

Comparación de producción de compost con diferentes formulaciones de residuos de origen vegetal y pecuario

Comparison of compost production with different formulations of vegetable and livestock wastes.

Esthela Elizabeth Corrales Sillo¹, Ricardo Augusto Luna Murillo¹, Cristian Daniel Carrión Benavides², Eduardo Fabián Quinatoa Lozada¹, Ana Lucia Espinoza Coronel³,

¹Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.

²Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Posgrado, Ecuador.

³Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia, Ecuador.

Autor de correspondencia: ricardo.luna@utc.edu.ec

Recibido: 10/12/2023. Aceptado: 10/06/2024

Publicado el 11 de julio de 2024

Resumen

Se realizaron tres estudios en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, enfocados en la producción de abonos orgánicos mediante la reutilización de residuos de fincas agrícolas y ganaderas, los cuales estuvieron centrados en procesos de descomposición y compostaje, con el objetivo de encontrar soluciones sostenibles que no solo fueran eficientes en la gestión de desechos, sino también en desarrollar métodos efectivos y aplicables para los cultivos. Los lugares fueron: centro experimental "La Playita" Universidad Técnica de Cotopaxi, abonos orgánicos a partir de residuos animales y vegetales (estiércol bovino y residuo de pastos *Setaria sphacelata*), Comuna San José del Estero producción de humus a través de la lombriz roja californiana mediante el aprovechamiento del raquis del orito (*Musa acuminata*), tierra de huerto, estiércol bovino y hojarasca y Centro experimental "Sacha wiwa" empleando residuos de: cacao, pasto de corte, pasto de pastoreo y forrajeros. Se analizaron variables como: temperatura (°C), humedad (%), pH, peso total sobre humus (kg), conversión materia prima/ producción humus, análisis químico del compost. Se observaron temperaturas desde 22,26 a 33,97°C; humedad de 74,47 a 77,10%; pH 7,18 a 8,08, peso de humus de 18,46 a 37,50 kg y conversiones de 1,39 a 2,78. El mejor rendimiento se reporta en la formulación: Tierra de huerto 6,81 kg+ Raquis de orito 11,36 kg + Estiércol bovino 25,00 kg + hojarasca 4,54 kg) con 37,50 kg de humus de la Comuna San José del Estero. La composición química de los macro y micro elementos varían en cada experimento.

Palabras clave: abonos orgánicos, descomposición, compost, residuo animal, residuo vegetal, reutilización.

Abstract

Three studies were conducted in the canton of La Maná, province of Cotopaxi, focused on the production of organic fertilizers through the reuse of residues from agricultural and livestock farms, which were focused on decomposition and composting processes, with the objective of finding sustainable solutions that were not only efficient in waste management but also to develop effective and applicable methods for crops. The sites were: "La Playita" experimental center, Universidad Técnica de Cotopaxi, organic fertilizers from animal and vegetable waste (bovine manure and *Setaria sphacelata* grass waste), Comuna San José del Estero, production of humus through the Californian red earthworm by using the rachis of the orito (*Musa acuminata*), orchard soil, bovine manure and leaf litter, and the "Sacha wiwa" experimental center using waste from: cacao, cut grass, grazing grass and forage. The following variables were analyzed: temperature (°C), humidity (%), pH, total weight of humus (kg), conversion of raw material/humus production, chemical analysis of the compost. Temperatures from 22,26 to 33,97 °C; humidity from 74,47 to 77,10%; pH 7,18 to 8,08, humus weight from 18,46 to 37,50 kg and conversions from 1,39 to 2,78 were observed. The best performance is reported in the formulation: Orchard soil 6,81 kg + Orito rachis 11,36 kg + Bovine manure 25,00 kg + leaf litter 4,54 kg) with 37,50 kg of humus from the Comuna San José del Estero. The chemical composition of macro and micro elements varies in each experiment.

Keywords: organic fertilizers, decomposition, compost, animal waste, vegetable waste, reuse.

Introducción

Las actividades agrarias generan grandes cantidades de residuos orgánicos, que se transforman en contaminantes del ambiente y que provocan una serie de daños al ecosistema. A pesar de estos efectos negativos, dichos residuos también pueden ser reutilizados como fuente de nutrientes para las plantas en la agricultura si se les da un tratamiento adecuado, como el compostaje (Hernández *et al.*, 2013). La creciente demanda de alimentos ha establecido como alternativa un manejo sustentable de los sistemas de producción, promoviendo prácticas que preserven los recursos naturales y permitan hacer un uso eficiente y adecuado de los residuos que se derivan directa o indirectamente del sector agropecuario. El compostaje es un método biológico que permite la transformación de residuos orgánicos en un producto relativamente estable. Para el compostaje, el estiércol, desechos de pastos, hojarascas y los demás residuos deben ser mezclados en proporciones tales que la relación carbono/nitrógeno (C/N), la humedad y la aireación sean adecuadas para que estimulen una actividad microbiana intensiva, que modifique la estructura química y física de los materiales, cambiando la especiación química para que los nutrimentos sean disponibles (Dalzell *et al.*, 2010).

Durante la evolución de la biodegradación la participación de microorganismos mesófilos y termófilos con su respectiva actividad metabólica es muy importante ya que generan una termo-actividad biológica que es la responsable de la descomposición de la materia orgánica y su mineralización, que se reflejará en la calidad del mismo (Sztern y Pravia, 2008). El compostaje no debe ser visto simplemente como un sistema de tratamiento de residuos agrícolas a pesar de utilizar como materia prima dichos residuos, sino como un proceso basado en la actividad de microorganismos vivos, quienes son los responsables de la descomposición de la materia orgánica (Morales y Aristizábal, 2007). Este proceso debe realizarse con los cuidados necesarios para lograr unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación, donde se establezcan tomas de muestras y controles a lo largo del

mismo para seguir su funcionamiento con el fin de obtener un producto de calidad (Román *et al.*, 2013). La calidad de los compostajes se determina a través de las propiedades físicas, químicas y biológicas, así como de su contenido nutricional y de su capacidad de proveer nutrientes a un cultivo (Santamaría *et al.*, 2001). Además, con la producción de abono orgánico en las mismas fincas se puede generar ahorros económicos al ser reutilizados, si llegasen a ser de interés al productor, también se disminuye el uso de agroquímicos que contribuyen a disminuir la toxicidad, residual y degradación de los suelos (Morales y Aristizábal, 2007). La ventaja de la utilización de abonos orgánicos es que nos ayudan a preservar, recuperar y mejorar las características de los suelos para garantizar su productividad en el tiempo, también incorporar el equilibrio biológico, físico, químico y ecológico del suelo y repone la diversidad de la flora microbiana benéfica, restableciendo los nutrimentos esenciales demandados por los cultivos que el suelo no puede suplir, de esta manera permite mantener el nivel óptimo de los suelos y preservar los ecosistemas en el tiempo (Sztern y Pravia, 2008). Es por ello, el objetivo de estas investigaciones está caminada en crear abonos orgánicos por medio de la reutilización de desechos en fincas agrícolas y ganaderas, analizando también el proceso físico, químico, producción total de abono y contenido nutricional a través de procesos de descomposición y compostaje que sean efectivos y aplicables a cultivos implementados en la finca.

Materiales y métodos

Localidad de investigación

El estudio abarcó tres localidades: Centro Experimental “La Playita” de la Universidad Técnica de Cotopaxi, comuna San José del Estero y centro experimental “Sacha wiwa” ubicado en la parroquia Guasaganda, todos pertenecientes al cantón La Maná provincia de Cotopaxi. Se realizaron tres ensayos en diferentes años usando varios residuos de tres localidades mencionadas. Los tratamientos tenían una mezcla de residuos tanto animal como vegetal. (Tabla 1)

Tabla 1. Condiciones climáticas de las localidades de estudio

PARÁMETROS	PROMEDIOS		
	Ensayo uno	Ensayo dos	Ensayo tres
Altitud (m.s.n.m)	223,00	474,00	503,00
Temperatura (°C)	23,00	24,50	22,00
Humedad relativa (%)	89,00	87,00	88,00
Precipitación anual (mm/año)	2 854,00	2 761,00	2 761,00
Heliofania (horas-luz/año)	650,10	640,30	570,00

Fuente Instituto nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, (2020)

El primer ensayo se llevó a cabo en el Centro Experimental “La Playita”, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, a base de mezclas de residuos recolectados en el mismo centro experimental. El tratamiento de residuo animal contenía (60% estiércol bovino + 40% residuo de pasto), el residuo vegetal (60% residuo de pasto + 40% estiércol bovino) más 3 kilos de lombriz roja californiana por tratamiento. La cama fue dividida en lechos, separando cada tratamiento y repetición con tablas de playwood.

Posteriormente se distribuyó la materia prima, animal y vegetal, en los lechos previamente preparados. Los lechos, asignados a cada tratamiento, tenían dimensiones de 1,00 metro de ancho, 1,50 metros de largo y 1,0 metro de profundidad. Para asegurar las condiciones óptimas para cada tratamiento, se humedecieron los lechos antes de la distribución de la materia prima. Las variables evaluadas fueron peso total mezcla en kg, peso total de humus en kg, conversión materia prima sobre producción de humus y el contenido nutricional.

En el segundo ensayo, la investigación se realizó en la finca de la familia Chugchilán en la comuna San José del Estero del cantón la Maná, recolectando estiércol bovino de una ganadería de la zona, el raquis se obtuvo de bananeras de orito efectuando un picado completo del material vegetal, se recolectó la tierra de huerta y hojarasca para pasar a un proceso de descomponerlo durante cuatro semanas y monitorear el pH, luego se realizaron los cálculos para el llenado de cada uno de los tratamientos. Una vez obtenido el pH óptimo de 6,5 a 7,5 que necesita la lombriz roja californiana para sobrevivir en el sustrato, se colocaron 4 kg de lombriz por cada tratamiento establecidos en diferentes cantidades según sigue: T1 = tierra de huerto (TH) 6,81 kg + raquis de orito (RO1) 25,00 kg + estiércol bovino (EB1) 11,36 kg + hojarasca (H) 4,54 kg, T2 = tierra de huerto (TH) 6,81 kg + raquis de orito (RO2) 20,45 kg + estiércol bovino (EB2) 15,90 kg + hojarasca (H) 4,54 kg, T3 = tierra de huerto (TH) 6,81 kg + raquis de orito (RO3) 15,90 kg + estiércol bovino (EB3) 20,45 kg + hojarasca (H) 4,54 kg, T4 = tierra de huerto (TH) 6,81 kg + raquis de orito (RO4) 11,36 kg + estiércol bovino (EB4) 25,00 kg + hojarasca (H) 4,54 kg. Se evaluó la temperatura (°C), humedad (%), pH, peso total mezcla (kg), peso total sobre humus (kg), conversión materia prima sobre producción de humus y el contenido nutricional según cambios que se produjeron dentro de los componentes hasta convertirse en humus.

El tercer ensayo, se realizó en el centro experimental “Sacha wiwa” que se encuentra ubicado en la parroquia Guasaganda, se hizo una recolección al inicio del ensayo de residuos de cacao, pasto de corte (*King grass*), pasto de pastoreo (*Brachiaria decumbens*) y la forrajera (Botón de oro). Se elaboraron camas bajo cubierta de 1 m² utilizando materiales de la zona como caña guadua y plástico, se procedió a la mezcla de los residuos vegetales dando origen a los tratamientos: T1=50% estiércol de bovino +10% leguminosa canavalia + 40% residuo cacao, T2=50% estiércol de bovino +10% leguminosa canavalia +40% residuo pasto de corte ,

T3=50% estiércol de bovino + 10% leguminosa canavalia +40% residuo pasto de pastoreo, T4=50% estiércol de bovino +10% leguminosa canavalia +40% forrajera. Se colocaron 3 kg de lombriz por cada tratamiento establecido. Las variables evaluadas fueron: pH, temperatura (°C), Peso Total mezcla (kg), Peso Total /Humus (kg), conversión materia prima/ producción humus, volumen de biomasa inicial en proceso de transformación (m³) y volumen de la biomasa final en proceso de la transformación (m³). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DCBA) con uso de estadísticas descriptivas en todos los ensayos.

Resultados y discusión

En el primer ensayo el residuo animal produce mayor cantidad de humus (24,72 kg), y una eficiencia en la conversión de materia prima sobre producción de humus ligeramente mejor que el residuo vegetal (2,78 versus 2,32), la investigación realizada por Ortiz y Milton (2015), obtuvo 29,80 kg de producción total de humus mientras que, en la conversión de materia prima sobre producción de humus, reporta valores más altos en residuo animal con 3,88 kg. Pantoja *et al.* (2013) menciona que el humus es la sumatoria de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos. Vásquez *et al.* (2010) y Bernal *et al.* (2009), mencionan que pueden ser usados como mejorador de suelos. Pantoja *et al.* (2013) menciona sobre procesos de compostaje, la cual inicia por la etapa mesófila, en la cual comienzan a actuar bacterias mesófilas aerobias, produciendo ácidos y liberando calor. En esta etapa la temperatura no llega a superar los 40 °C. La etapa termófila, caracterizada por la presencia de bacterias y actinomicetos termófilos que degradan la materia orgánica más pesada González *et al.* (2003) ayudan a la actividad microbiana y la descomposición de residuos seguido de la etapa de maduración, en donde descende la actividad bacteriana y proliferan los hongos y actinomicetos termófilos. En esta etapa la temperatura baja hasta valores cercanos a la temperatura ambiente, luego de eso el compost está maduro como señala Beltrán *et al.* (2019). Un campo de buena calidad presenta parámetros como: aireación, humedad de sustrato, temperatura, pH y la relación C/N. En cuanto al potasio y el calcio, el residuo vegetal tiene valores más altos en ambos nutrientes en comparación con el residuo animal, Beltrán *et al.* (2019) mencionan que los desechos de cocina son de mejor calidad en el mundo, por su alto contenido de nutrientes y puede tener 12% de nitrógeno, 11% de P y 2% de K, mientras que Cárdenas (2015) dice que al compostar estiércol animal ayuda a la descomposición y a producir un producto final rico en humus con poco o nada de amonio o nitratos solubles. Drug (2015) menciona que el estiércol no daña las plantas, también es menos probable que cause desequilibrios de nutrientes. Se puede aplicar con seguridad directamente a vegetales. Kuepper (2003), explica que el nitrógeno está ligado como proteínas, aminoácidos, y otros componentes biológicos. Dentro de la

agricultura se ha vuelto necesaria el uso de abonos orgánicos del resultado de compost aprovechando la biodiversidad de residuos provenientes de las fincas. Tabla 2.

En el segundo ensayo, el tratamiento (TH+ RO4 + EB4 + H) experimenta las condiciones de temperatura más altas en comparación con otros tratamientos. Con el tratamiento (TH+ RO1 + EB1 + H) se registró la humedad más alta 77,10%, mientras que el pH más alto presenta el tratamiento (TH+ RO4 + EB4 + H) con 8,08 indicando condiciones ligeramente alcalinas, por otro lado, el tratamiento TH+ RO1 + EB1 + H tiene el pH más bajo 7,18, que es más cercano a la neutralidad. La producción de humus más alto presento en el tratamiento (TH+ RO1 + EB1 + H) con 1,53 (kg) lo que coincide con Márquez, *et al.* (2008), el compostaje pasa por fases o etapas mesófila, termófila, enfriamiento y maduración, dentro de estas etapas varía la temperatura alcanzando valores alrededor de los 1,54 (kg) y los microorganismos presentes son llamados termófilos, el calor generado hace que se eliminen bacterias perjudiciales. El pH aumenta por la transformación del nitrógeno en amoníaco. Gordillo y Chavez (2015) en su investigación obtuvieron resultados de pH 4,5 por exceso de ácidos orgánico, esto tiende a acidificarse por la presencia de materiales vegetales, restos de comida, frutas, recomendando adicionar materiales ricos en nitrógeno y una temperatura de 35 °C con déficit de nitrógeno para solucionar este compost es necesario añadir material con alto contenido de nitrógeno como estiércol. García *et al.* (2016) menciona que la humedad óptima para el crecimiento microbiano está entre el 50-70%; la actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30% dado que, para un adecuado proceso Richard, *et al.* (2002), recomienda que la humedad inicial se encuentre entre 50% y 60%.

Dentro del proceso de transformación de materia prima a un abono de compost finalizado se da reducción de masa y volumen de las mezclas orgánicas conforme avanza el tiempo, Nichorzon y Acuña (2020) indican que se debe en gran parte a las transformaciones químicas, biológicas y la liberación a la atmosfera de gases como el dióxido de carbono (CO₂). Peña

et al. (2002) analizaron que de los 170 kg de compost de materia prima, se obtenía un total de los 73 kg de compost, por otro lado Pierre et al. (2009), determinó que el compost a base de estiércol de bovino 420 kg más restos vegetales 50 kg como materia prima, presenta un resultado de peso total de humus de 240 kg de compost mientras que Soto y Muñoz (2002) reportaron valores de 50 kg para un compost de estiércol dando un resultado final de 27 kg, mientras que Pino *et al.* (2005), reportó para compost de residuos de hojarasca de cacao más residuo animal 25 kg total a un resultado final de producción de abono de 17 kg. Kuepper (2003) en general, es difícil dar un valor exacto a dicha pérdida en una pila de compost, ya que depende mucho del tipo de residuo y de la forma de compostar. Kuepper (2003) menciona sin error a equivocarse que se pierde más del 50% del **peso** de los residuos durante su compostaje. Tabla 3

La Tabla 4 muestra porcentajes de varios elementos en cuatro tratamientos diferentes, que están etiquetadas como T1, T2, T3 y T4. Las mezclas están compuestas por tierra de huerto (TH), raquis de orito (RO), estiércol bovino (EB) y hojarasca (H), la cual el contenido de nutrientes de cada tratamiento determina que si una planta requiere un alto nivel de nitrógeno entonces T1 es el mejor tratamiento a utilizar, ya que tiene el mayor porcentaje de nitrógeno, además de presentar mayor concentración de fósforo, zinc y cobre. El tratamiento T2 presenta alta concentración de potasio y cobre, mientras que el tratamiento T3 presenta altas concentraciones de magnesio y hierro, los elementos calcio y boro sobresalen en el tratamiento T4, los autores Bohórquez *et al.* (2014) en su investigación obtuvieron valores en nitrógeno (1,3%), fósforo (2,5%) y potasio (1,0%), valores superiores en microelementos, Labrador (2001) menciona el tiempo de compostaje que garantiza una adecuada maduración y mayor aporte de nutrientes en el compost producido es de 90 días. Hernández *et al.* (2013) el contenido de nutrientes de tierra de huerto, también conocida como suelo de jardín, varía significativamente según la ubicación geográfica, el tipo de suelo, la gestión agrícola y otros factores.

Tabla 2. Primer ensayo, rendimiento del compost y análisis químico proveniente de los residuos vegetal y animal

Variables	Tratamientos	
	Residuo vegetal	Residuo animal
P. Total mezcla kg	50,00	50,00
P. Total /Humus kg	18,46	24,72
Conversión materia prima/Producción humus	2,32	2,78
Contenido nutricional		
Nitrógeno %	1,80	1,20
Fosforo %	1,20	0,25
Potasio %	2,43	1,22
Calcio %	1,47	1,02

La materia orgánica en el suelo proviene de materiales vegetales y animales, proporcionando un hábitat para microorganismos beneficiosos. La composición química del estiércol de ganado puede variar según la dieta del ganado y otros factores, pero en general, el estiércol de ganado bovino es rico en nitrógeno en forma de urea y amoníaco, que se descompone gradualmente en el suelo, proporcionando

nitrógeno a las plantas. El nitrógeno es esencial para el crecimiento de las plantas y la síntesis de proteínas. Gordillo y Chavez (2015) las hojas caídas de los árboles (hojarasca) y otras materias orgánicas en descomposición en el suelo del bosque, son una fuente importante de nutrientes para los ecosistemas naturales, fuente clave de carbono y nutrientes.

Tabla 3. Segundo ensayo, rendimiento del compost, promedios de la temperatura, humedad y pH proveniente de la mezcla de residuos: Tierra de huerto + Raquis de orito + Estiércol bovino + hojarasca

Variables	Tratamientos			
	TH+ RO1 + EB1 + H	TH+ RO2 + EB2+H	TH+ RO3 + EB3+ H	TH+ RO4 + EB4 + H
Temperatura (°C)	22,26	22,49	22,94	23,44
Humedad (%)	77,10	76,88	74,97	74,47
pH	7,18	7,20	7,63	8,08
P. Total mezcla kg	52,27	52,27	52,27	52,27
P. Total /Humus kg	34,20	35,45	36,36	37,50
Conversión materia prima/ Producción humus	1,53	1,47	1,44	1,39

TH: Tierra de huerto, **RO:** Raquis de orito **EB:** Estiércol bovino **H:** hojarasca

T1 = TH+ RO1 + EB1 + H= tierra de huerto 6,81 kg+ raquis de orito 25,00 kg + estiércol bovino 11,36 kg + hojarasca 4,54 kg

T2 = TH + RO2 + EB2 + H= tierra de huerto 6,81 kg+ raquis de orito 20,45 kg + estiércol bovino 15,90 kg + hojarasca 4,54 kg

T3 = TH + RO3 + EB3 + H=tierra de huerto 6,81 kg+ raquis de orito 15,90 kg + estiércol bovino 20,45 kg + hojarasca 4,54 kg

T4 = TH + RO4 + EB4 + H=tierra de huerto 6,81 kg+ raquis de orito 11,36 kg + estiércol bovino 25,00 kg + hojarasca 4,54 kg

Tabla 4. Segundo ensayo, análisis químico del compost proveniente de la mezcla de residuos: tierra de huerto + raquis de orito + estiércol bovino + hojarasca

Elementos	Tratamientos			
	TH+ RO1 + EB1 + H	TH+ RO2 + EB2 + H	TH + RO3 + EB3 + H	TH+ RO4 + EB4 + H
Nitrógeno %	0,90	0,80	0,70	0,80
Fósforo %	0,20	0,06	0,13	0,15
Potasio %	0,72	0,76	0,68	0,59
Calcio %	1,02	1,07	1,06	1,08
Magnesio %	0,30	0,29	0,31	0,28
Azufre %	0,08	0,08	0,09	0,09
Boro ppm	17,00	22,00	19,00	27,00
Zinc ppm	53,00	49,00	48,00	48,00
Cobre ppm	15,00	15,00	14,00	13,00
Hierro ppm	902,00	896,00	909,00	905,00

TH: Tierra de huerto, **RO:** Raquis de orito **EB:** Estiércol bovino **H:** hojarasca

T1 = TH+ RO1 + EB1 + H= tierra de huerto 6,81 kg+ raquis de orito 25,00 kg + estiércol bovino 11,36 kg + hojarasca 4,54 kg

T2 = TH + RO2 + EB2 + H= tierra de huerto 6,81 kg+ raquis de orito 20,45 kg + estiércol bovino 15,90 kg + hojarasca 4,54 kg

T3 = TH + RO3 + EB3 + H=tierra de huerto 6,81 kg+ raquis de orito 15,90 kg + estiércol bovino 20,45 kg + hojarasca 4,54 kg

T4 = TH + RO4 + EB4 + H=tierra de huerto 6,81 kg+ raquis de orito 11,36 kg + estiércol bovino 25,00 kg + hojarasca 4,54 kg

En el tercer ensayo, el peso total de la mezcla es constante en todos los tratamientos, presentando un pH variado, este es una medida de acidez o alcalinidad que varían entre 7,20 y 7,80 en los diferentes tratamientos. La temperatura en todos los tratamientos, registra promedios más altos en el tratamiento de residuo de forrajera (33,97 °C) (Si es uniforme no hay mayor diferencia entre temperaturas). La producción total sobre humus en kg, muestra la relación entre el peso total y el peso del humus producido, el tratamiento con residuo de cacao tiene el valor más alto (28,80 kg), mientras que el pasto de corte tiene el valor más bajo (22,80 kg). El pasto de pastoreo y el pasto de corte tienen una conversión de materia prima a producto de humus similar, mientras que los residuos de cacao y forrajera tienen valores más bajos. El volumen de biomasa inicial en proceso de transformación disminuye considerablemente tras culminar la investigación, evidenciando que los residuos de cacao muestran mayor volumen, coincidiendo con los resultados de Silva *et al.* (2020) el tratamiento en proceso de transformación de forma general el proceso de descomposición de las gramíneas son lentos, ya que a los 60 días los pastos aún presenta el 45,3% de su peso inicial, con una mayor tasa de descomposición en los primeros 30 días. Sánchez *et al.* (2007) en su investigación presento un pH final de 5,2 y una temperatura de 30 °C, guardados a descomponer durante 84 días, mientras que para Santamaría *et al.* (2001) fluctuó entre 19 °C y 24 °C, y siguió una tendencia semejante a la temperatura ambiental. Sinha *et al.*, (2009) después de la inoculación inicial de lombrices muestra un incremento de 157% en la biomasa total, en la semana 12 la biomasa total alcanzó más de 1300 m³, sin embargo, en la semana 16 dichas cantidades habían disminuido 50%. Lo anterior quizá se debió a efectos negativos relacionados con pH y CE, ya que en este trabajo el pH alcanzó valores de 8,7. Al respecto, Sinha *et al.* (2009) mencionaron que las lombrices mueren en sustratos con pH inferior a 5 y superior a 9 mientras que las lombrices requieren concentraciones de sales menores a 7. La biomasa vegetal hace posible producir nuestro propio abono y compost natural, devolviendo los desechos al ciclo natural a partir de restos agrícolas como residuos de cacao

(*Theobroma cacao*), pasto de corte (King grass), pasto de pastoreo (*Brachiaria decumbens*) y forrajera (Botón de oro) partir de realizar procesos de compost. Tabla 5.

La conductividad eléctrica en el compost nos indica la concentración de sales solubles, mostrando el valor más alto en el pasto de corte seguido por el pasto de pastoreo con 5,05 y 4,60; dS/m valores aceptables según la Agencia Estatal Boletín del Estado (BOE, 2013) que indica los parámetros establecidos que se debe cumplir en los compuestos orgánicos utilizados como abonos o fertilizantes. Dentro de los elementos químicos, las muestras tienen un contenido de nitrógeno alrededor del 1,00%, con la excepción de la muestra forrajera, que tiene un 0,90%, pues el material forrajero es considerado de baja calidad para el suelo porque presentan valores altos en relación C/N, estos niveles de la relación C/N indican que probablemente ocurre un proceso de inmovilización de C y N en el suelo disminuyendo la disponibilidad de N (González *et al.*, 2022). El contenido de fósforo es similar en todas las muestras, alrededor de 0,10% a 0,11%. Las muestras tienen contenido más alto en residuo de cacao (K) 0,60%, (N) 1,00 tratamientos de pastoreo, corte y cacao, (P) más bajo en residuo de cacao, (Ca) bajo en el tratamiento residuo forrajero, (Mg) y (S) más alto en residuo de cacao. Los elementos analizados en ppm presentan valores altos en (B), (Zn) pasto de pastoreo con 30,00 ppm, (Cu) valor superior es el tratamiento forrajero, (Fe) valor alto pastoreo, (B) valor superior tratamiento pasto de corte, en general varía ligeramente siendo más alto en las muestras cacao y forrajera (Bohórquez *et al.*, 2014). Los pastos son gramíneas que tienen cantidades adecuadas de calcio, magnesio y potasio, por otro lado, los residuos de cacao son muy beneficiosos, un claro ejemplo, durante un año los árboles en un cacaotal aportan al suelo, 90,90 kg de nitrógeno, 10,00 kg de fósforo, 35,00 kg de potasio, 22,72 kg de magnesio y 140,00 kg de calcio por hectárea (Beltrán *et al.*, 2019). El compostaje es el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa (Pantoja *et al.*, 2013). Tabla 6.

Tabla 5. Tercer ensayo, rendimiento del compost mediante el aprovechamiento del pasto de pastoreo, pasto de corte, residuos de cacao, y residuo forrajero

Variables	Tratamientos			
	Pasto de pastoreo	Pasto de corte	Residuo de cacao	Residuo Forrajera
pH	7,20	7,20	7,80	7,40
Temperatura (°C)	33,72	33,53	33,59	33,97
P. Total mezcla kg	60,00	60,00	60,00	60,00
P. Total /Humus kg	22,90	22,80	28,80	27,30
Conversión materia prima/ Prod. Humus	2,62	2,63	2,08	2,19
Volumen de biomasa inicial (m ³)	0,34	0,32	0,38	0,34
Volumen de la biomasa final (m ³)	0,12	0,12	0,14	0,13

Tabla 6. Tercer ensayo análisis químico del compost proveniente del pasto de pastoreo, pasto de corte, residuos de cacao, y residuo forrajero

Descripción	Tratamientos			
	Pasto de pastoreo	Pasto de corte	Residuo de cacao	Residuo Forrajera
Conductividad dS/m	4,60	5,05	4,10	4,45
Nitrógeno %	1,00	1,00	1,00	0,90
Fósforo %	0,11	0,11	0,10	0,11
Potasio %	0,52	0,52	0,60	0,46
Calcio %	0,87	0,87	0,84	0,77
Magnesio %	0,28	0,27	0,30	0,25
Azufre %	0,10	0,08	0,12	0,08
Boro ppm	57,00	61,00	65,00	57,00
Zinc ppm	30,00	29,00	27,00	29,00
Cobre ppm	1326,00	1323,00	1317,00	1350,00
Hierro ppm	274,00	271,00	250,00	267,00
Boro ppm	59,00	68,00	57,00	54,00

dS/m: decisiemens por metro

Conclusión

Se puede afirmar que el mejor rendimiento de compost presenta en la formulación: (TH + RO4 + EB4 + H = Tierra de huerto 6,81 kg + Raquis de orito 11,36 kg + Estiércol bovino 25,00 kg + hojarasca 4,54 kg) con un peso total de humus en kilogramos de 37,50.

Teniendo en cuenta que la composición química analizada en las diferentes formulaciones de compost no son todos iguales, pues las cualidades de un buen compost dependen de las materias primas que se usen y del proceso de compostaje.

Referencias bibliográficas

- Beltrán-Morales, F. A., Nieto-Garibay, A., Murillo-Chollet, J. S. A., Ruiz-Espinoza, F. H., Troyo-Díez, E., Alcalá-Jauregui, J. A. y Murillo-Amador, B. (2019). Contenido inorgánico de nitrógeno, fósforo y potasio de abonos de origen natural para su uso en agricultura orgánica. *Terra Latinoamericana*, 37(4), 371–378. <https://doi.org/10.28940/terra.v37i4.520>
- Bernal, M. P., Alburquerque, J. A. y Moral, R. (2009). Composting of Animal Manures and Chemical Criteria for Compost Maturity Assessment. *A Review. Bioresource Technology*, 100, 5444-5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>
- Agencia Estatal Boletín del Estado BOE, 2013. Legislación Consolidada. Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos y fertilizantes. *Boletín Oficial del Estado*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-7540>
- Bohórquez, A., Puentes, Y. J. y Menjivar, J. C. (2014). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Ciencia y tecnología agropecuaria*, 15(1), 73-81. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062014000100007&lng=en&tlng=es
- Cárdenas, R., 2015. Estiércol en Sistemas de Producción orgánica.:Producido por el Centro Nacional de Tecnología, Por Thea Rittenhouse, Especialista en Agricultura NCAT, pp.34-56. <https://attra.ncat.org/wp-content/uploads/2022/11/manure.pdf>
- Dalzell, H. W., Biddlestone, A., Gray, K. y Thurairajan, K., 2010. Manejo del suelo: producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales. Roma, Italia, <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/5192>
- Drug, A. U. F. a., 2015. Food Safety Modernization Act. Estados Unidos (Acta de Modernización de Seguridad Alimentaria) (en inglés), pp.43-65. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/us158372.pdf>
- García, C., Torres, M. y Rebellón, L., 2016. Evaluación de la adecuación de humedad en el compostaje de biorresiduos de origen municipal en la Planta de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS) del Municipio de Versalles, Valle del Cauca. Medellín, Colombia: *Gestión y Ambiente*, Vol 19, núm. 1 <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169446378012.pdf>
- González, C., Moiseev, R., Hernández, S. y Gutiérrez, V., 2003. Tratamiento biológico de compuestos orgánicos volátiles de fuentes fijas. México: Instituto Nacional de Ecología (INE) ISBN: 9688174998, 9789688174999 https://books.google.com.ec/books/about/Tratamiento_

- biol%C3%B3gico_de_compuestos_org.h
- González-Cifuentes, A. I., Reta-Sánchez, D. G., Cueto Wong, J. A., Sánchez Duarte, J. I., Ochoa Martínez, E. y Reyes González, A. (2022). Aporte de carbono y nitrógeno al suelo por residuos de cultivos forrajeros alternativos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(5), 773-784. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i5.2714>
- Gordillo, F. y Chavez, E., 2015. Evaluación comparativa del compost a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. Ecuador Escuela Superior Politécnica Litoral Centro de Investigación Científica y Tecnológica <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9112/1/Evaluaci%C3%B3n%20Comparativa%20de%20la%20calidad%20del%20compost.pdf>
- Hernández-Rodríguez, Ofelia Adriana, Hernández-Tecorral, Ana, Rivera-Figueroa, César, Arras-Vota, Ana María, y Ojeda-Barrios, Dámaris. 2013. Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios. *Terra Latinoamericana*, 31(1), 35-46. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792013000100035&lng=es&tlng=es.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMI, 2020. Condiciones Climáticas de sitios de estudio [En línea] <https://www.inamhi.gob.ec/>
- Kuepper, G., 2003. Manures for Organic Crop Production (Abonos para la Producción de Cultivos Orgánicos.:NCAT <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/FINAL%20Esti%C3%A9n%20Sistemas%20de%20Producción%20Organica.pdf>
- Labrador, J., 2001. *La materia orgánica en los agrosistemas* <https://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2056.%20III%20Jornadas%20del%20Grupo%20de%20Fertilizaci%C3%B3n/Conferencias%20Invitadas/Din%C3%A1mica%20de%20la%20materia%20org%C3%A1nica%20en%20los%20agrosistemas.pdf>
- Márquez, P., Díaz, M. y Cabrera, F., 2008. Factores que afectan al proceso de Compostaje. Universidad de Huelva. Facultad de Ciencias Experimentales. Campus El Carmen: Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, pp. 95- 230. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
- Morales, G. y Aristizábal, M. A., 2007. Estudio de factibilidad técnico financiero de abono orgánico a partir de los desechos orgánicos de la plaza de Corabastos de Bogotá. *Universidad de La Salle. Colombia*, pp. 143. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1414&context=contaduria_publica
- Nichorzon, R. y Acuña, S., 2020. Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia crassipes*). *Revista Ciencia Unemi* Vol 13 núm 32 ISSN-e 2528-7737, ISSN 1390-4272 pp 87-100 <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661898009/html/>
- Ortiz, M. (2015). Elaboración de vermi compost con residuo de cosecha y producción de rábano (*Raphanus sativus*). pp. 65-67. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/432c76fd-0143-48ea-b78d-63c4a51b53c0/content>
- Pantoja, A., Martínez, M. y Pilar, R., 2013. Manual de compostaje del agricultor. Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile ISBN 978-92-5-307844-8,e-ISBN 978-92-5-307845-5 pp. 19-15. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/86a00877-877d-4fa7-8608-32071e1464d8/content>
- Peña, E., Ramirez, M., Martinez, F. y Nodals, A., 2002. Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. Ciudad de la Habana, Cuba: Naturaleza y cultura Internacional, pp. 78. <https://pdfs.semanticscholar.org/2adb/b845452223cccd74da472b5f2cb17b4ba0fc.pdf>
- Pierre, F., Rosell, M., Quiroz, A. y Granda, Y., 2009. Evaluación química y biológica de compost de pulpa del café en caspito municipio Andrés Bello, estado Lara, Venezuela, *Bioagro*, 21(2), 105-110 ISSN 1316-3361 https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612009000200004
- Pino, P., Varnero, M. y Alvarado, P., 2005. Dinámica del compostaje de residuos vitivinícolas con y sin incorporación de guano de pollo. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición vegetal* Vol 5(2), pp. 19-25. <http://www.agren.cl/schcs/boletines/21/files/assets/downloads/page0108.pdf>
- Richard, T., Hamelers, B., Veeken, A. y Silva, T., 2002. Moisture Relationships in Composting Processes. *Compost Science & Utilization* Vol 10(4), pp. 286-302. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2002.10702093>
- Román, P., Martínez, M. M. y Pantoja, A., 2013. Manual de compostaje del agricultor Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Oficina Regional para América Latina y el Caribe, <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/86a00877-877d-4fa7-8608-32071e1464d8/content>
- Sánchez, S., Crespo, G. y Hernández, M., 2007. Acumulación de hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* y en un sistema silvopastoril de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala* *Revista Pastos y Forrajes* Vol 30, núm 3, pp. 357-371 <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269119702006.pdf>

- Santamaría Romero, S., Ferrera Cerrato, R., Almaraz Suárez, J. J., Galvis Spínola, A. y Barois Boullard, I. (2001). Dinámica y relaciones de microorganismos, C-Orgánico y N-Total durante el composteo y vermicomposteo. *Agrociencia* (1996), 35(4), 337-384. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30235401>
- Silva Olaya, A. M., Ortiz Morea, F. A., Cunacue Noreña, B. N., Peña Gómez, A. I., España Cetina, G. P., Olaya Montes, A., Chavarro Bermeo, J. P. y Zartha García, J. J. (2020). ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS “Herramienta para el mejoramiento de la salud del suelo potenciando la actividad de los microorganismos (Primera edición). Uniamazonia, Universidad de la Amazonia.
- Sinha, R., Herat, S., Valani, D. y Chauhan, K. A. (2009). Earthworms vermicompost: a powerful crop nutrient over the conventional compost & protective soil conditioner against the destructive chemical fertilizers for food safety and security. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 5(Suppl.), 14-22. <http://hdl.handle.net/10072/30336>
- Soto, G. y Muñoz, C., 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (Costa Rica), No.65 p. 123-129. <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5955/A2037e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sztern, D. y Pravia, M., 2008. Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud pp. 69. <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>
- Vásquez, C., López, A., Fuentes, B. y Cote, E., 2010. Aceleración del proceso de compostaje de residuos postcosecha (pulpa) del café con la aplicación de microorganismos nativos. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 41, 1-7. <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181220509002.pdf>

