



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

**“Compostaje a partir de viruta de balsa (*Ochoroma pyramidale*) y cáscara
de plátano barraganete (*Musa AAB*) El Carmen Manabí”**

AUTOR: CUADROS MENDOZA RODOLFO JAVIER

TUTOR: ING. NEXAR COBEÑA LOOR

El Carmen, enero del 2022

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-01-F-010
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO.	REVISIÓN: 1 Página 1 de 34

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, bajo la autoría del estudiante Cuadros Mendoza Rodolfo Javier, legalmente matriculado en la carrera de ingeniería agropecuario, período académico 2021-2022, cumpliendo el total de 64 horas, bajo la opción de titulación de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es “Compostaje a partir de viruta de balsa (*Ochoroma pyramidale*) y cáscara de plátano barraganete (*Musa AAB*) El Carmen Manabí”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 19 de enero del 2022

Lo certifico,

Ing. Nexar Cobeña Loor

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

Compostaje a partir de viruta de balsa (*Ochoroma pyramidale*) y cáscara de plátano barraganete (*Musa AAB*) El Carmen Manabí

AUTOR: Cuadros Mendoza Rodolfo Javier

TUTOR: Ing. Nexar Cobeña Loor

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIA

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

MIEMBRO _____

MIEMBRO _____

MIEMBRO _____

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación y fruto de mi esfuerzo, se lo dedico primeramente a Dios por concederme el don de la vida y colocar en mi vida las mejores personas para cuidarme y guiarme.

A mis padres por ser mi fortaleza y mi refugio, por darme un lugar donde siempre volver y comenzar un nuevo día.

A mis hermanos por ser parte de mi vida y acompañarme a lo largo del camino sin pedir nada a cambio.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Dios todopoderoso por las bendiciones que recibo siempre desde el cielo, y las cuales me han permitido llegar hasta este momento de mi vida, para terminar mis estudios universitarios.

A mis padres por la ayuda brindada en lo moral, emocional y económico, lo cual me ha permitido culminar mi carrera y obtener este anhelado sueño.

A mis hermanos por la ayuda dada durante estos años, especialmente mis compañeros de aula que con la ayuda mutua y consejo hemos terminado nuestros estudios.

A mi tutor por el acompañamiento realizado durante mi investigación y que gracias a eso puedo terminar mi trabajo de titulación.

A mis docentes por el consejo, enseñanza y tiempo de calidad compartido en las aulas y en el campo de mi estimada universidad.

ÍNDICE

PORTADA	1
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
ÍNDICE.....	5
TABLAS.....	6
FIGURAS	7
ANEXOS	7
RESUMEN	8
ABSTRATC	9
INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO I.....	12
1 MARCO TEÓRICO	12
1.1 Compostaje	12
1.1.1 Introducción.....	12
1.1.2 Fase del compostaje.....	12
1.1.3 Parámetros a considerar en el compostaje.....	13
1.2 Resíduos biológicos para compostajes.....	14
1.2.1 Cáscara de plátano	14
1.2.2 Viruta de balsa	15
CAPÍTULO II.....	16
2 DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO	16
2.1 Ubicación del ensayo.	16
2.2 Características agroecológicas de la zona.....	16
2.3 Variables en estudio.....	16
2.3.1 Variables independientes	16
2.3.2 Variables dependientes	16
2.4 Característica de las Unidades Experimentales	17
2.5 Tratamientos	18
2.6 Diseño estadístico	18

2.7	Materiales e instrumentos	18
2.7.1	Equipos de campo.....	18
2.7.2	Materiales de oficina	18
2.8	Manejo del Ensayo.....	19
2.8.1	Limpieza y adecuación del área de trabajo.....	19
2.8.2	Elaboración del compostaje.....	19
2.8.3	Riego.....	19
2.8.4	Volteo del compostaje	19
2.8.5	Toma de datos.....	19
CAPÍTULO III		20
3	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS	20
3.1	Análisis químico	20
3.1.1	Nitrógeno total.....	20
3.1.2	Materia Orgánica	21
3.1.3	Carbono orgánico	22
3.1.4	Humedad.....	22
3.2	Temperatura	24
3.2.1	Temperatura promedio	24
3.2.2	Temperatura semanal.....	24
CONCLUSIONES.....		26
RECOMENDACIONES		27
BIBLIOGRAFÍA		28
TABLAS		
<i>Tabla 1. Características meteorológicas presentadas en el ensayo.</i>		16
<i>Tabla 2. Descripción de la unidad experimental.</i>		17
<i>Tabla 3. Disposición de los tratamientos.</i>		18
<i>Tabla 4. Contenido en porcentaje de nitrógeno total del compostaje de acuerdo con el contenido de cáscara y viruta.</i>		20

FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Porcentaje de materia orgánica de tres compostajes elaborados con diferentes proporciones de cáscara de plátano y viruta de balsa.....	21
<i>Figura 2.</i> Porcentaje de carbono orgánico de tres compostajes elaborados con diferentes proporciones de cáscara de plátano y viruta de balsa.....	22
<i>Figura 3.</i> Porcentaje de humedad de tres compostajes elaborados con diferentes proporciones de cáscara de plátano y viruta de balsa.....	23
<i>Figura 4.</i> Promedio final de la temperatura de los compostajes en relación con diferentes proporciones de cáscara de plátano y viruta de balsa.....	24
<i>Figura 5.</i> Temperatura semanal de los compostajes empleados en la investigación.....	25

ANEXOS

<i>Anexo 1.</i> ADEVA del contenido de nitrógeno en el compostaje.....	xii
<i>Anexo 2.</i> ADEVA de la concentración de materia orgánica del compost.....	xii
<i>Anexo 3.</i> ADEVA de la concentración de carbono orgánico.....	xii
<i>Anexo 4.</i> ADEVA del porcentaje de humedad del compost.....	xii
<i>Anexo 5.</i> Resultados obtenidos de la temperatura de los compostajes.....	xii
<i>Anexo 6.</i> Preparación del material a utilizar.....	xiii
<i>Anexo 7.</i> Mezcla de los materiales utilizados.....	xiv
<i>Anexo 8.</i> Riego del compostaje para controlar la temperatura.....	xiv
<i>Anexo 9.</i> Fase final del compostaje.....	xiv

RESUMEN

Se realizó un trabajo de investigación en la parroquia rural de San Pedro de Suma del cantón El Carmen provincia de Manabí, a la altura del km 1 de la vía Suma El Carmen a margen derecho, con el objetivo de evaluar el compostaje realizado a base de cáscara de plátano barraganete (*Musa AAB*) y viruta de balsa (*Ochoroma pyramidale*) en el Carmen Manabí; se aplicó un diseño de bloques completamente al azar DBCA con 3 tratamientos y 4 repeticiones, los tratamientos consistieron en proporciones de cáscara de plátano en 1, 1,5 y 2 contra 1 de viruta de balsa, se evaluaron parámetros químicas en laboratorio al finalizar el experimento y la temperatura semanalmente. Los resultados obtenidos determinaron que el contenido de nitrógeno fue igual en las tres proporciones, con un promedio de 1,68% mientras que para el porcentaje de materia y carbono orgánico la proporción 1,5:1 presenta los valores más altos con 26,41 y 15,32% respectivamente, por el contrario, para el porcentaje de humedad la proporción más alta de 2:1 mantiene el mayor porcentaje con 47,94%; para la temperatura esta misma proporción mantiene en las últimas semanas los valores más altos a partir de las 10 semanas después de establecido el compostaje, al final de la investigación llega a los 30°C de temperatura promedio.

Palabras claves: Compostaje, proporción, cáscara, viruta.

ABSTRATC

A research work was carried out in the rural parish of San Pedro de Suma of the El Carmen canton, Manabí province, at km 1 of the Suma El Carmen road on the right bank, with the aim of evaluating the composting made based on barraganete plantain peel (*Musa AAB*) and balsa shavings (*Ochoroma pyramidale*) in Carmen Manabí; A completely randomized block design DBCA was applied with 3 treatments and 4 repetitions, the treatments consisted of proportions of banana peel in 1, 1.5 and 2 against 1 of balsa shavings, chemical parameters were evaluated in the laboratory at the end of the experiment and temperature weekly. The results obtained determined that the nitrogen content was the same in the three proportions, with an average of 1.68%, while for the percentage of matter and organic carbon the proportion 1.5: 1 presents the highest values with 26.41 and 15.32% respectively, on the contrary, for the humidity percentage the highest proportion of 2: 1 maintains the highest percentage with 47.94%; for temperature, this same proportion maintains the highest values in the last weeks starting 10 weeks after composting is established, at the end of the investigation it reaches an average temperature of 30 ° C.

Keywords: Composting, proportion, shell, chip.

INTRODUCCIÓN

Según las Naciones Unidas, a través de su programa para el Medio Ambiente, ha manifestado que los residuos provenientes del consumo humano se encuentran entre los problemas ambientales, económicos y de salud de mayor relevancia en el planeta, y esto ha venido incrementando desde los finales del siglo pasado, especialmente desde que la economía mundial se basa en el consumismo; a nivel mundial se producen cerca de 4 mil millones de toneladas de desperdicios durante el año (Silbert y Olivia, 2018).

Los datos emitidos hace cuatro años indican que la producción de residuos a nivel mundial fue de 1,3 billones de desechos, entre los que Latinoamérica aportó con un poco más de 160 millones; Ecuador según los registros produjo un total de 4,1 millones de toneladas, estos son distribuidos en un 26% en botaderos de basura, el 39% en los denominados rellenos sanitarios y el 23% restantes son ubicados en botaderos totalmente abiertos a todo el ambiente (INEC & AME, 2014).

Del total de residuos generados en el mundo (1,3 billones) corresponden a desperdicios alimenticios, esto equivale el 33% de la oferta de alimento en el planeta disponible para el consumo (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación FAOSTAT, 2011); de esta cantidad el 50% de los desechos, provienen de los productos hortofrutícolas, un 30% son los generados en los cultivos de cereales y el 20% restante de productos de la industria pecuaria; estos desechos se convertirán en materia orgánica que en la mayoría de casos no será aprovechada y perderá su valor nutricional y comercial (Caicedo e Ibarra, 2017).

La generación de residuos a nivel mundial se incrementa con el paso de los años, esto no solo involucra a los desechos de tipo inorgánicos, sino también a los que provienen de los alimenticios u orgánicos, los cuales aumentan con el incremento de la producción de los cultivos y el procesamiento de alimentos, esto sumado a la sobreexplotación del suelo agrícola con fertilizantes y abonos provenientes de la industria, lo que genera un sistema poco conveniente para el ecosistema (Sáez, Urdanela y Joheni, 2014).

Ante la problemática presentada una alternativa viable es la elaboración de compostaje, que promueve el reciclaje de los desechos orgánicos biodegradables, para convertirlos en fertilizante o abono para los cultivos, esta opción produce dos beneficios al ambiente, el primero evitar el incremento y saturación de los rellenos sanitarios, y la fertilización orgánica del suelo, que ayuda a la recuperación de la tierra (Ferreira y col., 2018).

En algunos lugares donde se receptan los desechos, se han implementado el sistema de separación de desechos, donde los de origen orgánico se utilizan para la el proceso de compostaje, esta masa tratada se convierte en un producto totalmente nuevo mediante la interacción de microorganismos (Maragno, Trombin y Viana, 2007); este producto se puede utilizar para la fertilización de los campos, lo que garantiza el retorno del material orgánico al suelo y disminuye la nutrición convencional de los cultivos (Pedrosa, Farias, Pereira y Farias, 2013).

A pesar de las alternativas planteadas, el incremento de los desperdicios orgánicos sigue en aumento, y el uso de productos químicos que buscan mejorar las condiciones del suelo, por eso se vuelve importante comenzar investigaciones, proyectos y programas que solucionen esta problemática, en especial los que sugieren la reutilización de los productos de desechos orgánicos.

Por este motivo se planteó este trabajo experimental para evaluar las cualidades del compostaje con materiales orgánicos desechados de la industria alimenticia.

Objetivo general:

Evaluar el compostaje realizado a base de cáscara de plátano barraganete (*Musa AAB*) y viruta de balsa (*Ochoroma pyramidale*) en el Carmen Manabí.

Objetivos específicos:

- Describir las características del compostaje para cada uno de los tratamientos.
- Analizar la calidad del compostaje en relación con las proporciones empleadas de cáscara de plátano y viruta de balsa

Hipótesis:

Ha: Las proporciones de cáscara de plátano y viruta de balsa y el uso de microorganismo influye sobre las características del compostaje en el cantón El Carmen

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Compostaje

1.1.1 Introducción

El compostaje surgió como una solución al manejo de desperdicio orgánicos, generados de las actividades agrícolas y pecuarias, esta técnica concedió la oportunidad de convertir los residuos orgánicos en productos utilizables para la producción agrícola; la FAO describe el compostaje como una combinación o mezcla de materiales orgánicas en proceso de descomposición bajo condición aeróbica, que se utiliza para mejorar la condición del suelo en relación a su estructura y nutrición (Román, Martínez y Pantoja, 2013).

EL compostaje según Bohórquez (2019) se produce debido a la transformación aerobia que se produce en la materia orgánica por acción de diversos microorganismos, entre los que se distingues bacterias y algunos hongos, por este motivo dentro del proceso de compostación de los materiales orgánicos se deben distinguir todos los factores biológicos en las que interbienen los organismos diminutos y los factores químicos en el proceso de transformación de los componentes para la descomposición de los desechos empleados.

Además de los microorganismos que actúan en la tranformación, también se debe considerar el efecto de la humedad y de la airación, los cuales son indispensable en este proceso y no generan olores desagradables, en la mezcla de desechos para la compostación se le puede si se desea agregar lombrices, a esta práctica se conoce como lombricompostaje; entre los residuos orgánicos que se recomiendan utilizar estan las cáscaras y restos de frutas y verduras, los cuales mantienen cierta humedad, además de hojas secas de arboles y ramas trituradas como resíduos con baja humedad (Natan, 2020).

1.1.2 Fase del compostaje

Según La Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres (ISF-Cat, 2016) el proceso de compostaje comprende varias fases que dependen de la descomposición de los componentes y el calor generado por los microorganismos, de acuerdo a la temperatura producida se clasifican en tres fases, esto sumado a una última etapa llamada de maduración:

La primera etapa es la fase mesófila, este es el comienzo del compostaje, donde la mezcla se mantiene a temperatura ambiente, y con el paso de las horas o días, se incrementa la temperatura

hasta los 45°C, esto sucede por la acción microbiana, en el cual los microorganismos procesan fuentes sencillas de carbono e hidrógeno, lo que produce el calor, el nivel de pH se puede encontrar entre los 4,0 a 4,5; esta fase dura en 48 horas hasta los 8 días.

La segunda etapa es la Termófila o de higienización, esta sucede cuando el compostaje llega a temperaturas superiores a los 45 °C, hasta alcanzar aproximadamente los 60°C, en este punto los microorganismos primarios son reemplazados por otros que se desarrollan a temperaturas más altas, las cuales son bacterias en su mayoría, que degradan fuentes de carbono más complejas, esta fase tiene duraciones variadas entre días o meses, lo cual depende de los materiales y los demás factores, el nombre de higienización es porque debido a la temperatura elimina organismos y contaminantes de diversos orígenes.

La fase de enfriamiento o Mesófila II es la tercera etapa del compost, en este punto las fuentes de nitrógeno y carbono se han agotado, las temperaturas promedias del material regresan a los 40 a 45°C. En esta fase la degradación sigue de maneras más complejas, también se hacen visibles a simple vista algunos hongos. Cuando la temperatura vuelve a los 40 °C los organismos mesófilos regresan a sus funciones y el pH empieza a disminuir de nuevo poco a poco. Esta etapa tarda algunas semanas y puede llegar a confundirse con la última fase.

La última etapa es la de Maduración, el cual es un periodo que dura varios meses, con una temperatura ambiente, en este lapso de tiempo se suceden algunas reacciones y procesos secundarios que dan como resultado al compost o humus, de manera homogénea y un tono oscuro en su coloración.

1.1.3 Parámetros a considerar en el compostaje

Dentro del proceso de compostaje la acción de los de microorganismos, la velocidad de conversión de los desechos orgánicos, las diferentes fases del compostaje necesitan que se garantice el ambiente propicio, para aquello se deben controlar las siguientes parámetros: la temperatura, que debe estar en las medidas adecuadas en relación a las fases del compostaje; la humedad debe ser constante para que los microorganismos realicen su actividad metabólica; la aireación es fundamental en el compostaje, ya que este es un proceso aeróbico, es decir necesita de aire; y el pH presenta una influencia de vital importancia en el compost, por la interacción en el trabajo microbiano, este parámetro afecta la disponibilidad de los nutrientes (Román, Martínez y Pantoja, 2013).

Las características biológicas del compostaje son determinantes para el uso del mismo, entre estas se pueden mencionar la textura, el color, la temperatura y la humedad del mismo, sin

embargo, también debe analizarse los factores químicos del sustrato obtenido, dentro de estos se pueden determinar la cantidad de nitrógeno, carbono, relación de los mismos y el pH los cuales debe ser idóneos para resultados óptimos de aplicación, la idea no es concentrar una alta cantidad de nutriente en el compostaje, más bien debe centrarse en que el material permita a la planta, absorber de manera eficiente los elementos ya presentes en el suelo (ISF-Cat, 2016).

1.2 Resíduos biológicos para compostajes

1.2.1 Cáscara de plátano

La fruta de plátano se compone de dos partes bien diferenciada, se distingue en primer lugar la pulpa, la cual tiene una coloración amarillosa pálida, y es la porción comestible que se utiliza para un sin número de platos típicos como los patacones, chifles entre otros, y en la industria para la creación de productos empacados como la harina de plátano para coladas, para este proceso, la fruta debe ser pelada y separada de la pulpa, esto compone un sobrante, que por lo general es desechado como residuo y no se le da ningún uso específico y se deriva directamente a la basura (Ramos, Aguilera y Ochoa, 2016).

Las musáceas son un producto altamente requerido en los países de Colombia y Ecuador, especialmente para la exportación de fruta fresca, sin embargo, mucha de esta es rechazada y algunas variedades se producen directamente para el consumo interno; en un racimo generalmente se encuentran alrededor de 5 a 20 manos y 3 a 20 dedos, dependiendo la variedad; estos frutos se conforman de 57% de pulpa comestible y 43% cáscara desechable, la primera contienen una alta cantidad de potasio, mientras que la última concentra un 12% de almidón y 46% de celulosa (Unidad de Gestión de Riesgos Agropecuarios UGRA, 2018).

La producción de desechos generadas por la cáscara de las musáceas no tiene un registro exacto u oficial, sin embargo, se conoce que con el paso del tiempo tienen un incremento debido a la sobreproducción que cada año incrementa por las siembras y la irregularidad de los precios en las exportaciones, lo cual ha motivado a los productores a vender su fruta en el mercado local para la elaboración de subproductos derivados del mismo, o es utilizado para la venta procesado como chifles en la misma zona de explotación agrícola (Osorio y Ramirez, 2019).

En universidades de países del continente americano se busca mediante la investigación otros usos alternativos a musáceas como el banano, en el cual han logrado avances significativos para la obtención de plásticos y papel biológicos, esto combinando las cáscaras de la fruta con otros productos caseros, sin embargo, se sugiere evitar la aplicación de otros aditivos para

mentener el producto totalmente natural; también se ha probado la producción de bioetanol a partir de la pulpa con excelentes resultados (Zhong, Green y Leonhardt, 2015).

1.2.2 Viruta de balsa

La viruta se obtiene del procesamiento de la madera, cuando esta es cortada y preparada para usos determinados como la construcción de viviendas o elaboración de adornos o muebles, en específico la viruta de balsa se obtiene de la madera de la balsa, esta es un residuo de la industria de balseras, por lo que representa un costo económico bajo para utilizarla con otros fines, además de que es liviano y suave, útil para otras actividades agrícolas y pecuarias, especialmente para camas de germinación de semillas o para cría de aves (Noble, 2013).

Regularmente los compuestos que forman los compostajes son desechos de origen animal, es decir, la utilización de los haces o estiércol, especialmente los provenientes de la ganadería bovina y cría de aves, sin embargo, estos poseen una baja relación carbono-nitrógeno, lo que hace indispensable suplir deficiencia con otros componentes que permitan optimizar las características químicas del compost y ayuden a la estructuración y aireación del mismo (Leconte, Mazzarino, Satti y Crego, 2011).

La viruta o también conocido como aserrín, obtenida los residuos del tratamiento de la madera extraída de la explotación forestal, contiene un valor alto en la relación carbono-nitrógeno, además de mantener una descomposición lenta de C el cual concentra en gran proporción, también ayuda a la absorción de humedad mejorando la mezcla del compostaje con los demás materiales utilizados, el N también se encuentra en grandes cantidades y es de fácil degradación (Hubbe, Nazhad y Sanchez, 2010).

Todas las características mencionadas anteriormente son indispensables al momento de finalizar el proceso de compostaje, esto para conseguir una buena degradabilidad de los materiales empleados y eficiencia en la liberación de nutrientes; estos parámetros permiten establecer las dosis óptimas en la aplicación del compost al suelo; el tiempo de la compostación es otra limitación al momento de analizar las características químicas del mismo, ya que con el pasar los días la mineralización del C y N en el compost del estiércol disminuye gradualmente (Hang y col., 2015).

CAPÍTULO II

2 DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO

2.1 Ubicación del ensayo.

Este trabajo de investigación se realizó en la propiedad del Ing. Nexar Cobeña, ubicada en la Parroquia San Pedro de Suma, cantón El Carmen, provincia de Manabí; en el km 1 de la vía Suma - El Carmen, margen derecho, en las coordenadas: Latitud N 0°13'19,93'' y E 79°32'36,08''.

2.2 Características agroecológicas de la zona.

Tabla 1. Características meteorológicas presentadas en el ensayo.

Características	ULEAM
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86
Heliofania (Horas luz año ⁻¹)	1 026,2
Precipitación media anual (mm)	2 806
Altitud (msnm)	204

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2018).

2.3 Variables en estudio

2.3.1 Variables independientes

Proporciones de mezcla de materiales

- Cáscara de plátano
- Viruta de balsa

2.3.2 Variables dependientes

Concentración de carbono. – Es el contenido de carbono concentrado en el compostaje, este se determinó mediante análisis de laboratorio, con muestras enviadas de cada unidad experimental.

Concentración de Nitrógeno. – Es la concentración de N en el compostaje, obtenido mediante análisis de laboratorio de las muestras enviadas.

Relación C/N. – Es la proporción de carbono y nitrógeno que contiene el compostaje, se obtuvo con los análisis de laboratorio enviados mediante las muestras.

pH. – Es la concentración de iones de hidrógeno en el sustrato, se determinó mediante análisis de laboratorio.

Humedad. – Se midió el porcentaje de humedad del compostaje, tomando el peso seco del compost dividido para el peso fresco del mismo.

Producción. – Se realizó pesando la cantidad de compostaje en kg obtenido al finalizar la investigación.

Costo. – Se analizaron los gastos, costo e inversiones realizados en los parámetros variables de los materiales utilizados en el compost.

Duración. – Se contabilizó el tiempo en días que tardaron las diferentes proporciones de compostaje en tener la condición adecuada para su uso.

Temperatura. – Es la temperatura del compostaje obtenido mediante un termómetro cuando finalizó el experimento.

2.4 Característica de las Unidades Experimentales

Tabla 2. Descripción de la unidad experimental.

Características de las unidades experimentales	
Superficie del ensayo	15 m ²
Superficie por unidad experimental	0,83 m ²
Número de unidades	3
Número de tratamientos	3
Número de repeticiones	3
Volumen de cáscara de plátano	3,6 m ³
Volumen de viruta de balsa	3,6 m ³

2.5 Tratamientos

Tabla 3. Disposición de los tratamientos.

Tratamientos	Proporción de materiales	
	Cáscara de plátano	Viruta de balsa
1	1	1
2	1,5	1
3	2	1

2.6 Diseño estadístico

El análisis de los resultados obtenidos se la realizó mediante una comparación estadística tipo descriptiva, que permitió contrastar y comparar las medias obtenidas de los datos por cada tratamiento aplicado en la investigación.

2.7 Materiales e instrumentos

2.7.1 Equipos de campo

Pala

Carreta

Sacos

Cuchillo

Machete

Baldes

Termómetro

Balanza

2.7.2 Materiales de oficina

Cuaderno

Libreta

Lapicero

Computadora

Teléfono Smartphone

Programa Excel

2.8 Manejo del Ensayo

2.8.1 Limpieza y adecuación del área de trabajo

Al determinar el espacio para la realización de la investigación, se procedió a limpiarlo de la maleza con machete y rastrillo, además se realizó una pequeña nivelación con pala en espacios donde hubo desnivelación alta.

2.8.2 Elaboración del compostaje

Una vez obtenido los materiales, se procedió a prepararlos, en la cáscara de plátano se cortó en porciones pequeñas para una fácil degradación, para la viruta se hizo una limpieza de pedazos de madera de tamaño considerable; con la ayuda de la carreta se tomaron las medidas de las proporciones de los materiales y con la pala se realizó la mezcla de los materiales, de tal manera que fuera homogénea.

2.8.3 Riego

Se regó el compostaje en todos los tratamientos, cada semana durante todo el experimento, este debía proporcionar una imagen de humectación en toda la mezcla.

2.8.4 Volteo del compostaje

Al mismo tiempo que se realizó el riego, todos los compostajes realizados fueron volteados con la pala, con la finalidad de humedecer toda la mezcla y brindar aireación según las recomendaciones de manejo del compost.

2.8.5 Toma de datos

La temperatura se tomó cada semana desde el inicio de la elaboración del compost, los demás datos se evaluaron al finalizar la investigación.

CAPÍTULO III

3 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

De los tratamientos aplicados en la investigación se obtuvieron los siguientes resultados:

3.1 Análisis químico

3.1.1 Nitrógeno total

Los resultados analizados determinaron que no existe diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre los promedios obtenidos en el porcentaje de nitrógeno total de los montículos de compostaje en las diferentes proporciones, esto determina que la cantidad de cáscara de plátano en relación con la viruta; el coeficiente de variación en esta variable fue del 15,83%; los promedios obtenidos se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Contenido en porcentaje de nitrógeno total del compostaje de acuerdo con el contenido de cáscara y viruta.

Relación Cáscara: Viruta	Nitrógeno %
1:1	1,59
1,5:1	1,71
2:1	1,74
Promedio	1,68

El promedio obtenido entre todos los tratamientos en el porcentaje de nitrógeno total fue de 1,68%; esta respuesta del contenido de N en relación a las proporciones de la cáscara de plátano coinciden con lo mencionado por Del Castillo, (2019) que indica que el porcentaje de N concentrado en el compostaje no depende de las proporciones o niveles de los residuos utilizados, sino más bien del tipo de material usado, proceso determinado y las características del ambiente para el almacenamiento y maduración del mismo.

A pesar de no existir diferencias estadísticas entre los tratamientos propuestos, el contenido promedio encontrado en la investigación cumple la condición mínima sobre el porcentaje de N manifestado por el Instituto Nacional de Normalización (INN, 2005), el que expresa que un compostaje adecuado debe mantener porcentajes de nitrógeno total igual o mayor al 0,5% sobre la masa seca de este en su etapa final, sin embargo según Paul y Clark (1996) citado por Del Castillo (2019) los abonos orgánicos de calidad no deben superar el 2% de su contenido total.

3.1.2 Materia Orgánica

El análisis de la varianza determinó que existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la media del contenido de materia orgánica de los tratamientos establecidos en la investigación; esto indica que las proporciones utilizadas en la cáscara de plátano en referencia a la viruta influyen en el porcentaje de la materia orgánica del compostaje, el coeficiente de variación para este variable llegó al 2,47%.

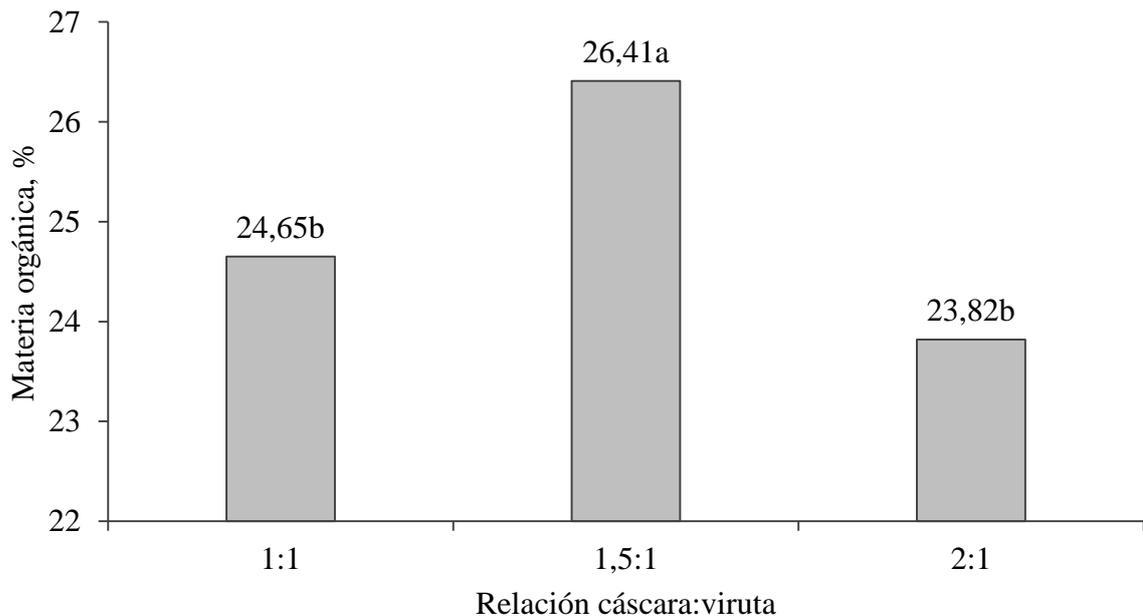


Figura 1. Porcentaje de materia orgánica de tres compostajes elaborados con diferentes proporciones de cáscara de plátano y viruta de balsa.

Los resultados expresados (figura 1) muestran que la proporción media de cáscara de plátano y viruta de balsa (1,5:1) posee el mayor contenido de materia orgánica con 26,41% seguido de la proporción 1:1 y la 2:1 que tuvieron ambas la más baja; estos valores se encuentran por debajo del porcentaje promedio estipulado en el informe de Leal (2021) en el que indica que el compost tiene un 30,8% de materia orgánica.

Según Del Castillo (2019) los compostajes que contengan un porcentaje menor al 30% de materia orgánica generalmente indican que la mezcla para su elaboración tiene materiales como arena, tierra, cenizas u otro compuesto de origen mineral, mientras que si el porcentaje es igual o superior al 6% se debe considerar que los ateriales utilizados en el compost no estan listos para su uso (FRAISORO, 2013); aunque el INN (2005) expresa que el valor más idóneo de materia orgánica debe ser igual o superior al 20%.

3.1.3 Carbono orgánico

Los resultados encontrados en esta variable muestran que existen diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre los promedios obtenidos de los tres tratamientos, lo que indica que las proporciones de cáscara de plátano en los compostajes con viruta de balsa influyen sobre el contenido del carbono orgánico del compostaje, mostrando valores diferentes en cada proporción utilizada, el coeficiente de variación para este variable fue del 2,47%.

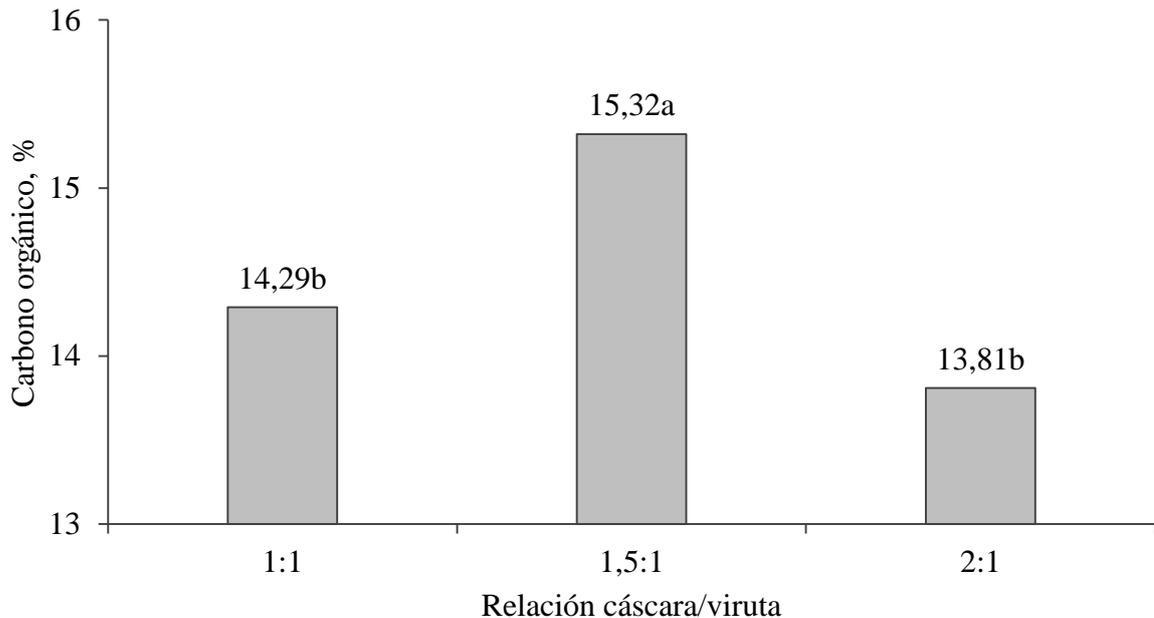


Figura 2. Porcentaje de carbono orgánico de tres compostajes elaborados con diferentes proporciones de cáscara de plátano y viruta de balsa.

En la figura 2 se determinan los contenidos de carbono orgánico de las proporciones de cáscara de plátano y viruta de balsa, en el cual el tratamiento 2 (1,5:1) obtuvo la mejor respuesta en esta variable mientras que los contenidos más bajos y altos de cáscara de plátano mantienen valores bajos en el porcentaje de carbono orgánico, lo que muestra que menores cantidades o elevada proporción de cáscara de plátano disminuye el porcentaje de C.O.

3.1.4 Humedad

El análisis de la varianza determinó que existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de los tratamientos establecidos para la investigación, esto muestra que las cantidades de cáscara de plátano mezcladas en el compostaje con viruta de balsa influyen en el promedio del porcentaje de humedad encontrado en el compost, el coeficiente de variación para esta variable fue del 3,84%.

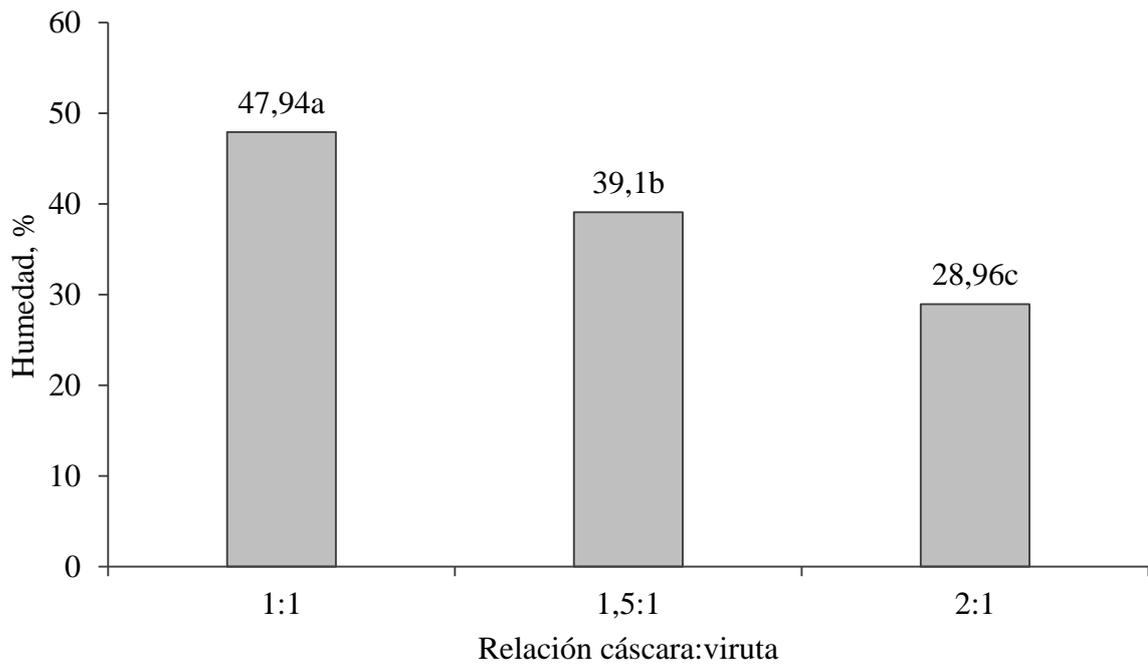


Figura 3. Porcentaje de humedad de tres compostajes elaborados con diferentes proporciones de cáscara de plátano y viruta de balsa.

La respuesta de las proporciones de los componentes utilizados en la mezcla del compostaje muestra (figura 3) que la proporción igualitaria de cáscara de plátano y viruta de balsa (1:1) presenta el mayor porcentaje de humedad con el 47,94% por encima de la proporción 1,5:1 que alcanzó los 39,1% y por último el tratamiento de menor porcentaje de humedad fue el 2:1 con 28,96%, esto demuestra que a mayor cantidad de cáscara de plátano se disminuye el porcentaje de humedad del compostaje.

Este parámetro es fundamental para el desarrollo y el proceso de crecimiento microbiológico del compostaje, también es determinante en la reproducción de estos (Mosquera, 2010), por esta razón la humedad representa una variable determinante en el compostaje, la cual debe mantener valores por encima del 50% en relación a los compuestos que contiene el compost, sin embargo, las condiciones óptimas del compostaje según Román y col., (2013) debe estar alrededor del 55%, en el caso contrario los procesos biológicos de la actividad microbiana disminuye considerablemente.

Las recomendaciones sobre el porcentaje de humedad según Leal, (2021) es suministrar agua constantemente para mantener un excelente porcentaje de humedad y no disminuir la actividad microbiana, esta aplicación no debe incidir en la inundación o encharcamiento del compost, sin embargo, si el problema es la sobrehumedad se debe incluir en la mezcla material seco para regular el contenido de humedad de este.

3.2 Temperatura

3.2.1 Temperatura promedio

La temperatura promedio del compostaje presenta diferencias de 1°C entre las proporciones utilizadas en la investigación, la figura 4 muestra el incremento de la temperatura del compostaje al aumento de la proporción de cáscara de plátano en la mezcla con viruta de balsa, esto se produce por la alta actividad microbiana del compostaje, debido al alto contenido de material vegetal que deben procesar mediante su proceso biológico de transformación (Del Castillo, 2019).

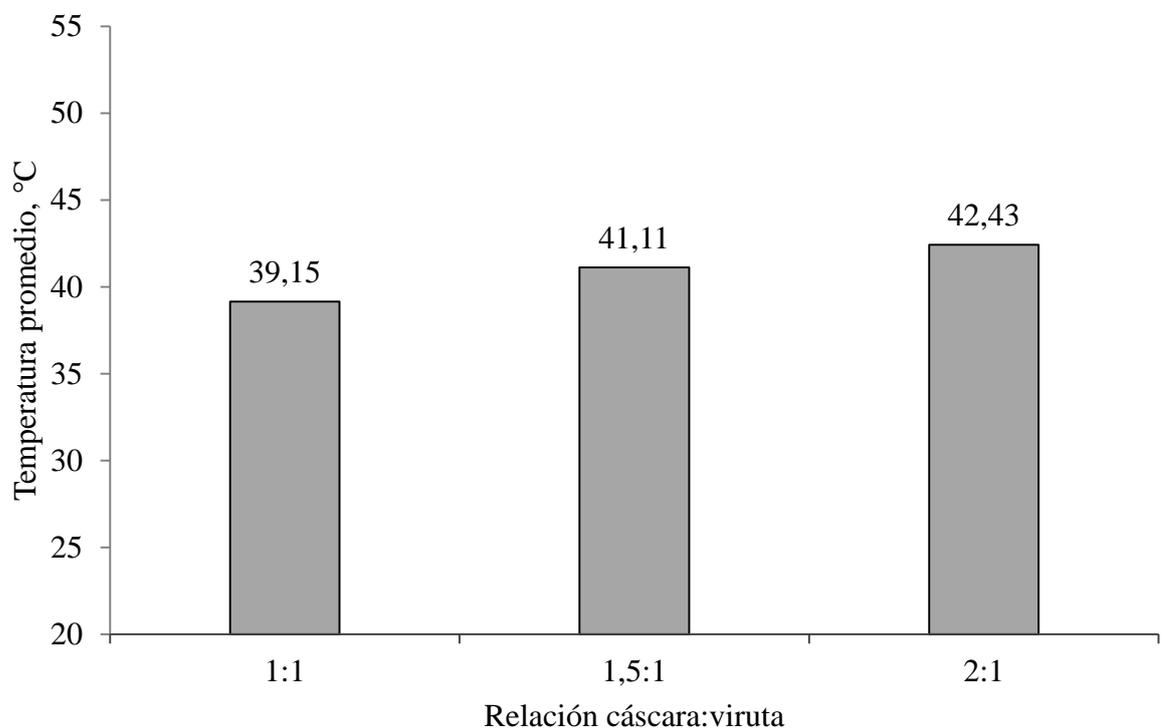


Figura 4. Promedio final de la temperatura de los compostajes en relación con diferentes proporciones de cáscara de plátano y viruta de balsa.

3.2.2 Temperatura semanal

La figura 5 muestra la evolución de la temperatura promedio semanal de las tres proporciones de cáscara de plátano con viruta de balsa, en la cual en la segunda semana muestra la mayor temperatura en los 3 compostajes con un promedio de 50°C, a partir de aquí hasta la semana 10 todas las proporciones mantienen una temperatura promedio entre 46 a 47 °C, disminuyendo gradualmente el valor, estos valores se mantienen en el rango normal según lo expuesto por

Leal (2021) donde expresa que la temperatura del compost se debe mantener entre los 40 hasta 60°C para un correcto proceso de fermentación.

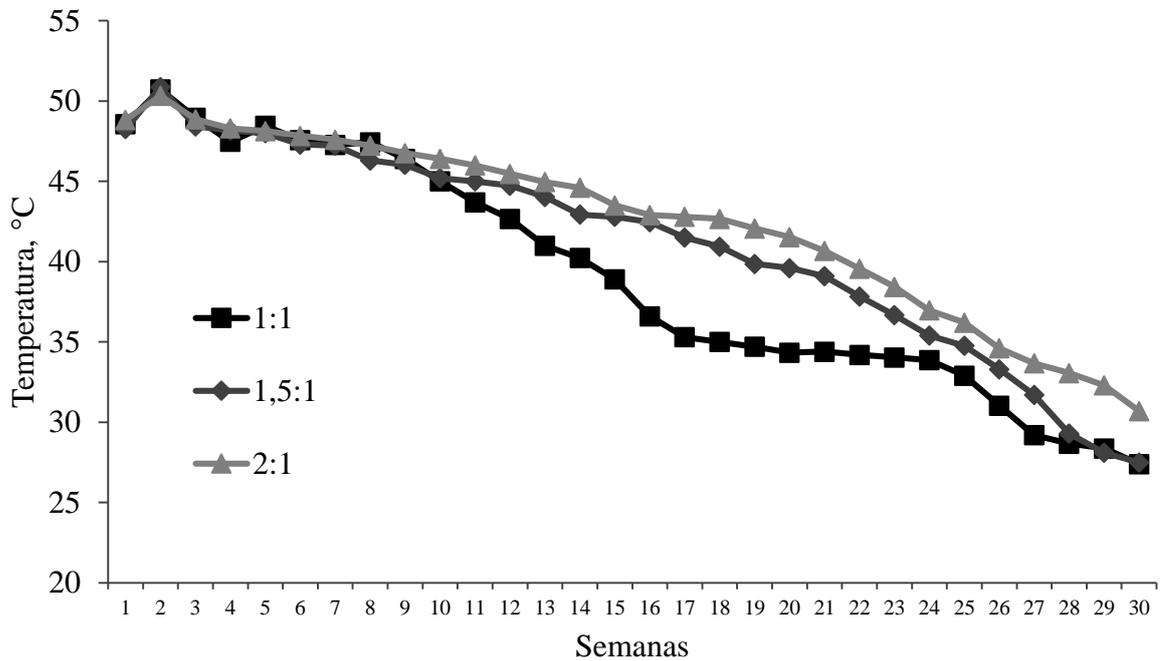


Figura 5. Temperatura semanal de los compostajes empleados en la investigación.

Las temperaturas iniciales mostraron un comportamiento idóneo, ya que estos procesos biológicos de descomposición de material vegetal deben mantenerse en los 50°C, en el caso de un incremento desmesurado se debe disminuir intencionalmente la temperatura, sea removiendo la mezcla o suministrando agua, las consecuencias de altas temperaturas es la muerte de microorganismos benéficos (Mosquera, 2010).

La temperatura disminuye gradualmente las siguientes semanas en todas las proporciones utilizadas, sin embargo, la proporción 2:1 mantiene los valores mpas elevados en este parámetro, con una diferencia de entre 2 a 5 °C en comparación con las otras proporciones de compostaje, hasta la semana 20 la temperatura promedio de los compostajes disminuye a 38,49°C y cae hasta los 28,53°C hasta la última semana de evaluación.

La disminución constante de las temperaturas del compost es un proceso que transcurre normalmente con el paso de las semanas, sin embargo, la disminución se mantiene en los 40°C en promedio hasta la fase de enfriamiento y de maduración, que la temperatura suele disminuir hasta temperaturas ambiente, en el cual el compostaje ya está listo para su uso a nivel de campo, la temperatura se mantiene en los primeros meses debido a la acción de microorganismos eficientes (Del Castillo, 2019).

CONCLUSIONES

El análisis químico de los compostajes determina que estos se encuentran dentro de los parámetros normales, a excepción del contenido de materia orgánica y humedad, en el cual los porcentajes se mantienen por debajo del rango óptimo.

En relación a las proporciones la 1,5:1 mantiene valores más alto en cuanto a materia orgánica y carbono orgánico, mientras que la proporción más alta de cáscara de plátano muestra promedios más elevados en cuanto la humedad y la temperatura promedio del compost; para la concentración de nitrógeno todas las proporciones presentan promedios similares.

RECOMENDACIONES

En relación con el manejo del compostaje se debe procurar mantener de manera óptima el porcentaje de humedad para tener un desarrollo y reproducción de microorganismos.

El uso de la proporción 1,5:1 de cáscara de plátano y viruta de balsa mejora el contenido de materia orgánica y la concentración de carbono en el compost, valores muy importantes para los abonos orgánicos para la fertilización de los cultivos,

BIBLIOGRAFÍA

- Bohórquez, W. (2019). *El proceso de compostaje* (Primera ed.). Bogotá, Colombia: Unisalle.
- Caicedo, N., y Ibarra, A. (2017). Estado actual de los niveles de desperdicio de las cadenas de abastecimiento de alimentos. *Memorias de Congresos UTP*, (págs. 202-209).
- Del Castillo, A. (2019). *Efecto del compost de residuos sólidos biodegradables, obtenidos del comedor universitario de las unas en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) variedad marginal 28-T*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú: Facultad de agronomía.
- FAOSTAT. (31 de Diciembre de 2011). *FAOSTAT*. Obtenido de fao.org: http://www.fao.org/faostat/es/#rankings/commodities_by_country
- Ferreira, D., Dias, N., Ferreira, A., Vasconcelos, C., Porto, V., Sousa, F., . . . Vásquez, M. (2018). Efecto del compost de residuos orgánicos domiciliarios, vegetales y estiércol en el crecimiento de lechuga. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 464-474. doi:<http://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7902>
- FRAISORO. (2013). *Curso para los alumnos de FRAISORO en Gipuzkoa*. Gipuzkoa. Obtenido de http://www.pescaelectricas.es/Descripcion/Entradas/2013/3/22_Curso_para_los_alumnos_de_Fraisoro_en_Gipuzkoa.html
- Hang, S., Castán, E., Negro, G., Daghero, A., Buffa, E., Ringuelet, A., . . . Mazzarino, M. (2015). Compostaje de estiércol de feedlot con aserrín/viruta: características del proceso y del producto final. *AGRISCIENTIA*, 32(1), 55-65.
- Hubbe, M., Nazhad, M., y Sanchez, C. (2010). Composting as a way to convert cellulosic biomass and organic waste into high-value soil amendments. *A review. BioResources*, 5(4), 2808-2854.
- INAMHI. (2018). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
- INEC y AME. (2014). *Estadística de información ambiental económica de gobiernos autónomos descentralizados municipales*. Quito, Ecuador.

- INN. (2005). *Compost - clasificación y requisitos*. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.
- ISF-Cat. (2016). *Manual de producción de Compost*. Quito - Ecuador: Artes Gráficas SILVA. Obtenido de <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2018/12/Manual-produccion-de-compost-ESF.pdf>
- Leal, M. (2021). *Manual sobre elaboración de fertilizantes orgánicos en plátano (Musa paradisiaca)*. Universidad de Costa Rica. San José: Universidad de Costa Rica.
- Leconte, M., Mazzarino, M., Satti, P., y Crego, M. (2011). Nitrogen and phosphorus release from poultry manure composts: the role of carbonaceous bulking agents and compost particle sizes. *Biol. Fert. Soils*, 47, 897-906.
- Maragno, E., Trombin, D., y Viana, E. (2007). O uso da serragem no processo de minicompostagem. *Eng. Sanit. Ambient*, 12(4), 355-360. Obtenido de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522007000400001&lng=pt&tlng=pt
- Mosquera, B. (2010). *Abonos orgánicos: Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos*. FONAG. Estados Unidos: USAID.
- Natan, P. (2020). *Manuel de compostaje domiciliario*. Gobierno de la provincia de Buenos Aires. Buenos Aires: OPDS.
- Noble, J. (2013). *Efecto de tres camas sobre problemas de patas y pechugas de pollos broilers, en Santo Domingo de los Tsáchilas, 2013*. Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ingeniería Agropecuaria, Quevedo.
- Osorio, S., y Ramirez, C. (2019). *Aprovechamiento de cáscara de banano para la producción de un textil aplicado a productos de exportación*. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Paul, E., y Clark, F. (1996). *Microbiología del suelo y bioquímica*. San Diego, CA, EE.UU: Academic Press, Inc.
- Pedrosa, T., Farias, C., Pereira, R., y Farias, E. (2013). Monitoramento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais. *Nativa*, 1(1), 44-48. doi:10.14583/2318-7670.v01n01a08

- Ramos, V., Aguilera, A., y Ochoa, E. (2016). Residuos de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.) para obtener pectinas útiles en la industria alimentaria. *Revista de Simulación y Laboratorio*, 3(9), 22-29. Obtenido de https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Simulacion_y_Laboratorio/vol3num9/Revista_de_Simulacion_y_Laboratorio_V3_N9_4.pdf
- Román, P., Martínez, M., y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del Agricultor*. Chile: FAO.
- Sáez, A., Urdanela, G., y Joheni, A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3), 121-135.
- Silbert, V., y Olivia, A. (2018). *Manual de buenas prácticas para producir compost hogareño* (Primera ed.). Buenos Aires: INTI. Obtenido de <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-de-el-salvador/nutricion-animal/otros/manual-compostaje-fundamental-si-suelo-sano-no-hay-buen-pasto-paraganado/9264359/view>
- UGRA. (2018). *Ficha de inteligencia: Banano tipo exportación*. Colombia: Finagro.
- Zhong, L., Green, H., y Leonhardt, J. (2015). *Fibre fabrics Retrieved*. Alemania: Köln International School of Design.

ANEXOS

Anexo 1. ADEVA del contenido de nitrógeno en el compostaje.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Tratamiento	0,05	2	0,02	0,34	0,7216	ns
Repetición	0,05	3	0,02	0,24	0,8648	ns
Error	0,42	6	0,07			
Total	0,52	11				
CV %:	15,83					

Anexo 2. ADEVA de la concentración de materia orgánica del compost.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Tratamiento	14,03	2	7,01	18,42	0,0027	**
Repetición	0,63	3	0,21	0,55	0,6667	ns
Error	2,28	6	0,38			
Total	16,94	11				
CV %:	2,47					

Anexo 3. ADEVA de la concentración de carbono orgánico.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Tratamiento	4,73	2	2,36	18,54	0,0027	**
Repetición	0,21	3	0,07	0,56	0,6628	ns
Error	0,76	6	0,13			
Total	5,71	11				
CV %:	2,47					

Anexo 4. ADEVA del porcentaje de humedad del compost.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Tratamiento	721,78	2	360,89	163,61	<0,0001	**
Repetición	3,58	3	1,19	0,54	0,6716	ns
Error	13,23	6	2,21			
Total	738,59	11				
CV %:	3,84					

Anexo 5. Resultados obtenidos de la temperatura de los compostajes

Proporción 1:1	Proporción 1,5:1	Proporción 2:1
48,57	48,27	48,83
50,73	50,87	50,33
48,97	48,43	48,87
47,47	48,17	48,30
48,47	48,00	48,13
47,57	47,30	47,83
47,27	47,23	47,60
47,43	46,30	47,23

46,40	46,03	46,77
45,00	45,20	46,40
43,70	45,00	46,00
42,67	44,73	45,47
41,00	44,03	44,97
40,23	42,93	44,60
38,90	42,80	43,50
36,60	42,47	42,90
35,30	41,50	42,80
35,00	40,93	42,67
34,70	39,87	42,07
34,33	39,60	41,53
34,40	39,10	40,67
34,20	37,83	39,57
34,03	36,67	38,43
33,87	35,40	36,97
32,90	34,77	36,20
31,03	33,30	34,60
29,20	31,70	33,67
28,67	29,30	33,07
28,37	28,10	32,30
27,40	27,50	30,70

Anexo 6. Preparación del material a utilizar.



Anexo 7. Mezcla de los materiales utilizados.



Anexo 8. Riego del compostaje para controlar la temperatura.



Anexo 9. Fase final del compostaje

