

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL ABONO COMPOSTEADO UTILIZANDO
MEZCLAS DE ORIGEN VEGETAL**

POR:

FLHOR DE FATIMA BAUTISTA ARGUETA

TESIS



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS C.A.

AGOSTO, 2024

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL ABONO COMPOSTEADO UTILIZANDO
MEZCLAS DE ORIGEN VEGETAL**

POR:

FLHOR DE FATIMA BAUTISTA ARGUETA

M.Sc. OSCAR OVIDIO REDONDO FLORES

Asesor principal

**TESIS PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO INVESTIGACIÓN**

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS C.A

AGOSTO, 2024

DEDICATORIA

A nuestro **DIOS PADRE** por darme la oportunidad y la sabiduría para alcanzar mis objetivos y lograr uno de los primeros triunfos en la vida.

A mis padres **Salvador Bautista** y **Ana Argueta** por su apoyo, amor y consejos brindados en cada día de mi vida.

A mis hermanos **Danilo, Deysi, Nelson, Ana, Ramon, Perla, Carmen** y **Daniela** por ser parte de mi vida, y por todo el apoyo que me han dado.

A toda mi familia, que siempre han confiado en que pueda salir adelante, gracias por estar pendiente de mí, en especial a mi cuñada **Gisela** y cuñado **Gerson**. A mis sobrinos **Fernando, Ian, Valentina** y **Maria Jose**.

A la familia **Milla Santiago** por su gran amor hacia mi, por apoyarme en todo momento y por brindarme su amor y confianza en especial a **Cesar, Doña Doris, Don Jesus, Bridis, Javier, Axel , Oneyda** y **Amilkar**.

A mis amigos y amigas que estuvieron conmigo todo el tiempo y en el momento oportuno, en especial: **Yoel, Gavarrete, Orlem, Elsy, Alejandra, Emma, Eva, Katerine, Cindy, Diana, Fernanda, Samuel, Nataren** y **Leonardo** que fueron y seguirán siendo familia en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** nuestro redentor, por estar conmigo siempre y darme la fuerza necesaria para enfrentarme a la vida y permitirme superarme día a día.

A la Universidad Nacional de Agricultura, su personal docente, administrativo y de servicio por haberme brindado su amistad y contribuir en mi formación profesional.

A mis padres **Salvador Bautista** y **Ana Argueta** por todo el esfuerzo que han dado para que pueda hoy alcanzar mis metas. Al igual que mis hermanas (as): **Danilo, Deysi, Nelson, Ana, Ramon, Perla, Carmen** y **Daniela**.

A la familia **Milla Santiago** por su gran amor hacia mi, por apoyarme en todo momento y por brindarme su amor y confianza en especial a **Cesar, Doña Doris, Don Jesus, Bridis, Javier, Axel, Oneyda** y **Amilkar**.

A la clase **AREXIUS** que considero mi familia, en especial a mis compañeros: **Eva, Diana, Katerine, Gaby, Yoel, Fernanda, Gavarrete, Carmen, Greisy** y **Kimberly** gracias por compartir conmigo sus alegrías y tristezas.

Así también a la empresa **COMSA** por brindarme la oportunidad de realizar esta investigación en su empresa, en especial al **Ing. Rommel Melgar, Harol Sosa, Edras Bautista, Alejandra Rodriguez, Emma, Javier, Alvaro, Don Rutilio, Oscar** y a todo el personal que lo conforma, gracias por todo el apoyo brindado en este tiempo.

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
CONTENIDO	iii
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 General.....	3
2.2 Específicos.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Economía Circular	4
3.2 Principios agroecológicos.....	5
3.3 Biomasa vegetal	6
3.4 Descomposición de los productos orgánicos.....	6
3.5 Abonos orgánicos	8
3.6 Compostaje	9
3.6.1 Tipos de compostaje	9
3.6.2 Descomposición aeróbica	10
3.6.3 Fases del compostaje aeróbico.....	10
3.6.5 Factores del proceso del compostaje	13
3.7 Materias primas de origen vegetal.....	18
A. Blanco (<i>Erythrina glauca</i>)	19
B. Madreado (<i>Gliricidia sepium</i>).....	20
C. Musáceas (<i>Musáceas</i>)	21
D. Botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>)	22
E. Nacedero (<i>Trichanthera gigantea</i>)	22

F. Morera (<i>Morus alba</i>)	23
3.8 Cromatografía	24
IV MATERIALES Y MÉTODOS	26
4.1 Descripción del lugar de trabajo	26
4.2 Materiales y equipo	27
4.3 Diseño experimental	27
4.4 Método.....	28
4.5 Materiales y cantidades de la elaboración del compost de cada tratamiento	28
4.6 Variables a evaluar	30
Humedad, Temperatura y pH	30
Calidad del abono	30
Costo-Beneficio	31
4.7 Análisis Estadístico	32
V RESUTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
5.1. Composición Química de distintos abonos elaborados a partir de fuentes vegetales como sustitución de la gallinaza.....	33
5.1.1 Temperatura	33
5.1.2 Humedad.....	33
5.1.3 pH	37
5.2 Análisis Nutricional de los resultados obtenidos.....	43
5.3 Calidad de los abonos (Análisis de Cromatografía)	46
5.4 Análisis Costo-Beneficio.....	47
5.5 Aceptación y percepción de los productores sobre los abonos elaborados	48
CONCLUSIONES	ix
RECOMENDACIONES	x
BIBLIOGRAFÍA	xi
ANEXOS	xxiii

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. Mapa de ubicación de la Finca Biodinámica “La Fortaleza”	27
Figura 3. Temperatura promedio diaria (n=4): abonos tipo composteado elaborados a partir de fuentes vegetales como hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro, Nacedero, y un abono elaborado con Gallinaza	34
Figura 4. Humedad promedio diaria (n=4): abonos tipo composteado elaborados a partir de fuentes vegetales como hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro, Nacedero, y un abono elaborado con Gallinaza.....	36
Figura 5. pH promedio diaria (n=4): abonos tipo composteado elaborados a partir de fuentes vegetales como hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro, Nacedero, y un abono elaborado con Gallinaza.....	38
Figura 6. Análisis de conglomerados basados en: temperatura, humedad y ph para los diferentes abonos tipos composteado elaborados a partir de fuentes vegetales como hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro, Nacedero y Gallinaza.....	41
Figura 7. Diagrama de correlaciones significativas	42
Figura 8. Análisis de conglomerados de laboratorio para los diferentes abonos tipos composteado elaborados a partir de fuentes vegetales como hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro, Nacedero y Gallinaza.	45
Figura 9. Cromatograma de 6 distintos abonos elaborados a partir de hojas de A (Blanco), C (Morera), C (Musáceas), D (Botón de oro), E (Nacedero) y F (Gallinaza).....	47
Figura 10. Manejo frecuente del uso de la gallinaza como fuente de nitrógeno en el composteado en la producción agrícola de los socios productores asociados a COMSA en Marcala, La Paz.	49
Figura 11. Satisfacción con el rendimiento de la gallinaza como fuente de nitrógeno en el composteado en términos de calidad de los cultivos en los socios productores asociados a COMSA en Marcala, La Paz.	50
Figura 12. Preocupaciones de los socios productores asociados a comsa al considerar el uso de materiales alternativos en lugar de la gallinaza en el composteado	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Contenido nutricional de la hoja de <i>gliricidia sepium</i> , según los días de corte	20
Tabla 2. Descripción de los tratamientos.....	29
Tabla 3. Correlaciones significativas para los distintos abonos elaborados a partir de hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro, Nacedero y Gallinaza	42
Tabla 4. Análisis químico y nutricional de abonos elaborados a partir de fuentes vegetales como hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro y Nacedero	43
Tabla 5. Relación beneficio-costos de los diferentes abonos elaborados a partir de fuentes vegetales	48

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. pPasos para la elaboración de microorganismo de montaña líquido	XXIII
Anexo 2. Recolección y pesado de las materias primas	XXIV
Anexo 3. Elaboración de los abonos	XXV
Anexo 4. Volteos del composteado	XXVI
Anexo 5. Aplicación de microorganismo de montaña líquido	XXVI
anexo 6. Medición de temperatura, humedad y pH	XXVI
Anexo 7. Tratamientos y repeticiones	XXVII
Anexo 8. Envío de muestras de los abonos	XXVII
Anexo 9. Elaboración de cromatografías de los abonos	XXVIII
Anexo 10. Herramienta de toma de datos (encuesta)	XXIX
nexo 11. Aplicación de encuesta	XXXI
Anexo 12. nálisis de varianza y la prueba de tukey, ($n=3$, $\alpha=0.05$) para temperatura el día 1	XXXII
Anexo 13. Análisis de varianza y la prueba de tukey, ($n=3$, $\alpha=0.05$) para temperatura el día 15	XXXII
Anexo 14. Análisis de varianza y la prueba de tukey, ($n=3$, $\alpha=0.05$) para temperatura el día 30	XXXIII
Anexo 15. Análisis de varianza y la prueba de tukey, ($n=3$, $\alpha=0.05$) para humedad día 1	XXXIII
Anexo 16. Análisis de varianza y la prueba de tukey, ($n=3$, $\alpha=0.05$) para humedad día 15	XXXIV
Anexo 17. Análisis de varianza y la prueba de tukey, ($n=3$, $\alpha=0.05$) para humedad día 30	XXXIV
Anexo 18. Análisis de varianza y la prueba de tukey, ($n=3$, $\alpha=0.05$) para pH día 1 ...	XXXV
Anexo 19. nálisis de varianza y la prueba de tukey, ($n=3$, $\alpha=0.05$) para pH día 15	XXXV
Anexo 20. Análisis de varianza y la prueba de tukey, ($n=3$, $\alpha=0.05$) para pH día 30	XXXVI
Anexo 21. Ubicación donde se extrae la harina de roca	XXXVI
Anexo 22. Composición promedio de materiales ricos en nitrógeno	XXXVII
Anexo 23. Composición promedio de materiales ricos en carbono	XXXIX

RESUMEN

Este estudio analizó diferentes fuentes locales de origen vegetal para la producción de compost con productos de bajo costo y accesibles para los productores. Para ello, se investigaron hojas cinco tipos de plantas: Blanco (*Erythrina glauca*), Morera (*Morus Alba*), Huerta (*Musáceas*), Botón de Oro (*Tithonia Diversifolia*) y Nacedero (*Trichanthera gigantea*). Se utilizaron tres componentes principales: cascarilla de café, pulpa de café y el material vegetal. Se recolectaron las hojas y se trituraron, finamente en una picadora, las partículas fueron de 1-3 cm. La humedad y pH se midió con un equipo Kelway Soil Tester, y la temperatura con Laser Radiation durante 30 días, se realizaron dos volteos diarios del compost se aplicaron 40 litros de Microorganismos de montaña semanalmente. Los resultados mostraron para todos los tratamientos en general, en la temperatura durante el compostaje osciló entre 44°C y 60°C, alcanzando sus picos altos en los primeros días. El pH inicial variaba entre 3.79 y 4.46, ajustándose a un rango más neutro hacia el final del proceso, mientras que la humedad inicial alta disminuyó rápidamente, estabilizándose entre 40.42% y 55.25%. El análisis químico encontró que los compost obtenidos de la Morera, Botón de oro Nacedero y Huerta son los más ricos en nutrientes esenciales como Nitrógeno, Calcio, Fósforo, Magnesio, Cobre y Hierro. Además el compost de la Huerta tiene el mayor porcentaje de Potasio. En la calidad de los abonos mediante la cromatografía el Nacedero se destaca como el mejor en términos de calidad. La producción de abonos a partir de fuentes vegetales locales es viable y rentable, con un retorno positivo y una relación costo-beneficio de 1.40, promoviendo además la sostenibilidad agrícola.

Palabras claves: Economía circular, Fuentes vegetales, Compost orgánico, calidad, Nutrientes, cromatografía, Composición Química

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la gestión sostenible de los recursos y la reducción de impactos ambientales se han convertido en aspectos cruciales para abordar los desafíos ambientales y económicos que enfrenta nuestra sociedad (Sánchez 2019). El aprovechamiento local de recursos emerge como una estrategia para abordar las problemáticas ambientales, sociales y económicas contemporáneas. En un contexto global marcado por el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la degradación de los suelos, es imperativo encontrar soluciones sostenibles que fortalezcan la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades (Rodríguez 2018).

Los principios agroecológicos, propuestos por Altieri (2001), ofrece un marco teórico y práctico esencial para diseñar sistemas agrícolas sostenibles. Estos principios enfatizan la integración de prácticas ecológicas que promuevan el incremento de la biomasa y el reciclaje de nutrientes, fundamentales para estudiar, diseñar y gestionar agroecosistemas que son productivos, conservan recursos naturales y son viables cultural y socioeconómicamente. Abarca una comprensión holística de los niveles ecológicos y sociales, estos sistemas son comunidades de plantas y animales que interactúan con su entorno modificado para producir alimentos y otros productos para el consumo humano.

El uso de especies vegetales locales es un componente esencial para maximizar el aprovechamiento de recursos dentro de los principios de la agroecología. Estas especies, adaptadas a las condiciones climáticas y edafológicas específicas de una región, no solo requieren menos insumos externos como fertilizantes y pesticidas, sino que también son más resistentes a las plagas y enfermedades locales (Altieri y Nicholls, 2000).

El uso estratégico de especies locales también tiene un impacto positivo en la economía rural, ya que reduce los costos asociados con la compra y transporte de insumos externos. Esto, a su vez, fomenta la autosuficiencia de las comunidades rurales, fortaleciendo las economías locales y apoyando el desarrollo sostenible. La integración de estas especies en las prácticas agrícolas también tiene un valor cultural, ya que muchas de ellas están vinculadas a conocimientos tradicionales y prácticas ancestrales que contribuyen a la identidad y patrimonio de las comunidades rurales (Altieri y Nicholls, 2000).

En base a lo anterior, la investigación realizada en la Finca Biodinámica La Fortaleza, en Marcala, La Paz, evaluó distintos abonos composteados elaborados a partir de fuentes vegetales locales accesibles para los productores. Esta evaluación se centró en analizar la calidad de estos abonos en términos nutricionales y químicos, considerando tanto los beneficios económicos. La investigación busca demostrar que el uso de abonos composteados de origen vegetal no solo es viable en términos de costos y disponibilidad de materiales, sino que también puede contribuir a la reducción de la dependencia de insumos externos, y el fortalecimiento de la resiliencia, con el aprovechamiento de los recursos locales, promoviendo así un modelo de desarrollo más equilibrado y autosuficiente.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Realizar una evaluación comparativa de fuentes de nitrógeno locales de origen vegetal en la elaboración del abono orgánico composteado.

2.2 Específicos

Determinar la composición química y nutricional del abono orgánico composteado con distintas fuentes de nitrógeno de origen vegetal.

Determinar la calidad del abono orgánico composteado mediante la cromatografía.

Realizar un análisis económico de la producción de los abonos orgánicos.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Economía Circular

La evolución de la economía global ha estado dominada por un modelo lineal de producción y consumo, según el cual se fabrican productos a partir de materias primas, que luego se venden, se utilizan y, se desechan como residuos. Aunque se han logrado avances importantes para mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, todo sistema basado en su consumo en lugar de su uso restaurativo, conlleva pérdidas significativas a lo largo de la cadena de valor (Espaliat Canu 2017).

La economía circular es un paradigma que tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible, busca el desarrollo sostenible proponiendo diferentes estrategias en toda la cadena de producción y uso de los productos y servicios (Prieto-Sandoval *et al.*, 2017). Este implica reutilizar, reparar, renovar, reciclar, compartir y alquilar materiales y productos para generar valor, permitiendo que estén en uso o en el sistema productivo el mayor tiempo posible (García 2002).

Además permite hacer negocios atendiendo al crecimiento económico de la sociedad, a la sustentabilidad ambiental y a la disminución de los riesgos por la volatilidad e incertidumbre de precios de las materias primas y recursos energéticos (Lett 2014). Busca mantener los productos, los materiales y los recursos durante el mayor tiempo posible en el sistema económico, reduciendo al mínimo posible la extracción de recursos naturales del medio ambiente, la generación de residuos y el daño a los ecosistemas (Pardo 2020).

La adopción de la economía circular como un enfoque que vincula los procesos de adquisición de materias primas, producción y consumo de materiales asociados a diversas actividades comerciales, promueve una perspectiva de responsabilidad empresarial y organizacional. Este enfoque busca mitigar desequilibrios y problemáticas ambientales, sociales y económicas, que surgen del modelo económico lineal. Este modelo no solo impacta el medio ambiente a través de la contaminación de sus servicios ecosistémicos, sino que también afecta a la sociedad en general, generando impactos relacionados con la escasez de recursos naturales y externalidades que influyen directamente en la salud y la economía de los actores involucrados (Gómez 2020).

3.2 Principios agroecológicos

La agroecología enfatiza la importancia del reciclaje de biomasa y nutrientes en los agroecosistemas. Esto incluye la integración de residuos vegetales locales, los cuales son fundamentales para mantener y mejorar la fertilidad del suelo. Mediante la descomposición de estos residuos, se promueve el ciclo natural de nutrientes, lo que contribuye a una producción agrícola más sostenible y reduce la necesidad de insumos externos. Este enfoque no solo conserva los recursos naturales, sino que también fomenta la biodiversidad y la resiliencia del ecosistema local (Martínez 2004).

Otro principio agroecológico es la utilización de prácticas agrícolas que maximicen el aprovechamiento de la biomasa. Esto implica técnicas como el compostaje de residuos vegetales y el uso de abonos verdes, que enriquecen el suelo y aumentan la materia orgánica. Al reciclar la biomasa local, se mejora la estructura del suelo y se incrementa su capacidad de retención de agua, lo que es importante para la sostenibilidad a largo plazo de los agroecosistemas. (Martínez 2004). Al reutilizar los productos vegetales, se reduce la dependencia de insumos externos y se promueve un ciclo de nutrientes más cerrado y eficiente, lo que contribuye a una agricultura más autosuficiente y sostenible (*Nicholls et al.*,2015).

3.3 Biomasa vegetal

La biomasa se refiere a “todo material de origen biológico, excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización. También la biomasa es referida principalmente a la energía solar convertida por la vegetación en más vegetación o materia orgánica y posteriormente dicha materia orgánica puede ser convertida en diferentes tipos de energía, acorde al uso que se le quiera dar (Patiño 2014).

De acuerdo con Bustamante García *et al.*, (2017) la biomasa vegetal, esta compuesta por material orgánico derivado de procesos biológicos, puede ser transformada en energía a través de diversos métodos. Estos métodos incluyen procesos biológicos como la digestión anaeróbica y la fermentación, y procesos termoquímicos como la combustión y la gasificación.

La materia orgánica que forma los suelos tiene una composición compleja, no siendo menos la de los productos orgánicos susceptibles de ser aplicados. Básicamente en los suelos está formada por lo siguiente: Residuos de plantas y animales poco alterados o productos de la descomposición parcial de los mismos. Biomasa del suelo, formada por materia viva microbiana y otros seres vivos, que no suele superar el 5 % del total orgánico de los suelos (Jenkinson y Ladd, 1981). Sustancias orgánicas de composición definida (no húmicas), tales como proteínas, hidratos de carbono, aminoácidos y grasas (Johnston 1991, citado por Navarro-pedreño 1995).

3.4 Descomposición de los productos orgánicos

El compost es un abono orgánico que deriva de la descomposición de residuos vegetales, y otros residuos orgánicos, donde se descomponen por medio de las lombrices, hongos y bacterias (Sarmiento 2020). Durante el compostaje la materia orgánica, es biotransformada en condiciones aeróbicas, mediante reacciones de óxido-reducción catalizadas por enzimas

microbianas. En este proceso, los microorganismos utilizan la materia orgánica como nutriente para su desarrollo, produciendo su descomposición (mineralización), hasta moléculas orgánicas e inorgánicas, más sencillas, siendo el proceso de humificación, en el cual, se crean nuevas macromoléculas, a partir de moléculas sencillas (Moreno y Morál 2008 citado por Escobar Escobar *et al.*, 2012).

Los productos resultantes de la descomposición aerobia incluyen comúnmente bióxido de carbono, amoníaco (que posteriormente se convierte en nitrato) y agua, junto con otros subproductos de oxidación en menor medida. Las reacciones de oxidación son predominantemente exotérmicas, lo que puede elevar la temperatura interna del vertedero a 60°C o más en un período corto. Esta elevación de temperatura conlleva a una evaporación significativa de la humedad, lo que resulta en una generación prácticamente nula de lixiviados durante esta fase del proceso de descomposición aerobia (Kiss y Mendoza 1998 citado por Gábor y Aguilar 2006).

La descomposición es un proceso complejo regulado por las interacciones entre los organismos (fauna y microorganismos), factores físicos medioambientales (principalmente temperatura y humedad) y la calidad del recurso orgánico (concentración de lignina, nitrógeno y polifenoles condensados y solubles). A medida que avanza la descomposición, los materiales solubles y particulados, los tejidos de los organismos y los productos del metabolismo microbiano se separan de la fuente original mediante actividades de lixiviación, fragmentación física y alimentación animal. (Anderson 1993 citado por Bonilla Correa *et al.*, 2020).

Según FAO (2013) una vez alcanza el máximo grado de descomposición, todas estas sustancias que quedan en el suelo, inician la formación de complejos de carbono, altamente estables y de lenta degradación. Este nuevo material es el humus. Es entonces el material más estabilizado, como ácidos húmicos y fúlvicos que ha sufrido un proceso de mineralización, con participación de microorganismos y luego un proceso de humificación.

Los productos orgánicos sin descomponer están formados por: hidratos de carbono simples y complejos, compuestos nitrogenados, lípidos, ácidos orgánicos (cítrico, fumárico, málico, malónico, succínico); polímeros y compuestos fenólicos (ligninas, taninos, etc.) y elementos minerales. Todos estos componentes de la materia viva sufren una serie de transformaciones que originan lo que conocemos como materia orgánica, propiamente dicha. En el suelo coinciden los materiales orgánicos frescos, las sustancias en proceso de descomposición (hidratos de carbono, etc.) y los productos resultantes del proceso de humificación; todos ellos forman la materia orgánica del suelo (Pérez *et al.*, 2008).

3.5 Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son materiales capaces de aportar nutrientes a los cultivos gracias a su composición química y microbiológica, mientras que de manera simultánea pueden generar una serie de beneficios físicos y químicos al suelo, particularmente en las tierras sometidas a un manejo intenso (Dimas *et al.*, 2001, citado por Ávila Villegas y Cruz Angón 2016). Estudios realizados por Rodríguez y Hernández (1994) citado por Mata (2022), señalan que se origina de restos o desechos vegetales y animales en perfecto estado de descomposición, su incorporación al suelo mejora las características físicas del mismo (soltura, porosidad, cohesión, retención de humedad, nutrientes, etc.).

De acuerdo con Huamaní (2014) el uso de los abonos orgánicos contribuye al mejoramiento de las estructuras y fertilización del suelo a través de la incorporación de nutrimento y microorganismos. Se han desarrollado sistemas de producción alternativos, caracterizados por la ausencia de agroquímicos y la utilización frecuente de fuentes de materia orgánica manteniendo la fertilidad de la tierra como el humus, compost, abonos verdes, abonos líquidos y biofertilizantes. Con estos abonos se pueden conseguir mejores resultados al no generar contaminación en los suelos, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato, la estabilidad estructural, reteniendo los nutrientes.

3.6 Compostaje

El compostaje es un proceso biooxidativo que da lugar a un producto orgánico altamente estable. Se puede definir como la mineralización y humificación parcial de las sustancias orgánicas mediante reacciones microbianas. Estas reacciones se realizan bajo condiciones óptimas durante un periodo determinado y relativamente corto. La transformación microbiana de la fracción orgánica es una oxidación aerobia, de forma que la relación superficie/volumen de las partículas y la relación aire/agua en el espacio entre partículas, tiene una influencia directa en el proceso (Laich 2011).

De acuerdo con Grand y Michel (2020) , el compost tiene un alto contenido en materia orgánica y permite aumentar de una manera sencilla la materia orgánica del suelo. Esto conduce a una mejor estabilidad de los agregados del suelo, a una mayor capacidad de retención e infiltración del agua, así como a una mayor capacidad de intercambio catiónico, además potencia la actividad microbiana, tienen capacidad para suprimir la actividad de los patógenos del suelo

3.6.1 Tipos de compostaje

El compostaje aeróbico es un proceso exotérmico en el que el material orgánico se degrada y estabiliza biológicamente en presencia de oxígeno, produciendo dióxido de carbono, agua y calor, con una alta producción de energía debido a la actividad microbiana (Zurcan 2010). En contraste, el compostaje anaerobio, o biometanización, descompone la materia orgánica en ausencia de oxígeno, generando metano, dióxido de carbono y productos orgánicos de bajo peso molecular, y se realiza en digestores o fermentadores, produciendo biogás compuesto principalmente de metano y anhídrido carbónico (Salazar 2014).

En el proceso de compostaje se distinguen varias etapas, iniciando con tratamientos previos a la fase de fermentación para facilitar el proceso, que puede ser lento al aire libre o acelerado en cámaras cerradas. En la fermentación lenta, se utilizan métodos de volteo, ventilación natural y ventilación forzada (Brito y Castro 2003). La fermentación aeróbica favorece la oxidación de radicales libres carboxílicos, promoviendo la formación de sustancias húmicas y el enriquecimiento en nutrientes (Romero *et al.*, 2004). La materia orgánica es transformada por microorganismos hasta convertirse en una mezcla estable, heterogénea, sanitariamente neutra, con una buena relación carbono/nitrógeno y niveles adecuados de otros elementos (Salceso y Rodríguez 2013).

3.6.2 Descomposición aeróbica

La descomposición aeróbica que por acción de organismos mesófilos y termófilos conduce a la producción de un residuo estable, que puede ser utilizada como enmienda orgánica (Osorno 2017). Este abono se deja descomponer en un proceso aeróbico de materiales de origen animal o vegetal, además su uso activa y aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, así como mejora sus características físicas y suple a las plantas con nutrimentos (Ramos y Terry 2014).

Los microorganismos oxidan la materia orgánica y liberan energía, parte de esta energía es capturada y usada para la síntesis de nueva materia celular (metabolitos), y al momento de su muerte, servirán de alimento para nuevos microorganismos dando lugar a una nueva transformación, este proceso se repite hasta que la materia orgánica es muy resistente al ataque microbiano, es decir, se mantiene estable (Lampurlané, Solans *et al.*; 2008).

3.6.3 Fases del compostaje aeróbico

En el proceso de compostaje se presenta la transformación microbiana de la materia orgánica bajo condiciones controladas: en los primeros días ocurre un incremento de la temperatura

que va de 20 a 45°C, producto de la descomposición de azúcares (fase mesofílica), que puede alcanzar posteriormente temperaturas de 55 a 70°C (fase termofílica) durante la degradación de la celulosa, en la que ocurre la disminución de la población microbiana. Una vez transcurrida ésta fase se da inicio al proceso de maduración del compost, donde al disminuir la temperatura, ocurre la recolonización por microorganismos que pueden ser antagónicos a organismos fitopatógenos (Osorno 2017).

Fase Mesófila: es la fase inicial del proceso de compostaje de lo cual se comienza con el aumento de la pila. Durante la fase de la Mesófila se supera la temperatura de 45 °C y esto se da porque los mesófilos tienen la capacidad de reducir materia orgánica lo cual en ese proceso se crea más calor y por lo tanto se da aumento de temperatura durante la fase de Mesófila, y la humedad del residuo sólido orgánico se descompone químicamente según sea el caso (Deiver Hoyos *et al.*, 2008).

Esta etapa puede durar de 24 a 72 horas. Esta, es notoria cuando el material ingresa fresco al compostaje. Si el material tiene ya un tiempo de acopio puede pasar inadvertida (Salazar 2014). Tiene una duración aproximada de 2 a 3 días, donde la temperatura sigue un comportamiento ascendente que inicia con la temperatura ambiente hasta alcanzar los 40 °C (Ramírez *et al.*, 2014).

Fase Termófila: cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Además, estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube de 6 a 5,5. A partir de los 60°C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, Hemicelulosas (Mata 2022).

En esta fase la temperatura puede alcanzar temperaturas mayores a 70 °C, proliferan microorganismos como actinomicetos, bacterias gram negativas y *Bacillus*. Los microorganismos como patógenos y parásitos son inhibidos en esta fase, los hongos y las levaduras a partir de los 60°C también desaparecen. La metabolización de proteínas produce un incremento en la liberación de amoníaco con la consiguiente alcalinización del medio (Mauricio 2017).

En ese momento prevalece la temperatura ambiente, pero tan pronto las bacterias comienzan a consumir los elementos de la mezcla fácilmente oxidables (azúcares, ácidos orgánicos, aminoácidos), la temperatura se eleva. Esta fase exotérmica (que desprende calor), también denominada fase termófila o de alta velocidad, puede durar varias semanas y, a veces más de un mes (Mata 2022).

- ❖ **Fase de Enfriamiento o Mesófila II:** agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Está fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración (FAO 2013).

Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente (Avila 2015). Es la fase donde reduce actividad biológica y disminuye el calor, pues se ha consumido todo el material degradable, la mezcla de residuos se enfría y se desarrollan hongos termófilos en las zonas más frías donde comienza el ataque a las sustancias más complejas, las cuales generalmente contienen celulosa o lignina. Esto ocurre aproximadamente durante 15 días, en el cual no se modifica el pH y la

temperatura desciende hasta alcanzar la temperatura ambiente (Fundación Terra, 2003; Sztern y Pravia, 1999; Tchobanoglous *et al.*, 1994; Tapia 2010).

- ❖ **Fase de maduración:** es un período que demora de 3 a 6 meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (Castillo, 2020). La etapa de maduración del material en degradación está relacionado con el grado de descomposición de las sustancias orgánicas fitotóxicas producidas durante la etapa de composteo (Suárez 2012).

Además, la temperatura en esta fase es similar a la temperatura del ambiente. Durante esta fase la descomposición es mínima, pero es importante ya que hay formación de ácidos húmicos y se estabiliza la relación (Díaz *et al.*, 2008).

3.6.5 Factores del proceso del compostaje

Factores tales como: temperatura, humedad, pH, tamaño de partícula, aireación, y relación carbono nitrógeno afectan el proceso de compostaje y en última instancia el producto final, además estos parámetros están fuertemente conectados (Partanen., Hultman, Paulin, Auvinen, & Romantschuk 2010).

A. La temperatura

La temperatura es la actividad microbiana, ya que el calor generado proviene del crecimiento y metabolismo de los microorganismos (Márquez 2005). Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-65 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos importantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporulados. Donde se alcanzan temperaturas más altas, a partir de éste nivel se empiezan a eliminar microorganismos

patógenos dándose el proceso de sanitización ayudados adicionalmente por los antibióticos producidos por algunos microorganismos que favorecen su eliminación.

Hacia los 70 °C grados centígrados se inhibe la actividad microbiana por lo que es importante la aireación del compost para disminuir la temperatura y evitar la muerte de los microorganismos benéficos. Durante estos cambios de temperatura las poblaciones bacterianas se van sucediendo unas a otras. Este ciclo se mantiene hasta el agotamiento de nutrientes, disminuyendo los microorganismos y la temperatura (Mejia y Ruiz 2015).

Estudios realizados por Vílchez (2007) evaluó las temperaturas alcanzadas en diferentes mezclas de materia orgánica durante el proceso de compostaje. Las mediciones iniciales tomadas a los cinco días después de establecer las pilas mostraron temperaturas entre 44°C y 60°C. La mayor temperatura se registró en la mezcla con aserrín, mientras que la mezcla con residuos vegetales del comedor tuvo la menor temperatura. En los días posteriores, las mezclas con pulpa de café y residuos vegetales del comedor mostraron las temperaturas más altas, alcanzando hasta 55.91°C. Estos resultados indican que la actividad microbiana y la composición de los materiales influyen significativamente en la dinámica de temperatura, crucial para la descomposición efectiva y la eliminación de patógenos.

B. El pH

Permite identificar el nivel de acidez o alcalinidad del proceso de compostaje lo cual a su vez influye de manera directa en el crecimiento de las comunidades microbianas. Ahora bien, en muchos casos se pueden presentar diferencias en el nivel de pH esto depende mucho del tipo de medio de degradación y del tipo de residuos orgánico utilizado, en el compostaje el pH tiende a disminuir en las primeras semanas y por ultimo llega a la neutralidad en las últimas semanas de su elaboración (Deiver Hoyos *et al.*, 2008)

Según Castells (2005) el intervalo óptimo para el proceso de compostaje se encuentra entre 5,5 y 8. El rango óptimo para las bacterias se encuentra entre 6 y 7,5; mientras que los hongos toleran bien un rango entre 5,5 y 8. Importante es también el efecto producido sobre el nitrógeno amoniacal, el cual pasa a amoníaco y pH alto, favoreciendo su pérdida por volatilización

La evolución del valor del pH varía con el tiempo, presentando 3 fases. El pH inicial se encuentra usualmente entre 5 y 7. Durante la fase mesófila inicial se observa una disminución del pH (debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos. En una segunda fase se produce una progresiva alcalinización del medio (7,5-8,5), debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas. Y en la tercera fase el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos (Sánchez *et al.*, 2001 citado por Andrea 2019).

C. La humedad

La humedad óptima para el proceso del abono es de un 50 % a un 60 % en relación con el peso de la mezcla. Si está muy seco, la descomposición es muy lenta (disminuye la actividad de los microorganismos). Si está muy húmedo, falta oxígeno y puede haber putrefacción de los materiales, ya que el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico (sin oxígeno). El resultado será una mezcla de mal olor y textura muy suave por el exceso de agua (Añasco 2005).

De acuerdo con Navarro (1999) el agua es necesaria para facilitar que los nutrientes estén disponibles a los microbios y para que estos puedan realizar sus procesos reproductivos, metabólicos y asimilativos. Un contenido bajo de humedad inhibe la actividad microbiana, a medida se va alcanzando el límite inferior el proceso de descomposición se hace más lento, si se reduce a menos del 8% toda la actividad microbiana se detiene; por eso es que los alimentos secos y salados pasan mucho tiempo sin arruinarse.

D. Oxígeno

El oxígeno es fundamental en el compostaje aeróbico, ya que promueve la actividad de microorganismos aerobios, los cuales son esenciales para la descomposición eficiente de la materia orgánica. Estos microorganismos utilizan el oxígeno para metabolizar los compuestos orgánicos, generando calor y elevando la temperatura del compost, lo que acelera la descomposición y la higienización del material. Además, la presencia de oxígeno favorece la oxidación de nutrientes clave, como el nitrógeno, mejorando su solubilidad y disponibilidad para las plantas. En condiciones aeróbicas, los nutrientes permanecen en formas más solubles, lo que optimiza la calidad del compost final (Epstein 1997).

Se realiza mediante volteos de la masa a fermentar. A través de esta aireación se aporta oxígeno potenciando la actividad microbiana, y desalojando el dióxido de carbono producido. Se debe controlar esta aireación, ya que si resulta excesiva. El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es fundamental. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada

E. El tamaño de las partículas de los ingredientes

El tamaño de partículas no debe ser ni muy grande ni muy pequeña, porque un tamaño muy pequeño puede dar como resultado un producto compacto, lo que impide la entrada de aire al interior de la masa y no se llevará a cabo una fermentación aerobia completa. Si las partículas son muy grandes, la fermentación aeróbica tendrá lugar, solamente en la superficie de la masa triturada. Aunque el desmenuzamiento del material facilita el ataque microbiano, no se puede llegar al extremo de limitar la porosidad, es por ello que se recomienda un tamaño de partícula de 1 a 5 cm aproximadamente (Mejia y Ruiz 2015).

Según estudios de Pierini *et al.*, (2010) sobre las propiedades físicas de un compost obtenido a partir de residuos de poda el tamaño de las partículas en el compostaje se maneja mediante un proceso de tamizado para evaluar su distribución y determinar su adecuación para diferentes usos. Se utilizan tamices de diversos tamaños (4,75 mm; 3,35 mm; 2 mm; 1 mm; 0,5 mm; 0,3 mm) para separar las partículas, permitiendo conocer el grado de descomposición del material. Los resultados típicos de tamizado muestran que un compost de calidad tiene una proporción equilibrada de partículas, preferiblemente con un 60% de las partículas entre 2 y 0,3 mm, lo que asegura una adecuada retención de agua y aireación. Las partículas demasiado grandes (>12 mm) o demasiado pequeñas (<0,1 mm) pueden ser problemáticas; las primeras dificultan la distribución eficiente y las segundas pueden afectar negativamente la porosidad y la retención de agua en mezclas

F. Relación carbono-nitrógeno

Influye directamente en la actividad microbiológica y la disponibilidad de nutrientes. Una relación equilibrada, generalmente entre 25:1 y 30:1, proporciona a los microorganismos la energía y los nutrientes necesarios para descomponer la materia orgánica eficientemente. El carbono sirve como fuente de energía, mientras que el nitrógeno es esencial para la síntesis de proteínas y el crecimiento microbiano. Si la relación es demasiado alta, la descomposición se ralentiza debido a la falta de nitrógeno disponible; si es demasiado baja, se puede liberar exceso de nitrógeno en forma de amoníaco, lo que puede causar malos olores y pérdidas de nitrógeno. Mantener una relación adecuada optimiza la actividad microbiana y asegura la conversión eficiente de materiales orgánicos en compost nutritivo (Nemet *et al.*, 2021).

Teniendo en cuenta que los microorganismos utilizan 30 partes de C por cada parte de N, se considera que la relación C/N teórica adecuada es de 30/1. El carbono es utilizado como componente celular y para generar energía, mientras que el nitrógeno es necesario para la síntesis de proteínas. Si la relación es mayor a 40, la actividad microbiana disminuye debido a que los microorganismos deberán oxidar el exceso de carbono ralentizando el proceso (Barbaro 2022).

Además, por la deficiente disponibilidad de nitrógeno deberán aparecer sucesivas y diversas especies microbianas, las cuales consumirán el nitrógeno de aquellos microorganismos que ya murieron hasta que el material se estabilice a un valor de C/N adecuado. Por otro lado, si el valor de C/N es muy bajo el compostaje es rápido pero el exceso de nitrógeno se pierde en forma amoniacal, debido a una autorregulación de la relación C/N en el proceso, al finalizar el proceso de compostaje la relación C/N desciende a valores menores a 20. Para lograr los valores de C/N iniciales mencionados (Barbaro 2022).

3.7 Materias primas de origen vegetal

Las materias de origen vegetal son, debido a su alto contenido en nutrientes esenciales y su disponibilidad. Estas materias, como la morera y el nacedero, proporcionan una rica fuente de nitrógeno, fósforo, potasio, y micronutrientes vitales para el crecimiento de las plantas. Además, su descomposición mejora la estructura del suelo y su capacidad para retener agua y nutrientes. Según estudios recientes, el uso de residuos vegetales en compostaje no solo incrementa la fertilidad del suelo sino que también contribuye a prácticas agrícolas más sostenibles (Gómez 2020).

Las especies nacedero (*Trichanthera gigantea*), huerta (*Musáceas*), botón de oro (*Tithonia diversifolia*), búcaro (*Erythrina spp.*) y morera (*Morus alba*) son fundamentales a nivel local, especialmente en la agricultura sostenible y la producción agropecuaria. Estas plantas no solo proporcionan forraje de alta calidad para el ganado, sino que también mejoran la fertilidad del suelo y contribuyen a la biodiversidad de los sistemas agroecológicos. El nacedero y la morera son ampliamente utilizados por su alto contenido proteico y su fácil adaptación a diferentes climas, mientras que el botón de oro es valorado por su capacidad de mejorar los suelos y su disponibilidad a lo largo de diversas zonas rurales. Las especies de huerta aportan alimentos básicos ricos en nutrientes, esenciales para la seguridad alimentaria local, y el búcaro, además de servir como sombra y protección en cultivos, también es una fuente de nutrientes para el suelo debido a su capacidad de fijar nitrógeno. La disponibilidad de estas

especies varía según la región, pero en general, son accesibles y manejables en las áreas rurales donde se promueve la agricultura sostenible (Arias *et al.*, 2022).

A. Blanco (*Erythrina glauca*)

Estudios realizados por Duarte y Molinares (2012) referentes al valor nutritivo de (*Erythrina Glauca*), se hallaron contenidos de 19 % de proteína, 3.19 % de nitrógeno, 0.12 % de fósforo, 1.47 % de potasio, 1.86 % de calcio, 53.9% de carbono, 0.40% de magnesio. La *Erythrina ssp*, presenta buen contenido nutricional por lo que constituye una fuente importante para fertilización y alimentación según sus usos. Varias especies de *Erythrina* generalmente poseen bajos contenidos de compuestos polifenólicos solubles y lignina, y por ello se descomponen más rápidamente en el suelo que otras leguminosas tropicales (Wencomo y Toral 1999).

Los árboles se cosechan mediante poda cada tres meses, rindiendo desde entonces 30 y 50 ton/ha/año de forraje verde que, con una oferta del forraje arbóreo oreado del 3% del peso vivo de los animales, han permitido suplementar a 8 y 13 bovinos/ha/año, respectivamente. La gramínea de cobertura en la silvopastura ha producido 84 ton/ha/año de forraje verde, lo que ha permitido, mediante pastoreo rotacional y sin fertilización ni riego, mantener una carga de 3.0 U.A/ha (Rodríguez y Cuéllar 1993).

La relevancia del género *Erythrina* reside en la capacidad de ciertas especies para establecer simbiosis con la bacteria *Rhizobium sp*, lo que facilita la fijación del nitrógeno atmosférico mediante la formación de nódulos en las raíces. Este proceso, que incluye la formación de los nódulos y la tasa de fijación, se ve influenciado positivamente por el inicio de las precipitaciones y afectado negativamente por períodos de sequía, pudiendo incluso llegar a reducirse a cero la tasa de fijación. Las especies pertenecientes al género *Erythrina* se caracterizan por ser árboles con fustes espinosos, hojas compuestas por tres folíolos,

inflorescencias en racimos y flores con forma de mariposa, de tonalidades rojas o anaranjadas (García 2013).

B. Madreado (*Gliricidia sepium*)

Las hojas del madreado (*Gliricidia sepium*) tienen un alto contenido de proteína bruta, el cual es variable de acuerdo con los días de corte, a mayor tiempo de corte el contenido de proteína cruda disminuye de manera gradual en las hojas, alcanzando hasta un 32% de la proteína Bruta los 45 días después del corte, como se presenta en la tabla del contenido nutricional de (Mejía-Castillo 2019). la hoja de *Gliricidia sepium* el porcentaje de nitrógeno que presenta es de 13.7%, presentado a los 45 días un 5,0% de nitrógeno hasta los 170 días 4,0% de nitrógeno.

Según estudios de (Meléndez 2020), el contenido de nitrógeno en el madreado es de 2.9% y de carbono 34.1%. Otras literaturas indican que contiene un excelente valor nutritivo, coinciden en que la proteína bruta es de 18 a 30% y una media de 23%, sin embargo, la digestibilidad in vitro es de 60 a 65%, de fibra bruta contiene 45%, de calcio tiene 1.7% y fósforos 0.2% (Chóez 2017 citado por Laínez. 2021).

Estudios de Mejía (2019) presenta datos sobre el contenido de proteína y macroelementos (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio) en un determinado producto agrícola a diferentes días de corte durante su ciclo de crecimiento. el porcentaje de proteína presente en el producto en cada período de corte. Se observa una disminución en el contenido de proteína a medida que pasan los días de corte, con valores que van desde el 32% en el día 45 hasta el 25% en el día 170. Además una tendencia a la disminución en el contenido de nitrógeno a lo largo del tiempo, con valores que disminuyen desde el 5,0% en el día 45 hasta el 4,0% en el día 170.

Tabla 1. Contenido nutricional de la hoja de *Gliricidia sepium*, según los días de corte

Fuente: (Mejía 2019)

Días de corte	Proteína (%)	Macroelementos (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
45	32	5,0	0,4	3,3	1,3	0,6
90	29	4,7	0,3	2,5	1,5	0,5
170	25	4,0	0,2	2,1	1,9	0,6

El madreado en sus hojas son ricas en proteína, como beneficio extra sus hojas, preferiblemente secas y molidas, se dan como suplemento alimenticio para los bovinos, apetecidas por su alto nivel de vitamina A y de proteínas (entre el 18 y el 27 por ciento). Los bovinos consumen las hojas, la parte tierna del tallo y la corteza, la proporción de estos en matarraton cosechando cada tres meses en: hojas 65%, tallo comestible 4.5%, corteza 7.5% , tallo duro 23% (Cárdenas. y Ramírez 2004).

Además contiene nitratos, nitritos y glucósidos cianogénicos precursores del ácido cianhídrico que inhiben la citocromo-oxidasa y provocan la muerte por anoxia histotóxica, a la cual los monogástricos son más sensibles que los rumiantes (Humpheyers 1990 ,Hurtado *et al.*, 2012).

C. Musáceas (*Musáceas*)

Según estudios de Hernández *et al.*, (2009), ha señalado que una planta de banano al momento de su cosecha debe tener un peso promedio de 100 kg, de los cuales están repartidos en 15 kg de hojas, 50 kg de seudotallo, 33 kg de frutos y 2 kg de raquis. Esto indica que más del 75% del volumen total de la producción lo constituyen los desechos que no se aprovechan sistemáticamente como fuente de alimentos tradicionales, al menos en la producción de animales monogástricos y en la mayoría de los casos quedan en el campo. El contenido de nitrógeno en las musáceas comestibles (*Musa spp.*) varía según la variedad y la parte de la

planta. Según un estudio, el porcentaje de nitrógeno en las harinas de diferentes clones de musáceas comestibles oscila entre 1.5% y 2.5% (Hernandez *et al.*, 2009).

Entre las características del plátano verde una porción de 100 g suministra 32 g de carbohidratos, 1,2 g de proteína, 0,3 g de grasa y 135 kcal. Los plátanos además tienen un alto contenido de agua y un bajo contenido de proteína. Generalmente contienen alrededor de 20 mg de vitamina C y 120 mg de vitamina A por 100 g. Contiene además un bajo contenido de calcio, hierro y vitaminas B y suministran únicamente 80 kcal por 100 g, De ahí el fundamento de consumirlo aproximadamente 2 kg para suministrar 1 500 kcal (Sepúlveda *et al*; 2017), además posee 49,02% de carbono (Paschoal 1994).

D. Botón de oro (*Tithonia diversifolia*)

Las hojas del botón de oro tienen más fósforo y potasio que la mayoría de leguminosas. Las hojas frescas contienen alrededor de 3,18 a 3.5 % de nitrógeno; 0,3% de fósforo, 20% de carbono y 3,8% de potasio. A pesar de que no es una planta leguminosa, el botón de oro, acumula tanto nitrógeno en sus hojas como las leguminosas (Díaz 2015).

del corte. Acumula altas cantidades de nitrógeno en sus hojas y su aporte proteico oscila entre un 20 % en suelos poco fértiles y pedregosos hasta un 32 % en suelos de buena fertilidad (Arronis y Bonilla Arrazola 2021). El botón de oro presenta niveles altos de carbohidratos solubles comparada con otras forrajeras, es alta en minerales y la presencia de metabolitos secundarios anti-nutritivos, especialmente taninos condensado, y es una planta con alta capacidad de producción de biomasa y rápida recuperación después del corte, lo que depende de la densidad de siembra, suelos y estado vegetativo (Laguna 2021).

E. Nacedero (*Trichanthera gigantea*)

El follaje del nacedero presenta un alto valor nutritivo y es considerado una fuente promisorio de forraje de alto valor proteico, que produce un elevado rendimiento de hojas cuando el follaje de otras plantas desaparece en la seca Gomez (1993) citó contenidos de 16,61 % de proteína total, 14,13 % de proteína verdadera, 16,76 % de fibra 16,87 % y de cenizas 20,3. El follaje de este árbol se caracteriza por sus altos niveles de PC (17% a 18%), N (2.02%), calcio (2.3% a 3.4%) y fósforo (0.28% a 0.42%)

En otra investigación realizada en 1996 por Rosales y Rios, sobre el valor nutricional de la *Trichanthera gigantea*, se encontró una gran variación en la composición química de las hojas y tallos. Los datos muestran que el contenido de proteína cruda de las hojas es diferente del 15.05 al 22.5%. El contenido de agua y materia orgánica fluctuaron del 20 al 27% y de 16 al 20%, respectivamente. El contenido de minerales en las hojas varía de 23 a 43 g/kg de calcio, 2.6 a 9.2 g/kg de fósforo, 24 a 37 g/ de potasio y desde 7.5 a 12 g/kg de magnesio. En los tallos la variación fue de 21 a 64 g/kg de Ca, 21 a 42 g/kg de P, 24 a 37 g/kg de K y 5.8a 7.2 g/kg Mg (Rosales y Ríos 1996, citado por Gámez Morales 2010).

Estudios realizados por Gómez y Murgueitio en Cali Colombia por el CIPAV (1990) citado por, Jiménez (2006) sobre el efecto de la altura de corte sobre la producción de biomasa de nacedero se encontró que la producción de biomasa /corte en este ensayo) fluctuó entre 8 y 16 toneladas/ha con cortes cada 90 días, equivalente a una producción anual del orden de 50 toneladas/ha. Al parecer la altura de corte no es factor crítico en el rendimiento, pero sí en control de malezas, siendo superior el corte a 1 m

F. Morera (*Morus alba*)

Según estudios del Laboratorio de bromatología (1991) el análisis de la composición química de la Morera (*Morus alba*) se obtuvieron resultados de nitrógeno de 3.02% y de cenizas es del 17 a 20%. La proteína más importante en las hojas de morera, como en la mayoría de las

hojas, es la ribulosa-1,5-bifosfato carboxilasa, cuyo sitio activo es responsable por la fijación de. El nitrógeno puede representar el 43% del total de nitrógeno de la morera (Popayan 2002).

La morera es una planta demandante de nitrógeno, por ello se recomienda la opción de cultivarse asociada a leguminosas con efectiva fijación de nitrógeno, por medio del abono de tipo biológico, llamado rizobium, se pueden reducir los insumos de fertilizantes. La morera constituye una fuente importante de aminoácidos, de los cuales la mitad son esenciales, además de presentar cantidades apreciables de vitaminas, entre las que se destacan los ácidos nicotínico, ascórbico y pantoténico, la vitamina C y la riboflavina (Soca *et al.*, 2006 citado por Zambrano Moreno *et al.*, 2015).

Estudios realizados por Narro *et al.*, (2007), la producción de biomasa de la morera varía según diversos factores como la fertilización, la densidad de siembra, la variedad de la planta y las condiciones climáticas. En términos generales, se ha registrado que la morera puede producir hasta 120 toneladas de biomasa verde por hectárea al año cuando se utilizan 1.2 kg de estiércol fresco de cabra por planta. Se destaca por su excelente valor nutricional y composición química. Sus hojas contienen un alto contenido de proteína cruda, superando el 20% de la materia seca, y una digestibilidad *in vitro* superior al 80%. La composición aminoacídica de la morera es comparable a la de la harina de soya, siendo una rica fuente de aminoácidos esenciales. Las hojas también contienen una diversidad de macro y micro elementos, incluyendo altos niveles de calcio y vitaminas de los grupos B y C (Noriega 2015).

3.8 Cromatografía

El botánico ruso Mikhail Tswett (1872-1919) formalizó el uso de la cromatografía en estudios científicos, aplicándola a la separación de los pigmentos naturales que se encuentran en las plantas (conocidos como carotenoides y clorofilas). Además le dio ese nombre a la técnica. Tswett empacó una columna de vidrio vertical (de unos cuantos centímetros de diámetro) con material adsorbente. Luego, por la columna vertical vertió una solución que contenía la mezcla de pigmentos provenientes de las hojas molidas de una planta. Pasados

unos minutos, el material empacado en la columna había adquirido una coloración diferente por segmentos. Es decir, había logrado la separación de los pigmentos naturales de la planta. En cada segmento de color definido había un pigmento diferente (*Pássaro Carvalho et al.*,2016).

Según Corzo (2019) la cromatografía es una técnica o método físico de separación excepcionalmente versátil que, en una o varias de sus formas, es usada por casi todos los químicos en investigación. Entre los métodos de análisis modernos ocupa un lugar destacado debido a su facilidad para la separación, identificación y cuantificación de diversas especies químicas, ya sea por sí sola o asociada a otras técnicas instrumentales de análisis como, por ejemplo, la espectrofotometría o la espectrometría de masas.

El cromatograma se divide en varias zonas, cada una con un propósito específico en el análisis cualitativo de la fertilidad del suelo. La zona central, o de oxigenación, es el área donde las sustancias contenidas en la muestra ascienden por capilaridad. La zona interna, que es donde se concentran la mayoría de las reacciones con los minerales, proporciona información sobre la composición mineral del suelo. La zona intermedia, conocida también como la zona proteica, indica la presencia de materia orgánica, aunque su presencia no necesariamente implica una integración con el resto de las zonas. La zona externa, o enzimática, refleja la actividad biológica del suelo, proporcionando una idea sobre la actividad de los microorganismos. Por último, la zona periférica no es atravesada por la fase líquida y se utiliza para manipular e identificar los cromas (Valencia y Villagra 2018).

Este análisis permite realizar un diagnóstico visual cualitativo del suelo, aunque no cuantifica los nutrientes. Un suelo fértil se identifica por la capacidad de generar biomasa, diversidad de microorganismos y la capacidad de reciclar la materia orgánica. Las diferentes zonas del cromatograma ayudan a interpretar la estructura y fertilidad del suelo, mostrando las conexiones entre la materia orgánica, los minerales y la actividad biológica, lo que facilita la toma de decisiones en la gestión del suelo en procesos de producción agroecológica (Valencia y Villagra 2018).

IV MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del lugar de trabajo

La investigación se llevó a cabo en la Finca Biodinámica “La Fortaleza” en Marcala, La Paz, la cual esta ubicada a una Latitud Norte 14.16° y Longitud Oeste -88.07° . El territorio se encuentra a una altura de 1248 msnm, se ubica en el departamento de La Paz (Ruíz 2022).

Temperaturas máximas que varían entre 24.8°C y 28°C , además temperaturas mínimas que oscilan entre 12.4°C y 15.5°C . La temporada más lluviosa es de junio a septiembre registrándose una precipitación anual promedio de 1,265 mm, Los meses de mayor sequía y de altas temperaturas son: marzo, abril y mayo (Martínez 2016).

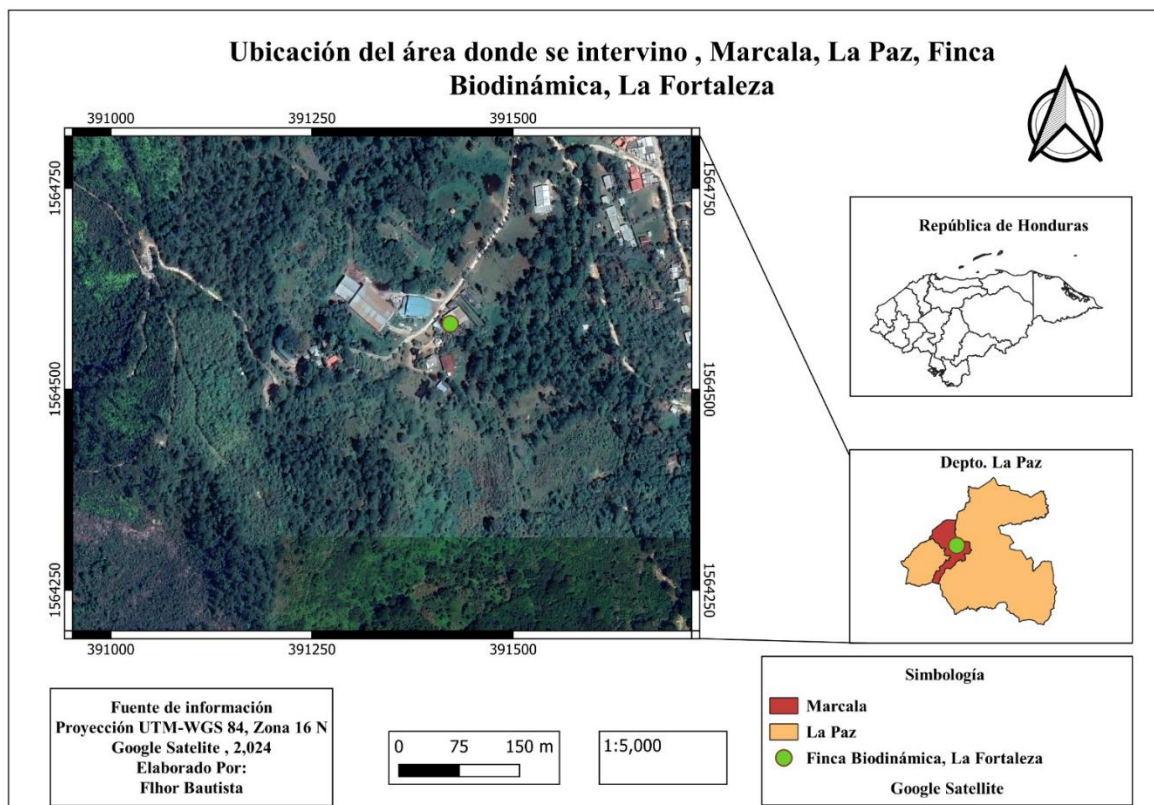


Figura 1. Mapa de ubicación de la Finca Biodinámica “La Fortaleza”

4.2 Materiales y equipo

Para la elaboración del compostaje se utilizaron las siguientes herramientas: Palas, machetes, sacos, azadón, cubetas, balanza, botas de hule, picadora, programas de Excel para tabulación de datos, libreta de campo, lápiz, medidor Temperatura con Laser Radiation marca DANGER, Humedad y pH (Kelway Soil Tester).

Además se utilizaron los siguientes materiales: Pulpa, ceniza, cascarilla de café, harina de roca, Microorganismo de montaña Líquido, Gallinaza, hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro y Nacedero.

Para realizar los análisis de cromatografía se utilizaron los siguientes equipos: hojas en blanco, lápiz, marcadores, regla, una caja, una balanza para el pesado de las muestras, mortero de cerámica, coladores, vasos desechables, jeringas, papel whatman, placas petri, matraz Erlenmeyer, hidróxido de potasio, agua destilada y nitrato de plata.

4.3 Diseño experimental

Para la realización de la investigación se utilizó un diseño experimental completamente al azar con un 5% de nivel de significancia se elaboraron 6 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, resultando un total de 18 unidades experimentales, 1318 kg de abonos procesados en total.

El modelo aditivo lineal es el siguiente

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Variable respuesta de la ij -ésima unidad experimental

μ = Efecto de la media general

t_i = Efecto del i-esimo tratamiento

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental asociado a la i-esima unidad experimental

4.4 Método

❖ Recolección y pesado de las materias primas

Se recolectaron los materiales secundarios como ser ceniza estas provienen de las cañeras del municipio de Cantarranas Francisco Morazán, la cascarilla de café y la pulpa de café proviene del beneficios seco y húmedo de COMSA, la pulpa de café estaba almacenada en el interperio, eran las cosechas del año anterior , donde pasan por un procesos previo cuando vienen de las fincas de los productores , la Harina de roca tipo Basáltica se extrajo en la Finca en las coordenadas 14.1496446 N, -880080722 E (Anexo 22) y la gallinaza provienen de las granjas de aves de engorde del departamento de Choluteca, se pesaron según sus cantidades correspondientes con la ayuda de una bascula y balanza.

Para mejorar la descomposición del compost se elaboró Microorganismos de montaña líquido según la metodología de (Puerto 2020).

Se recolectaron las hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro y Nacadero en la Finca Biodinamica la Fortaleza , según sus cantidades proporcionadas, se pesaron, con la ayuda de una picadora se tritularon finamente todos los materiales vegetales, mi tamaño de partícula fue de 1-3 cm .

4.5 Materiales y cantidades de la elaboración del compost de cada tratamiento

Calcule basado en los tres productos principales, cascarilla de café, pulpa de café y el material vegetal. La cascarilla de café contiene un 51.73% de carbono y un 0.62% de nitrógeno, por otro lado, la pulpa de café tiene un 30.04% de carbono y un 0.86% de nitrógeno.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos

Materiales	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Pulpa de café (kg)	145.15	155.12	151.95	161.47	151	152.86
Cascarilla de café (kg)	18.14	19.95	19.5	20.41	19	19.95
Harina de roca (kg)	13.15	13.6	14	14	13.6	13.6
Ceniza (kg)	19	19.5	20.86	20.41	19.95	19.95
Microorganismos de montaña (Litros)	40	40	40	40	40	40
Hojas de Blanco (<i>Erythrina glauca</i>) (kg)	14.51	0	0	0	0	0
Hojas de morera (<i>Morus alba</i>) (kg)	0	7.25	0	0	0	0
Huerta (<i>Musaceae</i>) (kg)	0	0	22.67	0	0	0
Hojas de Botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>) (kg)	0	0	0	9.07	0	0
Hojas de Nacedero (<i>Trichanthera gigantea</i>) (kg)	0	0	0	0	15.87	0
Gallinaza (kg)	0	0	0	0	0	12.24
Total (Kg)	209.95	215.42	228.98	225.36	219.42	218.6

❖ Pasos para la elaboración del composteado

Se realizó el compost mediante la metodología de (Restrepo y Agredo 2020), los abonos se realizaron en una galera de cemento, en cuánto al proceso de preparación, los ingredientes se colocaron en capas y se disolvió con Microorganismos de montaña líquido aplicándola uniformemente mientras se mezcló, se midió la humedad con un el equipo marca Kelway Soil Tester.

Se realizaron dos volteos en el compost, uno por la mañana y otro por la tarde, se realizó por 30 días Anexo 3. Además se aplicó 40 Litros de Microorganismos de montaña a cada uno de los tratamientos aplicándolo una vez por semana Anexo 4.

4.6 Variables a evaluar

Humedad, Temperatura y pH

Se tomaron datos de la humedad con el equipo (Kelway Soil Tester) y la temperatura diaria utilizando un Laser Radiation marca DANGER se tomaron los datos por la mañana después del volteo, además se tomaron los datos de pH con el equipo (Kelway Soil Tester), dos veces al día por la mañana y por la tarde después de cada volteo, tomando como referencia 4 puntos de cada abono y estos mismos se promediaron, estos datos se llevó un control en una libreta de campo Anexo 5.

Se tomaron muestras de 226 gramos de los tratamiento una para hacer un análisis completo para determinar su contenido nutricional como ser: Humedad, materia orgánica, Nitrógeno, Calcio, Potasio, Fósforo y Relación carbono/Nitrógeno, las muestras se sacaron con la ayuda de un palín, estas se tomaron de varios puntos del bulto de las repeticiones para hacer una combinación de las 3 repeticiones de cada tratamiento en total se enviaron 6 muestras y las mismas se colocaron en bolsas de Ciplock y se rotularon Anexo 6.

Calidad del abono

Además se realizó un análisis de cromatografía, este se hizo en el laboratorio de La Finca La Fortaleza (Anexo 7), para analizar la microbiología materia orgánica, ácidos húmicos, fúlvicos y himatomelánico, los pasos para realizar el análisis se tomó como referencia el libro de (Jairo Restrepo 2011).

Inicialmente, se realizó la toma de muestra y se procedió al secado de las misma, se dejó una pequeña cantidad de la muestra en una hoja en blanco a temperatura ambiente esto para que se secase por un día . Una vez las muestras estaban completamente secas, se tomaron submuestras de 100 a 150 gramos, las cuales se pasaron por un tamiz de plástico. Posteriormente, se pesaron una cantidad precisa de 5 gramos de la muestra pulverizada usando una balanza minigramera. Para disolver la muestra, se preparó una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 1% en agua destilada. Paralelamente, se preparó una solución de nitrato de plata (AgNO₃) al 0.5%, disolviendo medio gramo de nitrato de plata en 100 ml de agua destilada.

Se procedió con la preparación del papel filtro circular y la elaboración de pabilos o rollitos de papel filtro. El papel Whatman se colocó de forma circular y se utilizó un puente de papel o pabalo para que la muestra se riegue sobre el papel hasta alcanzar el segundo punto (6 cm). Finalmente, el papel Whatman, empapado con la solución de nitrato de plata, se introduce en una caja oscura por 3 horas. Una vez seco, se procedió a correr las muestras sobre el papel Whatman y luego se colocaron en donde les iluminará la luz del sol para que se revelen.

Costo-Beneficio

Se realizó un análisis de costo-beneficio para cada uno de los tratamientos, se identificaron los costos de producción (Costos de Materias Primas y Costos de Proceso de Producción), además se identificaron los costos beneficios, para calcular los costos totales y los Beneficios Totales, para hacer un análisis comparativo sobre los costos de producción.

❖ Fórmula para el cálculo costo-beneficio

$$\frac{\text{Beneficios netos}}{\text{Costos de inversión}} = \text{Valor de costos-beneficio}$$

Percepción y aceptación del productor

Se realizó una encuesta a los socios productores de la empresa (COMSA), para evaluar la aceptación y percepción sobre el reemplazo de la gallinaza en el composteo, con la utilización de las variables de temperatura, pH, Humedad, calidad del abono y costo -Beneficio de otras fuentes vegetales en relación con la gallinaza Anexo 8.

4.7 Análisis Estadístico

Los datos obtenidos de las variables serán procesados en el programa de InfoStat, mediante el análisis de varianza (ANOVA) utilizando un nivel de significancia del 5% para las variables que muestran significancia estadística, se les aplicará la prueba de medias Tukey para determinar los tratamientos con mejor comportamiento, análisis de similitud através de conglomerados, correlaciones de Pearson.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Composición Química de distintos abonos elaborados a partir de fuentes vegetales como sustitución de la gallinaza

5.1.1 Temperatura

El análisis de varianza al día 1, 15 y 30, no se encontró diferencias estadísticas significativas en las temperaturas evaluadas ($p>0.05$) (Anexo 12, 13 y 14). En los monitoreos diarios de Temperatura en la **Figura 4** se observa una tendencia de aumento de Temperatura o inicio de la fase Mesófila en el día 1 y 2. Los tratamientos alcanzaron al tercer día la mayor temperatura siendo los tratamientos de la Gallinaza con 46.76°C, y el Blanco con 42.29 °C, esto probablemente se deba a la rapidez de la descomposición del material fresco libera nitrógeno en forma de amoníaco, lo que alimenta la actividad microbiana y contribuye al aumento de la temperatura y la emisión de gases realizada por la actividad microbiana (Ricardo 2006).

En la gráfica se observa que el día 3 al día 15 se correspondió la Fase Termófila con temperaturas entre 24°C a 36°C para los todos los tratamientos. Además, como se realizó dos volteos diarios por 30 días, se tomaron los datos de temperatura después del volteo por lo tanto se obtuvieron temperaturas más bajas, al voltear el compost, se mejora la aireación, lo que aumenta el suministro de oxígeno y facilita la actividad microbiana. Este incremento en la actividad microbiana eleva la temperatura del compost, lo cual es importante para la descomposición eficiente de los materiales orgánicos y la destrucción de patógenos. Sin embargo, un volteo excesivo puede dispersar el calor y reducir la temperatura (Arenas 2017).

Además en esta fase probablemente se dio el incremento en la temperatura debido a las oxidaciones biológicas exotérmicas, degradando fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina (Valencia 2016), estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube (Mata 2022).

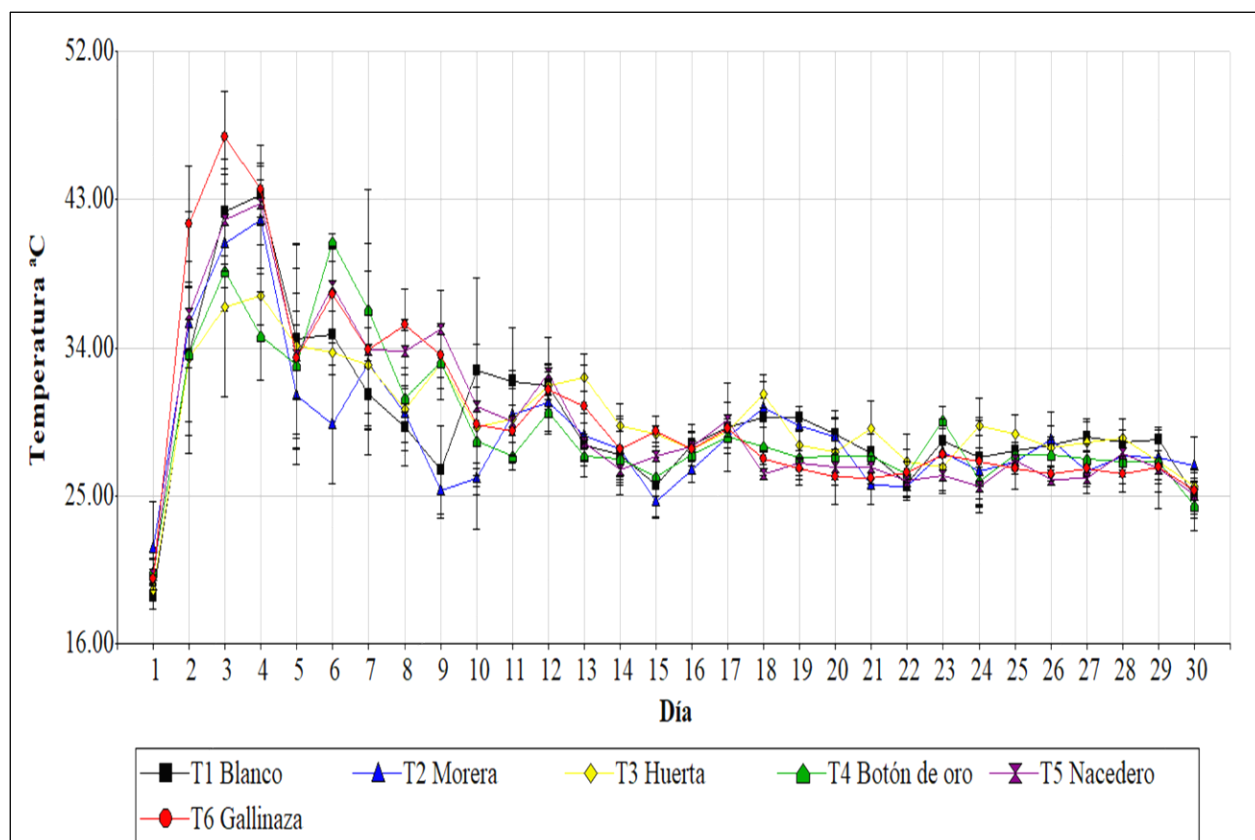


Figura 2. Temperatura promedio diaria (n=4): Abonos tipo composteado elaborados a partir de fuentes vegetales como hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro, Nacadero, y un abono elaborado con gallinaza

El día 15 se inicia la fase de enfriamiento, las temperaturas oscilaron de 24 °C a 29°C para todos los tratamientos. Las temperaturas se nivelan alrededor de los 30°C y permanecen relativamente constantes con pequeñas variaciones hasta el día 30 presentando temperaturas de 24 a 27 °C para todos los tratamientos presentado la menor temperatura el Botón de oro con 24.39 °C y la mayor temperatura la Morera con 26.81°C, aquí se reduce actividad

biológica y disminuye el calor, pues se ha consumido todo el material degradable, la mezcla de residuos se enfría y se desarrollan hongos termófilos en las zonas más frías donde comienza el ataque a las sustancias más complejas, las cuales generalmente contienen celulosa o lignina (Tapia 2010).

Comparando estos resultados con estudios realizados por (Paredes 2014) sobre el compostaje de *Borago officinalis* (borraja) y *Urtica dioica* (ortiga), se observa que la temperatura en el compostaje de estas especies también aumentó rápidamente al inicio, alcanzando su máximo en las primeras semanas. En el tratamiento con hojas de borraja al 10%, la temperatura se estabilizó primero, mostrando una fase de maduración más temprana y eficiente con una estabilización a partir de la semana 14 a 22°C. En comparación, los materiales vegetales previamente analizados mostraron una mayor variabilidad en la temperatura, estabilizándose alrededor de los 30°C hacia el día 30. Esto sugiere que el uso de borraja y ortiga como acelerantes puede optimizar el tiempo y eficiencia del compostaje.

5.1.2 Humedad

El análisis de varianza realizado el día 1, 15 y 30, en las **Humedad evaluada** se encontró diferencias estadísticas significativas en el día 1, en el día 15 y 30 no se encontró ($p > 0.05$) (Anexo 15). La prueba de Tukey muestra que los tratamientos Blanco, Botón de oro y el Nacadero forman un grupo homogéneo con mayores niveles de humedad. Los tratamientos Musáceas y Gallinaza tienen niveles de humedad esto debido que la Gallinaza tiene una combinación en su material de cascarilla de arroz y las Musáceas contienen un porcentaje de humedad alta en sus hojas que va del 60 al 80% (Acosta 2011). Algunos tratamientos afectan significativamente la humedad, destacándose Nacadero con la mayor media.

Los **monitoreos diarios de Humedad** **Figura 5** se observa el comportamiento con una tendencia de aumento durante el primer día, la humedad inicial es alta para todos los tratamientos debido a que se humedeció con 40 litros de microorganismos de montaña

líquido, el Nacedero alcanzó el valor más alto con 89.92% , Sin embargo, todos los tratamientos experimentan una disminución rápida en la humedad durante los primeros días, probablemente debido a los volteos que se realizaban dos veces al día. Por otro lado, los tratamientos de la Gallinaza y Blanco muestran los niveles de humedad más bajos consistentemente, con valores que oscilan alrededor del 50%, la hoja del tratamiento Blanco es más difícil de degradarse y la hoja tiene una característica que es muy gruesa, esto hace que absorba más la humedad.

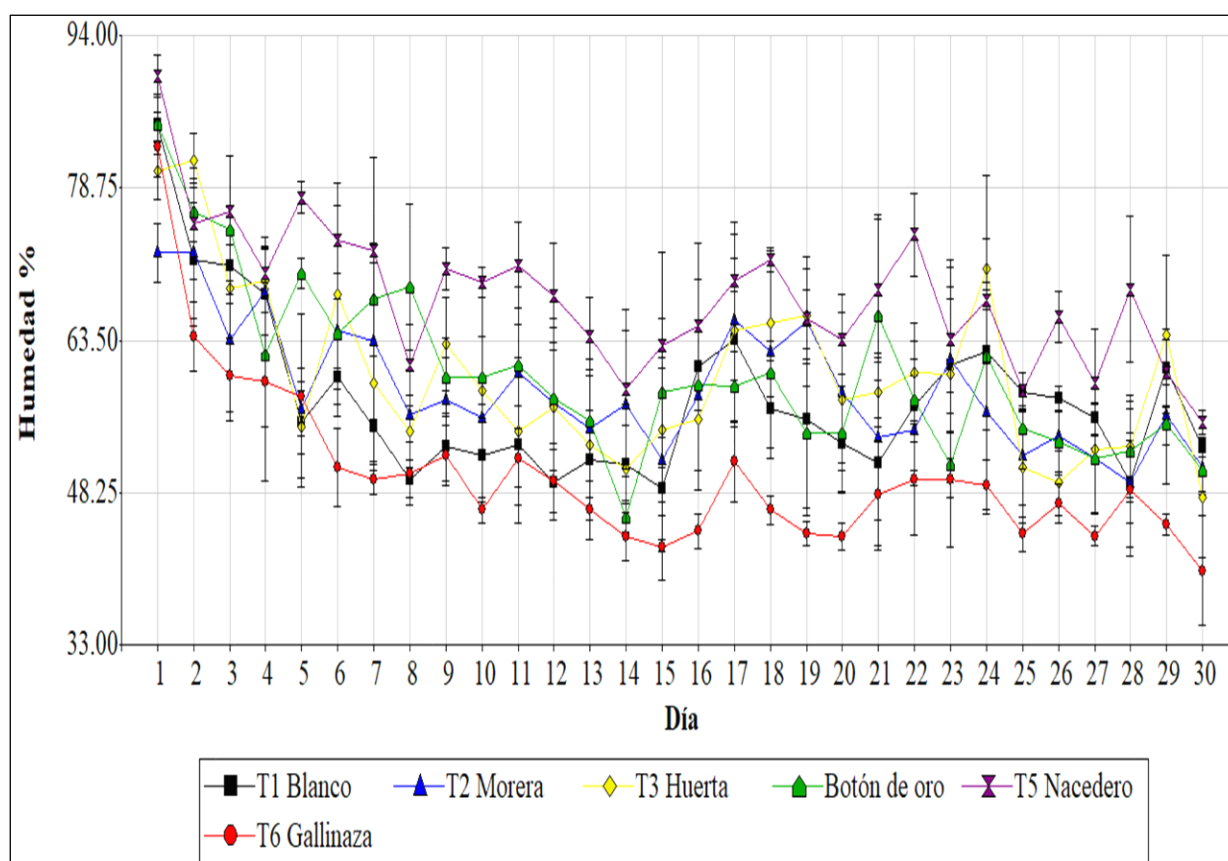


Figura 3. Humedad promedio diaria (n=4): Abonos tipo composteado elaborados a partir de fuentes vegetales como hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro, Nacedero, y un abono elaborado con gallinaza

Como las Humedades fueron relativamente altas debido que se humedecían los abonos cada semana, la actividad microbiológica fue más lenta, según Barbaro (2022) la humedad óptima para el crecimiento microbiano es entre 50% a 60%. Si disminuye por debajo del 30% la actividad microbiana decrece considerablemente y, por encima del 70%, el agua desplaza el aire reduciendo la transferencia de oxígeno y se produce una anaerobiosis. Además estudios realizados por (Valente *et al.*, 2011), la humedad en el proceso de compostaje tiene mucha importancia en el desarrollo de los microorganismos y debe situarse entre el 50 y 60%. Los compostajes con niveles inferiores al 30% de humedad, inhiben la actividad microbiana y por encima de 65% proporciona una descomposición lenta, generada por condiciones anaerobiosis y lixiviación de nutrientes.

Al final del periodo, los tratamientos convergen a niveles de humedad más similares, el Nacedero termina con un nivel más alto 55.25% en comparación con la el tratamiento de la Gallinaza, que termina con el nivel más bajo 40.42% y las Musáceas con 47.75%, estas humedades se redujieron por los volteos diarios que se les dio a los tratamientos evaluados. La humedad es un factor esencial en el proceso de compostaje, ya que el exceso de ésta genera una reducción en las cantidades de oxígeno, lo que podría generar condiciones anaerobias de descomposición. Por otro lado si la humedad decae por debajo del 40%-45% la velocidad de descomposición decrece por la muerte de los microorganismos (Vásquez *et al.*, 2010).

5.1.3 pH

El análisis de varianza realizado el día 1, 15 y 30 en el pH evaluados, se encontró diferencias estadísticas significativas en el día 1 y 15 destacando que el tratamiento de la Gallinaza presenta un pH significativamente mayor que el tratamiento del Nacedero, pero comparte similitudes con otros tratamientos como el Blanco y la Morera., en el día 30 no se encontró diferencias ($p > 0.05$), (Anexo 19 y 20)

Los **monitoreos diarios de pH** *Figura 6* se observa el comportamiento, en el tratamiento del Nacedero comienza con el pH más bajo (3.79) mientras que la Morera y Gallinaza tienen valores de pH iniciales más altos (4.46 y 4.03), el pH inicial sufrió un descenso, debido a que los microorganismos actúan sobre la materia orgánica más lábil, produciéndose una hidrólisis de las proteínas y la liberación de ácidos orgánicos (Valencia 2016), al inicio la pila se vuelve ácida (un indicador conocido como pH baja) porque los materiales de carbono se van descomponiendo en ácidos orgánicos (Navarro 1999).

Además que por el aumento de temperatura es, más alta la actividad microbiana, ya que los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. Al inicio la pila se vuelve ácida (un indicador conocido como pH baja) porque los materiales de carbono se van descomponiendo en ácidos orgánicos (Valencia 2016). La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días) (Darío 2023).

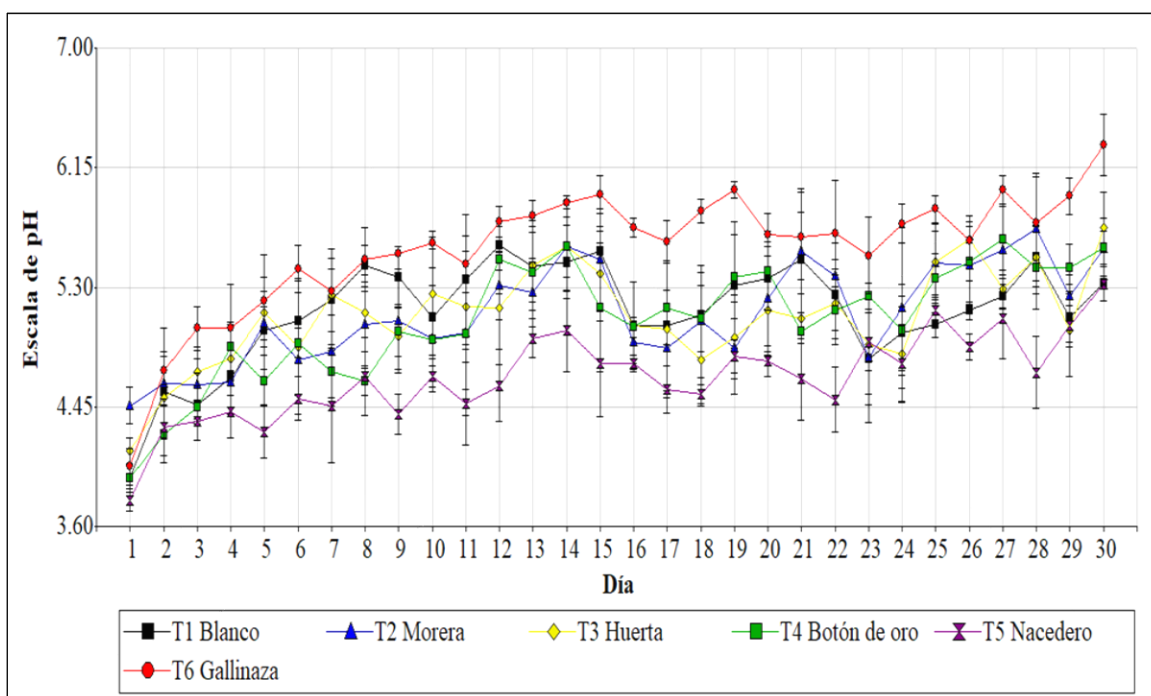


Figura 4. pH promedio diaria (n=4): Abonos tipo composteado elaborados a partir de fuentes vegetales como hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro, Nacedero, y un abono elaborado con gallinaza

La gráfica temporal muestra que los valores de pH de los tratamientos Blanco y de la Gallinaza tienden a incrementarse de manera más notable con valores de 5 a 6.5 en comparación con los otros tratamientos, alcanzando niveles de pH más altos hacia el final del periodo, como consecuencia de un aumento en la concentración del ion amonio. Cuando el pH del compostaje aumenta, ciertos nutrientes se pueden perder. La pérdida más significativa es la del nitrógeno, que se volatiliza como amoníaco (NH_3) cuando el pH supera los 7.0. Esto reduce la cantidad de nitrógeno disponible en el compost final. Otros nutrientes, como el fósforo y el potasio, pueden lixivarse, aunque en menor medida (García 2012)

Por otro lado, el tratamiento el Nacedero generalmente presentó los valores de pH más bajos, con una mínima de 4.35 observada el día 3, tuvo varias variaciones, pero mantuvo una tendencia de valores de pH más bajos en comparación con los otros tratamientos. En términos de comportamiento similar, la Morera y el Botón de oro mostraron patrones de cambios parecidos, con varios puntos de intersección a lo largo del gráfico, especialmente entre los días 10 y 20. Mientras tanto, la Gallinaza y las Musáceas también mostraron ciertas similitudes en sus tendencias, aunque la gallinaza tuvo una variabilidad ligeramente mayor al final del periodo con un pH de 6.31, y Musáceas tuvo un pH final de 5.72, estos resultados concuerdan con los estudios realizados por (Michael Page 2022) donde el pH presentaron valores entre ácidos y neutros, ya que arrojaron valores que varían entre de 5.79 y 7.20.

De igual manera, se pueden evidenciar que en los compostajes realizados se presentaron dos fases en la evolución del pH en la biodegradación, lo cual es concordante con lo manifestado por algunos autores (Bueno Márquez *et al.*, 2005, Escobar *et al.*, 2011, citado por Maria 2022). En la fase mesófila inicial se observa una disminución del pH debido a la acción de los microorganismos sobre los carbohidratos de bajo peso molecular, acompañada de la liberación de ácidos orgánicos. En la segunda fase se produjo una alcalinización progresiva, aumento del pH, debido al proceso de pasteurización del material y la acumulación del amoníaco generado (Delgado 2019).

En comparación con otros estudios realizados por Barbaro (2022), presento la evolución del pH en el compostaje presenta tres etapas En la primera (Mesófila inicial), hay una disminución del pH debido a la liberación de ácidos orgánicos proveniente de la descomposición de materia orgánica más lábil. En la segunda, se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas. En la tercera, el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos Si durante el proceso de compostaje el pH es bajo, se inhibe la degradación orgánica, pero si el pH se mantiene por encima de 7,5 o cercano a este valor, se puede decir que hay suficiente descomposición (Morero y Moral 2008 citado por, Campos-Rodríguez *et al.*, 2016).

- **Análisis de similitud**

Según en el análisis de conglomerado **Figura 7** indica que los tratamientos Búcaro, Morera, Musáceas y Botón de Oro, tienen valores similares en las variables evaluadas, sugiriendo características comunes en sus condiciones de compostaje. Esto podría implicar que los procesos de compostaje y propiedades resultantes de estos abonos son comparables. Por otro lado, el Nacedero, muestra valores de temperatura, humedad y pH distintos a los otros abonos, obtuvo las humedades más altas, y obtuvo los pH más bajos, presentan una degradación relativamente lenta debido a su alta concentración de compuestos fenólicos y lignina, lo que dificulta su descomposición por parte de los microorganismos (Rincón *et al.*, 2020). justificando su clasificación separada. Finalmente, solo el tratamiento de la Gallinaza, presenta valores únicos en las variables analizadas, diferenciándose claramente de los demás abonos debido que es de origen animal.

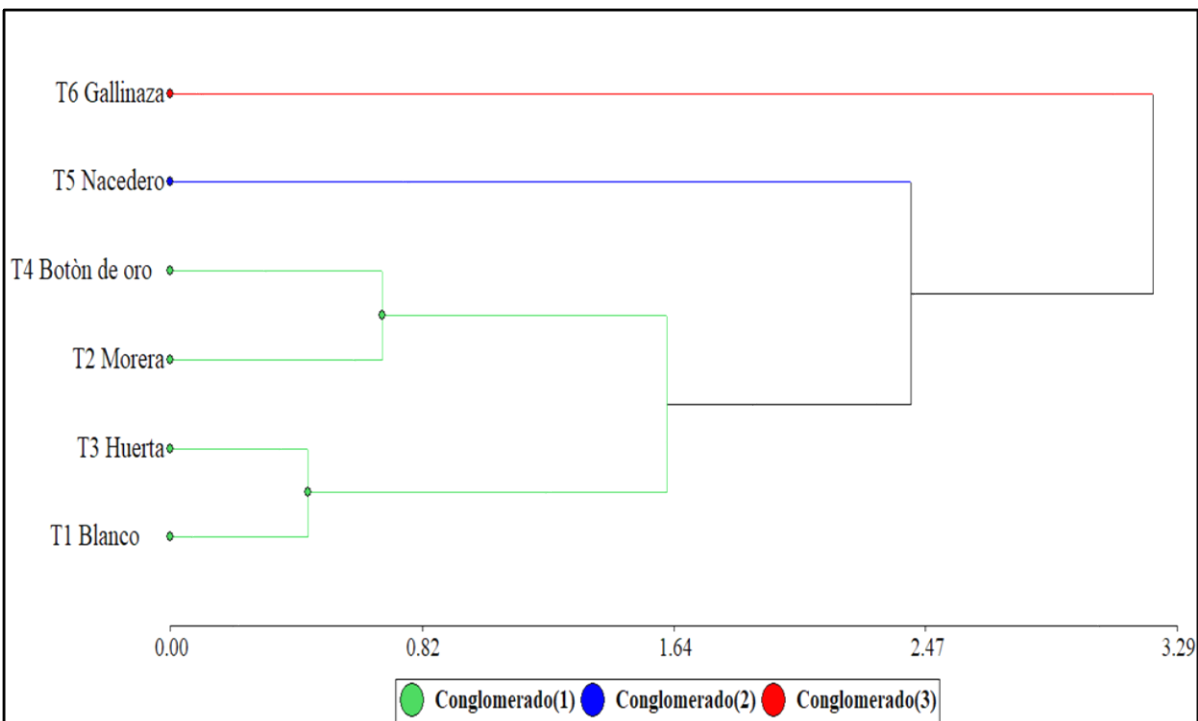


Figura 5. Análisis de conglomerados basados en: Temperatura, Humedad y pH para los diferentes abonos tipos composteado elaborados a partir de fuentes vegetales como hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro, Nacedero y Gallinaza

- **Diagrama de Interacción entre Temperatura, Humedad y pH para los distintos abonos**

La **Figura 7** muestra los diagramas las correlaciones significativas entre las variables de temperatura, humedad y pH para los tratamientos de Botón de Oro, Nacedero y Gallinaza. Las conexiones indican las correlaciones, con los coeficientes de Pearson y los valores p correspondientes. En el tratamiento Botón de Oro, se observan correlaciones significativas entre la temperatura y la humedad (Pearson: 0.21, p-valor: 0.0431) y entre la humedad y el pH (Pearson: -0.64, p-valor < 0.0001). Para el tratamiento Nacedero, hay una correlación significativa entre la temperatura y el pH (Pearson: -0.28, p-valor: 0.0051) y entre la humedad y el pH (Pearson: 0.21, p-valor: 0.0431). En el tratamiento Gallinaza, las correlaciones

significativas son entre la temperatura y la humedad (Pearson: 0.21, p-valor: 0.043) y entre la temperatura y el pH (Pearson: -0.30, p-valor: 0.0037).

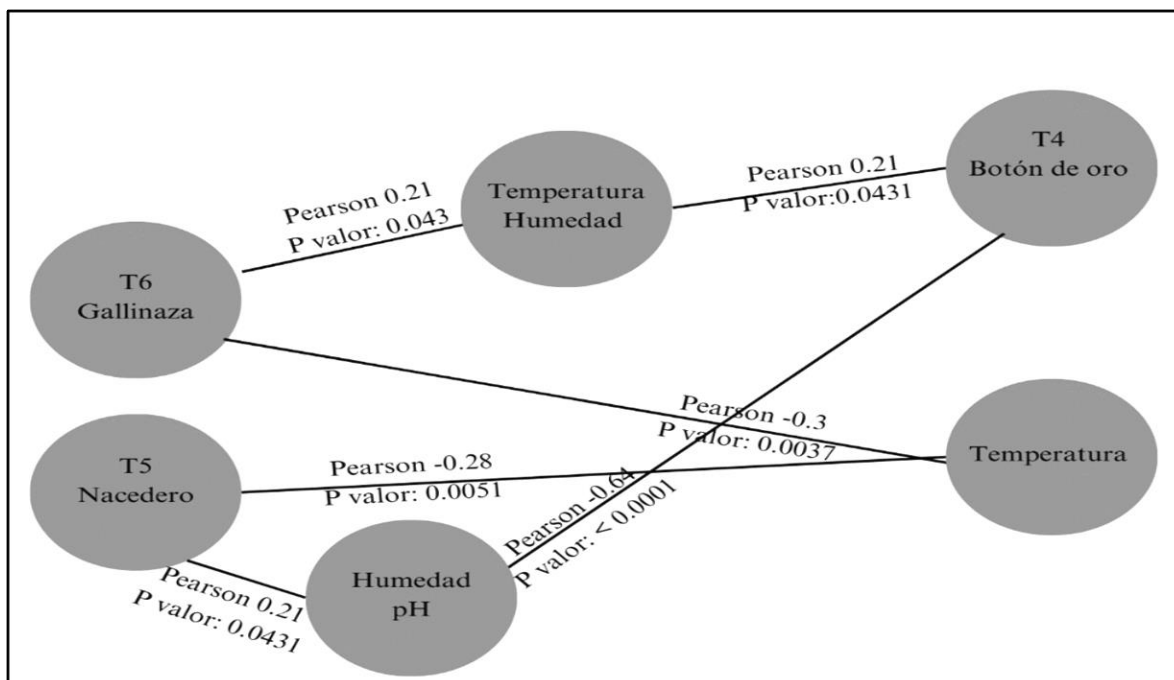


Figura 6. Diagrama de correlaciones significativas

Tabla 3. Correlaciones significativas para los distintos abonos elaborados a partir de hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro, Nacedero y Gallinaza

Tratamiento	Variable1	Variable2	Pearson	p-valor
Blanco	Temperatura	Humedad	1	0.0001
	Humedad	pH	0.01	0.5333
	pH	Temperatura	-0.005	0.8125
Morera	Temperatura	Humedad	1	0.0001
	Humedad	pH	0.07	0.5393
	pH	Temperatura	0.03	0.8215
Musáceas	Temperatura	Humedad	1	0.0001
	Humedad	pH	0	1
	pH	Temperatura	0.003	0.8764
Botón de oro	Temperatura	Humedad	1	0.0001
	Humedad	pH	0.22	0.0388
	pH	Temperatura	-0.14	0.1288
Nacedero	Temperatura	Humedad	1	0.0001
	Humedad	pH	0.1	0.3192

	pH	Temperatura	-0.38	0.0018
Gallinaza	Temperatura	Humedad	1	0.0001
	Humedad	pH	0.05	0.3937
	pH	Temperatura	0.3	0.0074

5.2 Análisis Nutricional de los resultados obtenidos

En la Tabla 4 se muestra que el tratamiento de la Gallinaza y la Morera son los más ricos en nutrientes según el análisis de conglomerados *Figura 8* describe que los tratamientos, presentan características químicas y nutricionales diferentes de los otros tratamientos, ya que se agrupan en un nivel más alto de la jerarquía, indicando mayor distancia y, por tanto, menor similitud con los demás. Por otro lado el Nacedero, Blanco, Musáceas, y el Botón de oro son más similares entre sí, mostrando una relación más cercana en términos de sus propiedades químicas y nutricionales.

Tabla 4. Análisis Químico y Nutricional de abonos elaborados a partir de fuentes vegetales como hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro y Nacedero

Análisis Químico y Nutricional														
Tratamiento	g/100 (%)							mg/Kg						Rel C/N
	MO	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	B	
T1 Blanco	57.5	1.51	0.17	2.17	0.86	0.16	0.09	852	22	3078	197	31	75	22.2
T2 Morera	53.3	1.25	0.18	1.69	0.72	0.12	0.03	1262	20	2882	382	47	67	24.7
T3 Musáceas	54.2	1.42	0.19	2.69	0.84	0.20	0.18	1192	32	3279	249	41	61	22.1
T4 Botón de oro	55.6	1.32	0.17	2.00	0.95	0.21	0.14	1304	38	3071	241	60	54	24.4
T5 Nacedero	57.3	1.53	0.16	2.28	0.88	0.19	0.20	824	33	2653	471	55	44	21.7
T6 Gallinaza	61.1	1.62	0.32	2.60	0.80	0.28	0.21	1719	46	2728	259	126	47	21.9

Color anaranjado: Más alto, color verde: segundo más alto y color azul: tercero más alto.
Rel C/N: Relación carbono/Nitrógeno.

En términos de materia orgánica, los tratamientos más destacados son de la Gallinaza con un 61.1%, seguido por Blanco con un 57.5%, y Nacedero con un 57.3%. El tratamiento de la Gallinaza también tiene los niveles más altos de nitrógeno con un 1.62%, seguido por el

tratamiento del Nacedero con un 1.53% y el Blanco con un 1.51%. En cuanto al fósforo el tratamiento de la Gallinaza lidera nuevamente con un 0.32%, seguido por el Nacedero con un 0.29% y las Musáceas con un 0.19%. Para el potasio las Musáceas destaca con un 2.69%, seguido por la Gallinaza con un 2.60% y el Nacedero con un 2.28%. Una de las características de las Musáceas es que posee nutrientes energéticos como hidratos de carbono y nutrimentos reguladores que se encuentran presentes en vitaminas, minerales, como potasio, magnesio y fósforo (Farinango 2014).

En cuanto a los micronutrientes, los niveles más altos de hierro se encuentran en el tratamiento de las Musáceas con 3279 mg/kg, seguido por el tratamiento Blanco con 3078 mg/kg y Botón de Oro con 3071 mg/kg. Para el manganeso el tratamiento del Nacedero es el mas alto seguido por por la Morera y la Gallinaza. En zinc, la Gallinaza tiene el valor más alto con 126 mg/kg, seguido por los tratamientos Botón de oro y Nacedero. En la cantidad de Boro, el tratamiento Blanco tiene el mayor porcentaje seguido por la Morera y las Musáceas. En general, los abonos evaluados tienen buenas características nutricionales para su uso.

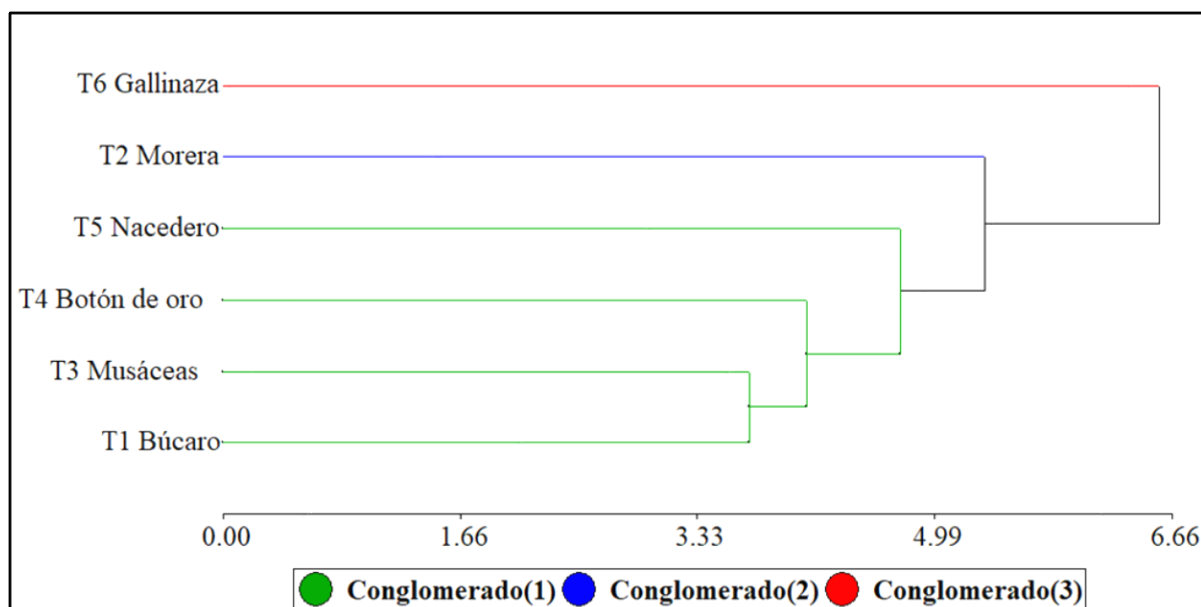


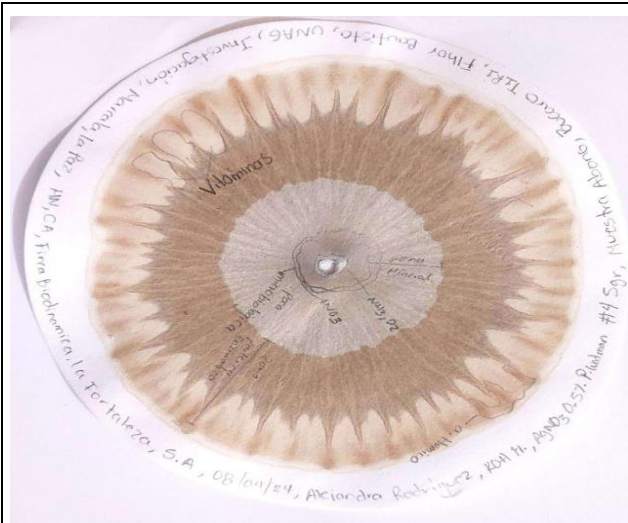
Figura 7. Análisis de conglomerados de laboratorio para los diferentes abonos tipos composteado elaborados a partir de fuentes vegetales como Hojas de Blanco, Morera, Musáceas, Botón de oro, Nacedero y Gallinaza.

Además estudios realizados por Laboratorio de bromatología (1991) la composición nutricional de la morera (*Morus sp.*). En términos de minerales esenciales, la morera presenta calcio (1.74%), magnesio (0.14%) y fósforo (0.14%). La relación carbono/ nitrógeno de los distintos abonos resultantes están en los rangos aceptables, la Morera tiene una relación carbono nitrógeno más alta de 24.7. De acuerdo con Bueno *et al.*,(2005) la relación C/N influye en la velocidad del compostaje y la pérdida de amonio. Si la relación C/N supera 40, la actividad biológica disminuye, ralentizando el proceso por falta de nitrógeno para la síntesis proteica de los microorganismos. Con una relación C/N alta pero con materia orgánica poco biodegradable, la disponibilidad de N es mayor y el proceso es rápido, afectando solo una parte de la masa total.

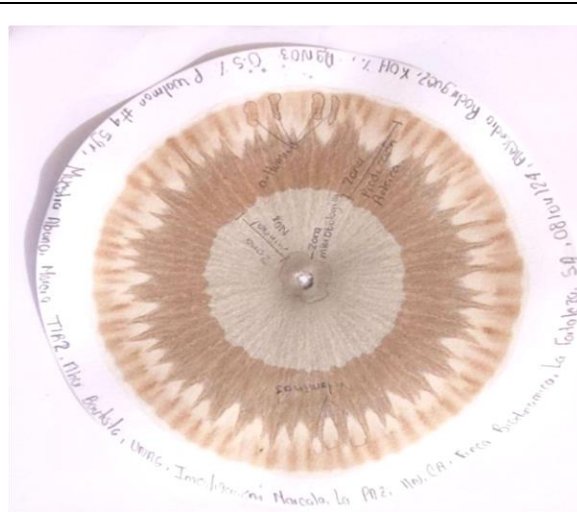
Una característica sorprendente de la morera es el alto contenido mineral de sus hojas. Se reportan valores similares en fósforo (de 0,14 a 0,24%), pero algo mayores en calcio (de 1,8 a 2,4%) y magnesio de (0,47 a 0,64%). En otros trabajos se hallaron concentraciones aún mas altas para calcio (3,73%), fósforo (0,58%), zinc (62,46 ppm) y similares para hierro y cobre (Brem *et al.*, 2012). En cuánto al contenido de minerales del Botón de oro , esta especie posee una cantidad apreciable de fósforo alcanzando niveles entre 0,17% y 0,38% en las hojas, estos valores son más altos aún que los encontrados en algunas leguminosas usadas en sistemas agroforestales que varían entre 0,15 y 0,20 % de fósforo (28%, 29%), el contenido de calcio se encuentra alrededor de 2,86% en la planta (Londoño *et al.*, 2019).

La morera constituye una fuente importante de aminoácidos, la mitad de los cuales son esenciales. Además, presenta cantidades apreciables de vitaminas, destacándose entre ellas los ácidos nicotínico, ascórbico y pantoténico, así como la vitamina C y la riboflavina (Soca *et al.*, 2006 citado por Zambrano Moreno *et al.*, 2015).

5.3 Calidad de los abonos (Análisis de Cromatografía)



A



B



C



D



E



F

Figura 8. Cromatograma de 6 distintos abonos elaborados a partir de hojas de A (Blanco), B (Morera), C (Musáceas), D (Botón de oro), E (Nacedero) y F (Gallinaza)

Los cromatograma A (Blanco) y C (Morera) muestran una integración destacada de sustancias minerales y microbiológicas, esenciales para la transformación y descomposición de la materia (Julca-Otiniano *et al.*, 2006) Ambos presentan una zona proteico-enzimática con abundancia de enzimas y vitaminas, indicando buena calidad nutricional. En comparación con el cromatograma B (Morera) muestra menor actividad microbiológica inicial, pero una rápida descomposición en la zona de materia orgánica, con presencia notable de ácido húmico y vitaminas.

Por otro lado, el cromatograma D (Botón de oro) presenta una clara separación entre la zona mineral y la materia orgánica, sugiriendo procesos de mineralización bien definidos, pero con una descomposición orgánica más lenta. A pesar de esto, presenta una zona proteico-enzimática con alta concentración de vitaminas y ácido húmico, indicando buena calidad enzimática y nutricional similar al del cromatograma A (Blanco) y C (Musáceas).

El cromatograma E (Nacedero) se destaca como el mejor en términos de calidad. Tiene una pequeña pero significativa actividad microbiológica, buena presencia de nitratos en la zona mineral, una amplia zona de materia orgánica que indica una buena fertilidad del suelo (Pacheco y Herrera 2021). Presenta una zona proteico-enzimática con abundantes enzimas y diferentes ácidos, señalando una alta calidad nutricional comparable con el cromatograma F (Gallinaza), que muestra una fuerte actividad de transformación y descomposición de materia, buena mineralización, pero limitada integración de materia orgánica, y una zona proteico-enzimática con componentes similares.

5.4 Análisis Costo-Beneficio

En la Tabla 5 análisis costo-beneficio de los diferentes tipos de abono muestra una clara variación en la rentabilidad de cada opción, aunque todos los abonos generan ingresos iguales

(L140), la rentabilidad varía según los costos de producción. La gallinaza presenta la mejor relación costo-beneficio (L.1.25), seguida por el nacedero (L.1.23) y las musáceas (L.1.17). Esto indica que estos abonos proporcionan un mayor beneficio neto en comparación con sus costos, lo que los hace más rentables para los productores asociados a COMSA. Por otro lado, el abono blanco tiene la menor rentabilidad, con una relación costo-beneficio de 1.05 Lempiras, lo que sugiere que, aunque cubre sus costos, ofrece un margen de ganancia mínimo.

Tabla 5. Relación Beneficio-Costo de los diferentes abonos elaborados a partir de fuentes vegetales

Tipo de abono	Costos de producción	Ingresos	Beneficio neto	Relación costo / beneficio
Blanco	L133.21	140	L6.79	L1.05
Morera	L124.04	140	L15.96	L1.13
Musáceas	L117.30	140	L22.70	L1.19
Botón de oro	L119.89	140	L20.11	L1.17
Nacedero	L114.04	140	L25.96	L1.23
Gallinaza	L111.66	140	L28.34	L1.25

La capacidad para que se produzca más de la Morera sería por cultivo in vitro según estudios de (Mufato 2020) este permite reproducir una mayor biomasa de la morera (*Morus alba*) mediante técnicas de micropropagación. Esta metodología incluye varias etapas: iniciación del cultivo, donde se desinfecta el material vegetal y se establecen condiciones asépticas; multiplicación, en la que se incrementa el material vegetal mediante condiciones nutricionales y hormonales adecuadas; enraizamiento, que induce la formación de raíces con condiciones hormonales óptimas; y aclimatización, que ajusta gradualmente la humedad, sustrato y temperatura para asegurar la supervivencia de las plantas.

5.5 Aceptación y percepción de los productores sobre los abonos elaborados

Se aplicó una encuesta a los socios productores de COMSA para conocer su aceptación y perspectiva sobre el uso de la gallinaza y materiales de origen vegetal en el compostaje. La **Figura 10** muestra que el 66.67% de los agricultores siempre utilizan la gallinaza en sus producciones mientras que solo el 10% y el 3.33% la usan raramente o nunca., reflejando su importancia en las prácticas agrícolas. Según Estrada (2005) la utilidad de la gallinaza, en cualquiera de sus formas, proviene de su aporte al suelo de materia orgánica, con lo cual aumenta su capacidad de retención de agua, así como por ser fuente muy rica en elementos nutritivos para las plantas.

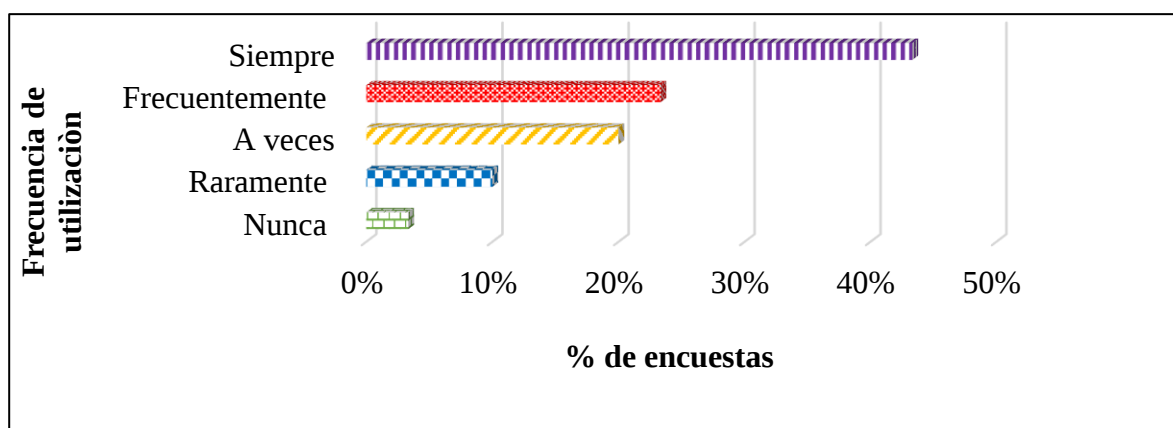


Figura 9. Manejo frecuente del uso de la Gallinaza como fuente de nitrógeno en el composteado en la producción agrícola de los socios productores asociados a COMSA en Marcala, La Paz.

En la **Figura 11** se observa que, los agricultores entrevistados respondieron que el 66.67% están satisfecho con el uso de la Gallinaza y solo un 3.33% se mantiene neutral. Además, que el 90% de los encuestados estaría dispuesto a utilizar estos materiales vegetales y solo el 10% no lo utilizaría, este alto porcentaje de aceptación sugiere una apertura considerable a la innovación y la búsqueda de prácticas más sostenibles o eficaces en la producción agrícola. La disposición a probar nuevas alternativas podría estar impulsada por la necesidad de diversificar las fuentes de nutrientes para el compost, mejorar la calidad del suelo o reducir costos.

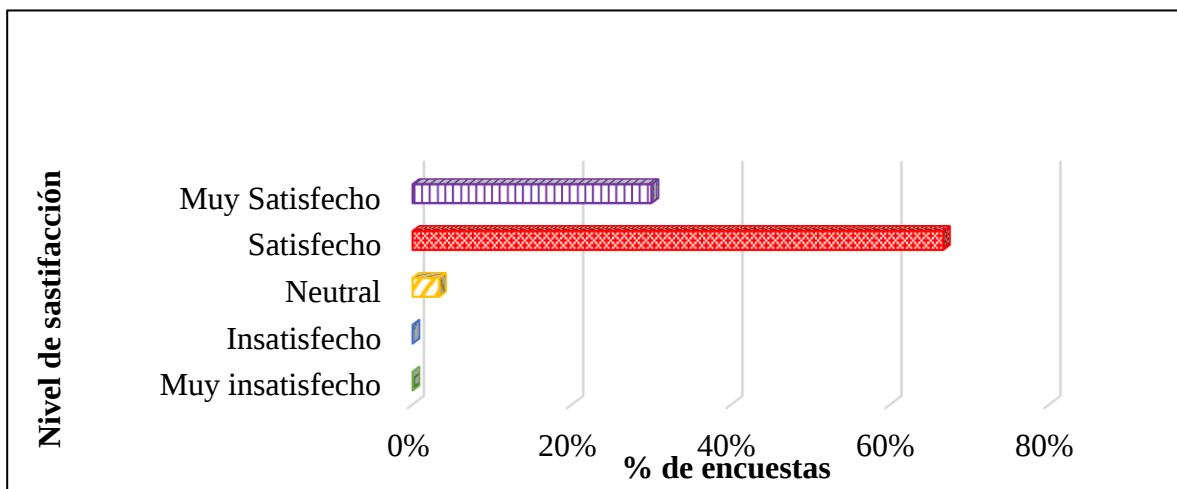


Figura 10. Satisfacción con el rendimiento de la gallinaza como fuente de nitrógeno en el composteado en términos de calidad de los cultivos en los Socios productores asociados a COMSA en Marcala, La Paz.

Los agricultores entrevistados indicaron que la principal preocupación al utilizar materiales alternativos de fuentes vegetales **Figura 12** es la disponibilidad, con un 60% eligiéndola como la mayor inquietud., mientras que solo un 6.67% mencionó preocupaciones específicas como los costos que tienen estos materiales vegetales. El 90% de los agricultores recomendaría el uso de materiales alternativos como fuentes de nitrógeno en el compost, reflejando una alta confianza. El 10% restante podría estar influenciado por la falta de familiaridad, experiencias negativas, o preferencia por métodos tradicionales

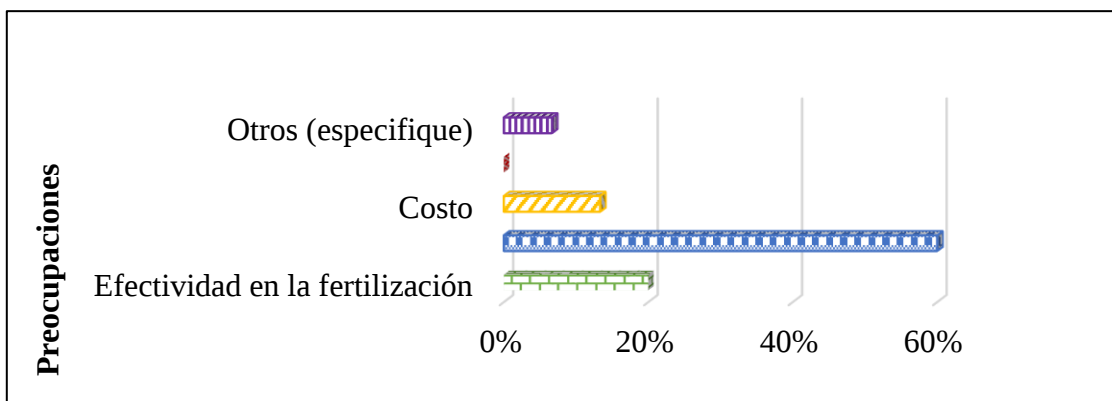


Figura 11. Preocupaciones de los socios productores asociados a COMSA al considerar el uso de materiales alternativos en lugar de la gallinaza en el composteado

CONCLUSIONES

La viabilidad del uso de materiales provenientes de fuentes vegetales para la elaboración de abonos tipo composteados es altamente positiva. Estos materiales no solo están ampliamente disponibles, sino que también permiten la producción de abonos ricos en nutrientes que mejoran la fertilidad del suelo y promueven el ciclaje eficiente de nutrientes. Al incorporar residuos vegetales locales en el proceso de compostaje, se facilita la creación de un sistema agrícola más autosuficiente, donde los nutrientes son reciclados de manera natural dentro del agroecosistema, reduciendo la dependencia de fertilizantes sintéticos y fortaleciendo la sostenibilidad y resiliencia del manejo agrícola.

Se concluye que la técnica de cromatografía es fundamental para el análisis cualitativo de abonos, ya que permite identificar la composición química de los nutrientes y sustancias presentes en ellos. Este análisis es importante para garantizar la calidad y efectividad de los abonos, ya que proporciona información detallada sobre la presencia de elementos esenciales y posibles contaminantes. Al entender la composición cualitativa, se pueden optimizar las formulaciones de abonos para mejorar el rendimiento agrícola y minimizar impactos ambientales, asegurando así una producción agrícola más sostenible y eficiente.

Se concluye que la producción de abonos a partir de fuentes vegetales locales es viable y rentable, dado que todos los abonos analizados ofrecen un retorno positivo sobre la inversión. Aunque algunos abonos son más rentables que otros, todos generan beneficios netos, lo que sugiere que es una opción económica sólida para los agricultores. Además, la utilización de recursos vegetales locales promueve la sostenibilidad y puede contribuir a un manejo más eficiente y ecológico de los recursos agrícolas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar la supervisión diaria de las condiciones que intervienen en el proceso de compostaje; como factores físicos (temperatura, humedad y pH), ya que influyen en la descomposición de la materia orgánica durante el proceso de compostaje. Además, que se recomienda medir la temperatura antes de voltear los abonos, además se recomienda no humedecer en gran cantidad ya que se pueden lixiviar nutrientes en el abono y no voltear en exceso los abonos.

Se recomienda implementar un sistema de monitoreo y evaluación continuo de la calidad del compost producido con materiales alternativos. Esto asegurará que se mantengan o mejoren los niveles de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio.

Para los productores interesados en utilizar material de origen vegetal en el compostaje, se recomienda el uso de hojas de Morera (*Morus alba*), Nacedero (*Trichanthera gigantea*), Botón de oro y Musáceas. Estas hojas destacan por su alto contenido nutricional, ofreciendo una valiosa fuente de nitrógeno y otros nutrientes esenciales. Además, se recomienda elaborar los abonos con mezclas de todo este tipo de fuentes vegetales que aportan cada uno diferentes nutrientes esenciales.

Se recomienda a los productores, no desperdiciar el material vegetal dentro de sus fincas; ya que como estos materiales estudiados hay otros más que pueden aportar significativamente a los abonos en cuanto a su composición nutricional, y además que les va beneficiar en sus ingresos económicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta M., A maria; Salinas C., GD. 2011. Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery) Dynamics of Growth and Development of Banana (Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano and Valery). Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 64(2):6055-6064.
- Altieri, M y Nicholls, C. 2000. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Diario de campo :1-16.
- Altieri, M. 2001. Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios (en línea). Agroecología: El camino hacia una Agricultura Sustentable :27-34. Disponible en <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/cap2-Altieri.pdf>.
- Añasco, JP y A. 2005. Preparacion y uso de abonos organicos solidos y liquidos (en línea). Costarricense, C educativa para el desarrollo (ed.). San Jose, Costa Rica, s.e. Disponible en <https://www.calameo.com/read/003377656b2b4bfa6e8f6>.
- Anderson, JA. 1993. Biología y fertilidad de los suelos tropicales: Manual de Métodos. Segunda edición. :221.
- Andrea, F. 2019. Caracterización físico-química de compost obtenido a partir de residuos orgánicos alimenticios y de Poda de la facultad de ciencias y tecnología de la universidad estadual Paulista «Júlio de Mesquita Filho», Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. :1-54.
- Arenas Osorno Cristian Yair. 2017. Implementación de un sistema integral de compostaje para el tratamiento de los residuos orgánicos en el Centro Educativo Rural Josefa Romero, Municipio de Dabeiba. Journal of Materials Processing Technology 1(1):1-8.
- Arias, M., Martínez, L., & Pérez, J. (2022). *Plantas forrajeras y su impacto en la agricultura sostenible en América Latina*. Editorial Agroecológica.
- Arronis, V; Bonilla Arrazola, O. 2021. Bancos forrajeros: Botón de oro (Tithonia diversifolia) (en

- línea). Descripción de la tecnología del botón de oro :9. Disponible en http://www.platicar.go.cr/images/buscador/fichas-tecnicas/Ganaderia/02_Bancos_forrajeros_Botón_de_oro.pdf.
- Avila, MDP. 2015. Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga – Huancayo (en línea). Universidad Nacional del Centro del Perú :109. Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3511>. Consultado 18/7/2024
- Barbaro Lorena. 2022. Compostaje de residuos orgánicos. .
- Bonilla Correa, CR; Díaz, J; Gil, C; Girón, K; León, M; Ortiz, O; Suarez, A. 2020. Dinámica De La Descomposición De Residuos Orgánicos. Suelos Ecuatoriales 50(1y2):31-39. DOI: [https://doi.org/10.47864/se\(50\)2020p31-39_123](https://doi.org/10.47864/se(50)2020p31-39_123).
- Brem, JJ; Ortiz, ML; Trulls, HE; Zach, A; Brem, JC. 2012. Comportamiento estacional del contenido mineral en hojas de morus spp utilizadas en la alimentación de caprinos. Revista Veterinaria 23(2):116-119. DOI: <https://doi.org/10.30972/vet.2321789>.
- Bueno, P., Díaz, M., & Cabrera, F. 2005. Factores que afectan al proceso de Compostaje. .
- Bueno Márquez, P; Díaz Blanco, MJ; Cabrera Capitan, F. 2005. Capítulo 4. Factores que afectan al proceso de Compostaje. .
- Bueno Márquez Pedro, DBMJ y CC FRANCISCO. 2005. Factores que afectan al proceso de Compostaj. Advanced Materials . DOI: <https://doi.org/10.1002/adma.201604105>.
- Bustamante García, V; Carrillo Parra, A; Prieto Ruíz, JÁ; Corral-Rivas, JJ; Hernández Díaz, JC. 2017. Química de la biomasa vegetal y su efecto en el rendimiento durante la torrefacción: revisión. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 7(38):5-24. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v7i38.8>.
- Campos-Rodríguez, R; Brenes-Peralta, L; Jiménez-Morales, MF. 2016. Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. Revista Tecnología en Marcha 29(8):25. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2982>.

- Cárdenas-L., D; Ramírez-A., JG. 2004. Plantas útiles y su incorporación a los sistemas productivos del Departamento del Guaviare (Amazonia Colombiana) (en línea). *Caldasia* 26(1):95-110. Disponible en [c:%5CUsers%5CUusuario%5CDocuments%5CBibliografia Etnobotanica%5CCardenas y Ramirez.2004.Plantas utiles en los sistemas productivos.pdf](c:%5CUsers%5CUusuario%5CDocuments%5CBibliografia%5CEtnobotanica%5CCardenas y Ramirez.2004.Plantas utiles en los sistemas productivos.pdf).
- Castells, XE. 2005. Tratamiento y valorización energética de residuos. :658-681.
- Castillo, Lady. 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). Repositorio Institucional Continental :130. Disponible en <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8245>. Consultado 15/7/2024.
- Chóez, H. 2017. Diseño e implementación de un sistema silvopastoril en el centro nacional de mejoramiento genético caprino, granja el Azúcar. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena .
- Corzo, A. 2019. Técnicas de análisis en química orgánica: cromatografía. (en línea). s.l., s.e. 1-55 p. Disponible en <https://bit.ly/3tL4dMM>. Consultado 23/7/2024.
- Cristian, RS y S. 2013. Seguimiento proceso compostaje empresa alfagres s.a. .
- Darío, MRD. 2023. Propuesta para la producción de abono orgánico mediante el compostaje de los residuos sólidos orgánicos para árboles frutales de la finca “Don Luchito” de la parroquia Chicaña, Cantón yantzaza de la provincia Zamora Chinchipe, durante el año 2023. (en línea). *International Journal of Technology* 47(1):100950. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.01.002%0>. Consultado 20/7/2024.
- Deiver Hoyos, H; Nelson Alvis, G; Leonel Jabib, R; Marina Garcés, B; Dalis Pérez, F; Salim Mattar, V. 2008. Utilidad de los microorganismos eficaces (em®) en una explotación avícola de córdoba: Parámetros productivos y control ambiental. *Revista MVZ Cordoba* 13(2):1369-1379. DOI: <https://doi.org/10.21897/rmvz.397>.
- Delgado M. D. M., Mendoza, K. L., González, M. I., Tadeo, J. L., & Martín, J V. 2019. Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. 35.

- Díaz, R; José, A; Ruiz, R; Andrés, P. 2008. Determinación de la mejor cantidad de agua y relaciones carbono : nitrógeno para el establecimiento de una compostera Determinación de la mejor cantidad de agua y relaciones carbono : nitrógeno para el establecimiento de una compostera. .
- Díaz, VA. 2015. Banco forrajero de botón de oro (*Tithonia Diversifolia*). (en línea). InfoAgro :2. Disponible en [http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/Desplegables/Banco Forrajero de Botón de Oro.pdf](http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/Desplegables/Banco_Forrajero_de_Botón_de_Oro.pdf). Consultado 25/11/2023.
- Dimas, J; Mtz, L; Estrada, AD; Rubin, EM; Cepeda, RDV; Latinoamericana, T; Mexicana, S; Ciencia, D; Del, Q; Rendimiento, SY; Maiz, EN; Cepeda, DV. 2001. Efecto de los fertilizantes orgánicos sobre las propiedades físico-químicas del suelo y el rendimiento del maíz (en línea). Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. 19:293-299. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319401>. Consultado 12/12/2023.
- Duarte, RM; Molinares, GG. 2012. Efecto de siete tratamientos con fertilización edáficos sintéticos y natural sobre crecimiento vegetativo en banano variedad Gros Michel (AAA) en asocio con café y árboles en Yasica Sur, Matagalpa. 2011-2012. (en línea). :30. Disponible en http://agroforestbanana.org/files/documentos/Tesis_Rosa_Duarte_y_Glenda_Molinares.pdf f. consultado 25/12/2023. Consultado 13/5/2024.
- Elena, GM. 1993. El nacedero *Trichantera gigantea* una especie potencial en sistemas de producción integrados. (7-10).
- Epstein, E. 1997. La ciencia del compostaje. s.l., s.e.
- Escobar Escobar, N; Mora Delgado, J; Romero Jola, NJ. 2012. Identificación De Poblaciones Microbianas En Compost De Residuos Orgánicos De Fincas Cafeteras De Cundinamarca. Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural 16(1):75-88.
- Escobar, F; Sánchez, J; Azero, M. 2011. Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Pairumani (en línea). Acta Nova 5(3):1683-0768. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892012000100004&script=sci_arttext.

- Espaliat Canu, M. 2017. Economía Circular y Sostenibilidad (en línea). s.l., s.e. 211 p. Disponible en https://wolfypablo.com/documentacion/documentos/2017-10/710Economia_circular_y_sostenibilidad.pdf. Consultado 5/7/2024.
- F, JBH; Enrique, A; Chacín, C; Blanco, G; Arrieche, I; Pérez, A; Salazar, C. 2009. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en harinas de clones de musáceas comestibles (*Musa* spp.). 9(2):449-457.
- FAO. 2013. Manual de compostaje del agricultor (en línea). s.l., s.e. 112 p. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>. Consultado 4/5/2024.
- Farinango. R., A. 2014. Evaluación de dos estados de madurez del plátano hartón *Musa* AAB utilizado en la elaboración de pan. .
- Gábor; Encarnación Aguilar, G. 2006. fiLos productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final (en línea). Gaceta Ecológica (79):39-51. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907903>.
- Gámez Morales, WR. 2010. Suplementación de pollos de engorde con harina de hoja de Nacedero (*Trichanthera gigantea*) (en línea). Tesis :152. Disponible en https://www.academia.edu/44710769/Hidrologia_William_R_Gámez_1ra_Edición. Consultado 7/9/2023.
- García, D., Noda, Y., Medina, G., Martín, G., y Soca, M 2. 2006. “La morera: una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico”. Avances en investigación agropecuaria :10 (1):55-72.
- García, N; .M., A. 2013. Monografía de la especie forestal *Cordia alliodora*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Medellín, Colombia :22.
- García Fernández, JJ. 2012. Efectos de los compost sobre las propiedades del suelo: Evaluación comparativa de compost con separación en origen y sin separación en origen (en línea). Industriales, Universidad Politécnica de Cartagena :102. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/60425637.pdf>. Consultado 20/5/2024.
- García, FJC. 2002. La economía Circular. s.l., s.e.

- Gómez Cortes, AT. 2020. La Economía Circular Como Alternativa Para El Reciclaje De concreto (RCD) en una obra civil (en línea). . Disponible en <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36890/GomezCortesAnguieTatiana2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Gómez, P. 2020. Uso de residuos vegetales en el compostaje y su impacto en la fertilidad del suelo. *Revista de Agricultura Sostenible* 15(3):45-58.
- Grand, A; Michel, V. 2020. Guía Práctica de la Fertilización (en línea, sitio web). Disponible en <https://www.best4soil.eu/assets/factsheets/es/7.pdf>.
- Hernandez_et_al. s. f. La elaboración del marco teórico: revisión de la literatura y construcción de una perspectiva teórica. .
- Huamaní, LY. 2014. Importancia de los abonos orgánicos en la agricultura (en línea). . Disponible en <https://doi.org/10.17162/riu.v3i1.42>.
- Humpheys, DJ. 1990. Toxicología veterinaria. :366.
- Hurtado, D; Nocua, S; Narváez, W; Vargas, J. 2012. Valor nutricional de la morera (*Morus sp.*), matarratón (*Gliricidia sepium*), pasto india (*Panicum máximum*) y arboloco (*Montanoa quadrangularis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). *Veterinaria y Zootecnia* 6(1):56-65.
- Jairo, RR. 2011. Cromotografía. s.l., s.e.
- Jiménez, M. 2006. Producción de biomasa de Nacadero (*Trichanthera gigantea*) en diferentes escenarios de sombra y frecuencias de cortes, en el Rancho EBENEZER. Niquinohomo, Masaya. (en línea). :55. Disponible en <https://cutt.ly/tV4m8He>. Consultado 24/7/2024.
- Julca-Otiniano, A; Meneses-Florián, L; Blas-Sevillano, R; Bello-Amez, S. 2006. La Materia Orgánica, Importancia Y Experiencia De Su Uso En La Agricultura. *Idesia (Arica)* 24(1):49-61. DOI: <https://doi.org/10.4067/s0718-34292006000100009>.
- Julissa Michell Meléndez Calix. 2020. Comparación del poder calorífico de especies maderables de la zona Norte de Honduras. .
- Kiss, G y FM. 1998. Generación de materias contaminantes en rellenos sanitarios de residuos

sólidos municipales. Ingeniería y ciencias ambientales :38: 6-9.

Laboratorio de bromatología, U de C. 1991. Valor nutricional de la morera (*Morus sp.*) y matarratón (*Gliricidia sepium*), en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). Artículo de investigación Universidad de Caldas Veterinaria y Zootecnia. :56-65.

Laguna, BZ. 2021. Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) como alternativa sostenible en granjas de producción con especies de interés zootécnico en Colombia. :6.

Laich, F. 2011. El papel de los microorganismos en la elaboración del vino. Jornada Técnica: Fertilidad y Calidad del Suelo 2(38270):174-183.

Laínez., LML. 2021. Comportamiento Productivo De Bovinos Con La Adición De Bloques Nutricionales Formados De Especies Arbóreas Forrajeras, En Manglaralto, Santa Elena (en línea). Repositorio Dspace (“Plan de comercialización para la línea de productos a base de Tagua de la comuna dos mangas, Parroquia Manglaralto, Cantón Santa Elena, 2013”):109. Disponible en <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/2100>.

Lampurlané, Solans, X; Espadale, RM; Carrera, G. 2008. NTP 597 : Plantas de compostaje para el tratamiento de residuos : riesgos higiénicos. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España :145-148.

_____. 2008. Plan Municipal de Adaptación al cambio climático del municipio de Marcala, La Paz. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España :145-148.

Lett, LA. 2014. *Revista Argentina de*. 46(1):1-2.

Londoño C, Juan; Mahecha L, Liliana; Angulo A, J. 2019. Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos (en línea). Revista Colombiana de Ciencia Animal, 11. Disponible en <https://doi.org/10.24188/recia.v0.n0.2019.693>.

M; Pardo, E. 2020. Transición a la economía circular (en línea). Fundación ICO y UNED 1(Junio):1-105. Disponible en <https://www.fundacionico.es/economia-circular/>.

María Estrada Pareja, M. 2005. Manejo y procesamiento de la gallinaza. 2(1).

Maria, TAA. 2022. Viabilidad ambiental y económica para el diseño de una planta de compostaje

a partir de residuos vegetales urbanos en la localidad de Suba – Bogotá. .

Martínez, R. 2004. Fundamentos culturales, sociales y económicos de la agroecología. Revista de Ciencias Sociales I-II:93-102.

Mata, E. 2022. Estudio de la optimización de la calidad del abono bocashi mediante la adición de potenciales microorganismos eficaces. Sistema Biodigestor .

Mauricio, C. 2017. Manejo del contenido ruminal de la planta de beneficio de animla a traves del compostaje. Universitas Nusantara PGRI Kediri 01:1-7.

Mejía-Castillo, HJ. 2019. Caracterización del madreao utilizado en la carbono-neutralidad. Rev. iberoam. bioecon. cambio clim. 5(9):1121-1128. DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i9.7948>.

Mejia, G; Ruiz, J. 2015. Compostaje de mortalidad como alternativa para el manejo del cadaver y el residuo del equino en el Centro de Veterinaria y Zootecnia CES. :76.

Michael Page, I. 2022. Elaboración de compost a partir de residuos sólidos orgánicos de cultivos generados en diferentes municipios del departamento de cordoba (Puerto Escondido, Chinú, Cereté y Montería). .

Moreno, J., Moral, R. 2008. Compostaje. Ediciones Mundi-prensa :78-85.

Morero, J., & Moral, R. 2008. Compostaje. .

Mufato, N. 2020. Estudios sobre el comportamiento de brotes de Morus alba L. en cultivo in vitro y en hidroponía. .

Narro, A; Antonio, M; Hernández, O. 2007. MORERA (Morus spp). .

Navarro-pedreño, J. 1995. Residuos orgánicos y agricultura. s.l., s.e.

Navarro, R. 1999. Manual para hacer composta Aeróbica. CESTA. Amigos de la Tierra. San Salvador, El Salvador :1-21.

Nemet, F; Perić, K; Lončarić, Z. 2021. Microbiological activities in the composting process : A review. Columella : Journal of Agricultural and Environmental Sciences 8(2):41-53. DOI: <https://doi.org/10.18380/szie.colum.2021.8.2.41>.

- Nicholls, C; Altieri, M; Vázquez, L. 2015. Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología* 10(1):61-72.
- Pacheco cueva, C alexis; Herrera Albarracin, roberto C. 2021. Universidad técnica de cotopaxi (en línea). Universidad técnica de cotopaxi 1:101. Disponible en <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>.
- Paredes, G. 2014. Evaluación del efecto de borraja (*Borago officinalis*) y Ortiga (*Urtica dioica*), como Acelerante y Enriquecedor Nutritivo en el proceso de compostaje (en línea). :134. Disponible en http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8464/1/bq_65.pdf. Consultado 23/7/2024.
- Partanen, P., Hultman, J., Paulin, L., Auvinen, P., & Romantschuk, M. 2010. Bacterial diversity at different stages of the. *BMC Microbiology*. 10:94-104.
- Paschoal, AD. 1994. Cálculo matemático para prepara abonos orgánicos. .
- Pássaro Carvalho, CP; Rivera Narváez, CM; Román Páez, MA; Cardona Bermúdez, LM; Muñoz Echeverri, LM; Gómez, DD; Quiceno Rico, JM; Rojas Bedoya, LC. 2016. Guía Sobre Principios Básicos De Cromatografía Y Sus Aplicaciones (en línea). Sennova . Disponible en https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/4694/guia_cromatograf%EDa.pdf;jsessionid=47F7B48AEE8FC78603ABF83A2E0ED1A3?sequence=1. Consultado 22/7/2024.
- Patiño Martínez, PE. 2014. Biomasa Residual Vegetal: Tecnologías de transformación y estado actual. *Innovaciencia facultad cienc. exactas fis. naturales*. (en línea). *Innovaciencia* 2(1):45-52. Disponible en http://revistas.udes.edu.co/site/index.php/innovaciencia/article/view/255/pdf_16. Consultado 10/6/2024.
- Pérez, A; Céspedes, C; Núñez, P. 2008. Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutricion Vegetal* 8(3):10-29.
- Pierini, V; Ratto, S; Avedissian, F; Zubillaga, M. 2010. Propiedades físicas de un compost obtenido a partir de residuos de poda (en línea). *Revista Facultad de Agronomía UBA*

- 30(1-2):95-99. Disponible en
<http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/facultadagronomia/2010Pierini.pdf>.
- Popayan, LMG. 2002. Establecimiento de un Banco Mixto de Forraje Proteico en la Finca Agroecológica el Oasis, Vereda el Turco del Municipio de Santander de Quilichao, Cauca. :1-83.
- Prieto-Sandoval, V; Jaca, C; Ormazabal, M. 2017. Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación Circular economy: Relationship with the evolution of the concept of sustainability and strategies for its implementation. Memoria Investigaciones en Ingeniería 15:15.
- Puerto, J. 2020. Manuela de Elaboración de Abonos Orgánicos. .
- Ramírez, RL; Salazar, MAO; Sandoval, JT; Sandoval, JLGR; Méndez, GM. 2014. Diseño, construcción y prueba de un prototipo automático para compostaje. Revista Facultad de Ingenieria (70):185-196.
- Ramos, D; Terry, E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas (en línea). Cultivos tropicales 35:52-59. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>. Consultado 25/10/2023.
- Raut, MP., SP. M. Prince, J. Bhattacharyya, T. Chakrabarti, and SD. 2008. Microbial dynamics and enzyme activities during rapid composting of municipal solid waste. 99:6512-65.
- Restrepo, J; Agredo, D. 2020. Mierda a la carta: Un nuevo ABC de la agricultura organica. s.l., s.e. p. 486.
- Ricardo, DMJ. 2006. La Actividad Microbiana: Un Indicador Integral De La Calidad Del Suelo (1) (en línea). Luna Azul (1):1-6. Disponible en http://lunazul.ucaldas.edu.co/index2.php?option=com_content&task=view&id=223&I...
- Rincón, L., Hernández, M., & Castro, J. (2020). *Caracterización y degradabilidad de hojas de nacedero (Trichanthera gigantea) en sistemas agroforestales*. Revista Agroforestería.
- Rodríguez, L. y Cuéllar, P 1. 1993. Evaluación de la Hacienda Arizona como un sistema

integrado de producción animal sostenible. (Documento Interno. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Cali, Colombia.):76.

Rodriguez Aldabe, Y. 2018. Potenciar la resiliencia de las ciudades y sus territorios de pertenencia en el marco de los acuerdos sobre cambio climático y de la Nueva Agenda Urbana (en línea). CEPAL (Naciones Unidas) :1-133. Disponible en www.cepal.org/es/suscripciones.

Romero, C; Chirinos, R; López, R. 2004. Elaboración de un abono orgánico a partir de la cáscara de la semilla del árbol de Neem (*Azadirachta indica*). Revista INGENIERÍA UC 11(1):35-40.

Rosales, M. y Ríos, CI. 1996. Avance en la investigación en la variación del valor nutricional de procedencias de *Trichanthera*. .

Ruíz, HO. 2022. Perfil Sociodemográfico de Marcala, La Paz 2022. .

Salazar, TA. 2014. Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos. Revista de Investigación Universitaria 3(2):74-84.

Sánchez, J. 2019. Recursos naturales , medio ambiente y sostenibilidad : 70 años de pensamiento de la CEPAL. s.l., s.e., vol.4. 25-42 p.

Sanchez Monedero, M.; Roig, A.; Paredes, C.; Bernal, M. 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, C.E and maturity of the composting mixtures. Bioresource Technology 78:3:301-308.

Sarmiento Tejada, JG. 2020. Reuso de los residuos orgánicos basado en la economía. Universidad César Vallejo :0-32.

Sepúlveda, W.S.; Ureta, I.; Hernández, GA& S. 2017. Consumo del plátano en Ecuador: Hábitos de compra y disponibilidad a pagar de los consumidores. 995-1014 :995-1014.

Suárez, SB. 2012. El proceso del compostaje. :89-92.

Uicab Brito, LA; Sandoval Castro, CA. 2003. Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta (en línea). Tropical and Subtropical

- Agroecosystems 2(2):45-63. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93912118001>. Consultado 13/10/2023.
- Valencia, W. 2016. Elaboración y caracterización de compost obtenido a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo(ESPOCH) (en línea). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo :113. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4887>. Consultado 22/7/2024.
- Valencia, WG; Villagra, CM. 2018. Aplicación de la cromatografía para la determinación de las cualidades del suelo en la producción en transición agroecológica. :44-46.
- Valente, Xavier, Morselli , Jahnke , Brum Jr., Cabrera, P de OM. 2011. Factores que afectan o desenvolvimiento del compostaje de residuos orgánicos. 7th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM 2011 58:59-85. DOI: <https://doi.org/10.1109/wicom.2011.6040239>.
- Vásquez de Díaz, MC; Prada P., PA; Mondragon A., MA. 2010. Optimización del proceso de compostaje de productos post-cosecha (cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos. Nova 8(14):214-219. DOI: <https://doi.org/10.22490/24629448.452>.
- Vílchez, FNRP y EAZ. 2007. Efecto de diferentes residuos de origen vegetal y animal en algunas características física, química y biológica del compost. Hacienda las Mercedes, Managua. 2005 (en línea). Universidad Nacional Agraria :1-50. Disponible en <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnq02r741.pdf%0Ahttps://www.academia.edu/35605609/>. Consultado 12/09/2024
- Wencomo Hilda, TO. 1999. Especies de erythrina para la ganadería tropical. 22(2):87-103.
- Zambrano Moreno, DC; Bonilla Buitrago, RR; Avellaneda, L; Zambrano, G. 2015. Análisis prospectivo de los bioinsumos agrícolas en Colombia: una consulta a expertos. Revista Colombiana de Biotecnología 17(2):103-113. DOI: <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n2.48472>.
- Zurcan. 2010. Estudio experimental en planta piloto del proceso de co-compostaje de residuos agroalimentarios.

ANEXOS

Anexo 1. Pasos para la elaboración de Microorganismo de montaña líquido

Elaboración de Microorganismos de montaña líquido

1. Como primer paso se seleccionaron los recipientes y se llenaron los recipientes con agua hasta un nivel medio



2. Se colocaron los microorganismos en saco para filtrar y colocarlo en los barriles



3. Se midió 1 galón de melaza



4. Se diluyeron 1 galón de melaza en 17 litros de agua para agregárselo al barril



5. Se completo de llenar los recipientes con agua



6. Se colocó tapadera y anillo al recipiente



7. Por último se colocó una bomba atrapa gases y se dejó reposar de 5 o 8 días.



Anexo 2. Recolección y pesado de las materias primas

Recolección y pesado de las materias primas



Ceniza



Pulpa de café



Gallinaza



Cascarilla de café



Harina de Roca



Anexo 3. Elaboración de los abonos



Anexo 4. Volteos del composteado



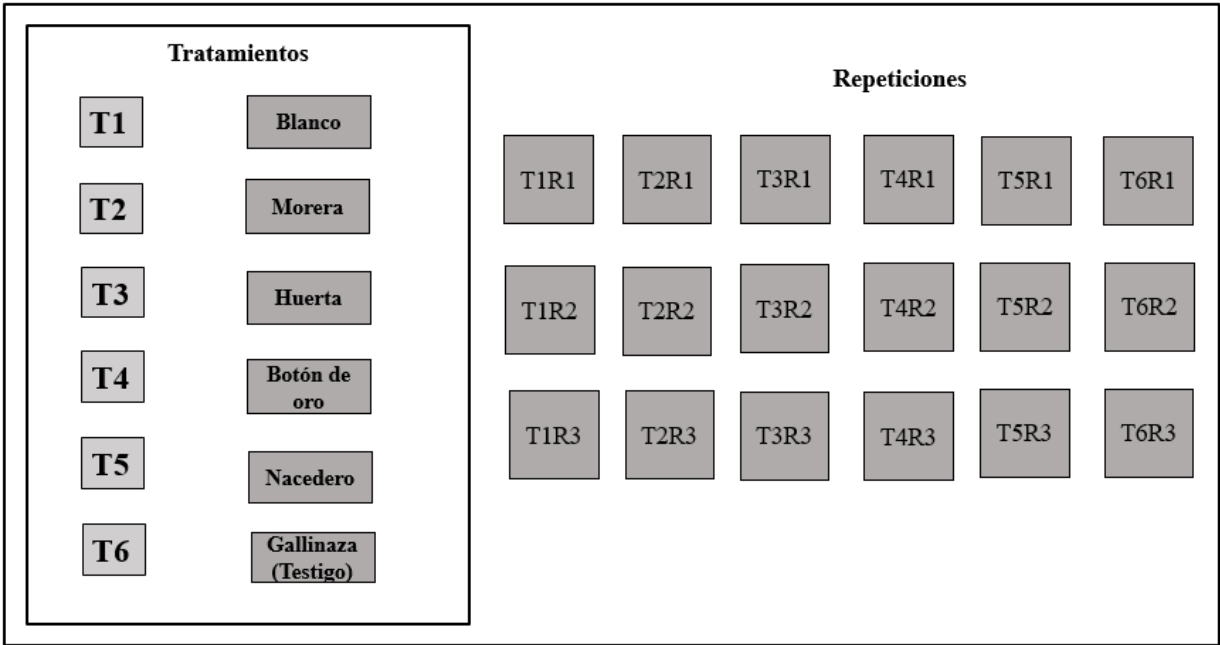
Anexo 5. Aplicación de Microorganismo de montaña líquido



Anexo 6. Medición de Temperatura, Humedad y pH



Anexo 7. Tratamientos y repeticiones



Anexo 8. Envío de muestras de los abonos



Anexo 9. Elaboración de Cromatografías de los abonos





Anexo 10.Herramienta de toma de datos (encuesta)

Instrucciones: El propósito de la siguiente encuesta es determinar la aceptación y percepción de los productores sobre el reemplazo de la Gallinaza con fuentes de origen vegetal en el Composteo

Encuesta: Evaluación de la Percepción sobre el uso de la Gallinaza y fuentes vegetales en el Composteo

Nombre completo: _____

1. ¿Con qué frecuencia utiliza gallinaza como fuente de nitrógeno en el composteo en su producción agrícola?

- 1) Nunca
2. Raramente
- 3.) A veces
- 4) Frecuentemente

5) Siempre

2. ¿Qué tan satisfecho está con el rendimiento de la gallinaza como fuente de nitrógeno en el compost en términos de calidad de los cultivos?

1) Muy insatisfecho

2. Insatisfecho

3.) Neutral

4) Satisfecho

5) Muy Satisfecho

3. ¿Estaría dispuesto a probar materiales alternativos como las hojas de Blanco, huerta, morera, Nacedero o botón de oro como sustitutos de la gallinaza en el Compost?

A) Si

B) No

4. ¿Ha tenido alguna experiencia previa con el uso de materiales alternativos como fuentes de nitrógeno en el Compost?

A) Si

B) No

4. ¿Cuál sería su principal preocupación al considerar el uso de materiales alternativos en lugar de la gallinaza en el Compost?

A) Efectividad en la fertilización

B) Disponibilidad de los materiales

C) Costo

D) Impacto ambiental

E) Otros (especifique)

5. ¿Recomendaría el uso de materiales alternativos como fuentes de nitrógeno en el Compost a otros agricultores en su comunidad?

A) Si

B) No

Anexo 11. Aplicación de encuesta



Anexo 12. Análisis de varianza y la prueba de Tukey, (n=3, $\alpha=0.05$) para Temperatura el día 1

Análisis de la varianza

TEMPERATURA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TEMPERATURA	18	0.19	0.00	11.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15.25	5	3.05	0.56	0.7256
TRAT	15.25	5	3.05	0.56	0.7256
Error	64.82	12	5.40		
Total	80.07	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.37392

Error: 5.4014 gl: 12

TRAT	Medias	n	E.E.
T1 Bucaro	18.85	3	1.34 A
T3 Huerta	19.25	3	1.34 A
T6 Gallinaza	19.93	3	1.34 A
T5 Nacedero	20.19	3	1.34 A
T4 Boton de oro	20.34	3	1.34 A
T2 Morera	21.75	3	1.34 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 13. Análisis de varianza y la prueba de Tukey, (n=3, $\alpha=0.05$) para Temperatura el día 15

Temperatura					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Temperatura	18	0.43	0.19	8.23	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	44.54	5	8.91	1.81	0.1845
Tratamiento	44.54	5	8.91	1.81	0.1845
Error	58.92	12	4.91		
Total	103.46	17			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.07729					
Error: 4.9103 gl: 12					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T2 Morera	24.68	3	1.28	A	
T1 Búcaro	25.65	3	1.28	A	
T4 Botón de or	26.15	3	1.28	A	
T5 Nacedero	27.44	3	1.28	A	
T3 Huerta	28.75	3	1.28	A	
T6 Gallinaza	28.92	3	1.28	A	
Medias con una letra común no son significativamente dife.					

Anexo 14. Análisis de varianza y la prueba de Tukey, ($n=3$, $\alpha=0.05$) para Temperatura el día 30

Análisis de la varianza					
Temperatura					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Temperatura	18	0.14	0.00	8.86	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10.01	5	2.00	0.40	0.8413
Tratamiento	10.01	5	2.00	0.40	0.8413
Error	60.42	12	5.04		
Total	70.43	17			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.15396					
Error: 5.0350 gl: 12					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T4 Boton de oro	24.39	3	1.30	A	
T1 Bucaro	24.98	3	1.30	A	
T5 Nacedero	25.03	3	1.30	A	
T6 Gallinaza	25.28	3	1.30	A	
T3 Huerta	25.53	3	1.30	A	
T2 Morera	26.81	3	1.30	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)					

Anexo 15. Análisis de varianza y la prueba de Tukey, ($n=3$, $\alpha=0.05$) para Humedad día 1

HUMEDAD					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
HUMEDAD	18	0.69	0.55	5.45	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	531.02	5	106.20	5.24	0.0088
TRAT	531.02	5	106.20	5.24	0.0088
Error	243.21	12	20.27		
Total	774.23	17			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=12.34675					
Error: 20.2674 gl: 12					
TRAT	Medias	n	E.E.		
T2 Morera	72.25	3	2.60	A	
T3 Huerta	80.42	3	2.60	A	B
T6 Gallinaza	82.83	3	2.60	A	B
T1 Bucaro	84.92	3	2.60		B
T4 Boton de oro	85.08	3	2.60		B
T5 Nacedero	89.92	3	2.60		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)					

Anexo 16. Análisis de varianza y la prueba de Tukey, ($n=3$, $\alpha=0.05$) para Humedad día 15

Humedad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad	18	0.29	0.00	23.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	768.20	5	153.64	0.98	0.4696
Tratamiento	768.20	5	153.64	0.98	0.4696
Error	1885.33	12	157.11		
Total	2653.53	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=34.37618

Error: 157.1111 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T6 Gallinaza	42.75	3	7.24 A
T1 Búcaro	48.67	3	7.24 A
T2 Morera	51.50	3	7.24 A
T3 Huerta	54.58	3	7.24 A
T4 Botón de or	58.25	3	7.24 A
T5 Nacedero	63.00	3	7.24 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 17. Análisis de varianza y la prueba de Tukey, ($n=3$, $\alpha=0.05$) para Humedad día 30

Humedad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad	18	0.45	0.22	12.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	394.23	5	78.85	1.95	0.1588
Tratamiento	394.23	5	78.85	1.95	0.1588
Error	484.50	12	40.38		
Total	878.73	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=17.42651

Error: 40.3750 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T6 Gallinaza	40.42	3	3.67 A
T3 Huerta	47.75	3	3.67 A
T4 Boton de oro	50.50	3	3.67 A
T2 Morera	50.83	3	3.67 A
T1 Bucaro	52.67	3	3.67 A
T5 Nacedero	55.25	3	3.67 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 18. Análisis de varianza y la prueba de Tukey, (n=3, $\alpha=0.05$) para pH día 1

PH					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
PH	18	0.69	0.56	4.27	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.80	5	0.16	5.38	0.0080
TRAT	0.80	5	0.16	5.38	0.0080
Error	0.36	12	0.03		
Total	1.16	17			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.47392					
Error: 0.0299 gl: 12					
TRAT	Medias	n	E.E.		
T5 Nacedero	3.79	3	0.10	A	
T4 Boton de oro	3.94	3	0.10	A	
T1 Bucaro	3.94	3	0.10	A	
T6 Gallinaza	4.03	3	0.10	A	B
T3 Huerta	4.13	3	0.10	A	B
T2 Morera	4.46	3	0.10		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

Anexo 19. Análisis de varianza y la prueba de Tukey, (n=3, $\alpha=0.05$) para pH día 15

pH					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
pH	18	0.39	0.14	10.40	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.45	5	0.49	1.56	0.2451
Tratamiento	2.45	5	0.49	1.56	0.2451
Error	3.77	12	0.31		
Total	6.22	17			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.53720					
Error: 0.3142 gl: 12					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T5 Nacedero	4.76	3	0.32	A	
T4 Botón de or	5.16	3	0.32	A	
T3 Huerta	5.40	3	0.32	A	
T2 Morera	5.50	3	0.32	A	
T1 Búcaro	5.55	3	0.32	A	
T6 Gallinaza	5.96	3	0.32	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

Anexo 20. Análisis de varianza y la prueba de Tukey, (n=3, α=0.05) para pH día 30

pH

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	18	0.63	0.48	5.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

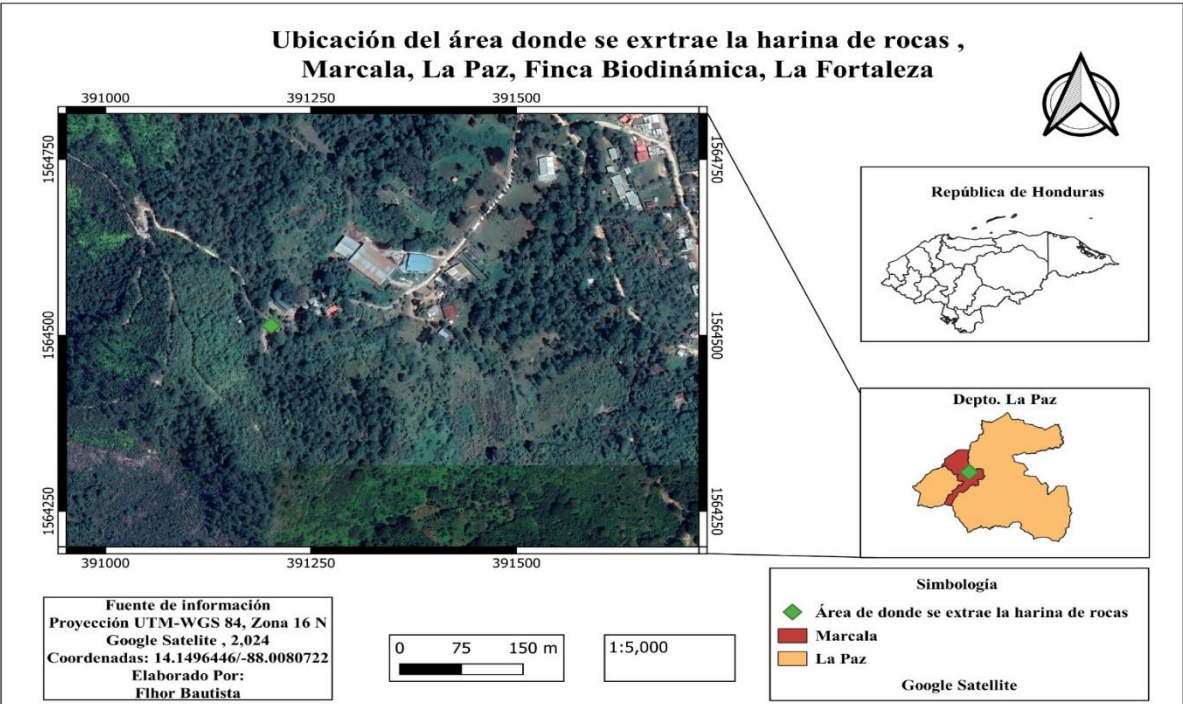
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.98	5	0.40	4.10	0.0210
Tratamiento	1.98	5	0.40	4.10	0.0210
Error	1.16	12	0.10		
Total	3.14	17			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.85201
Error: 0.0965 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T5 Nacadero	5.32	3	0.18 A
T1 Bucaro	5.33	3	0.18 A
T2 Morera	5.57	3	0.18 A B
T4 Boton de oro	5.58	3	0.18 A B
T3 Huerta	5.72	3	0.18 A B
T6 Gallinaza	6.31	3	0.18 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 21. Ubicación donde se extrae la Harina de Roca



Anexo 22. Composición promedio de materiales ricos en Nitrógeno

Materiales	MO %	C %	N %	C/N	P₂O₅ %	K₂O %
Algodón Semillas	95,62	54,96	4,58	12/1	1,42	2,37
Aserrín Verde	30,68	16,32	0,96	17/1	0,08	0,19
Amora Hojas	86,08	45,24	3,77	12/1	1,07	NE
Banano Hojas	88,89	49,02	2,58	19/1	0,19	NE
Café Afrecho	90,46	50,60	2,30	22/1	0,42	1,26
Cacao Capsula	91,10	51,84	3,24	16/1	1,45	3,74
Café Semillas	92,83	52,32	3,27	16/1	0,39	1,69
Cuasía Ramos	93,61	52,35	3,40	15/1	1,08	2,98
Cebada Bagazo	95,07	51,30	5,13	10/1	1,30	0,15
Cuero En Polvo	92,02	43,75	8,74	5/1	0,22	0,44
Estiércol De Cerdos	53,10	29,50	1,86	16/1	1,06	2,23
Estiércol De Aves	52,21	29,01	2,76	11/1	2,07	1,67
Estiércol De Equinos	96,19	25,50	1,67	18/1	1,00	1,19
Frijol Canavalia	88,54	48,45	2,55	19/1	0,50	2,41
Guandul Pajas	55,90	52,49	1,81	29/1	0,59	1,14
Guandul Semillas	96,72	54,60	3,64	15/1	0,82	1,89
Guamos Hojas	90,69	50,64	2,11	24/1	0,19	0,33
Mucuna Negra Ramas	90,68	49,28	2,24	22/1	0,58	2,79

Materiales	Mo %	C %	N %	C/N	P₂₀₅ %	K₂₀ %
Naranja Bagazo	22,58	12,78	0,71	18/1	0,12	0,41
Plumas	88,20	54,20	13,55	4/1	0,50	0,30
Ramio Residuos	60,64	35,26	3,20	11/1	3,68	4,02
Residuos De Cerveza	95,80	53,04	4,42	12/1	0,57	0,10
Sangre Seca	84,96	47,20	11,80	4/1	1,20	0,70
Tabaco Residuos	70,92	39,06	2,17	18/1	0,51	2,78
Torta De Algodón	92,40	51,12	5,68	9/1	2,11	1,33
Torta De Mani	95,24	53,55	7,65	7/1	1,71	1,21
Torta De Linaza	94,85	50,94	5,66	9/1	1,72	1,38
Torta De Higuerilla	92,20	54,40	5,44	10/1	1,91	1,54
Torta De Soya	78,40	45,92	6,56	7/1	0,54	1,54
Yuca: Ramas Y Hojas	91,64	52,20	4,35	12/1	0,72	Ne

Fuente: (Paschoal 1994)

NE = no encontrado; MO = Materia orgánica; C = Carbono; N = Nitrógeno; C/N = Relación Carbono/Nitrógeno.

P₂ O₅ = Contenido de fósforo; K₂O = Contenido de potasio del material seco en masa.

Anexo 23. Composición promedio de materiales ricos en Carbono

Materiales	Mo %	C %	N %	C/N	P₂O₅ %	K₂O %
Acacia Negra	86,99	53,20	1,40	38/1	0,10	NE
Aserrín De Madera	93,45	51,90	0,06	865/1	0,01	0,01
Arroz Cascarilla	54,55	30,42	0,78	39/1	0,58	0,49
Arroz Pajas	54,34	30,42	0,78	39/1	0,58	0,41
Algodón Cascarilla	96,14	53,00	1,06	50/1	0,23	0,83
Banano: Tallos	85,28	46,97	0,77	61/1	0,15	7,36
Bagazo De Caña	96,14	39,59	1,07	37/1	0,25	0,94
Cacao: Capsula	85,28	48,64	1,28	38/1	0,41	2,54
Café: Pulpa	71,44	30,04	0,86	53/1	0,17	2,07
Café: Cisco	88,68	51,73	0,62	83/1	0,26	1,96
Castaña Cascara	89,48	54,76	0,74	74/1	0,24	0,64
Centeno Cascarilla	96,24	46,92	0,68	69/1	0,66	0,61
Centeno Pajas	98,04	47,00	0,47	100/1	0,29	1,01

Cebada Cascarilla	85,00	47,60	0,56	85/1	0,28	1,09
Cebada Pajas	85,00	47,25	0,75	63/1	0,22	1,26
Estiércol Ovinos	82,94	46,08	1,44	32/1	0,74	1,65
Estiércol Bovinos	96,19	53,44	1,67	32/1	0,68	2,11
Frijol Pajas	94,68	52,16	1,63	32/1	0,29	1,94

Fuente: Paschoal, A.D. (1994)

NE = no encontrado; MO = Materia orgánica; C = Carbono; N = Nitrógeno; C/N = Relación Carbono/Nitrógeno.

P₂ O₅ = Contenido de fósforo; K₂O = Contenido de potasio del material se