C:N		Causas asociadas	Soluciones
<35:1	Exceso de carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N
4,5 – 8,5 Rango ideal			
>15:1	Exceso de nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoníaco liberado.	Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: FAO (2014)

2.5. CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOSTAJE

Garro (2016) sugirió que los nutrientes del suelo se dividen en macronutrientes y micronutrientes dependiendo de la cantidad requerida por la planta. Los macronutrientes primarios son nitrógeno, fósforo y potasio, y los nutrientes secundarios son magnesio, azufre y calcio. Márquez (2017) mencionó que los micronutrientes se requieren en cantidades muy pequeñas, pero generalmente son importantes para el metabolismo vegetal y animal: hierro, zinc, manganeso, boro, cobre, molibdeno y cloro.

Según Garro (2016) el contenido nutricional del compostaje consta siguientes parámetros:

- Nitrógeno, N (1% -4% extracto seco de plantas) es el motor del crecimiento de las plantas ya que participa en todos los principales procesos de la misma.
- Fósforo, P (0,1% - 0,4% de extractos secos de plantas) Este elemento juega un papel importante en la transferencia de energía y por lo tanto es esencial para la eficiencia del proceso de fotosíntesis. Márquez (2017) menciona que el

fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales y agrícolas o donde el pH limita su disponibilidad, facilitando la fijación.

- Potasio, K (1% -4% de extractos secos de plantas) Al igual que los demás ingredientes, el K juega un papel importante en la síntesis de carbohidratos y proteínas y, por lo tanto, afecta la estructura de la planta. Este elemento mejora la condición hídrica de las plantas y aumenta su resistencia a la sequía, las heladas y la sal.

Tabla 2.6. Contenido N, P, K del compost

Nutriente	% en compost
Nitrógeno	0,3%-1,5% (3g a 15g por Kg de compost)
Fósforo	0,1%-1,0% (1g a 10g por Kg de compost)
Potasio	0,3%-1,0% (3g a 10g por Kg de compost)

Fuente: FAO (2014) citado por Martínez, (2013)

2.6. EFECTOS BENÉFICOS NUTRITIVOS EN EL SUELO

Ohlenschlaeger (2017) sostiene que el aporte normal de materia orgánica, especialmente humus, a través del compostaje y todos sus beneficios al suelo, proporciona a las plantas la disponibilidad de potasio, fósforo, calcio y magnesio. Por otro lado, Toledo (2016) señala que la disponibilidad de nitrógeno es un poco más complicada porque debe convertirse de forma orgánica a minerales como el amonio y el nitrato como otros nutrientes antes de que las plantas puedan absorberlo.

2.7. RESIDUOS AGROPECUARIOS

Los residuos y subproductos agrícolas como la paja de arroz, el bagazo, la cascarilla de arroz, etc. son materias primas fibrosas inevitables para la producción de diversos cultivos, principalmente de la agricultura (Souza y De Santos, 2006). Valencia (2014) menciona que estos residuos se utilizan a diario en las fincas donde se producen y en la mayoría de los casos actúan como materia prima, utilizada en fertilizantes o alimentos para el consumo del ganado.

Vargas (2018) expresa que, desde el punto de vista de una agricultura sostenible y amigable con el medio ambiente, el uso de residuos agrícolas como fertilizante orgánico es una alternativa para reducir el uso de fertilizantes sintéticos, minimizando así los impactos ambientales y socioeconómicos de estos fertilizantes, lo que ofrece la oportunidad de aumentar la producción.

A continuación, se presenta una lista de abonos orgánicos producidos con residuos agropecuarios:

2.7.1. GALLINAZA

Estrada (2015) menciona que la gallinaza se utiliza tradicionalmente como fertilizante y su composición depende principalmente de cómo se alimentan y mantienen las aves, se obtiene del suelo, es decir, consiste en una mezcla de estiércol y material absorbente, pueden ser astillas de madera, heno, cascarilla de arroz, entre otros, el material es conocido como depósito, esta mezcla permanece en el galpón durante todo el ciclo de producción. Además, Caracas *et al.* (2009) menciona que el estiércol es muy húmedo y nitrogenado, se evapora rápidamente, lo que produce olores desagradables y fuertes, también pierde calidad como fertilizantes.

La gallinaza seca contiene una mayor concentración de nutrientes, cuyo valor depende del tiempo y la velocidad de secado, además de la composición de N, P y K. Esto es especialmente importante para el nitrógeno y el fósforo, porque, además, estos elementos también se consideran contaminantes del suelo en muchos casos cuando la densidad animal en el área es demasiado alta (Estrada, 2015).

2.7.2. PURÍN DE CERDO

El purín de cerdo contiene todos los minerales y macronutrientes principales (N, P y K), y secundarios (P, Ca, Mn) y otros micronutrientes (elementos micronutrientes) necesarios para la nutrición de las plantas, por lo que la dosis correcta es un buen fertilizante (Ludeña, 2007). Caracas *et al.* (2009) mencionan que las propiedades del estiércol porcino dependen de muchos factores, como la edad del animal, tipo de almacenamiento, tiempo de muestreo y condiciones de manejo.

2.7.3. PASTO

El pasto es una gramínea, cuyos nutrientes son de origen vegetal que nacen y crecen en el suelo del campo para mejorar su estado nutricional (Romero y Estrada 2020), requieren los mismos cuidados que cualquier otro cultivo, para configurarlo se debe hacer la preparación de la tierra, una de las ventajas de estos residuos agrícolas es que se descomponen rápidamente porque contienen muy poca lignina, elemento que retarda la descomposición (Álvarez, 2009).

2.7.4. LEGUMINOSA

Guerrero (2010) menciona que las leguminosas son las únicas plantas que pueden unir y acumular simultáneamente nitrógeno del aire en sus raíces, proporcionando así los nutrientes más importantes al suelo; uno de sus beneficios más importantes es su capacidad para unir nitrógeno atmosférico (N_2) y agregar N_2 externo a los ecosistemas vegetales del suelo.

2.7.5. BIOCHAR

Cajamarca (2012) indica que el biochar es un producto de la descomposición térmica de materia orgánica (biomasa) con poca o limitada disponibilidad de oxígeno para aplicaciones agrícolas, distinguiéndose del carbón y del carbón activado utilizado como combustible. Por otro lado, Escalante *et al.*, (2016) mencionaron que este fertilizante aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo y por ende aumenta la capacidad de retención de NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , posiblemente debido a la alta área superficial específica, alta carga superficial negativa y alta densidad de carga.

2.7.6. MICROORGANISMOS EFICIENTES

Son un grupo de microorganismos benéficos que trabajan sinérgicamente y aceleran el proceso de compostaje. De la Peña y Percida (2019) sugirieron que la inoculación de estas sustancias durante la producción de compost podría reducir el tiempo para obtener sustancias con mejores propiedades nutricionales y contenido microbiano favorable. De igual forma, García (2017) señala que los

microorganismos altamente eficientes se caracterizan por utilizar azúcares previamente sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras para producir ácido láctico, que actúa como estabilizador, elimina patógenos y acelera la descomposición de la materia orgánica.

2.7.7. BOVINAZA

La bovinaza es un estiércol sólido que se puede limpiar o mezclar con aserrín, migas o cascarilla de arroz y con material desinfectante (cal agrícola, etc.) para estabilizarlo y manejarlo de manera respetuosa con el medio ambiente (Stency, 2011). De acuerdo con Andrade (2012) y Castillo (2015), el uso de la bovinaza mejora la estructura del suelo a través de la formación de agregados, por lo que la capacidad de retención de agua en el suelo es alta y por ende reduce la plasticidad y la cohesión pegajosa.

Por otra parte, Cajamarca (2012) menciona que la bovinaza no debe aplicarse directamente al suelo por su alto contenido de nitrógeno en forma de amonio, el cual primero debe pasar por una nitrificación en la que estos materiales deben descomponerse.

2.7.8. ENMIENDAS MINERALES

Según López (2011), las enmiendas minerales son productos que alteran las propiedades físicas y químicas del suelo, y la selección de su aplicación se basa en tener en cuenta las propiedades físicas del suelo (principalmente textura y porosidad) y químicas (pH y capacidad de intercambio de nutrientes con las plantas). Armas (2017) indica que algunos de los posibles modificadores minerales son: dolomita base, yeso agrícola, roca fosfórica, entre otras.

2.7.9. TIERRA DE MONTAÑA

La tierra de montaña es un medio que inicia el crecimiento de la actividad microbiana de los fertilizantes (Mejía, 2011), actúa como homogeneizador físico del compost y distribuir su humedad, además, opera como una esponja con capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes (Cajamarca, 2012).

2.7.10. MELAZA

Armijos (2016) señala que la melaza es la principal fuente de energía para los microorganismos durante la fermentación del compost, lo que tiene un efecto positivo en la actividad microbiana. Asimismo, Cajamarca (2012) menciona que es rica en potasio, calcio y magnesio, y contiene micronutrientes, principalmente boro.

2.7.11. EL AGUA EN EL COMPOST

El agua en el compost es de gran importancia, ya que esta aporta condiciones favorables para el desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica en el proceso de la fermentación (Cajamarca, 2012), la humedad ideal en el compost, se logra gradualmente añadiendo cuidadosamente el agua a la mezcla de los ingredientes.

2.8. IMPACTO AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS AGROPECUARIOS

Barre (2012) indica que, como principales consecuencias de la actual gestión de residuos agropecuarios se destacan:

- Contaminación de las tierras de cultivo
- Impacto paisajístico
- Contaminación atmosférica
- Difusión y ampliación de plagas

2.9. NORMALIZACIÓN DEL COMPOST SEGÚN LA NORMA CHILENA (NCH2880)

Ecuador no establece estándares para la clasificación del compostaje, por lo que se incluyeron las regulaciones chilenas en el estudio. El Instituto Nacional de Normalización [INN] (2013) establece que el propósito de la norma es instaurar requisitos de clasificación y calidad para el compostaje de desechos orgánicos y otros materiales orgánicos generados por actividades humanas, por ejemplo,

agricultura, ganadería, animales, peces, mercados, lugares de venta de verduras, residuos domésticos verdes, etc.

2.9.1. CLASIFICACIÓN

La norma Chilena NCh2880-Compost-Clasificación y Requisito (2004) de acuerdo a su nivel de calidad el compost se clasifica en las siguientes clases:

- **Compost Clase A:** Producto de alta calidad que cumple con los requisitos establecidos por esta norma para compost Clase A. Este producto no tiene restricciones de uso, ya que ha pasado por un proceso de humidificación. Se puede aplicar directamente sobre las macetas y es necesario mezclarlo previamente con los materiales.
- **Compost Clase B:** Producto de calidad intermedia que cumple con los requisitos establecidos por esta norma para compost clase B. Este producto tiene ciertas restricciones de uso. Para ser aplicado en macetas, debe estar junto con otros elementos adecuados.
- **Compost inmaduro o subestándar:** materia orgánica que ha pasado por las etapas mesofílica y termofílica del proceso de compostaje, donde ha sufrido una descomposición inicial, pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración necesarias para obtener un compost clase A o clase B.

2.9.2. REQUISITOS DEL PRODUCTO COMPOSTADO

De acuerdo La norma Chilena NCh2880-Compost-Clasificación y Requisito (2004) y el Norma Técnica Colombiana (2004) todas las clases de compost deben cumplir con los siguientes requisitos de contenido fisicoquímicos:

Tabla 2.7. Límites permisibles de calidad del compost

Parámetros	Límites según Norma Chilena			Normativa Colombiana 5167/04
	Clase A	Clase B	Compost inmaduro	
pH	5,0 – 7,5	5,0 – 8,5	-	7-9
C.E (dS/m)	< 3	< 8	-	
M.O	≥ 45	≥ 25	-	

Continua en la página siguiente

A continuación de la página anterior

C:N (%)	10 – 45	45,1 - 70	Máximo 50	
N (mg.Kg⁻¹)	≥ 5000	≥ 6000	-	≥ 20000
P (mg.Kg⁻¹)	≥ 1000	≤ 1000	-	≥ 20000
K (mg.Kg⁻¹)				≥ 20000
<i>Cu (mg. Kg⁻¹)</i>	< 100	< 1000	-	
<i>Zn (mg. Kg⁻¹)</i>	< 200	< 2000	-	
<i>Pb (mg. Kg⁻¹)</i>	< 100	< 300	-	<300
<i>Cd (mg. Kg⁻¹)</i>	< 2	< 8	-	<39
<i>Cr (mg. Kg⁻¹)</i>	< 120	< 600	-	<1200
Humedad (%)	30 – 45	30 – 45	> 40	
Toxicidad (%)	> 90	> 90	< 90	

Fuente: NCh2880 Compost – Clasificación y Requisitos (2004)

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se realizó en las mediaciones del área de CIIDEA (Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario) de la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López ubicada en el sitio el Limón del cantón Bolívar de la provincia de Manabí; situada alrededor de las coordenadas geográficas $0^{\circ} 49'27,9''$ latitud sur; $80^{\circ} 10'47,10''$ latitud oeste; y una altitud aproximada de 18 msnm (figura 3.1).

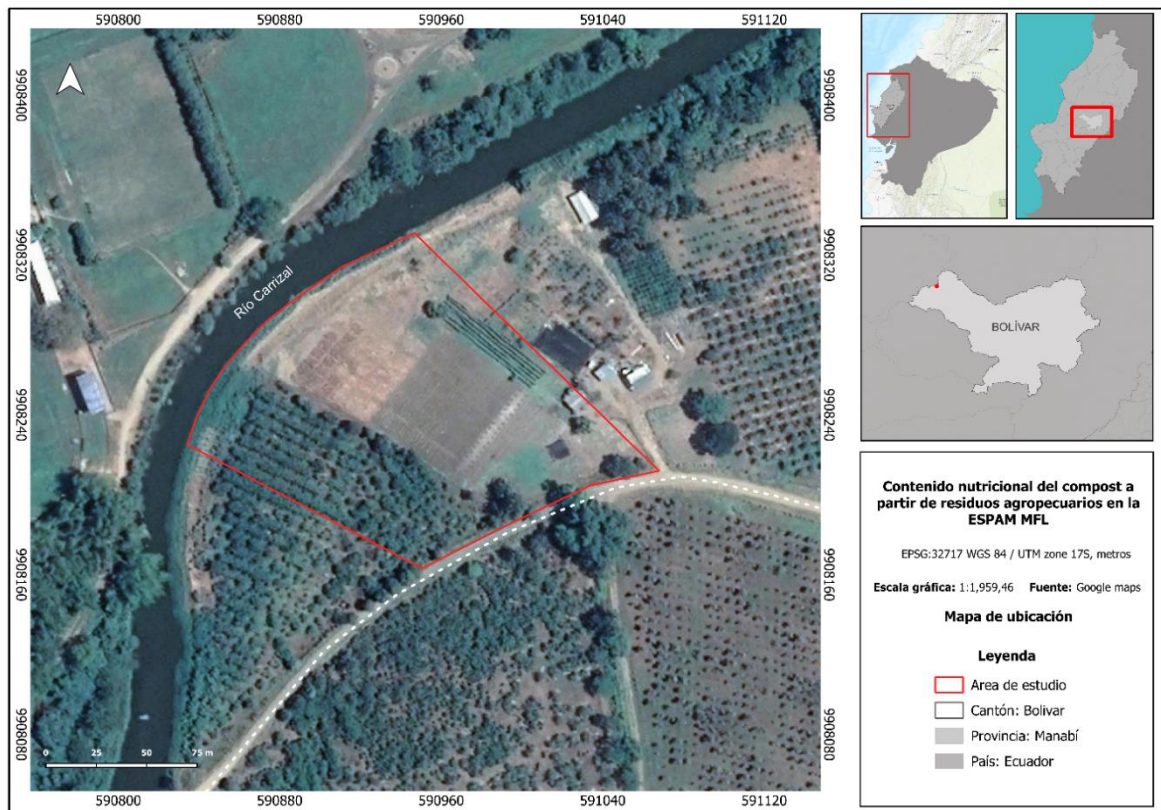


Figura 3.1. Área de estudio

3.2. DURACIÓN

La presente investigación tuvo una duración de doce meses, a partir de la aprobación de la planificación del trabajo de unidad de integración curricular.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODOS

- **MÉTODO CUANTITATIVO**

Según Cadenas *et al.* (2017) el método cuantitativo es aquel que recoge y analiza datos cuantitativos sobre las variables. Este método permitió dentro del objeto de estudio reconocer aquellos aspectos numéricos que dieron relevancia a los resultados de la aplicación de materiales orgánicos en el compost.

- **MÉTODO INDUCTIVO**

Permitió realizar conclusiones de forma general a partir de la observación directa, este método es el más utilizado puesto que se necesita del investigador y de la apreciación que este pueda sacar (Gómez, 2014).

- **MÉTODO BIBLIOGRÁFICO**

Este método tiene como base el razonamiento empleado por el investigador previa examinación de los procesos o leyes que se aplicaron, las cuales permitieron razonar de una forma lógica y lograr conclusiones claras (Gómez, 2014).

- **MÉTODO DESCRIPTIVO**

Según Aguirre y Jaramillo (2015) mencionan que el método descriptivo se basa en contribuir a la descripción de cada una de las actividades a la que se debe recurrir para la caracterización de los tratamientos del compost.

3.3.2. TÉCNICAS

- **OBSERVACIÓN**

Según Rekalde *et al.* (2014) la observación permite una visualización precisa de las acciones o hechos a realizar, más aún cuando se debe establecer un criterio científico. Así mismo en conjunto con otras técnicas, se contribuyó en la elección del tratamiento con mayor eficacia para su posterior recomendación en la guía de campo.

3.4. UNIDAD EXPERIMENTAL

La técnica de compostaje fue en forma de pilas, donde cada uno de los tratamientos tuvieron un peso total de 500 kg. Para el procesamiento y monitoreo del compostaje se siguieron las recomendaciones de la FAO publicadas por Román *et al.* (2013). Durante el proceso de compostaje se tomaron medidas repetidas en el tiempo durante 12 semanas para llevar un control de la temperatura, pH y humedad, lo cual se empleó un termómetro Yieryi TPH01809 de suelo 3 en 1 para medir estas variables, de acuerdo a la experiencia obtenida por López *et al.* (2017), donde a partir de las 12 semanas se obtiene un compost maduro de calidad.

Una vez obtenido el compost estable y maduro, se recolectaron muestras compuestas en cada tratamiento, las cuales fueron enviadas al laboratorio para determinar las variables físicas y químicas expuestas en la siguiente tabla 3.1.

Tabla 3.1. Indicadores de respuesta del compost

Parámetros	Métodos
Temperatura	Termómetro (electrodo)
pH	Termómetro (electrodo)
Conductividad Eléctrica (CE)	Conductímetro
Materia Orgánica (MO)	US EPA SW 846 Método 6010D
Macro elementos (N, P, K, S, Ca y Mg)	US EPA SW 846 Método 6010D
Microelementos (B, Zn, Cu, Fe Mn)	US EPA SW 846 Método 6010D

3.5. VARIABLES

3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Residuos agropecuarios

3.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Contenido nutricional del compost

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos más un testigo y tres repeticiones en cada una de ella, con un total de 15 unidades

experimentales, donde se aplicaron a los datos del análisis de calidad de compost, en la tabla 3.2. se muestra cada una de las unidades experimentales:

Tabla 3.2. Cantidades de residuo orgánico en cada tratamiento

Materiales	Tratamientos (cantidades en % para 500 kg)				
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅ (Testigo)
Pasto en prefloración	20	25	20	20	
Leguminosas en prefloración	20	25	15	20	
Gallinaza	40	30	30	20	20
Bovinaza					20
Tierra de montaña	5	5	5	5	10
Raquis de plátano			15	20	
Cáscara de maní					20
Biochar	5	5	5	5	
Enmiendas minerales a base de dolomita, yeso agrícola, roca fosfatada y harina de rocas	10	10	10	10	
Solución de agua, melaza y microorganismos eficientes	SI	SI	SI	SI	NO

Tabla 3.3. Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	4
Repeticiones	2
Error	8
Total	14

3.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO

Para llevar a cabo esta fase, se ejecutaron las siguientes fases:

3.7.1. FASE I. ELABORACIÓN DEL COMPOST CON DIFERENTES MEZCLAS Y PORCENTAJES DE RESIDUOS AGROPECUARIOS

Actividad 1. Recolección de los residuos agropecuarios y demás materiales para la elaboración del compost

La recolección de los residuos agropecuarios y demás materiales se realizó en el campus de la ESPAM MFL y en centros Agropecuarios (Producom-Tosagua y en Centro Agrícola La Francia-Chone) (anexo 1).

Actividad 2. Elaboración de las camas de compostaje en el área del Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario (CIIDEA)

Se establecieron composteras en el área de vivero de CIIDEA, donde el diseño fue en un sistema abierto (anexo 2-A), teniendo en cuenta una medida adecuada para apilar todo el material a compostar, de acuerdo a lo establecido por la FAO (2013) en el manual de compostaje del agricultor (anexo 2-B).

Tabla 3.4. Cantidad de sustrato en cada tratamiento en kg

Materiales	Tratamientos (cantidades en kg)				
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅ (Testigo)
Pasto en prefloración	100	125	100	100	0
Leguminosas en prefloración	100	125	75	100	0
Gallinaza	200	150	150	100	100
Bovinaza	0	0	0	0	100
Tierra de montaña	25	25	25	25	50
Raquis de plátano	0	0	75	100	0
Cáscara de maní	0	0	0	0	100
Biochar	25	25	25	25	
Enmiendas minerales a base de dolomita, yeso agrícola, roca fosfatada y harina de rocas	50	50	50	50	0
Solución de agua, melaza y microorganismos eficientes	SI	SI	SI	SI	NO

Cada residuo fue pesado utilizando una balanza eléctrica y distribuido para cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones, como se muestra en la tabla 3.4., estos residuos fueron homogenizados humedeciendo la mezcla con agua, melaza y microorganismos eficientes, donde este último solo se aplicó al principio del proceso con una dosis de 1000 cc/5 litros de agua para cada una de las pilas como lo establece Naranjo (2013).

Cada una de las pilas, fueron cubiertas con un plástico negro al final para incrementar la temperatura y acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica (anexo 3-A), además evitar que los rayos solares afecten en el desarrollo de microorganismos (Álvarez, *et al.*, 2021).

Actividad 3. Volteo y riego manual

El volteo se lo realizó manualmente utilizando una regadera de mano, lo cual se mantuvo a una humedad del 60%, por lo que se realizaba el volteo del material semanalmente, con una pala para homogenizar, además esto ayuda a oxigenar, reducir la temperatura, de tal forma que haya uniformidad en el compostaje de

acuerdo a lo expresado por Álvarez *et al.* (2021). Una vez homogenizado y humedecido el material, se procedió a cubrir nuevamente con plástico negro, ya que después de cada volteo su temperatura baja a 5 o 10°C de acuerdo a Ocano *et al.*, (2014).

Actividad 4. Control de temperatura, pH y humedad durante el proceso de compostaje

El control de la temperatura y pH se lo realizó *in situ* durante las 12 semanas de evaluación, para la variable temperatura se utilizó la técnica electroanalítica la cual consiste con la ayuda de un termómetro de marca Yieryi TPH01809, se procedió a hacer un orificio de 6 cm aproximadamente para introducir el equipo. Mientras que para la variable pH, se utilizó papel o tirilla como indicador de calidad (anexo 3-B). Esto se llevó a cabo en cada uno de los tratamientos, con horario de 8h30 y 17h00, para evitar alteraciones por condiciones meteorológicas del medio (Hidalgo, 2019).

La humedad favorece al transporte de los nutrientes, para mantener el control de este parámetro se lo realizará a partir de la técnica de puño cerrado o capacidad de campo, la cual consiste en introducir la mano en la pila y sacar un puño de material, el material debe quedar apelmazado sin escurrir agua para una humedad óptima, de acuerdo a lo indicado en el manual de la FAO (2013).

3.7.2. FASE II. CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Actividad 5. Toma de muestra y envío al laboratorio

Después de las 12 semanas, se recolectaron 1 kg de muestras en cada tratamiento, estas fueron ubicadas en papel aluminio e introducidas en bolsas plásticas con sus respectivas rotulaciones (anexo 4), como lo indica el protocolo de la FAO (2013), para luego ser enviadas al laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP] Estación Pichilingue, ubicado en el km 5, vía a Quevedo-El Empalme, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, donde se realizó su respectivo análisis de los indicadores que se muestran en la tabla 3.1 (anexo 5).

Actividad 6. Calidad del compost

Para el respectivo análisis de la calidad nutricional del compost se tomó como referencia los valores establecidos por el Instituto Nacional de Normalización de la República de Chile norma NCh2880 y la norma Técnica Colombiana como se indica en la tabla 2.7., puesto que en Ecuador no existe una legislación con respecto a este tipo de producto.

3.7.3. FASE III. ESTABLECIMIENTO DE UNA GUÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS AGROPECUARIOS

Actividad 7. Elaboración de la guía para el aprovechamiento de los residuos agropecuarios

Para la elaboración de la guía se utilizaron los resultados obtenidos de esta investigación, además, se incorporó información bibliográfica extraída de diferentes medios como artículos, informes, revistas, etc., donde se incluyeron tablas, imágenes cuadros informativos del tema, además se utilizó la metodología de la FAO (2013), la cual contará con la siguiente estructura (anexo 6):

- Portada
- Presentación
- Índice
- Introducción
- Objetivos
- Desarrollo (conceptos básicos, procedimientos estándares, aplicación y manejo del compost)
- Conclusiones
- Bibliografía.

Actividad 8. Socialización de los resultados y aportes de la investigación

Con la información de la guía establecida se sociabilizó los aportes y resultados obtenidos, a través de una charla dirigida al personal técnico y administrativo del área de CIIDEA (anexo 7).

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza ANOVA con el 5% de probabilidad de error y la separación de medias con prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error, en el programa IBM SPSS Statistics 26.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. FASE I. ELABORACIÓN DEL COMPOST CON DIFERENTES MEZCLAS Y PORCENTAJES DE RESIDUOS AGROPECUARIOS

En la figura 4.1., se detalla cada proceso que se realizó para la producción de compost, para determinar la representación de los canales a utilizar para cada uno de los tratamientos.

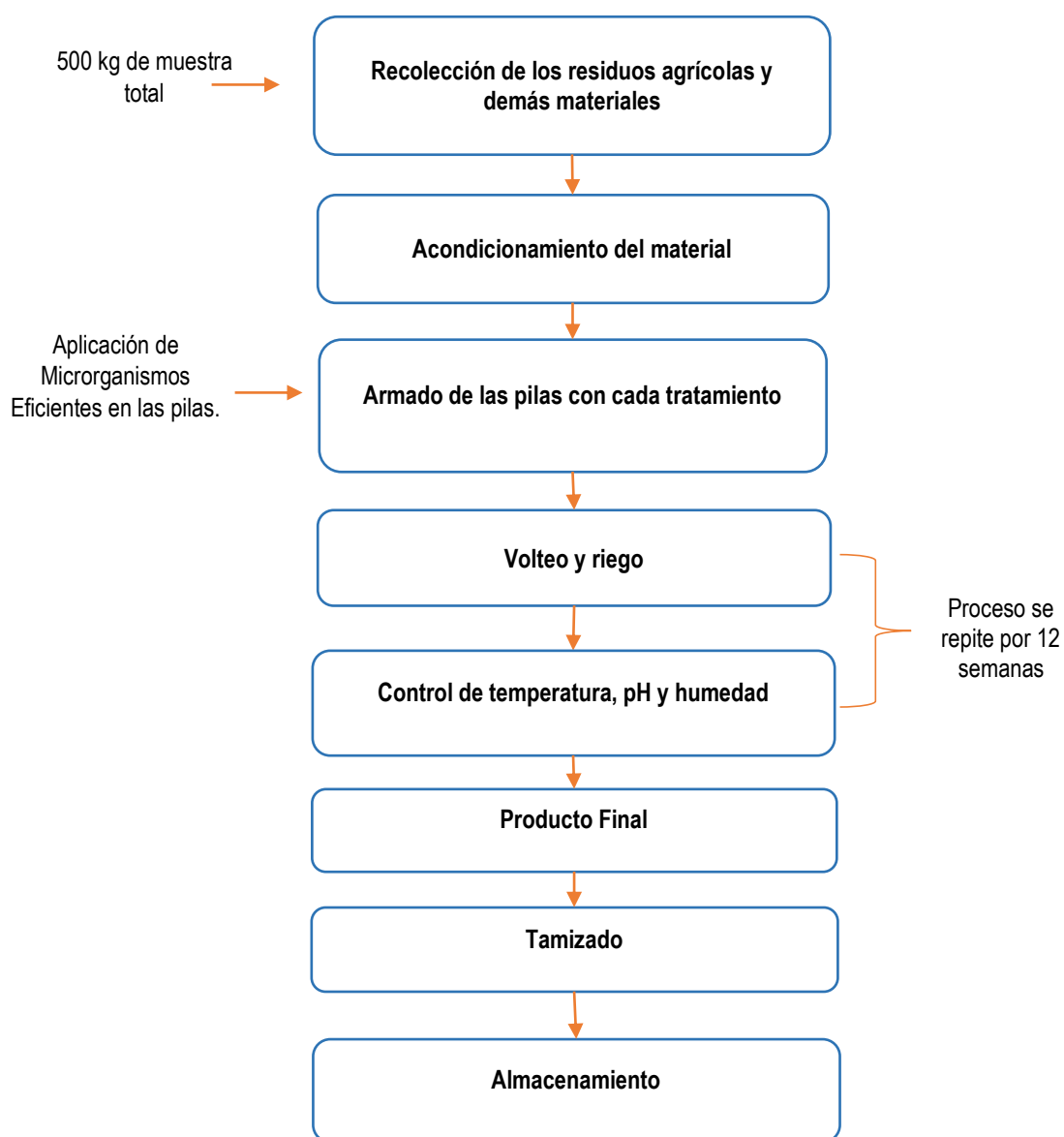


Figura 4.1. Flujograma de proceso de compostaje

En el control del pH la figura 4.2., muestra que el pH de todos los tratamientos evaluados siguió la típica curva de comportamiento reportada para el proceso de compostaje. Se evidenció que inicialmente el compostaje mostró un pH ácido, y luego ascendió hasta el rango de 8 a 9 entre las semanas 5 y 6, seguidamente el pH desciende hasta rangos de entre 6 y 7.

Este comportamiento se debe a que, en la fase inicial del compostaje, la acidez es debida a que la descomposición de diferentes materiales contribuye a la formación de ácidos orgánicos (FAO, 2013). Tiempo después, el pH del compostaje se alcaliniza debido a que el amonio (NH_4^+) producido durante la fase termófila, se convierte en Amoniaco (NH_3), mientras que finalmente a medida que el compostaje entra en la fase de maduración, el pH se estabiliza a valores cercanos a neutro (Álvarez, 2006).

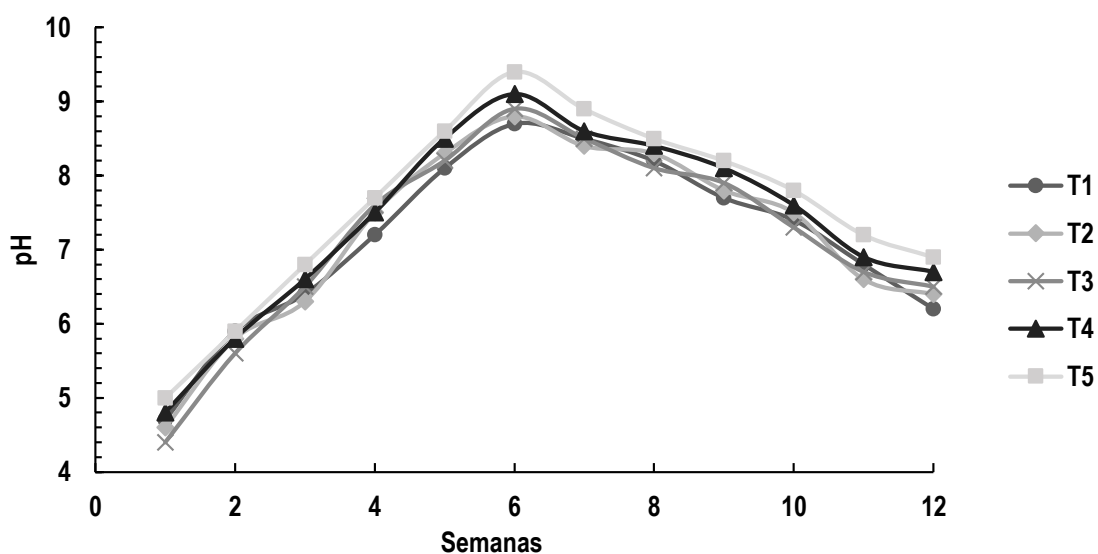


Figura 4.2. Comportamiento del pH de diferentes formulaciones sometidas a compostaje.

En este contexto, el pH alcanzado en los tratamientos evaluados, coincide a lo descrito por la Norma Técnica Colombiana para Productos Orgánicos (2004), quien establece que el pH del compost final debe estar en un rango de 4 a 9. Así mismo, los resultados de pH final logrado en esta investigación, cumplen con los rangos que establece la Norma Chilena de Compost (2005), que menciona que el pH de un buen compostaje debe estar en el rango de 5 a 8,5.

La temperatura del compostaje de las cinco formulaciones evaluadas, también siguió el típico comportamiento reportado para el proceso de compostaje (Figura 4.3). Los resultados mostraron que inicialmente la temperatura del compostaje fue la misma del ambiente, pero durante la primera semana la temperatura del compostaje sobrepasó los 35°C, luego comenzó a ascender obteniendo una temperatura máxima de 64,90°C durante la cuarta semana de evaluación, luego esta comenzó a descender llegando a una temperatura mínima de 30°C al final del proceso, de acuerdo con la FAO (2013) y Jaimes *et al.* (2021) la temperatura desciende hasta estabilizarse a niveles ambientales, empieza la fase de maduración, donde se forman ácido húmico, ácido fulvicos y humus.

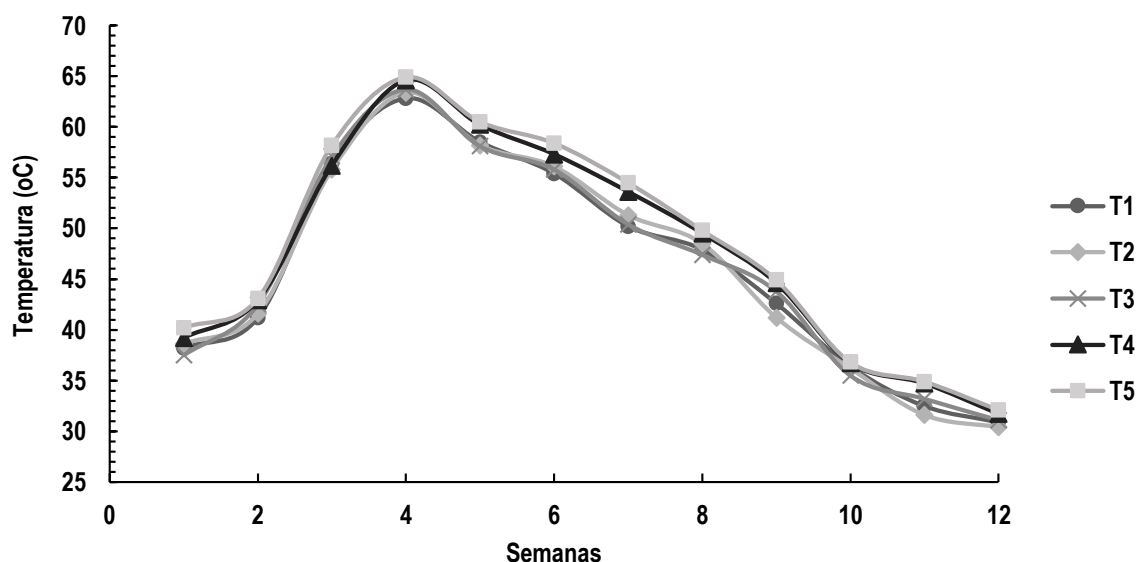


Figura 4.3. Comportamiento de la temperatura en diferentes formulaciones sometidas a compostaje

Durante el proceso de compostaje se observa, que tanto la variable temperatura como el pH, no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre lo tratamiento (tabla 4.1), estos resultados se asemejan a lo reportado por García y Daza (2016), donde los resultados de la curva de temperatura y pH se asemejan, y además permitió diferenciar las etapas que distinguen el proceso (latente, mesófila, termófila, enfriamiento y maduración).

Tabla 4.1. Análisis de varianza para la variable temperatura y pH

Parámetros		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Temperatura	Entre grupos	45,708	4	11.427	0,097	0,983
	Dentro de grupos	6504,718	55	118.268		
	Total	6550,426	59			
pH	Entre grupos	1,564	4	0.391	0,245	0,911
	Dentro de grupos	87,775	55	1.596		
	Total	89,339	59			

4.2. FASE II. CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS AGROPECUARIOS

Al final del proceso de compostaje, después de las 12 semanas se pudo observar un compost maduro, donde la cual demostró un pH mínimo de 7,90 en el T1 y un máximo de 8,20 en el T5. El comportamiento del pH registró tendencia hacia la alcalinidad ($pH > 7$) tal como se muestra en la figura 4.4., donde la utilización de enmiendas minerales (dolomita, yeso agrícola, roca fosfatada y harina de rocas) pudo haber incidido en el pH de las pilas de los tratamientos de acuerdo estudios realizados por García y Daza (2016).

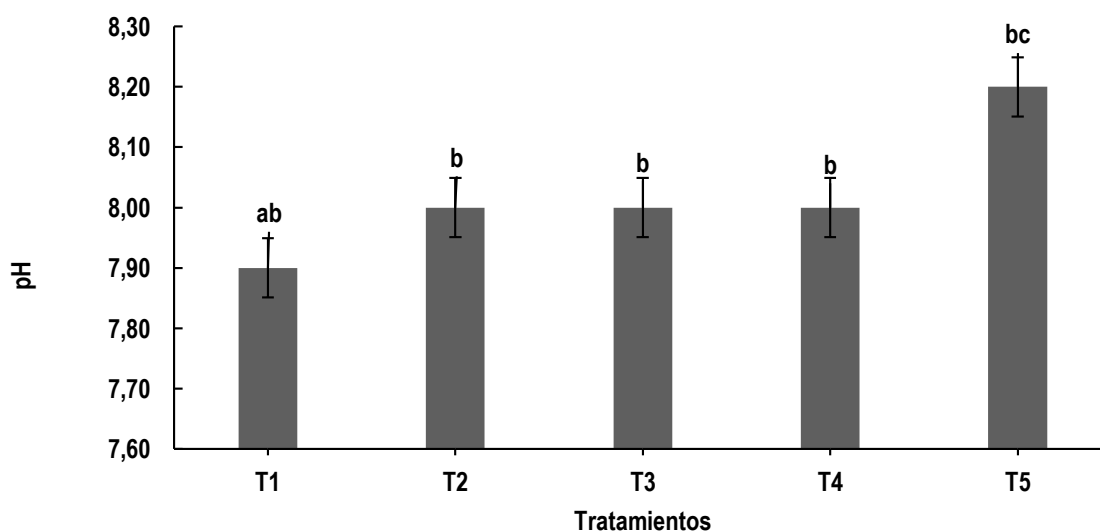


Figura 4.4. Concentración de pH en compost maduro. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre medias (Tukey, $P < 0.05$).

Estos resultados se asemejan a lo reportado por García y Daza (2016), donde los valores de pH oscilaron entre 7,4 y 9,3, además indican que estos valores son aportados por la materia que se usa de partida, así como la influencia de sales que se le aplica durante el proceso de compostaje. Contreras *et al.* (2004) expresa que los sustratos con pH alcalinos favorecen la volatilización del nitrógeno y aumenta la concentración de amonio que es tóxico para muchos microorganismos.

Tabla 4.2. Análisis de varianza de la variable pH

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,144	4	0,036	4,500	0,024
Dentro de grupos	0,080	10	0,008		
Total	0,224	14			

En la tabla 4.2., se muestra el análisis de varianza ANOVA para la variable pH, donde tuvo un valor de $p < 0,05$., es decir, hubo diferencia significativa entre los tratamientos, siendo el T1 y T5 diferentes entre los demás grupos de acuerdo al análisis de comparación de Tukey, donde se encontró dos grupos homogéneos (anexo 7-A).

En la conductividad eléctrica (CE) el gráfico 4.5., indica que el T1 mostró el mayor incremento de CE con 12,30 dS/m, seguido del T4 con un valor de 10,05 dS/m, mientras que los tratamientos T2 y T4 tuvieron menores valores con 9,05 y 9,00 dS/m respectivamente (Figura 4.5). De acuerdo con López *et al.*, (2017), los valores bajos de CE en un sustrato posibilitan el manejo de la fertilización ya que evitan problemas por la fitotoxicidad en los cultivos.

Posiblemente la mayor carga de CE alcanzada por los tratamientos T1 y T4, puede deberse a que los materiales utilizados son ricos en iones y sales, y por tanto pueden elevar la cantidad de CE al compost (Llona y Faz, 2006; Varnero *et al.*, 2009; Chávez *et al.*, 2017; Andrade *et al.*, 2019). Además, Rivas y Silva (2020), indica que los sustratos orgánicos con CE frecuentemente alta, hay que tenerlas en cuenta para evitar posible salinización del suelo, debido a su alta concentración de sales.

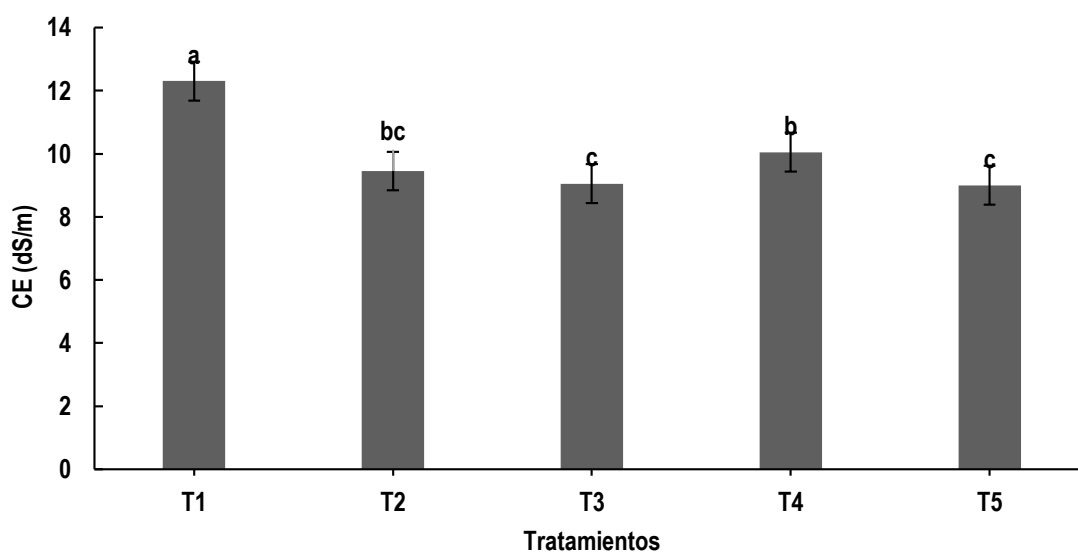


Figura 4.5. Concentración de conductividad eléctrica en los diferentes tratamientos. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre medias (Tukey, $P < 0.05$).

La conductividad eléctrica, fue influenciada significativamente ($p < 0,05$) por las formulaciones de los diferentes tipos de materiales, siendo el T1 diferente del demás grupo (tabla 4.3.), mientras que los demás tratamientos tienen similitud estadísticamente, de acuerdo al análisis de comparación de Tukey, donde se encontraron tres grupos homogéneos (anexo 7-B).

Tabla 4.3. Análisis de varianza de la variable CE

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	22.479	4	5.620	105.042	0.000
Dentro de grupos	0.535	10	0.054		
Total	23.014	14			

En la figura 4.6., se muestra que el tratamiento T2 se destacó con el mayor valor con un 39,35% de MO, seguido del T3 con 37,85%, mientras que el T1 y T4 tuvieron una concentración de 32,30 y 32,05 % de MO respectivamente, sin embargo, el T5 tuvo menor concentración con un valor de 15,20% de MO. Estos resultados se asemejan a Medina *et al.* (2018), donde se observó valores de MO por encima del 34% después de los 30 días de compostaje.

Posiblemente, los resultados de bajo contenido de MO logrado en los tratamientos evaluados, esto se debe a que se utilizaron materiales orgánicos con relación C/N baja, que son de rápida degradación microbiana, como gallinaza, pasto y leguminosas en estado tierno, que presentan bajos contenidos de tejidos lignificado de acuerdo a la FAO (2013).

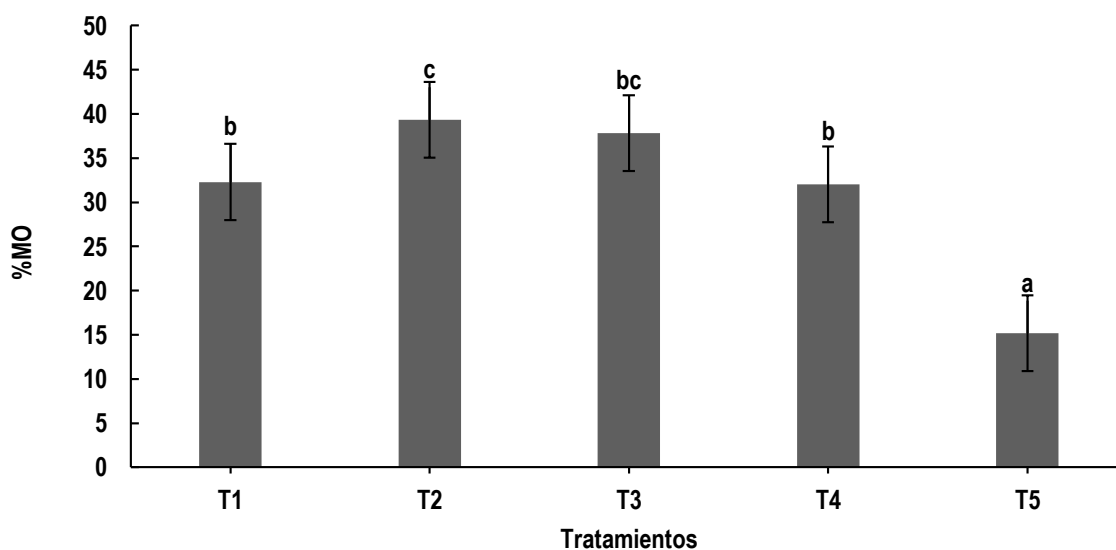


Figura 4.6. Contenido de MO en función de varias formulaciones de compostaje. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre medias (Tukey, $P < 0.05$).

La materia orgánica fue influenciada significativamente ($p < 0,05$) por las formulaciones de compost evaluadas (tabla 4.4.), el T1 y T5 fueron estadísticamente diferentes entre los demás grupos, mientras que los demás tratamientos tuvieron similitud estadística de acuerdo a lo reportado por la prueba de Tukey donde se encontró tres grupos homogéneos (anexo 7-C).

Tabla 4.4. Análisis de varianza de la variable MO

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1105,395	4	276,349	48,640	0,000
Dentro de grupos	56,815	10	5,682		
Total	1162,210	14			

Los macronutrientes como el N, P K, Ca, Mg y S, presentaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en cada uno de estos parámetros ($p < 0,05$) (tabla 4.5). En el contenido de Nitrógeno, T1 tuvo mayor concentración

con un valor de 13500 mg/kg de la muestra, siendo este estadísticamente diferente que el resto según la prueba de Tukey (anexo 7-D), seguido del T4 con un valor de 10500 mg/kg, mientras que los T2, T3 y T5 tuvieron valores de 9500, 8000 y 8500 mg/kg respectivamente.

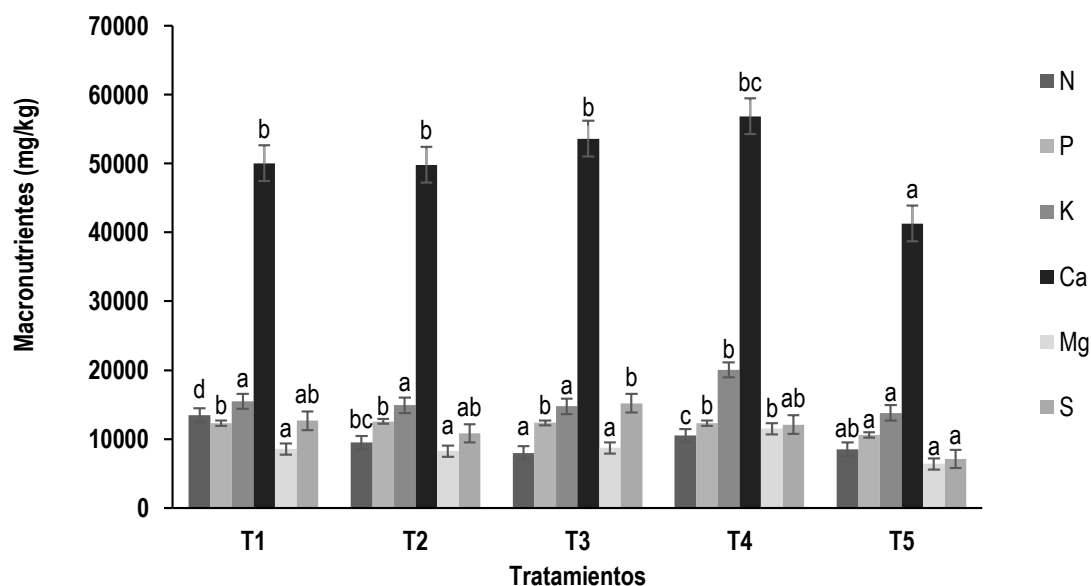


Figura 4.7. Contenido de Macronutrientes en función de varias formulaciones de compostaje. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre medias (Tukey, $P < 0.05$).

La FAO (2013), describe que el porcentaje de N en los compost está en el rango de 3000 a 15000 mg/kg. Resultados similares también fueron reportados por Navia *et al.* (2013), quienes lograron contenidos de N de hasta 7500 mg/kg en diferentes formulaciones de compostaje. El mayor contenido de N reportado, se debe a que este tratamiento se formuló con mayor cantidad de gallinaza con relación a los demás tratamientos, dado que, según investigaciones previas, este residuo tiene una baja relación C/N, lo cual favorece un mayor contenido de nitrógeno (Álvarez, 2006; Feicán, 2011). Además, Nadia *et al.*, (2015) el inóculo de bacterias a través de su acción enzimática altera los niveles de nitrógeno.

En el contenido de fósforo, el T2 obtuvo la mayor concentración con un valor de 12550 mg/kg de la muestra, pero sin embargo tuvo similitud estadística con los tratamientos T1, T3 y T4 de acuerdo a la prueba de Tukey (anexo 7-E). Los rangos establecidos por la FAO (2013), quien describe que el contenido de P en el compost debe estar entre 1000 a 10000 mg/kg. Los resultados reportados por Navia *et al.*

(2013), Delgado *et al.* (2019) y Rivas y Silva (2020), alcanzaron contenidos de P menores al 10000 mg/kg, en varias formulaciones de compost.

Los altos contenidos de P logrados en las formulaciones evaluadas, se debe a que se utilizó roca fosfórica y harina de rocas, que son materiales con alto contenido de P, que al acidificar en el proceso de compostaje pueden liberar mayor contenido de P disponible en el compost final de acuerdo a investigaciones realizada por Hellal *et al.* (2019) y Cicek *et al.* (2020).

En el contenido de potasio en el compost, el tratamiento con mayor concentración fue el T4 con un valor de 20050 mg/kg de la muestra, obteniendo diferencia entre los demás de acuerdo a la prueba de Tukey (anexo 7-F), seguido del T1 con un valor de 15500 mg/kg. La FAO (2013), describe que el compost debe contener entre 3000 a 10000 mg/kg de K, los valores obtenidos en esta investigación supera a lo indicado. El mayor contenido, puede relacionarse a que en estos dos tratamientos se formularon con raquis de plátano y purín de cerdo, que según la literatura son fuentes orgánicas con altos contenidos de K (Irañeta *et al.*, 2011; Chávez *et al.*, 2017; Bárbaro *et al.*, 2019; Andrade *et al.*, 2019).

El contenido de calcio, el tratamiento T4 tuvo mayor concentración con un valor de 56850 mg/kg de la muestra, seguido de T3 con un valor de 53600 mg/kg, donde ambos tuvieron similitud estadística de acuerdo a lo reportado por la prueba de Tukey (anexo 7-G). Mientras que los tratamientos T1, T2 y T5 tuvieron valores de 50050, 49800 y 41300 mg/kg respectivamente.

Navia *et al.* (2013), Bárbaro *et al.* (2019) y Rivas y Silva (2020), reportaron valores de Ca en varios tipos de compost menores al 10000 mg/kg, debido a que utilizaron una baja cantidad de minerales en la elaboración del compost, a diferencia de la investigación donde se utilizó 10% de enmiendas minerales como yeso, harinas de rocas y cal dolomita que contenían Ca, lo cual ayudó a enriquecer los compost con este elemento.

Tabla 4.5. Análisis de varianza de los Macronutrientes

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
N	Entre grupos	57000000	4	14250000	71,250	0,000
	Dentro de grupos	2000000	10	200000		
	Total	59000000	14			
P	Entre grupos	7689000	4	1922250	6,606	0,007
	Dentro de grupos	2910000	10	291000		
	Total	10599000	14			
K	Entre grupos	72195000	4	18048750	29,932	0,000
	Dentro de grupos	6030000	10	603000		
	Total	78225000	14			
Ca	Entre grupos	405309000	4	101327250	23,493	0,000
	Dentro de grupos	43130000	10	4313000		
	Total	448439000	14			
Mg	Entre grupos	40059000	4	10014750	10,005	0,002
	Dentro de grupos	10010000	10	1001000		
	Total	50069000	14			
S	Entre grupos	105594000	4	26398500	4,491	0,025
	Dentro de grupos	58785000	10	5878500		
	Total	164379000	14			

En este sentido, varios autores describen que enmiendas como la harina de roca, yeso y cal dolomita, son fuentes importantes de Ca y otros elementos (Watts y Dick, 2014; Sukstorf *et al.*, 2020; Wu *et al.*, 2021). Por tal T5 mostró menor concentración de Ca, debido a que en la formulación de este tratamiento no se colocaron enmiendas minerales.

En el contenido de magnesio, el tratamiento T4 tuvo mayor concentración con un valor de 11500 mg/kg de la muestra, además este tuvo diferencia estadística entre los demás tratamientos según la prueba de Tukey (anexo 7-H). Los demás tratamientos estuvieron por debajo de los 10000 mg/kg, siendo el menor el T5 debido en que este tratamiento no se utilizó enmiendas minerales ricas en Mg como la harina de rocas y cal dolomita, que son fuentes que presentan cantidades significativas de Mg (Sukstorf *et al.*, 2020; Wu *et al.*, 2021).

En el contenido de azufre, el tratamiento T3 tuvo mayor concentración con un valor de 15200 mg/kg de la muestra, la cual tuvo similar estadística con el T1, T2 y T4 los cuales reportaron valores de 12650, 10800, 12100 mg/kg respectivamente de acuerdo a la prueba de Tukey (anexo 7-I), sin embargo, el T5 tuvo menor concentración con un valor de 7100 mg/kg. Si S en el compost supera el 8 000 mg/kg es probable que se haya añadido yeso a las materias primas, lo que coincide con los resultados obtenidos en esta investigación, dado que los niveles de S logrados en los compost evaluados fueron superiores en los tratamientos que se le adicionó enmiendas minerales (Watts y Dick, 2014).

El mayor contenido de S en los tratamientos T1, T2, T3 y T4, coincide con los mayores contenidos de N alcanzados en estos mismos tratamientos (Figura 4.7.), lo cual puede deberse a que el S ayuda a mitigar las pérdidas de NH_3 durante el compostaje, lo cual también da estabilidad a los biosólidos (Li *et al.*, 2020). Adicionalmente, se ha descrito que el S en el compostaje ayuda a estabilizar el pH durante la maduración del compost, por lo cual la adición de S al compostaje es recomendable (Roig *et al.*, 2004).

De acuerdo con la FAO (2013), los micronutrientes se requieren en pequeñas cantidades, por la cual desempeña un papel importante en el metabolismo vegetal y animal, la concentración de esta dependerá de la naturaleza de material empleado para el compostaje (Rodríguez *et al.*, 2016). Los parámetros B, Zn y Mn reportaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, a excepción del Cu y Fe (tabla 4.6.).

En el contenido de boro, el T4 tuvo mayor concentración con un valor de 61,50 mg/kg de la muestra, sin embargo, este tratamiento tuvo similitud estadística con el T2 de acuerdo a la prueba de Tukey (anexo 7-J), la cual reportó el segundo mayor valor con 54 mg/kg. Estudios realizados por Martínez *et al.*, (2014) en su compost realizado a partir de residuos de cosecha de tomate, cascarilla de arroz y salvado de trigo, obtuvieron una concentración de B máxima de 98 mg/kg, este valor está por encima de lo obtenido en esta investigación.

En el contenido de Zn, el tratamiento T1 tuvo mayor concentración con un valor de 92,50 mg/kg de la muestra, esta tuvo similitud estadística con los tratamientos T2

Y T4 de acuerdo a prueba de Tukey (anexo 7-K), con valores de 91 y 88,50 mg/kg respectivamente. Sin embargo, los tratamientos T3 y T5 comparte tuvieron los valores más bajos con una concentración de 73,50 y 70,50 mg/kg respectivamente. Estudios realizados por Rivas y Silva *et al.* (2020), reportaron concentraciones de Zn de 180 mg/kg en un compost elaborado a base de bora o comúnmente llamado como Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*), estos valores están por encima de lo reportado en esta investigación.

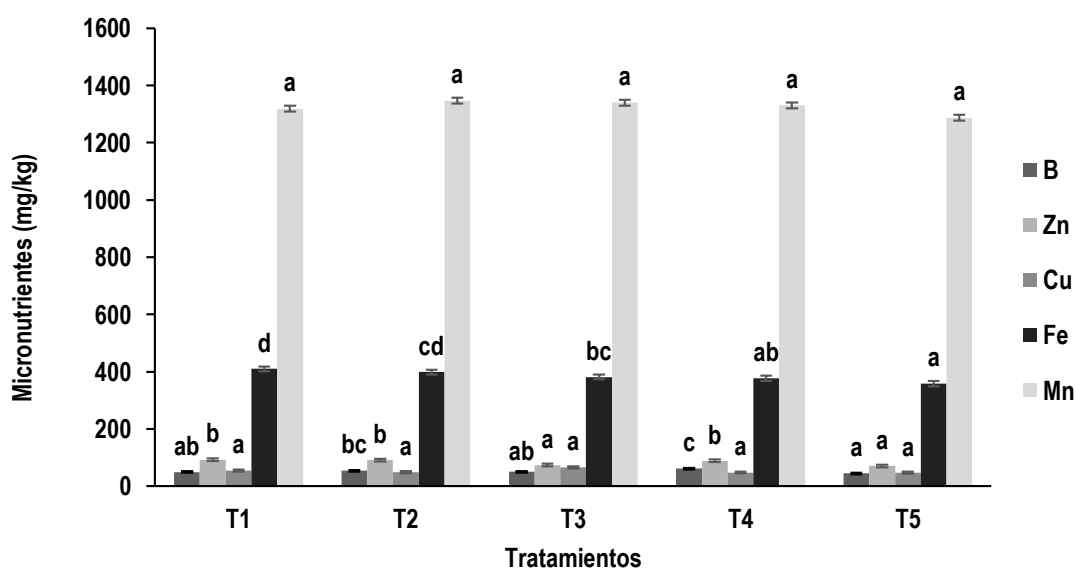


Figura 4.8. Contenido de Micronutrientes en función de varias formulaciones de compostaje. Cada barra representa la media de tres repeticiones (\pm error estándar). Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre medias (Tukey, $P < 0.05$).

De acuerdo con Rivas *et al.* (2008) el compost a base de residuos agrícolas contienen valores muy bajos de micronutrientes, estos valores se incrementan cuando se adiciona hidróxido de potasio u otro elemento durante el proceso de compostaje. Además, Rodríguez *et al.* (2016) indica que, en los abonos sólidos a base de gallinaza se reportaron valores bajos de cobre, manganeso, zinc, hierro.

En el contenido de cobre, el tratamiento T3 tuvo mayor concentración con un valor de 66 mg/kg, sin embargo, todos los tratamientos reportan similitud estadística de acuerdo a la prueba de Tukey (anexo 7-L), el T1 tuvo un valor de 54 mg/kg, mientras que los tratamientos T2, T4 y T5 obtuvieron valores bajos con 48,50, 48,00 y 46,50 respectivamente. Estudios realizados por García y Daza *et al.* (2016) reportaron valores de Cu de 24 mg/kg, este valor es muy bajo en comparación con los obtenidos en esta investigación.

Tabla 4.6. Análisis de varianza de los Micronutrientes

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
B	Entre grupos	482,100	4	120,525	11,424	0,001
	Dentro de grupos	105,500	10	10,550		
	Total	587,600	14			
Zn	Entre grupos	1292,400	4	323,100	31,676	0,000
	Dentro de grupos	102,000	10	10,200		
	Total	1394,400	14			
Cu	Entre grupos	770,100	4	192,525	2,811	0,084
	Dentro de grupos	685,000	10	68,500		
	Total	1455,100	14			
Mn	Entre grupos	6561,600	4	1640,400	2,534	0,106
	Dentro de grupos	6474,500	10	647,450		
	Total	13036,100	14			
Fe	Entre grupos	4782,000	4	1195,500	21,348	0,000
	Dentro de grupos	560,000	10	56,000		
	Total	5342,000	14			

En el contenido de hierro, el tratamiento T1 tuvo mayor concentración con un valor de 410 mg/kg, sin embargo, este tratamiento tiene similitud con el T2 con un valor de 398,50 mg/kg de acuerdo a la prueba de Tukey (anexo 7-N), mientras que los tratamientos T3, T4 y T5 tuvieron valores de 381,50, 376,50 y 358,50 respectivamente. Estudios realizados por Álvarez *et al.* (2019) obtuvo una concentración de hierro de 209 mg/kg en compost obtenido a partir de gallinaza., mientras que en compost de residuo de tomate se obtuvo una concentración de 250 mg/kg de acuerdo a estudios reportados por Martínez *et al.* (2014).

En el contenido de manganeso, el T2 tuvo mayor concentración con un valor de 1347 mg/kg, sin embargo, todos los tratamientos reportan similitud estadística de acuerdo a la prueba de Tukey (anexo 7-M). Mientras, que el T1, T4 y T5 tuvieron valores de 1319, 1331 y 1287,50 mg/kg respectivamente. Estudios realizados por Álvarez *et al.* (2021) y Rodríguez *et al.* (2013) reportaron niveles de manganeso de 190 a 390 mg/kg, valores muy bajos en comparación a lo de este estudio, además demostraron que el aumento del contenido de Mn puede estar relacionado a la interacción estiércol y residuo vegetal.

En la tabla 4.7., se muestra la calidad del compost donde en una evaluación general que todos los tratamientos están tipificados para un compost de clase B, pero, sin embargo, los parámetros P, Cu y Zn cumple con los límites para un compost de clase A.

Tabla 4.7. Análisis de calidad de compost

Parámetros	Tratamientos					Límites según Norma Chilena Nch2880		Normativa Colombiana 5167/04
	T1	T2	T3	T4	T5	Clase A	Clase B	
pH	7,9	8	8	8	8,2	5,0 – 7,5	5,0 – 8,5	7-9
C.E (dS/m)	12,30	9,45	9,05	10,05	9	< 3	< 8	
M.O	32,30	39,35	37,85	32,05	15,20	≥ 45	≥ 25	
N (mg.Kg ⁻¹)	13500	9500	8000	10500	8500	≥ 5000	≥ 6000	≥ 20000
P (mg.Kg ⁻¹)	12300	12550	12350	12300	10600	≥ 1000	≤ 1000	≥ 20000
K (mg.Kg ⁻¹)	15500	14900	14750	20050	13800			≥ 20000
Cu (mg. Kg ⁻¹)	54	48,5	66	48	46,5	< 100	< 1000	
Zn (mg. Kg ⁻¹)	92,5	91	73,5	88,5	70,5	< 200	< 2000	

Con respecto al potencial de hidrogeno (pH), todos los tratamientos tuvieron valores >7,9 que de acuerdo a la norma chilena Nch2880 este parámetro es de clase B, de igual manera están dentro de los límites permisibles de acuerdo a la normativa colombiana. Estudios realizados por Tituña (2009) el pH del compost en su estado de maduración puede estar entre 8 y 9, y esta alcalinidad se debe a la disminución de CO₂ por la respiración de microorganismos, además de la ausencia de ácidos orgánicos.

La conductividad eléctrica, sobrepasa los límites para un compost de clase A y B de acuerdo a la normativa chilena Nch 2880 con valores por encima de 8 dS/m, sin embargo, el T3 tuvo menor concentración con 9,05. López *et al.*, (2017) recomienda valores bajos de CE ya que este posibilita el manejo de fertilización evitando problemas de fitotoxicidad en los cultivos.

La Materia orgánica, en los tratamientos T1, T2, T3 y T4 alcanzó concentraciones >25 lo cuales cumplen para un compost de clase B, pero de acuerdo a Cabrera y Rossi (2016) el contenido de MO en un sustrato debe ser mayor, ya que esto permite la activación de microorganismos en el suelo, mejora la estructura, aireación y retiene la humedad en el suelo, por lo tanto, el T2 tuvo mayor concentración de MO, que el resto con un valor de 39,35%.

El nitrógeno, todos los tratamientos cumplen con los límites para un compost de clase A y B de acuerdo a la normativa chilena Nch2880 y, pero sin embargo para la normativa colombiana no cumple con el valor establecido. De acuerdo con Castro *et al.*, (2009) valores superiores a 20000 mg/kg de N está dentro de las normativas europeas para abono orgánico. El N en los sustratos es caracterizado por su potencial de aumentar el sistema foliar en las plantas (Constanza *et al.*, 2017), siendo el T1 con mayor contenido de este nutriente.

El fósforo, de acuerdo a la normativa chilena Nch2880 todos los tratamientos cumplen para un compost de clase A, pero sin embargo estos valores están muy por debajo de lo recomendado por la normativa colombiana. De acuerdo con Mixquititla y Villegas (2016) el fósforo en la planta promueve la maduración y producción de semillas dentro de las células vegetales.

Además, el fósforo es fundamental para el metabolismo de la planta, ya que permite realizar la biosíntesis de glúcidos, lípidos y la clorofila, también entre otras funciones fortalece el sistema radicular de la planta; este compuesto es limitante en el suelo por su baja velocidad de difusión y alta velocidad de absorción en las plantas (Ramírez *et al.*, 2018), por lo que se requiere aplicar sustrato con mayor concentración de P, donde en la presente investigación el T2 tuvo la mayor concentración con 12300 mg/kg.

La normativa chilena Nch 2880 no considera el parámetro Potasio, pero, sin embargo, los valores de los tratamientos T1, T2, T3 y T5 están por debajo de límite establecido por la normativa colombiana, mientras que el T4 tuvo la concentración más alta con 20050 mg/kg. De acuerdo con López *et al.* (2016) indica que, en la fase del crecimiento del cultivo, absorben grandes cantidades de K y su reserva en el suelo es limitada, por lo que se recomienda incorporar mayores concentraciones de este nutriente, pero sin embargo baja concentración de K presentó mayor índice de área foliar en el cultivo de tomate de acuerdo a estudios realizados por Ramírez *et al.*, (2018).

En los micronutrientes, tanto en la concentración cobre y zinc los tratamientos cumplieron con lo establecido en la normativa Chile Nch2880 para un compost de clase A. Pero a pesar que estos elementos se requieren en cantidades pequeñas,

estos metales son indispensable para cumplir funciones metabólicas de las plantas como que ocurra la fotosíntesis y que se lleva a cabo el metabolismo de los carbohidratos (Amezcuca y Lara, 2017).

Los sustratos con altos contenidos de metales pesados afectan a la calidad del suelo, el cultivo y aguas subterráneas de acuerdo a lo establecido por García y Daza (2016). Además, Machecha *et al.* (2015) indican que estos metales son bioacumulables y se encuentran disponibles en los órganos comestibles de las plantas, lo que puede ocasionar problemas a la salud humana.

4.3. FASE III. ESTABLECIMIENTO DE UNA GUÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROPECUARIOS

La FAO (2015) establece que las prácticas agrícolas sostenibles mitigan presión sobre los recursos naturales, además reduce el uso de sustancia nocivas para el ambiente, así lo que contrastamos fenómenos provocados por el cambio climático garantizando los sistemas de vida en zonas rurales y urbanas. Por tal razón se llevó a cabo presentación y socialización de una guía de buenas prácticas agrícola en el Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario de la ESPAM MFL, como se muestra en el anexo 6-A.



ESPAMMFL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ

GUÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROPECUARIOS

TEMA:
CONTENIDO NUTRICIONAL DEL
COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS
AGROPECUARIOS EN LA ESPAM MFL

AUTORES:
DELGADO ZAMBRANO MARÍA JOSÉ
GARCÍA MERA CHRISTOPHER LEROI

TUTOR:
ING. FABRICIO ENRIQUE ALCÍVAR
INTRIAGO M. SC.



Carrera de
**INGENIERÍA
AMBIENTAL**

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En los parámetros físicos, la semana 4 tuvo mayor grado de temperatura con un valor de 64,9°C en todos los tratamientos y luego de esta semana comenzó a disminuir, llegando a una temperatura ambiente al final del proceso. En el parámetro pH la semana 6 tuvo mayor concentración con un 9,4 en todos los tratamientos, llegando a disminuir en esa semana, teniendo al final un pH máximo de 6,9 y mínimo de 6,2. Tanto la temperatura como el pH no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos durante el proceso de compostaje.
- Las diferentes dosis de residuos vegetales y animales aplicados en cada uno de los tratamientos influyeron significativamente en la concentración nutricional del compost, logrando mayores concentraciones de macronutrientes como el N, P y K, y metales pesados que se encuentran dentro del máximo permisible de acuerdo a la normativa chilena Nch2880, lo cual se puede tipificar a todos los tratamientos para un compost de clase B, por sus altas concentraciones de pH y C.E., pero sin embargo, el T4 la mezcla con mayor fuente de carbono, posee las concentraciones necesarias de nutrientes y menor concentración de metales, para el desarrollo de un cultivo.
- La guía ambiental permitió ser usada como herramienta de socialización para poner en práctica las buenas prácticas agrícolas y ambientales en el Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario (CIIDEA) de la ESPAM MFL, proporcionando la educación para el aprovechamiento de subproductos agropecuarios para la elaboración de compost.

5.2. RECOMENDACIONES

- Evaluar el comportamiento de los macronutrientes y micronutrientes en el proceso de compostaje, en cada uno de los tratamientos.
- Utilizar el compost con mayor contenido de macronutrientes como en el caso de la investigación el T4, para la fertilización orgánica de cultivos.
- Evaluar la toxicidad del compost en cada uno de los tratamientos, sobre el crecimiento del cultivo.
- Continuar con las socializaciones a comunidades agroproductivas de la provincia de Manabí.

BIBLIOGRAFÍA

- Abel, J. (2019). Interpretación del suelo: patrones y cultivos alternativos. Obtenido en: <https://www.fertibox.net/single-post/interpretacion-suelo>
- Acosta, W. y Peralta, F. (2015). Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá (Doctoral dissertation).
- Aguirre, J. y Jaramillo, L. (2015). The role of description in qualitative research. Obtenido de [scielo.conicyt.cl: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-554X2015000200006](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-554X2015000200006)
- Álvarez, L. (2009). Pastos y forrajes. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <https://biblioteca.ihatuey.cu/link/libros/agronomia/pyf09.pdf>
- Álvarez, J. (2006). Manual del compostaje para la agricultura ecológica. Estudio sobre mezclas óptimas de material vegetal para compostaje de alperujos en almazaras ecológicas y caracterización físico química de los compost producidos. DGPE. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Andalucía, España. 47 p.
- Álvarez, A., Llenera, L. y Reyes, J. (2021). Efecto de sustancias azucaradas en la descomposición de sustratos orgánicos para la elaboración de compost. *Terra Latinoamericana*. 39(16). <https://www.redalyc.org/journal/573/57366066029/html/>
- Alvarez, M., Largo, A., Iglesias, S. y Castillo, J. (2019). Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos. *Scientia Agropecuaria*. 10(3): 353-361.
- Amezcus, J y Lara, M. (2017). Metales en las planatas. *Ciencias*. 68(3). 28-35. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_3/PDF/zinc_plantas.pdf

- Andrade, E. (2012). Efectos de la aplicación de tres niveles de fertilización orgánica en la producción de cilantro (*Coriandun sativum* L.). [Tesis de grado de la Universidad Técnica de Babahoyo]. URL: <https://www.yumpu.com/es/document/view/14512290/tesis-final-utbpdf-universidadtecnica-de-babahoyo>
- Andrade, Y., Hidalgo, A. y Herrera, C. (2019). Caracterización de lixiviados generados del raquis de plátano (*Musa paradisiaca* L.). *Rev Sist Prod Agroecol.* 10(1): 18 – 47.
- Armas, C. (2017). Residuos agropecuarios. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://www.agroambient.gva.es/documents/20549779/161513659/14.+Residuos+agropecuarios/5614cf79-d0d7-4543-a5bf-aa493d759d84.pdf>
- Armijos, S. (2016). Evaluación del biol mineralizado con harina de rocas. [Tesis de grado de la Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17269/1/Jorge%20Antonio%20Armijos%20Soto.pdf>
- Avendaño, R. (2013). Fertilizantes orgánicos compost. [Tesis de la Universidad Católica de Chile]. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=030617>
- Ayilara, M., Olanrewaju, O., Babalola, O. y Odeyemi, O. (2020). Waste Management through Composting: Challenges and Potentials. *Sustainability* 2020, 12, 4456; <https://doi.org/10.3390/su12114456>
- Barbaro, L., Karlanian, M., Rizzo, P. y Riera, N. (2019). Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustratos. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia* (2019) 35(2):126-136.
- Barres, T. (2012). Residuos agrarios. (En línea). Formato PDF. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/images/es/Residuos%20agrarios_tcm30-193059.pdf

- Bohórquez, W. (2019). El proceso de compostaje. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1071&context=libros>
- Bot, A. (2015). Actividades de compostaje. (En línea). Formato PDF. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/1.%20Materia%20org%C3%A1nica%20y%20actividad%20biol%C3%B3gica.pdf>
- Cabrera, V y Rossi, M. (2016). Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores. Lima-Perú. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2251/Q70-C32-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cadena, P., Rendón, R., Aguilar, J., Salinas, E., De la Cruz, F. y Sangerman, D. (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las ciencias sociales. Obtenido de www.scielo.org.mx: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000701603
- Cajamarca, D. (2012). Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos. [Tesis de grado de la Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias] URL: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3277/1/TESIS.pdf>
- Cameron, R. (2014). Cambio Climático: Implicaciones para la agricultura. Hallazgos claves del quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. University of Cambridge
- Carabassa, V., Domene, X. y Alcañiz, J. (2019). Soil restoration using compost-like-outputs and digestates from non-source-separated urban waste as organic

amendments: Limitations and opportunities. *Journal of Environmental Management* 255, (2020), 109909. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109909>

Casco, J. y Herrera, M. (2008) Compostaje. (En línea). Formato PDF. Disponible en:

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=APuzwas6rrcC&oi=fnd&pg=PA4&dq=compostaje+proceso&ots=BSOoO4ntS3&sig=bCX-f1ZggyJdRKMZZyj4HOjWr2Q#v=onepage&q=compostaje%20proceso&f=false>

Castillo, L. (2020). Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019. (En línea). Formato PDF. Obtenido en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV_FIN_107_TE_Castillo_Huaman_2020.pdf

Castro, A., Henriquez, C. y Bertsch, F. (2009). Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Argonomía Costarricense*, 33(1). 31-43

Cicek, H., Bhullar, G., Mandloi, L., Andres, C. y Riar, M. (2020). Partial Acidulation of Rock Phosphate for Increased Productivity in Organic and Smallholder Farming. *Sustainability* 2020, 12, 607. <https://doi.org/10.3390/su12020607>

Comisión para la Cooperación Ambiental, CCA (2017). Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte, informe sintético, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, 52 pp. ISBN: 978-2-89700-232-9

Contreras, S., Álvarez, D., Trujillo, N. y Dendooven, N. (2004). Composting of annery effluentwith cow manure and wheat straw. *Bioresourcetechnol.* 94, 223-228.

Constanza, L., Caycedo, L., Gómez, M., Ramos, S y Rodríguez, J. (2017). *Bacillus* spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *NOVA.* 15(27). 45-65

- Chávez, V., Valencia, A., Córdova, C., Flores, N., Jarillo, J. y Noa, J. (2017). Lixiviados de Raquis de Plátano: Obtención y Usos Potenciales. Cuadernos de Biodiversidad 53: 1 – 8.
- Dávila, G. (2006). Método inductivo. (En línea). Formato PDF. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/761/76109911.pdf>
- Delgado, M., Mendoza, K., González, M., Tadeo, J. y Martín, J. (2019). Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. Rev. Int. Contam. Ambie. 35(4): 965-977.
- De La Peña, M. y Norpeño, C. (2019). Microorganismos eficientes. (En línea). Formato PDF. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5298/De%20la%20Pe%C3%B1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Escalante, A., Perez, G., Moreno, C., Collado, J., Moreno, C., Campo, J., Pacheco, E. y Barra, E. (2012). Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo Biocarbon (biochar). (En línea). Formato PDF. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>.
- Estrada, A. (2015). Manejo y procesamiento de la gallinaza. Revista Lasallita De investigación - VOL. 2 No. 1 43
- Fallas, D. (2017). Caracterización del proceso de compostaje y aprovechamiento del calor generado en un reactor bajo aireación forzada. [Tesis de grado de la Universidad De Costa Rica Sede Rodrigo Facio]. <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2017/05/Tesis-DiegoFallas.pdf>
- Fallas, J. (2012). Análisis de varianza. (En línea). Formato PDF. Disponible en: https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis_de_varianza_2012.pdf
- FAO, (2014). Residuos ganaderos. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a-bp843s.pdf>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2013). Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina. Santiago de Chile, Chile. 108 p.
- Feicán, C. (2011). Manual de producción de abonos orgánicos. Estación Experimental del Austro. Cuenca, Ecuador. Manual No 89. 38 p.
- Fogarassy, C., Hoang, N. y Nagy, K. (2022). Composting Strategy Instead of Waste-to-Energy in the Urban Context—A Case Study from Ho Chi Minh City, Vietnam. *Appl. Sci.* 2022, 12, 2218. <https://doi.org/10.3390/app12042218>
- Fotax, H. (2017). Guías de gestión agrícolas. Obtenido de: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/6584/Gu%20a_residuos_agrarios_ESP.pdf?sequence=1
- Galindo, L. (2018). Estandarización de la técnica de compostaje enriquecido con fosforo como método de reaprovechamiento de los residuos orgánicos de la plaza sur de Tunja. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2209/1/TGT-922.pdf>
- García, C. (2016). Cómo hacer compost, Concepto y fases del compostaje. AgroEs.es. En línea. Recuperado de <https://www.agroes.es/agricultura/abonos/810-como-hacer-compost-concepto-y-fases-del-compostaje>
- García, G y Daza, M. (2016). Evaluación de enmiendas en el proceso de compostaje de residuos de curtiembres. *Producción+limpia.* 11(1): 53-59.
- García, X. (2017). Abonos agrícolas. [Tesis de grado Universidad Agraria De La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2823/Q70-P7-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garro, J. (2016). El suelo y los abonos orgánicos. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>

- Gómez, L. (2014). Método bibliográfico. (En línea). Formato PDF. Obtenido de:
<https://www.redalyc.org/pdf/496/49630405022.pdf>
- Gómez, R. (2016). Compostaje de residuos. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Barcelona]
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>
- Gordillo, F. y Chávez, E. (2010). Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Centro de Investigación Científica y Tecnológica.
- Guerrero, V. (2010). Manual de leguminosas y abonos verdes para una agricultura sostenible y soberanía alimentaria. [Tesis de grado de la Universidad de España Tiexala]. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/27873>
- Hernández R., Ofelia Adriana., Hernández T., Ana R., Arras V. y Ojeda, D. (2013). Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios. *Terra Latinoamericana*, 31(1), 35-46
- Herrero, M. y Gil, S. (2008). Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. *Ecología Austral*, 273-289
- Hidalgo, K. (2019). Contenido nutricional del compost elaborado a partir de residuos de soca de maíz (*Zea Mays L.*). Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/handle/42000/1227>
- Hellal, F., El-Sayed, S., Zewainy, R. y Amer, A. (2019). Importance of phosphate pock application for sustaining agricultural production in Egypt. *Bulletin of the National Research Centre* (2019) 43:11. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0050-9>
- Instituto Nacional de Normalización INN, (2013). Compost, Clasificación y requisitos. Obtenido de <http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf>

- Irañeta, J., Sánchez, L., Malumbres, A., Amezqueta, J. y Delgado, J. (2011). Agricultura, Fertilización y Medio Ambiente: Valoración agronómica de las materias orgánicas. *Navarra Agraria* 2011: 21 – 30
- Jaimes, H., Suárez, I. y Torres, J. (2021). El compostaje: una alternativa para la recuperación de suelos contaminados por agroquímicos para el pequeño productor. *Revista Ciencias Agropecuarias* 7(1):51-67.
- Julca, A. (2006). La materia orgánica. Documento PDF. Obtenido en <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf>
- Li, R., Xu, K., Ali, A., Deng, H., Cai, H., Wang, Q., Pan, J., Chang, C., Liu, H. y Zhang, Z. (2020). Sulfur-aided composting facilitates ammonia release mitigation, endocrine disrupting chemicals degradation and biosolids stabilization. *Bioresource Technology* 312, (2020), 123653. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123653>
- Loor, M., Andrade, F., Lizabaruna, L. y Masache, M. (2017). Valoración económica de los beneficios del aprovechamiento energético de los residuos agrícolas en el Ecuador. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/318634717_Valoracion_economica_de_los_cobeneficios_del_aprovechamiento_de_los_residuos_agricolas_del_Ecuador
- López, W. (2012). Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol (Doctoral dissertation).
- López, M. (2011). Fertilizantes químicos, orgánico y enmiendas minerales en la producción de cebolla paiteña. Consultado 5 de mayo 2014. Formato PDF Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2207/1/T-UTEQ-0247.pdf>
- López, M. (2015). Residuos orgánicos. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=dNysBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA41&dq=compostaje+con+residuos+org%C3%A1nicos&ots=v5mFoEkmH>

_&sig=Si5saYeSEIHQ8LSiM22DK1FL_gY#v=onepage&q=compostaje%20con%20residuos%20org%C3%A1nicos&f=false

- López, C., Barbazán, M y Ernst, O. (2016). Fertilización con potasio en soja: asociación de la respuesta del cultivo con características edáficas y topográficas. *Agrociencia Uruguay*. 20(2). 109-120.
- López, E., Andrade, A., Herrera, M., Gonzalez, O y García, A. (2017). Propieade de un compostaje obtenido a partir de residuo de la producción de azúcar de caña. *Revista Centro Agrícola*. 44(3). 49-55.
- Ludeña, V. (2007). Eficiencia del purín de cerdo. [Tesis de grado Escuela de Biología Del Medio Ambiente] <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6963/1/07070.pdf>
- Llona, M. y Faz, A. (2006). Efectos en el Sistema Suelo-Planta Después de Tres Años de Aplicación de Purín de Cerdo como Fertilizante en un Cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea* L.). *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal* 6(1): 41-51.
- Macas, G. (2020). Uso de compostaje como estrategia de gestión de residuos orgánicos ganaderos en Mutile parroquia San Mateo-Esmeraldas (Doctoral dissertation, Ecuador-PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental).
- Machecha, J., Trujillo, J y Torres, M. (2015). Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari, Departamento del Meta. *ORINOQUIA*. 19(1). 118-122.
- Márquez P., Díaz, M. y Cabrera, F. (2005). Factores que afectan al proceso de Compostaje. Universidad de Huelva. España. Recuperado de: [http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores que afectan al proceso de compostaje.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf)
- Márquez, P., Blanco, M. y Capitán, F. (2021). Capítulo 4. Factores que afectan al proceso de compostaje. Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva. [En Línea]. Disponible en: <https://cutt.ly/UnvsrkT>

- Márquez, P., Díaz, M. y Cabrera, C. (2016). Factores que afectan al proceso del compostaje. (En línea). Formato PDF. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
- Medina, M., Quintero, R., Espinosa, D., Alarcón, A., Etchevers, J., Trinidad, A., y Conde, F. (2018). Generación de un inoculante acelerador del compostaje. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(2), 206-210. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.03.010>
- Mejía, C. (2011). Manual de producción agrícola. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/307577776_Manual_de_Produccion_de_Abonos_Organicos
- Mekki, A., Aloui, F. y Sayadi, S. (2019). Influence of biowaste compost amendment on soil organic carbon storage under arid climate. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 69:7, 867-877. <https://doi.org/10.1080/10962247.2017.1374311>
- Mero, E. y Barreiro, F. (2021). Evaluación de la calidad del compost elaborado a partir de subproductos de arroz (*Oryza sativa*) y yuca (*Manihot esculenta*). Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1641/1/TTMA52D.pdf>
- Mikkelsen, R. (2008). Managing Potassium for Organic Crop Production. *Better Crops* 92 (2): 26 – 29
- Mixquititla, G y Villegas, O. (2016). Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos. *Acta agrícola y pecuaria*. 2(3). 55-61.
- Ministerio del Ambiente y agua. (2014). Aprovechamiento Energético de Residuos Agropecuarios. Enfocado a la Mitigación del cambio climático, Ecuador, Quito. Obtenido https://www.researchgate.net/publication/318634717_Valoracion_economica_de_los_cobeneficios_del_aprovechamiento_de_los_residuos_agricolas_del_Ecuador

- Mondini, C., Dell, L. y Benedetti, A. (2003). An integrated chemical, thermal y microbiological approach to compost stability evaluation. *J. Environ. Qual.* 32: 2379-2386
- Morales, L. y Rocha, P. (2019). Caracterización de los desechos orgánicos de la parroquia Ayora y su potencial uso como abono dentro de una agricultura sustentable de la zona (Bachelor's thesis).
- Mosquera, B. (2010). Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Obtenido de PDF en: http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf
- Mudhoo, A., Ramasamy, D., Bhatnagar, A., Usman, M. y Sillanpää, M. (2020). An analysis of the versatility and effectiveness of composts for sequestering heavy metal ions, dyes and xenobiotics from soils and aqueous milieus. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 197, (2020), 110587. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110587>
- Muñoz, L. (2018). Abonos económicos. Recuperado el 13 de noviembre de 2020, de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1742&context=ing_ambiental_sanitaria
- Natural Resources Conservation Service, USDA (2019). Relación Carbono-Nitrógeno en los agroecosistemas. Obtenido en: <http://cultivosdeservicios.agro.uba.ar/relacion-carbono-nitrogeno-en-los-agroecosistemas/>
- Naranjo, E. (2013). Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost. (En línea). Ec. Formato PDF. Obtenido en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5310/1/Tesis52%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20173.pdf>
- Navia, C., Zemanate, Y., Morales, S., Alonso, F. y Albán, N. (2013). Evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de cosecha de

tomate (*Solanum lycopersicum*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Edición Especial (2): 165 – 173.*

Negro, M., Villa, F., Ibar, R., Alarcón G., De Benito, A., García, A., García, Labrador, C., Lacasta, C., Lezaún, J., Meco, R., Pardo, G., Solano, M., Torner, C. y Zaragoza, C. (2000). *Producción de gestión del compostaje.* (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC. (2004). *NTC 5167: Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo* (pág. 43).

Nadia, O., Xiang, L., Lie, L., Dzulkornain, C., Mohammed, M y Baharuddin, A. (2015). *Investigation of physico-chemical properties and microbial community during poultry manure co-composting process.* *Journal of Environmental Sciences* 28: 81-94

NORMA CHILENA. (2004). *Compost - clasificación y requisitos.* División de Normas del Instituto Nacional de Normalización. INN. NCh2880. Santiago, Chile. 27 p.

Ocana, R., Rebello, L. y Torres, P. (2013). *Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal.* Obtenido de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000100008

Ohlenschlaeger, F. (2017). *Los beneficios del Compost, mitos y realidades.* Obtenido de <https://www.alvelal.net/single-post/2017/05/30/los-beneficios-del-compost-mitos-y-realidades#:~:text=La%20frecuente%20aportaci%C3%B3n%20de%20la,y%20magnesio%20para%20las%20plantas.&text=Desde%20su%20forma%20org%C3%A1nica%20a,ser%20asimilable%20para%20las%>

- 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 biorresiduos de origen municipal. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(1), 91-100. Recuperado en 14 de febrero de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000100008&lng=es&tlng=es.
- Pachón, M. y Vargas, A. (2015). Revisión sobre el estudio de la dinámica de los microorganismos presentes en el compostaje de subproductos de la caña de azúcar.
- Panagea, I., Berti, A., Cermak, P., Diels, J., Elsen, A., Kusá, H., Piccoli, I., Poesen, J., Stoate, C., Tits, M., Toth, Z., and Wyseure, G. (2021). Soil Water Retention as Affected by Management Induced Changes of Soil Organic Carbon: Analysis of Long-Term Experiments in Europe. *Land* 2021, 10, 1362. <https://doi.org/10.3390/land10121362>
- Pérez, Z. (2016). La importancia del pH en el proceso de compostaje. Lima, PE. Recuperado de <http://unjuradio.com/2020/05/21/la-importancia-del-ph-en-el-proceso-de-compostaje/>
- Pino, J., Peña, L., Rendón, J., Gonzales, C. y Tristan, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de américa. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/237032461_IMPACTOS_Y_REGULACIONES_AMBIENTALES_DEL_ESTIERCOL_GENERADO_POR_LOS_SISTEMAS_GANADEROS_DE_ALGUNOS_PAISES_DE_AMERICA
- Picetti, R., Deeney, M., Pastorino, S., Miller, M., Shah, A., Leon, D., Dangour, A. y Green, R. (2022). Nitrate and nitrite contamination in drinking water and cancer risk: A systematic review with meta-analysis. *Environmental Research* 210, (2022), 112988. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112988>

- Posso, J. (2010). Evaluación de diferentes dosis de compost y lombricompost aplicado al suelo de vivero de palma aceitera (*Elaeis guinensis*). Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70453/juliocesarposso_agudelo.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramírez H., Stanilav Magnitskiy., Esperanza S. y Melgarejo L. (2018). Efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio sobre el crecimiento del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en etapa vegetativa. Documento PDF. Obtenido en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v12n1/2011-2173-rcch-12-01-31.pdf>
- Ramos, D. y Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales* 35(4): 52-59.
- Rekalde, I., Vizcarra, M. y Macazaga, A. (2014). La Observación Como Estrategia De Investigación Para Construir Contextos De Aprendizaje Y Fomentar Procesos Participativos. (En línea) Formato PDF. Obtenido de [www.redalyc.org: https://www.redalyc.org/pdf/706/70629509009.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/706/70629509009.pdf)
- Rivas, M. y Silva, R. (2020). Calidad física y química de tres compost, elaborada con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia Crassipes*). *Revista Ciencia UNEMI* 13(32): 87 – 100.
- Rivera, L. (2011). Evaluación de Microorganismos Eficaces en procesos de compostaje de residuos de maleza. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Universidad César Vallejo. Escuela Académica de Ingeniería Ambiental. Lima-Perú. 2011.
- Roig, A., Cayuela, M. y Sánchez, M. (2004). The use of elemental sulphur as organic alternative to control pH during composting of olive mill wastes. *Chemosphere* 57, (2004), 1099–1105. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.08.024>

- Robles, L. (2015). Factores del compostaje. (En línea) Formato PDF. Disponible en:
<http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
- Rodríguez, D., Mendoza, B., Marco, L y Gómez, C. (2016). Calidad de abonos orgánicos empleados en la depresión de Quíbor-Venezuela bajo ambientes protegidos. *Ciencias Agrarias*. 9(2): 1-10.
<http://dx.doi.org/10.18779/cytuteq.v9i2.18.g10>
- Román, L. y Estrada, N. (2020). Raquis de Plátano. (En línea) Formato PDF. Obtenido de: 2020
http://ojs.inivit.cu/index.php?journal=inivit&page=article&op=view&path%5B%5D=136&path%5B%5D=AT06012020_8CC11
- Román, L. y Estrada, N. (2020). Raquis de Plátano. Obtenido de: 2020
http://ojs.inivit.cu/index.php?journal=inivit&page=article&op=view&path%5B%5D=136&path%5B%5D=AT06012020_8CC11
- Román, P., Martínez, M. y Pantoja, A. (2013). Manual del compostaje del agricultor. (En línea) Formato PDF. Obtenido de
<file:///C:/Users/HP/Downloads/Manual%20del%20COMPOST%20FAO.pdf>
- Ruilova, M. y Hernández, A. (2014). Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. Obtenido de
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223131337008>
- Sánchez, B., Ruiz, M. y Ríos, M. (2005). Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. *Agronomía tropical*, 55(4), 507-534.
- Sancho, J. (2010). Manual del compostaje. Documento PDF. Obtenido en:
https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/Manual%20de%20compostaje%202011%20PAGINAS%201-24_tcm30-185556.pdf

- Sayara, T. y Sánchez, A. (2021). Gaseous Emissions from the Composting Process: Controlling Parameters and Strategies of Mitigation. *Processes* 2021, 9, 1844. <https://doi.org/10.3390/pr9101844>
- Shrestha, P., Smal, C. y Kay, A. (2020). Quantifying nutrient recovery efficiency and loss from compost-based urban agriculture. *PLoS ONE* 15(4): e0230996. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230996>
- Silva, C., Cevallos, R., Sarabia, A. y Boza, J. (2016). Impacto en el medio ambiente de las actividades agropecuarias. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/08/ganaderia.html>
- Soto, G. y Meléndez, G. (2004). Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* No. 72 p. 91-97.
- Souza, O. y De Santos, I. (2006). Aprovechamiento de los residuos agropecuarios tratados con urea en la alimentación animal.
- Stency, G. (2011). Bovinaza. (En línea). Formato PDF Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/65974267/Bovinaza>.
- Sukstorf, F., Bennike, O. y Elberling, B. (2020). Glacial Rock Flour as Soil Amendment in Subarctic Farming in South Greenland. *Land* 2020, 9, 198. <https://doi.org/10.3390/land9060198>
- Sullivan, D., Bary, A., Miller, R. y Brewer, L. (2018). Interpreting Compost Analyses. Oregon State University, EM 9217.
- Tapia, T y García, F. (2013). La disponibilidad del fósforo es producto de la actividad bacteriana en el suelo en ecosistemas oligotróficos: Una revisión crítica. Obtenido de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792013000400231
- Tituña, B. (2009). Elaboración de compost mediante la inoculación de tres fuentes de microorganismos a tres dosis. *Tbacundo, Pichincha. Ec.* (En línea). Formato PDF. Recuperado de:

https://www.soiltechcorp.com/images/uploads/product_PDFs/Composting_Flower_Waste_2%28Spanish%29.pdf

Toledo, M. (2016). Compostaje. Disponible en: <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf;jsessionid=41354616B45ABAB546B84FC147F62853?sequence=1>

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, UAESP (2014). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura. (En línea). Formato PDF Disponible en: http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf

Valencia, P. (2014). Residuos agropecuarios. Obtenido de: <http://www.agroambient.gva.es/documents/20549779/161513659/14.+Residuos+agropecuarios/5614cf79-d0d7-4543-a5bf-aa493d759d84>

Vargas, D. (2018). Residuos agropecuarios. [Tesis Universidad nacional agraria de la selva. Obtenido de: http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1470/VHD_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Varnero, M., Muñoz, S. y Zúñiga, R. (2009). Valorización Agrícola de Purines Porcinos Procesados con Aserrín de Pino. *Información Tecnológica* 20(6): 85 – 92.

Villalba, K., Holguín, V., Acuña, A. y Varón, P. (2011). Calidad bromatológica y organoléptica de ensilajes de residuos orgánicos del sistema de producción café-musáceas. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 2011, vol. 4, no. 1, pp. 48-49. ISSN 2027-4297

Watts, D. y Dick, W. (2014). Sustainable Uses of FGD Gypsum in Agricultural Systems: Introduction. *Journal of Environmental Quality* 43:246–252. <https://doi.org/10.2134/jeq2013.09.0357>

Wu, H., Hu, J., Shaaban, M., Xu, P., Zhao, J. and Hu, R. (2021). The effect of dolomite amendment on soil organic carbon mineralization is determined by

the dolomite size. *Ecological Processes* (2021), 10:8.
<https://doi.org/10.1186/s13717-020-00278-x>

Yepes, V. (2013). Diseño completamente al azar y ANOVA. Obtenido de:
<https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/04/27/diseno-completamente-al-azar-y-anov>

Zhang, Y., Li, M., Dong, J., Yang, H., Van Zwieten, L., Lu, H., Alshameri, A., Zhan, Z., Chen, X., Jiang, X., Xu, W., Bao, Y. and Wang, H. (2021). *Water* 2021, 13, 225. <https://doi.org/10.3390/w13020225>

ANEXOS

ANEXO 1. RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS AGROPECUARIOS Y DEMÁS MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DEL COMPOST



ANEXO 2. ELABORACIÓN DE LAS CAMAS DE COMPOSTAJE EN EL ÁREA DE CIIDEA

Anexo 2-A. Diseño de las composteras



Anexo 2-B. Pilas de compost



Anexo 2-C. Mezcla de la solución de agua, melaza y microorganismos eficientes

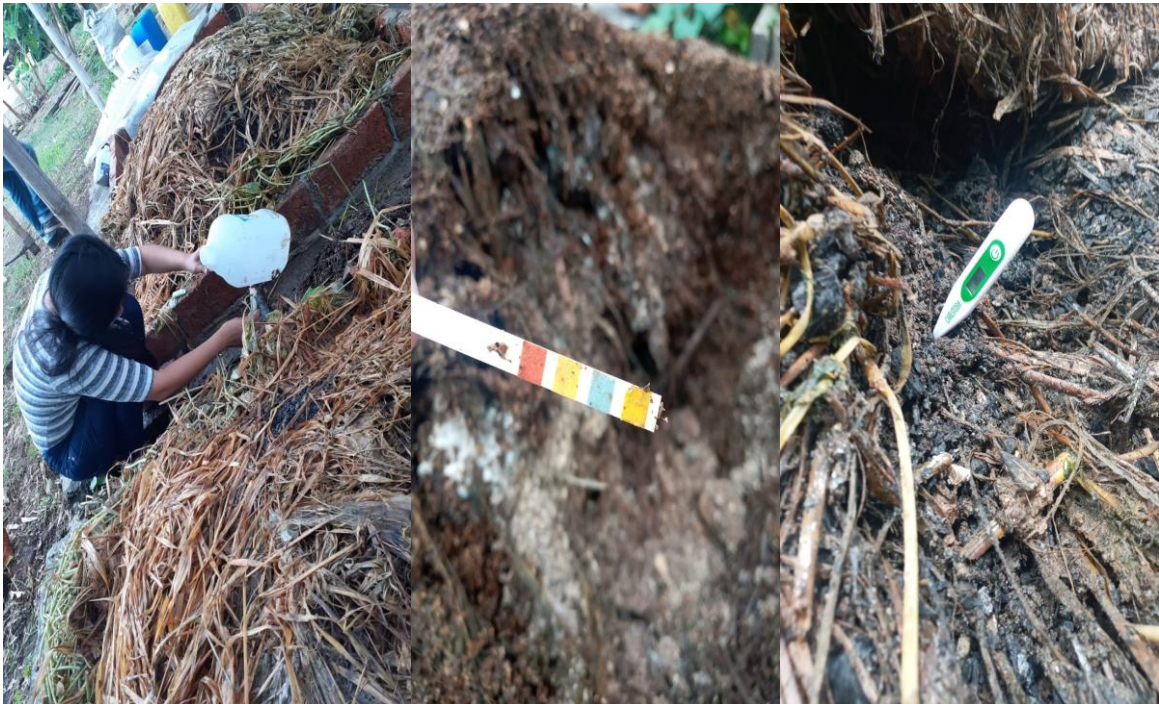


ANEXO 3. CONTROL DE PH, TEMPERATURA Y HUMEDAD

Anexo 3-A. Cubierta de plástico para controlar la temperatura



Anexo 3-B. Medición de los parámetros físicos



ANEXO 4. RECOLECCIÓN DE MUESTRA PARA SER ENVIADAS AL LABORATORIO



ANEXO 5. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

Re P	Tr at	dS/ m			mg/kg										
		pH	CE	% MO	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	1	7,9 0	12,8 0	31,3 0	14000, 00	12300, 00	14200, 00	51500, 00	8200,0 0	12500, 00	51,0 0	86,0 0	58,0 0	1309, 00	403, 00
1	2	8,0 0	9,50	42,2 0	9000,0 0	12600, 00	15600, 00	45600, 00	8400,0 0	7700,0 0	53,0 0	93,0 0	50,0 0	1301, 00	405, 00
1	3	8,0 0	9,10	33,5 0	8000,0 0	12300, 00	14900, 00	53700, 00	8200,0 0	13800, 00	51,0 0	73,0 0	48,0 0	1312, 00	383, 00
1	4	8,0 0	10,0 0	32,1 0	11000, 00	13500, 00	20900, 00	55600, 00	13400, 00	16300, 00	68,0 0	90,0 0	48,0 0	1340, 00	371, 00
1	5	8,4 0	8,90	14,6 0	8000,0 0	10700, 00	13500, 00	40800, 00	5400,0 0	6700,0 0	42,0 0	72,0 0	46,0 0	1275, 00	346, 00
2	1	7,9 0	11,8 0	33,3 0	13000, 00	12300, 00	16800, 00	48600, 00	8900,0 0	12800, 00	48,0 0	99,0 0	50,0 0	1329, 00	417, 00
2	2	8,0 0	9,40	36,5 0	10000, 00	12500, 00	14200, 00	54000, 00	8100,0 0	13900, 00	55,0 0	89,0 0	47,0 0	1393, 00	392, 00
2	3	8,0 0	9,00	42,2 0	8000,0 0	12400, 00	14600, 00	53500, 00	9200,0 0	16600, 00	49,0 0	74,0 0	84,0 0	1368, 00	380, 00
2	4	8,0 0	10,1 0	32,0 0	10000, 00	11100, 00	19200, 00	58100, 00	9600,0 0	7900,0 0	55,0 0	87,0 0	48,0 0	1322, 00	382, 00
2	5	8,0 0	9,10	15,8 0	9000,0 0	10500, 00	14100, 00	41800, 00	7400,0 0	7500,0 0	47,0 0	69,0 0	47,0 0	1300, 00	371, 00
3	1	7,9 0	12,3 0	32,3 0	13500, 00	12300, 00	15500, 00	50050, 00	8550,0 0	12650, 00	49,5 0	92,5 0	54,0 0	1319, 00	410, 00
3	2	8,0 0	9,45	39,3 5	9500,0 0	12550, 00	14900, 00	49800, 00	8250,0 0	10800, 00	54,0 0	91,0 0	48,5 0	1347, 00	398, 50
3	3	8,0 0	9,05	37,8 5	8000,0 0	12350, 00	14750, 00	53600, 00	8700,0 0	15200, 00	50,0 0	73,5 0	66,0 0	1340, 00	381, 50
3	4	8,0 0	10,0 5	32,0 5	10500, 00	12300, 00	20050, 00	56850, 00	11500, 00	12100, 00	61,5 0	88,5 0	48,0 0	1331, 00	376, 50
3	5	8,2 0	9,00	15,2 0	8500,0 0	10600, 00	13800, 00	41300, 00	6400,0 0	7100,0 0	44,5 0	70,5 0	46,5 0	1287, 50	358, 50

ANEXO 6. ELABORACIÓN DE LA GUÍA

GUÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROPECUARIOS





ESPAMMFL
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABI MANUEL FELIX LOPEZ

TEMA:
CONTENIDO NUTRICIONAL DEL
COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS
AGROPECUARIOS EN LA ESPAM MFL

AUTORES:
DELGADO ZAMBRANO MARÍA JOSÉ
GARCÍA MERA CHRISTOPHER LEROI

TUTOR:
ING. FABRICIO ENRIQUE ALCÍVAR
INTRIAGO M. SC



Carrera de
**INGENIERÍA
AMBIENTAL**

PRESENTACIÓN



ESPAMMFL
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABI MANUEL FELIX LOPEZ

A nivel mundial el 80% de los residuos agropecuarios en países desarrollados son quemados, apenas el 15% es utilizado como alimento para animales el 4,5% se reincorpora al suelo sin haberse realizado una descomposición adecuada y el 0,05% se usa como materia prima en industrias, compost, etc.

Las actividades agropecuarias generan cantidades de residuos orgánicos que se convierten luego en contaminantes del ambiente provocando daños al ecosistema (Mondini et al., 2003; Hernández et al., 2013). De la intensificación de la producción animal se derivan algunas problemáticas ambientales que afectan a los recursos naturales; la concentración de excretas en áreas reducidas son la principal fuente de exceso de nutrientes, patógenos, metales pesados, y otras drogas veterinarias afectando al agua, aire y suelo (Herrero y Gil, 2008; Castro 2019).

En el Ecuador el Plan Nacional de Desarrollo “Toda una Vida” 2017-2021 en su objetivo 6 política 6.3: impulsa a la producción de alimentos sanos, así como la existencia y acceso de mercados y sistema de producción alternativos que permite satisfacer la demanda nacional con respecto a la forma de producción local.

Por otra parte, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación [FAO] (2016) menciona que la cantidad actual de residuos agrícolas generan impactos

ÍNDICE



20% en material particulado y 8% en hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), emitidos a escala universal.

1. Introducción

1.1. Objetivos

2. Desarrollo

2.1. Residuos orgánicos

2.2. Importancia de los residuos orgánicos

2.3. Abonos orgánicos

2.4. Compost

2.4.1. Beneficios del compostaje

2.4.2. Materiales para elaborar compostaje

2.4.3. Herramientas para elaborar compostaje

2.4.4. Proceso del compostaje

2.4.5. Fases del compostaje

2.4.6. Pasos para elaborar compostaje

2.4.7.

INTRODUCCIÓN



Parámetros a medir en el compostaje

1. Bibliografía

La realización de las actividades como la agricultura repercuten en el medio ambiente esto se debe a que es el principal contaminante de los recursos acuáticos y terrestres. Villalba *et al.*, (2011); Ramos *et al.*, (2014) expresan que año a año se producen una cantidad considerable en cuanto a los residuos de cosechas.

Los residuos en general están considerados como "cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se genere en estado sólido, semisólido, o líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó o porque la legislación vigente así lo estipula"

Dentro de estos se encuentran los residuos agropecuarios, de acuerdo a sus propiedades se pueden clasificar en diferentes tipos y de esta forma se proponen las alternativas de reciclaje, eliminación o disposición.

Debido a su constitución, se plantean alternativas de reciclaje y compostaje, las cuales permiten tratar cerca de 86,6 millones de t/año. Lo anterior, desfavorece la liberación de 168 millones de toneladas métricas de equivalente de dióxido de carbono a la atmósfera; es decir, se generan efectos similares de retirar 33 millones de automóviles de las vías durante un año. Por ello, cada país plantea opciones para el manejo, originados a partir de actividades agrícolas y pecuarias, con el fin de disminuir el costo

OBJETIVOS



Objetivo general

EVALUAR EL CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST ELABORADO A BASE DE RESIDUOS AGROPECUARIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE SU CALIDAD.

Objetivos específicos

- ELABORAR EL COMPOST CON DIFERENTES MEZCLAS Y PORCENTAJES DE RESIDUOS AGROPECUARIOS.
- CUANTIFICAR EL CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS AGROPECUARIOS.
- ELABORAR UNA GUÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS AGROPECUARIOS.

2.1. RESIDUOS ORGÁNICOS

La Comisión para la Cooperación Ambiental [CCA] (2017) denomina a los residuos orgánicos, como aquellos materiales que se originan a partir de especies de flora y fauna, lo que los hace susceptibles a la descomposición desarrollada por microorganismos, además, pueden provenir de sobras y subproductos de desechos de cualquier organismo.

2.2. IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

La materia orgánica es uno de los componentes más importantes del suelo, su composición es muy variada, proviene de la descomposición de animales, plantas y microorganismos presentes en el suelo o en materiales fuera del predio, es decir estos compuestos orgánicos constituyen el 10-15% de la reserva total de materia orgánica del suelo (Flotax, 2017). Además, el autor considera que la materia orgánica también se la puede considerar como una variedad de material que tiene su origen animal o vegetal, ésta regresa al suelo después de que los microorganismos efectúan el proceso de descomposición.

2.3. ABONOS ORGÁNICOS

Ramos y Terri (2014) mencionan que los abonos orgánicos son un factor importante en la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola, por lo que se fomenta el uso de fertilizantes orgánicos como una alternativa económica para los pequeños y medianos agricultores, pero se debe ajustar la producción para mantener la calidad en el tiempo.



Bot (2015) indica que a medida que los residuos y la materia orgánica se descomponen, los nutrientes en exceso (nitrógeno, fósforo y azufre) se liberan en el suelo como plantas utilizables.

2.4. COMPOST

El compost es un abono orgánico, que se obtiene de la descomposición controlada de la materia orgánica, es un producto estable, de olor agradable y con diversas propiedades beneficiosas para el suelo y las plantas (Casco y Herrera, 2018), es decir, es la transformación con materiales de origen vegetal, animal o pueden ser mixtos, lo que lleva al origen del humus, por medio de la descomposición con oxígeno (aeróbica).

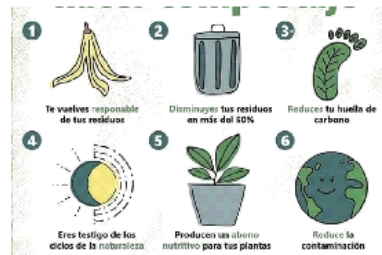


Según Gómez (2016) es una técnica que lidia con todo tipo de residuos orgánicos de forma más rápida, y que al recubrir la superficie terrestre se liga con el humus, la cual, es la esencia de una buena vida en un suelo sano, fértil y sostenible en la naturaleza.

2.4.1. BENEFICIOS DEL COMPOSTAJE

Negro et al., (2000) mencionan que, desde un punto de vista ecológico e industrial, las ventajas del compostaje son la eliminación y el reciclaje de una gran variedad de residuos, la solución de los problemas ocasionados por los vertederos y la obtención de materias primas agrícolas adecuadas. Además, ayuda a minimizar el uso de fertilizantes inorgánicos al proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.

1. Reduce la cantidad de materia orgánica que va a los vertederos.
2. Reduce el uso de fertilizantes inorgánicos, a los que sustituye.
3. Ahorra agua de riego debido a la capacidad de retención del agua del compost.
4. Aporta los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas de forma natural.
5. Reduce los costes de transporte de los residuos con los



consiguientes beneficios para los ciudadanos.

PROCESO DEL COMPOSTAJE

Fallas (2017) menciona que al descomponer inicialmente el carbono (C), el nitrógeno (N) y toda la materia orgánica, los microorganismos generan calor que puede medirse variando la temperatura a lo largo del tiempo



FASES DEL COMPOSTAJE

- Fase Mesófila: El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en unos pocos días (e inclusive horas) la temperatura sube a 45 ° C, este aumento se debe a la actividad microbiana, ya que los microorganismos utilizan fuentes simples de C y N para



generar calor durante este período.



- Fase Termófila o de Higienización: Cuando la temperatura de la materia prima supera los 45°C, los microorganismos que crecen a temperaturas moderadas (microorganismos termofílicos) son reemplazados por microorganismos que crecen a temperaturas más altas, principalmente bacterias (bacterias termófilas), favoreciendo la degradación de las fuentes de alimento, como el C, la celulosa y la lignina.

- Fase de Enfriamiento o Mesófila II: Cuando se agota la fuente de carbono, especialmente el nitrógeno en el compost, la temperatura vuelve a bajar a 40-45 °C. En esta etapa, los polímeros como la celulosa continúan descomponiéndose y aparecen algunos hongos.



- Fase de Maduración: Esta etapa dura varios meses y tiene lugar a temperatura ambiente, durante los cuales se desarrollan la condensación y la polimerización secundaria de los compuestos de carbono en los ácidos húmicos y fúlvicos.

3. BIBLIOGRAFÍA



- Abel, J. (2019). Interpretación del suelo: patrones y cultivos alternativos. Obtenido en: <https://www.fertihox.net/single-post/interpretacion-suelo>
- Acosta Carrión, W. y Peratta Franco, M. I. (2015). *Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá*. (Doctoral dissertation).
- Aguirre, J. y Jaramillo, L. (2015). The role of description in qualitative research. Obtenido de sociole.com/doi/10.1080/10705511.2015.1055442
<https://sociole.com/doi/10.1080/10705511.2015.1055442>
- Álvarez, L. (2009). Pastos y forrajes. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <https://biblioteca.italuey.cu/link/libros/agropecuaria/y/09.pdf>
- Andrade, E. (2012). 'Efectos a la aplicación de tres niveles de fertilización orgánica en la producción de cilantro (*Coriandrum sativum* L.)'. [Tesis de grado Universidad Técnica de Babahoyo]. LRL: <https://www.yumpu.com/es/document/view/14512290/tesis-final-utbpdf-universidadtecnica-de-babahoyo>
- Armas, C. (2017). Residuos agropecuarios. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: http://www.agroambient.gva.es/documents/20549779/161513359/14_Residuos+agropecuarios/5614cf79-d0d7-4543-a5bf-ae493d759d04.pdf
- Armijos, S. (2016). Evaluación del biofertilizante con harina de rocas. [Tesis de grado Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17269/1/Jorge%20Antonio%20Armijos%20tesis.pdf>
- Avendaño R. (2013). Fertilizantes orgánicos compostados. [Tesis de Universidad Católica de Chile]. <http://www.sidaic.net/cgi-bin/wxls.exe?lslsScript=BIBACL.xls&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=030617>



ANEXO 6-A: SOCIABILIZACIÓN AL PERSONAL ADMINISTRATIVO DEL ÁREA DE CIDEA



ANEXO 7. ANALÍISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Anexo 7-A. Prueba de Tukey del parámetro pH

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1,00	3	7,9000	
2,00	3	8,0000	8,0000
3,00	3	8,0000	8,0000
4,00	3	8,0000	8,0000
5,00	3		8,2000
Sig.		0,658	0,117

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos
 a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 7-B. Prueba de Tukey del parámetro CE

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
5,00	3	9,0000		
3,00	3	9,0500		
2,00	3	9,4500	9,4500	
4,00	3		10,0500	
1,00	3			12,3000
Sig.		0,197	0,060	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 7-C. Prueba de Tukey del parámetro M.O.

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
5,00	3	15,2000		
4,00	3		32,0500	
1,00	3		32,3000	
3,00	3		37,8500	37,8500
2,00	3			39,3500
Sig.		1,000	0,081	0,933

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 7-D. Prueba de Tukey del parámetro Nitrógeno

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
3,00	3	8000,0000			
5,00	3	8500,0000	8500,0000		
2,00	3		9500,0000	9500,0000	
4,00	3			10500,0000	
1,00	3				13500,0000
Sig.		0,658	0,117	0,117	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 7-E. Prueba de Tukey del parámetro Fósforo

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
5,00	3	10600,0000	
1,00	3		12300,0000
4,00	3		12300,0000
3,00	3		12350,0000
2,00	3		12550,0000
Sig.		1,000	0,977

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 7-F. Prueba de Tukey del parámetro potasio

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
5,00	3	13800,0000	
3,00	3	14750,0000	
2,00	3	14900,0000	
1,00	3	15500,0000	
4,00	3		20050,0000
Sig.		0,127	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 7-G. Prueba de Tukey del parámetro calcio

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
5,00	3	41300,0000		
2,00	3		49800,0000	
1,00	3		50050,0000	
3,00	3		53600,0000	53600,0000
4,00	3			56850,0000
Sig.		1,000	0,241	0,368

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 7-H. Prueba de Tukey del parámetro magnesio

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
5,00	3	6400,0000	
2,00	3	8250,0000	
1,00	3	8550,0000	
3,00	3	8700,0000	
4,00	3		11500,0000
Sig.		0,104	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 7-I. Prueba de Tukey del parámetro azufre

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
5,00	3	7100,0000	
2,00	3	10800,0000	10800,0000
4,00	3	12100,0000	12100,0000
1,00	3	12650,0000	12650,0000
3,00	3		15200,0000
Sig.		0,106	0,247

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 7-J. Prueba de Tukey del parámetro azufre

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
5,00	3	44,5000		
1,00	3	49,5000	49,5000	
3,00	3	50,0000	50,0000	
2,00	3		54,0000	54,0000
4,00	3			61,5000
Sig.		0,301	0,477	0,102

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 7-K, Prueba de Tukey del parámetro zinc

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
5,00	3	70,5000	
3,00	3	73,5000	
4,00	3		88,5000
2,00	3		91,0000
1,00	3		92,5000
Sig.		0,778	0,566

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 7-L. Prueba de Tukey del parámetro cobre

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa =
		0.05
		1
5,00	3	46,5000
4,00	3	48,0000
2,00	3	48,5000
1,00	3	54,0000
3,00	3	66,0000
Sig.		0,093

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 7-M. Prueba de Tukey del parámetro manganeso

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa =
		0.05
		1
5,00	3	1287,5000
1,00	3	1319,0000
4,00	3	1331,0000
3,00	3	1340,0000
2,00	3	1347,0000
Sig.		0,097

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 7-N. Prueba de Tukey del parámetro hierro

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
5,00	3	358,5000			
4,00	3	376,5000	376,5000		
3,00	3		381,5000	381,5000	
2,00	3			398,5000	398,5000
1,00	3				410,0000
Sig.		0,085	0,919	0,109	0,384

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.