



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

Influencia de los sistemas de compostaje en las características físico químicas del compost elaborado a partir de residuos agrícolas.

**REYES GUARTATANGA YUSTIN EDUARDO
INGENIERO QUIMICO**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

Influencia de los sistemas de compostaje en las características físico químicas del compost elaborado a partir de residuos agrícolas.

**REYES GUARTATANGA YUSTIN EDUARDO
INGENIERO QUIMICO**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

TRABAJOS EXPERIMENTALES

Influencia de los sistemas de compostaje en las características físico químicas del compost elaborado a partir de residuos agrícolas.

**REYES GUARTATANGA YUSTIN EDUARDO
INGENIERO QUIMICO**

GRANDA MOROCHO OFELIA ALEXANDRA

**MACHALA
2023**

INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS DE COMPOSTAJE EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DEL COMPOST ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS.

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	1%
2	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
3	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad de Guayaquil Trabajo del estudiante	<1%
6	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1%
7	repositorioinstitucional.buap.mx Fuente de Internet	<1%
8	doczz.net Fuente de Internet	<1%

9	insectopedia.club Fuente de Internet	<1 %
10	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
11	www.alpza.com Fuente de Internet	<1 %
12	ouci.dntb.gov.ua Fuente de Internet	<1 %
13	Etna Milena Sánchez-Castelblanco, Juan Pablo Heredia-Martín. "Evaluación de residuos orgánicos generados en plazas de mercado para la producción de enzimas bacterianas", Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2022 Publicación	<1 %
14	María Antonieta Riera, Silvina Maldonado, Ricardo Palma. "Multicriteria analysis and GIS applied to the selection of agroindustrial waste. A case study contextualized to the Ecuadorian reality", Journal of Cleaner Production, 2023 Publicación	<1 %
15	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	<1 %
16	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %

17	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
18	piz.san.edu.pl Fuente de Internet	<1 %
19	revistas.upel.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
20	Yessenia E. Maldonado, Jorge G. Figueroa. "Microwave-Assisted Extraction Optimization and Effect of Drying Temperature on Catechins, Procyanidins and Theobromine in Cocoa Beans", <i>Molecules</i> , 2023 Publicación	<1 %
21	ri2.bib.udo.edu.ve:8080 Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1 %
23	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
24	www.postposmo.com Fuente de Internet	<1 %
25	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
26	mail.polodelconocimiento.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Apagado

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

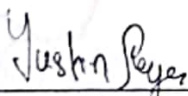
El que suscribe, REYES GUARTATANGA YUSTIN EDUARDO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado *Influencia de los sistemas de compostaje en las características físico químicas del compost elaborado a partir de residuos agrícolas.*, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



REYES GUARTATANGA YUSTIN EDUARDO

0706999927

DEDICATORIA

Con gran aprecio y cariño dedico este trabajo de titulación de manera muy especial a: Dios por ser dueño de nuestra existencia y nuestro guía; a mis padres el Ing. Agr. Cesar Eduardo Reyes Jordán y la Ing. Agr. Lidia Elizabeth Guartatanga Salinas por su arduo trabajo, sacrificio, dedicación y su constante apoyo emocional fundamental para que pueda alcanzar mis metas; a mis abuelos el Sr Carlos Guartatanga Zari y el Sr Kleber Reyes Reyes y mis abuelas la Lcda. Lidia Salinas Jaramillo y la Sra. Nelly Jordán Olaya por ser las personas que más me acompañaron en los tiempos difíciles; a mis hermanos Britany Reyes Guartatanga y Thiago Reyes Guartatanga que a través de cada sonrisa, cada abrazo reconfortante, cada momento de complicidad y apoyo incondicional en los momentos más duros; a mi tutora la Ing. Ofelia Granda Morocho Mgs; a mis maestros la Ing. Gabriela Armijos Cabrera Mgs. Ing. José Humberto Ayala Mgs., Ing. Braulio Madrid Celi Mgs y a todas las personas que, gracias a su dedicación, esfuerzo y sacrificio he logrado culminar mi meta profesional anhelada.

Yustin Eduardo Reyes Guartatanga

AGRADECIMIENTO

Dejo en constancia mi gratitud para quienes, con abnegación de mis padres, mis hermanos, maestros y amigos que me brindaron asesoramiento y ayuda para la realización de este trabajo de manera muy especial:

A mis padres, con mucha alegría les agradezco por haberme acompañado en todo el proceso académico dándome la oportunidad de estudiar lo que me apasiona brindándome lo necesario para que pudiera dedicarme a la investigación con tranquilidad, paciencia, virtud y entusiasmo ustedes son el mejor ejemplo de esfuerzo, perseverancia, generosidad y gratitud a lo largo y desafiante camino que ha sido la realización de la tesis ya que sin sus ayuda no habría podido alcanzar esta meta tan importante en mi vida académica personal. Gracias por ser el motor de vida, inspiración y fortaleza necesarias para enfrentar todos los desafíos que se presenten.

A mis hermanos por haberme hecho reír, por haberme escuchado, comprendido y animado en los momentos difíciles me siento muy orgulloso de compartir este logro con ustedes.

A ustedes maestros guías les agradezco por haberme guiado, enseñado, corregido e inspirado con su sabiduría, dedicación, experiencia y compromiso en impartir sus conocimientos de cada lección compartida y por ultimo cada consejo brindado que han contribuido para mi desarrollo académico profesional. Son los máximos responsables de que haya podido desarrollar mi tesis con rigor, calidad y originalidad. La tesis es el resultado de la educación y valores que me han inculcado les agradezco de todo corazón su contribución a mi formación ya que siempre los llevare con orgullo todo lo adquirido bajo su tutela en cada obstáculo presente en mi vida.

¡Gracias a todos!

Yustin Eduardo Reyes Guartatanga

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la hacienda Sagrado Corazón de Jesús, ubicada en la parroquia Bella María, cantón Santa Rosa, con una duración de 13 semanas. El propósito principal fue analizar cómo los diferentes sistemas de compostaje afectan las características fisicoquímicas y el rendimiento del compost elaborado a partir de residuos agrícolas. Se establecieron cuatro tratamientos distintos: T1 (A1B1) residuos de plátano y sistema abierto, T2 (A1B2) residuos de plátano y sistema cerrado, T3 (A2B1) residuos de cacao y sistema abierto, y T4 (A2B2) residuos de cacao y sistema cerrado, cada uno con dos repeticiones. Para producir el abono orgánico, se emplearon 50 kg de residuos de plátano y cacao, junto con 12,5 kg de estiércol de gallinaza, en una proporción del 80 % y 20 % respectivamente. Durante el estudio, se evaluaron diversas características físico-químicas del compost. Se observó que el pH se mantuvo en 7,6 en todos los tratamientos, mientras que la humedad varió entre el 40 % y el 50 %. La conductividad eléctrica mostró valores inferiores a 4 ds/m en los tratamientos A1B1 y A1B2. En cuanto al porcentaje de fósforo y potasio, todos los tratamientos cumplieron con las especificaciones, al igual que el porcentaje de carbono en los tratamientos A2B1 y A2B2. Sin embargo, ninguno de los tratamientos alcanzó el porcentaje mínimo de materia orgánica del 20 %, presentando valores inferiores. Por otro lado, la relación C/N indicó que todos los tratamientos produjeron abonos maduros, ya que sus valores fueron inferiores a 13 %. Los parámetros analizados se compararon con la norma NTE INEN 233:2013. Es fundamental explorar distintos tipos de desechos utilizando enfoques variados, incluyendo la adición de microorganismos.

Palabras claves: Cacao, compost, compostaje, fisicoquímicas, plátano.

ABSTRACT

The research was carried out at the hacienda Sagrado Corazón de Jesús, located in the Bella María Parish, Santa Rosa canton, with a duration of 13 weeks. The main purpose was to analyze how different composting systems affect the physicochemical characteristics and performance of compost made from agricultural waste. Four different treatments were established: T1 (A1B1) banana residues and open system, T2 (A1B2) banana residues and closed system, T3 (A2B1) cocoa residues and open system, and T4 (A2B2) cocoa residues and closed system., each with two repetitions. To produce the organic fertilizer, 50 kg of banana and cocoa residues were used, along with 12.5 kg of chicken manure, in a proportion of 80% and 20% respectively. During the study, various physical-chemical characteristics of the compost were evaluated. It will be noted that the pH was maintained at 7.6 in all treatments, while the humidity varied between 40% and 50%. The electrical conductivity showed values lower than 4 ds/m in treatments A1B1 and A1B2. Regarding the percentage of phosphorus and potassium, all treatments met the specifications, as did the percentage of carbon in treatments A2B1 and A2B2. However, none of the treatments reached the minimum percentage of organic matter of 20%, presenting lower values. On the other hand, the C/N ratio indicated that all treatments produced mature fertilizers, since their values were less than 13%. The analyzed parameters were compared with the NTE INEN 233:2013 standard. It is essential to explore different types of waste using varied approaches, including the addition of microorganisms.

Key words: Cocoa, compost, composting, physicochemicals, banana.

INDICE

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
RESUMEN	3
INDICE DE TABLAS	8
LISTADO DE ABREVIATURAS	12
INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVOS	15
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
1.1 Compostaje	16
1.1.1 <i>Tipos de abonos.</i>	16
1.1.1.1 <i>Abono de estiércol.</i>	16
1.1.1.2 <i>Abono verde.</i>	16
1.2 Compost	16
1.3 Propiedades químicas del compost	17
1.3.1 <i>pH.</i>	17
1.3.2 <i>Relación carbono/nitrógeno.</i>	17
1.3.3 <i>Conductividad eléctrica.</i>	18
1.3.4 <i>Materia orgánica.</i>	18
1.4 Propiedades físicas del compost	18
1.4.1 <i>Color y olor.</i>	18
1.4.2 <i>Calor y temperatura.</i>	19
1.4.3 <i>Humedad.</i>	19
1.5 Sistemas de compostaje	20
1.5.1 <i>Compostaje en sistema cerrado.</i>	20
1.5.1.1 <i>Ambiente controlado.</i>	20
1.5.1.2 <i>Minimización de olores y plagas.</i>	20
1.5.1.3 <i>Mayor control de la descomposición.</i>	20
1.5.1.4 <i>Reducción de la pérdida de nutrientes.</i>	20
1.5.1.5 <i>Menos dependiente del clima.</i>	20
1.5.1.6 <i>Aplicaciones variadas.</i>	21
1.5.1.7 <i>Compostaje de sistema abierto.</i>	21
1.6 Ventajas del compost	22
1.7 Aplicaciones del compost	23

1.7.1	<i>Abono de Cultivos</i>	23
1.7.2	<i>Fertilización de suelos</i>	23
1.7.3	<i>Prevención de enfermedades</i>	23
1.7.4	<i>Mejora de la calidad del suelo</i>	23
1.8	Normas de calidad del compost	23
1.8.1	<i>Licencias y permisos</i>	24
1.8.2	<i>Separación de residuos</i>	24
1.8.3	<i>Ubicación de la planta de compostaje</i>	24
1.8.4	<i>Proceso de compostaje</i>	24
1.8.5	<i>Monitoreo de calidad</i>	24
1.8.6	<i>ISO 9001</i>	25
1.8.7	<i>ISO 14001</i>	25
1.8.8	<i>ISO 22000</i>	25
1.8.9	<i>ISO 50001</i>	25
1.9	Residuos biodegradables	25
1.9.1	<i>Importancia de los residuos biodegradables</i>	26
1.10	Plátano	26
1.10.1	<i>Residuos del plátano</i>	26
1.10.1.1	<i>Cáscara de plátano</i>	26
1.10.1.2	<i>Tallos y hojas</i>	27
1.10.1.3	<i>Residuos de procesamiento</i>	27
1.11	Cacao	27
1.11.1	<i>Residuos del cacao</i>	27
1.11.1.1	<i>Cáscara del cacao</i>	28
1.11.1.2	<i>Fertilizante</i>	28
1.11.1.3	<i>Alimentación animal</i>	28
1.11.1.4	<i>Energía</i>	28
1.11.1.5	<i>Mucílago (pulpa)</i>	28
1.11.1.6	<i>Endocarpio (cáscara interna)</i>	29
2.	METODOLOGÍA	30
2.1	Tipo de investigación	30
2.2	Ubicación de la experimentación	30
2.3	Tipo de variables	30
2.3.1	<i>Variables independientes</i>	30
2.3.2	<i>Las Variables dependientes</i>	30
2.4	Diseño experimental	31
2.5	Tratamientos	31

2.6 Técnicas	32
2.6.1 <i>Elaboración del compost</i>	32
2.6.2 <i>Equipos, materiales e insumos</i>	32
2.6.3 <i>Procedimiento de la elaboración del compost</i>	32
2.6.3.1 <i>Recolección de los residuos agrícolas</i>	33
2.6.3.2 <i>Clasificación de los residuos agrícolas</i>	33
2.6.3.3 <i>Picado</i>	33
2.6.3.4 <i>Aplicación de las variables de estudio</i>	33
2.6.3.5 <i>Mediciones de las variables de control</i>	33
2.6.3.6 <i>Tamizado</i>	33
2.6.3.7 <i>Envasado u enfundado</i>	34
2.6.4 <i>Método</i>	34
3. RESULTADOS	35
3.1 Análisis bibliográfico de la composición fisicoquímica de los residuos agrícolas de plátano y cacao	35
3.2 Análisis de la humedad, temperatura y pH durante el proceso de la obtención del compost	42
3.2.1 <i>Análisis de la Humedad</i>	42
3.2.2 <i>Análisis de la temperatura</i>	43
3.2.3 <i>Análisis de pH</i>	44
3.3 Análisis físico químico del compost obtenido	46
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	60

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Color y olor del compost.....	20
Tabla 2. Variables independientes.....	32
Tabla 3. Tratamiento de las variables de estudio.....	33
Tabla 4. Equipos, materiales e insumos.....	34
Tabla 5. Análisis bibliográfico de propiedades físico químicas de los residuos biodegradable.....	36
Tabla 6. Análisis fisicoquímicos del compost.....	47

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sistema de compostaje cerrado.....	19
Figura 2. Sistema de compostaje abierto.....	20

INDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Mediciones de la humedad durante el proceso de elaboración del abono.....	36
Gráfica 2. Mediciones de temperatura durante el proceso de elaboración del abono.....	37
Gráfica 3. Mediciones de pH durante el proceso de elaboración del abono.....	38

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A: Mediciones de humedad.....	60
Anexo B. Mediciones de temperatura.....	61
Anexo C Mediciones de Ph.....	62
Anexo D Análisis químicos del compost.....	63
Anexo E. Recolección de los residuos agrícolas de cacao para sistema abierto y cerrado (en el suelo y tanque respectivamente).....	64
Anexo F. Separación de los granos de cacao para obtener las venas.....	65
Anexo G. Picado de los residuos agrícolas de cacao para sistema abierto y cerrado (en el suelo y tanque respectivamente)	66
Anexo H. Mezclado y volteado de los residuos agrícolas de cacao para sistema abierto y cerrado (en el suelo y tanque respectivamente)	67
Anexo I. Tamizado y almacenado de los residuos agrícolas de cacao para sistema abierto y cerrado (en el suelo y tanque respectivamente)	68
Anexo J. Recolección de los residuos agrícolas de plátano para sistema abierto y cerrado (en el suelo y tanque respectivamente)	69
Anexo K. Mezclado y volteado de los residuos agrícolas de plátano para sistema abierto y cerrado (en el suelo y tanque respectivamente)	70
Anexo L. Tamizado y almacenado de los residuos agrícolas de plátano para sistema abierto y cerrado (en el suelo y tanque respectivamente)	71

LISTADO DE ABREVIATURAS

T1 (A1B1): Residuos de plátano y sistema abierto,

T2 (A1B2): Residuos de plátano y sistema cerrado,

T3 (A2B1): Residuos de cacao y sistema abierto,

T4 (A2B2) Residuos de cacao y sistema cerrado

C/N: Relación Carbono/Nitrógeno

Ph: Potencial de hidrogeno

CE: Conductividad eléctrica

INTRODUCCIÓN

Los abonos orgánicos se han utilizado desde décadas precolombinas por nuestros antepasados para el desarrollo y mejoramiento de los suelos con la finalidad de garantizar una mejor producción agrícola. Sin embargo, estas prácticas han ido desapareciendo con el pasar de los años gracias a la aparición de los fertilizantes y biofertilizantes químicos que llegaron a ocupar un puesto en la agricultura convencional reemplazando a los abonos orgánicos que alguna vez existieron dejando como resultados la contaminación de los recursos suelo, agua y la escasez de alimentos que están azotando a todas las familias a nivel mundial.

Uno de los elementos que se deben destacar es que hay un aumento considerable de residuos agrícolas como lo son el cacao y el plátano que son generados por las grandes empresas agroindustriales y alimenticias el cual son desechados hacia diferentes vertederos. En Ecuador no existe un registro de uso eficiente de los residuos agroindustriales generados, ya sea en procesos agroindustriales o pos cosecha, porque se desconoce su valor y no existe un método para hacerlo.

La falta de conocimientos y educación sobre estos residuos ha llevado a que la sociedad general ignore la importancia, la rentabilidad, beneficios que pueden aportar estas prácticas agrícolas, la falta de incentivos económicos hacia los agricultores para fomentar la producción del abono orgánico sostenible que estos residuos ofrecen en nuestra vida diaria ha impedido que se desarrolle esta actividad.¹ La agricultura requiere suelos fértiles, sanos y de buena calidad para proporcionar suministros de alimentos a toda la población del planeta, pero la necesidad de utilizar la misma tierra para producir alimentos conduce a la degradación del mismo suelo.

Para que este medio se reactive se utilizan fertilizantes químicos sin importar el daño que le causen a las personas y al medio ambiente. Existen diferentes tipos de fertilizantes que se utilizan en las haciendas como lo son los nitratos, sulfatos y la urea que presentan ventajas significativas para los diferentes cultivos entre las que se destacan son la adaptabilidad, mejor producción, ajuste de pH y por último ayudan a remediar las plantas enfermas, sin embargo, existen desventajas por su uso excesivo que provocan quemaduras en la planta, contaminación de las aguas del subsuelo y el crecimiento en exceso de la planta.²

En la actualidad, se ha observado un incremento progresivo en la cantidad de desechos agrícolas generados por las grandes explotaciones agropecuarias e industriales. La hacienda Sagrado Corazón de Jesús no es ajena a esta tendencia, por lo que resulta vital explorar formas adecuadas de aprovechar los residuos agrícolas producidos durante el cultivo de plátanos y cacao. En la actualidad, estos residuos son depositados alrededor de las plantas en la hacienda, incluyendo hojas, cortezas y tallos, con el propósito de mejorar las propiedades del suelo.

Los diferentes sistemas de compostaje van a influir mucho en las propiedades fisicoquímicas del compost resultante, entre estos sistemas que más resaltan son el sistema abierto que permite una mayor homogeneización y aireación de los residuos, lo que conduce a una descomposición más rápida y eficiente esto se traduce en una mayor concentración de nutrientes y una menor presencia de compuestos tóxicos en el compost mientras que el cerrado tiene la ventaja de controlar mejor las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad.³

Esto podría ocasionar una descomposición más lenta pero homogénea de los residuos agrícolas, lo que resultaría en la producción de una cantidad y calidad de compost superior, con una menor presencia de compuestos no deseados. Esta mejora en la calidad del compost enriquece la estructura del suelo y, en consecuencia, incrementa la productividad agrícola.³

En Ecuador, la agricultura emerge como uno de los pilares económicos más destacados, no solo por su contribución financiera, sino también por su importancia para la seguridad alimentaria nacional. En el año 2018, la producción agrícola superó los 23 millones de kilogramos (Kg), con énfasis en 12 cultivos principales que incluyen la caña de azúcar, el plátano, la palma aceitera, el maíz duro y seco, el arroz, la papa, el cacao, la naranja, el café, el guineo y el brócoli.⁴

La investigación actual se centra en utilizar los residuos agrícolas del plátano y del cacao para producir compost orgánico con el propósito de mejorar la sostenibilidad y la viabilidad de la hacienda Sagrado Corazón de Jesús, situada en la parroquia Bella María, cantón Santa Rosa. El objetivo principal consiste en examinar cómo distintos métodos de compostaje afectan las propiedades físico-químicas del compost resultante, lo que otorga un valor adicional a los desechos agrícolas de plátano y cacao.⁵

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de los sistemas de compostaje en las características físico químicas del compost elaborado de residuos agrícolas en la hacienda Sagrado Corazón de Jesús de la parroquia Bella María, cantón Santa Rosa.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar bibliográficamente la composición fisicoquímica de los residuos agrícolas de plátano y cacao.
- Aplicar los sistemas de compostaje en la elaboración de compost a partir de residuos agrícolas de plátano y cacao.
- Determinar la calidad fisicoquímica del compost a partir de los residuos agrícolas de plátano y cacao.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Compostaje

El compostaje se refiere al conjunto de procedimientos físicos, químicos y biológicos utilizados por las personas para manejar, fomentar y acelerar la descomposición de los desechos orgánicos, convirtiéndolos en elementos naturales del suelo. Los productos resultantes de este proceso se denominan "compost", los cuales tienen como objetivo principal enriquecer el suelo con nutrientes, reducir la presencia de parásitos y conservar el agua. El término compostaje se utiliza para describir la descomposición aeróbica del material orgánico en condiciones controladas, con la meta de producir un sustrato que mejore la calidad del suelo.⁶

Los atributos de los cultivos se ven impactados por las cualidades del compost, y estos pueden diferir dependiendo de la materia prima utilizada y las técnicas de compostaje empleadas.⁷

1.1.1 *Tipos de abonos.* Los tipos de abonos se clasifican en abono de estiércol y abono verde.

1.1.1.1 *Abono de estiércol.* Proviene de los excrementos de diversos animales como vacas, ovejas, caballos, aves terrestres, aves marinas y murciélagos. Este material se somete a un proceso de descomposición y se mezcla con otros elementos para mejorar su calidad y hacer más fácil su aplicación. Dada su composición, rica en nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, el estiércol se utiliza principalmente en prácticas agrícolas orgánicas.⁸

1.1.1.2 *Abono verde.* Se define como el método de sembrar ciertos tipos de cultivos, como leguminosas, y después incorporarlos al suelo antes de que lleguen a su fase de madurez. Estas plantas proporcionan nutrientes y ayudan a mejorar la estructura del suelo.⁸

1.2 Compost

El compost, un producto orgánico resultado de la descomposición de materiales, se utiliza en jardinería y agricultura para mejorar la calidad del suelo. Sus propiedades fisicoquímicas pueden variar considerablemente según los materiales utilizados en su

producción, pero generalmente exhibe una serie de características esenciales que lo convierten en un abono orgánico de calidad.⁹

1.3 Propiedades químicas del compost

Químicamente hablando, el compost se caracteriza por ser una valiosa fuente de nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal. Incluye cantidades significativas de los principales macronutrientes, como el nitrógeno, el fósforo y el potasio. El crecimiento de las plantas y la síntesis de clorofila dependen en gran medida del nitrógeno, mientras que el fósforo y el potasio son cruciales para el desarrollo de las raíces y las flores, respectivamente. Además de estos nutrientes principales, el compost también suministra micronutrientes como calcio, magnesio, hierro, zinc y cobre, que desempeñan roles vitales en varias funciones metabólicas de las plantas.⁹

El pH del compost tiende a ser casi neutro, lo que lo hace adecuado para diversos tipos de suelo al ayudar a equilibrar los niveles de acidez o alcalinidad, creando así un entorno favorable para el desarrollo vegetal. Además, al ser una fuente de materia orgánica (MO), mejora la estructura del suelo al incrementar su capacidad para retener agua y nutrientes.⁹

1.3.1 *pH*. para una variedad de tipos de suelo al balancear los niveles de acidez y alcalinidad, promoviendo un ambiente propicio para el crecimiento de las plantas. Asimismo, al ser una fuente de materia orgánica (MO), contribuye a mejorar la estructura del suelo al aumentar su capacidad para retener agua y nutrientes. Los rangos de pH en los procesos de compostaje generalmente van de alrededor de 6.5 a 8.0. Si el pH cae entre 4 y 5, indica que la degradación no ha sido óptima.¹⁰

Un pH por debajo de 5.5 sugiere que el compostaje está ocurriendo a un ritmo más lento, mientras que un pH por encima de 9.5 indica un compostaje alcalino, lo que puede obstaculizar el desarrollo de microorganismos en el entorno.¹⁰

1.3.2 *Relación carbono/nitrógeno*. Este factor es fundamental para preservar el equilibrio en el proceso de descomposición de los desechos orgánicos en la compostera. Facilita la síntesis de proteínas y agiliza los procesos metabólicos, lo que garantiza la energía requerida para la supervivencia de diversos microorganismos. Este punto tiene en cuenta la proporción de carbono/nitrógeno (C/N) del material, ya sea fresco o seco, y es

fundamental mantener un equilibrio dentro de un margen de 25 unidades de C/N para garantizar un proceso de compostaje eficaz.¹⁰

1.3.3 *Conductividad eléctrica*. La conductividad eléctrica puede fluctuar según el tipo de material inicial, dado que no todos los residuos presentan la misma concentración de sales, amonio o nitratos. En general, durante el proceso de compostaje, es común observar un incremento en la conductividad eléctrica debido a la humedad generada por los residuos agrícolas.¹⁰

1.3.4 *Materia orgánica*. Es un elemento vital al iniciar el proceso de compostaje, dado que afecta la relación entre el tamaño de las partículas, la humedad y la proporción de carbono/nitrógeno. La tecnología de compostaje se utiliza para evitar la acumulación de materia orgánica y la contaminación del suelo que puede surgir durante las labores agrícolas.¹⁰

1.4 Propiedades físicas del compost

En términos físicos, el compost presenta una textura granular que contribuye positivamente a la estructura del suelo. En suelos arcillosos compactos, ayuda a descomponerlos, lo que facilita un mejor drenaje y promueve el desarrollo de las raíces de las plantas. Por otro lado, en suelos arenosos, mejora la capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que incrementa la actividad biológica en el suelo y, en consecuencia, mejora su salud y productividad.⁹

1.4.1 *Color y olor*. Un compost bien elaborado y maduro suele tener un olor agradable y terroso, similar al aroma del suelo fresco y rico en materia orgánica. Este olor proviene del proceso de descomposición aeróbica de los materiales orgánicos, que genera compuestos estables y humificados. Es crucial tener en cuenta que un compost de calidad deficiente puede manifestar colores poco comunes, como tonalidades verdosas o amarillentas, y emitir olores desagradables, como el olor a podrido o a amoníaco.¹⁰

Estos indicios pueden señalar problemas durante el proceso de compostaje, como una ventilación insuficiente, una proporción inadecuada de carbono a nitrógeno, o la inclusión de materiales inapropiados para el compostaje. Por consiguiente, supervisar el color y el olor del compost puede ser sumamente útil para evaluar su calidad y realizar ajustes en el proceso de compostaje si es necesario.¹⁰

La tabla 1 presenta tres categorías para la evaluación del color y el olor.

Tabla 1. Color y olor del compost

VARIABLE	INDICADOR	CATEGORÍA
Color	Marrón oscuro	3
	Marrón claro	2
	Original	1
Olor	Tierra vegetal	3
	Neutro	2
	Desagradable	1

Fuente: ¹⁰

La categoría 3 del color señala el estado final del compost, la categoría 2 del color indica que uno o más componentes del compost no han completado su descomposición o puede indicar un exceso de humedad, mientras que la categoría 1 del color denota un compost inmaduro y con un olor desagradable.¹⁰

1.4.2 *Calor y temperatura.* A lo largo del proceso de compostaje, la población microbiana desempeña un papel activo y se desarrolla en condiciones ambientales. En situaciones ideales, especialmente en un intervalo de temperatura que va de los 20°C a los 30°C (conocida como fase mesófila), la mayoría de los microorganismos se vuelven activos. No obstante, algunos microorganismos pueden subsistir en temperaturas extremadamente bajas (en la fase psicrófila), mostrando una actividad mínima, mientras que otros prosperan en temperaturas más elevadas (en la fase termófila), que van desde los 35°C hasta los 65°C.¹⁰

1.4.3 *Humedad.* La humedad juega un papel fundamental en el proceso de compostaje, ya que un intervalo del 50 % al 70 % se considera ideal para el crecimiento de microorganismos y una actividad biológica óptima. Si la humedad desciende por debajo del 30 %, existe el riesgo de generar metano, mientras que, si supera el 70 %, la permeabilidad al oxígeno disminuye, creando un ambiente propenso a la ausencia de oxígeno.¹⁰

1.5 Sistemas de compostaje

1.5.1 *Compostaje en sistema cerrado.* El compostaje en un sistema cerrado es un proceso de descomposición y reciclaje de materia orgánica que se realiza en un entorno controlado y aislado del entorno circundante. En comparación con el compostaje al aire libre, donde los desechos orgánicos se descomponen en montones expuestos al aire y a la luz solar, el compostaje en un sistema cerrado se lleva a cabo en un ambiente controlado, como un contenedor o una máquina diseñada específicamente para esta tarea. Las características distintivas del sistema de compostaje cerrado son las siguientes: ¹¹

1.5.1.1 *Ambiente controlado.* En el compostaje en un sistema cerrado, se crea un ambiente controlado para la descomposición de la materia orgánica. Esto significa que se pueden ajustar con mayor precisión factores como la temperatura, la humedad, la aireación y la mezcla de los materiales en comparación con el compostaje al aire libre. ¹¹

1.5.1.2 *Minimización de olores y plagas.* Realizar el procedimiento en un sistema cerrado reduce la liberación de olores desagradables típicamente relacionados con el compostaje al aire libre. Asimismo, se reduce la probabilidad de infestaciones por plagas, como insectos y roedores, que a menudo son atraídos por los montones de compost expuestos. ¹¹

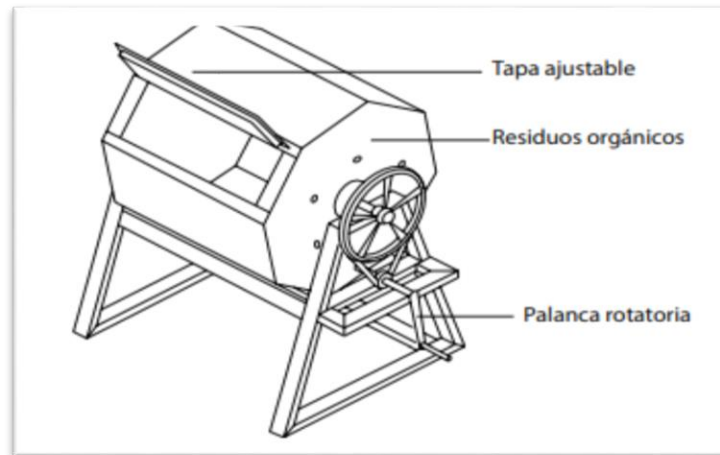
1.5.1.3 *Mayor control de la descomposición.* El compostaje en un sistema cerrado ofrece un mayor grado de control sobre el proceso de descomposición. Esto significa que se puede acelerar o ralentizar la descomposición según sea necesario para obtener un compost de alta calidad en un periodo de tiempo específico. ¹¹

1.5.1.4 *Reducción de la pérdida de nutrientes.* Al ajustar de manera más precisa los niveles de humedad y la ventilación, se puede reducir la pérdida de nutrientes durante el compostaje. De esta manera, el compost resultante puede retener una mayor cantidad de nutrientes que son favorables para el crecimiento de las plantas. ¹¹

1.5.1.5 *Menos dependiente del clima.* A diferencia del compostaje al aire libre, que puede estar sujeto a las condiciones climáticas, el compostaje en un sistema cerrado es menos susceptible a estos elementos. Esto permite que el proceso continúe operativo durante todo el año, sin importar las estaciones. ¹¹

1.5.1.6 *Aplicaciones variadas.* El compostaje en sistemas cerrados se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, que abarcan desde la administración de residuos orgánicos en entornos urbanos hasta la generación comercial de compost de alto rendimiento destinado a la agricultura y la horticultura.¹¹

Figura 1. Sistema de compostaje cerrado



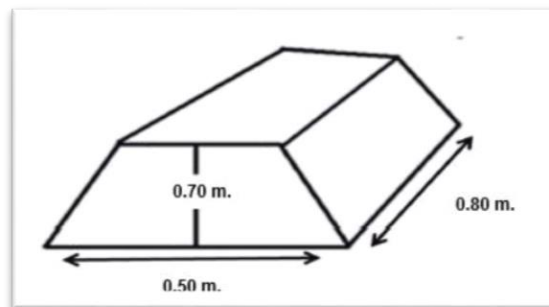
Fuente: ¹¹

1.5.1.7 *Compostaje de sistema abierto.* El compostaje al aire libre implica la descomposición de residuos orgánicos sin necesidad de contenedores cerrados o estructuras especiales. Microorganismos como bacterias, hongos y lombrices son responsables de este proceso, convirtiendo los desechos en compost, un fertilizante orgánico rico en nutrientes. A diferencia del compostaje en recipientes, que controla más la descomposición de los desechos, el compostaje al aire libre permite que los microorganismos actúen de forma natural, aprovechando las condiciones del entorno. Este enfoque tiene las siguientes características importantes: ¹²

- Para iniciar el proceso de compostaje al aire libre, es aconsejable seleccionar una ubicación apropiada en el jardín o patio trasero, alejada de fuentes de agua o áreas donde puedan originarse olores desagradables.
- Se puede optar por una pila de residuos orgánicos o montón, o incluso excavar una zanja en el suelo para depositar los materiales.
- Es esencial mantener una proporción correcta de residuos orgánicos, conocida como relación carbono: nitrógeno (C:N).
- Se sugiere una relación de alrededor de 30:1, lo que implica que por cada 30 partes de carbono se requiera 1 parte de nitrógeno.

- Los materiales ricos en carbono pueden incluir hojas secas, pequeñas ramas y papel, mientras que los ricos en nitrógeno abarcan restos de comida, césped fresco y estiércol.
- Se debe mezclar regularmente la pila de compost al aire libre para garantizar la aireación y estimular la descomposición. Una horquilla de jardín puede ser útil para voltear los residuos, asegurando una adecuada mezcla de materiales secos y húmedos.¹²

Figura 2. Sistema de compostaje abierto



Fuente:¹¹

1.6 Ventajas del compost

Las ventajas del compost son diversas:

- **Mejora la estructura del suelo:** Los abonos orgánicos favorecen el crecimiento de las raíces de las plantas al mejorar la capacidad del suelo para retener agua y permitir una mejor aireación.
- **Suministro gradual de nutrientes:** Los nutrientes contenidos en los abonos orgánicos se liberan de manera progresiva conforme los materiales se descomponen, asegurando un suministro constante y balanceado de nutrientes para las plantas.
- **Aumenta la fertilidad del suelo:** Los abonos orgánicos proporcionan nutrientes fundamentales al suelo, mejorando su capacidad de fertilización a largo plazo.
- **Estimula la actividad microbiana:** Los abonos orgánicos promueven la actividad de microorganismos beneficiosos en el suelo, como bacterias y hongos, que descomponen la materia orgánica y liberan nutrientes suplementarios.¹³

1.7 Aplicaciones del compost

El compost de cáscara de plátano y cáscara de cacao se puede emplear en diversas aplicaciones para mejorar la calidad del suelo y aumentar la producción de cultivos. Algunas de estas aplicaciones son: ¹⁴

1.7.1 Abono de Cultivos. El abono compost derivado del plátano y el cacao se destaca como una excelente alternativa como fertilizante natural para los cultivos, gracias a su abundancia de nutrientes esenciales que favorecen el desarrollo de las plantas. Estos elementos nutritivos presentes en el abono juegan un papel crucial en la mejora de la calidad del suelo, estimulando el crecimiento robusto de las raíces y aumentando la productividad de los cultivos. En consecuencia, su aplicación directa proporciona ventajas concretas para el rendimiento y la salud de las plantas cultivadas.

1.7.2 Fertilización de suelos. El compost de plátano y cacao posee la habilidad de mejorar la composición y fertilidad del suelo. Los nutrientes que contiene alimentan a los microorganismos del suelo, aumentando su actividad y facilitando la descomposición de la materia orgánica del suelo. ¹⁴

1.7.3 Prevención de enfermedades. Usar abono compost de plátano y cacao puede ayudar a prevenir enfermedades en las plantas, ya que los microorganismos presentes en este compost actúan como agentes de control biológico naturales. Además, algunas sustancias químicas presentes en el abono pueden tener propiedades fungicidas y bactericidas naturales. ¹⁴

1.7.4 El abono compost elaborado con plátano y cacao mejora la calidad del suelo al incrementar su capacidad de retención de agua, lo que favorece el desarrollo de las plantas. Asimismo, al usar este abono se reduce la erosión del suelo, lo que ayuda a preservarlo. ¹⁴

1.8 Normas de calidad del compost

Las regulaciones se basan en fundamentos científicos y técnicos adoptados por los productores y las instituciones agrícolas. Estas pautas garantizan la seguridad y confiabilidad de los productos, así como el cumplimiento de los estándares normativos. Su objetivo es fomentar la aplicación de prácticas adecuadas en la gestión sostenible de residuos orgánicos y en el manejo apropiado de los recursos naturales. ¹⁵

Las normas de calidad del compost abordan una variedad de aspectos y características esenciales, tales como el contenido de materia orgánica, los niveles de contaminantes, las propiedades físicas, el contenido de nutrientes, el pH y la conductividad, junto con la estabilidad y madurez del compost.¹⁵

En la mayoría de los países, existen normativas y regulaciones en vigor que establecen los criterios para el manejo apropiado y la compostación de los desechos agroindustriales. Algunos de los aspectos más relevantes son:¹⁶

1.8.1 *Licencias y permisos.* Es imprescindible obtener la aprobación y las licencias pertinentes por parte de las autoridades locales para iniciar la construcción y el funcionamiento de la planta de compostaje.¹⁶

1.8.2 *Separación de residuos.* La adecuada clasificación de los desechos agroindustriales es esencial para el compostaje, siendo de suma importancia evitar la incorporación de elementos no degradables en dicho proceso.¹⁶

1.8.3 *Ubicación de la planta de compostaje.* Se definen regulaciones para la selección del emplazamiento de la planta de compostaje, la cual debe estar distante de zonas urbanas y cuerpos de agua.¹⁶

1.8.4 *Proceso de compostaje.* Las regulaciones también establecen exigencias para el desarrollo del proceso de compostaje, el cual debe ser planificado y ejecutado correctamente para reducir al mínimo la emisión de olores y prevenir los peligros de contaminación causados por pesticidas y otros productos químicos.¹⁶

1.8.5 *Monitoreo de calidad.* Se establecen criterios para la evaluación de la calidad del compost generado, el cual debe cumplir con ciertos estándares de calidad antes de ser empleado.¹⁶

Existen múltiples normativas ISO (Organización Internacional de Normalización) que son relevantes para el proceso de compostaje de residuos agroindustriales. Algunas de estas normas son especialmente significativas.

1.8.6 *ISO 9001*. Esta norma establece los estándares para un sistema de gestión de calidad, garantizando que los métodos de compostaje cumplan con los requisitos de calidad, seguridad y eficacia.¹⁷

1.8.7 *ISO 14001*. Esta normativa se focaliza en un sistema de gestión ambiental y garantiza que el proceso de compostaje sea sostenible desde el punto de vista ambiental, minimizando los efectos adversos en la calidad del aire, agua y suelo.¹⁷

1.8.8 *ISO 22000*. Esta normativa trata los criterios para un sistema de gestión de seguridad alimentaria y es relevante cuando el compost se emplea en la producción de alimentos.¹⁷

1.8.9 *ISO 50001*. Este estándar se concentra en la administración energética y ayuda a garantizar que el proceso de compostaje se lleve a cabo de forma eficiente en cuanto al uso de energía.¹⁷

Estas normas son voluntarias y no son requeridas por ley, pero su aplicación en un sistema de compostaje puede ayudar a garantizar un proceso más eficiente, seguro y responsable ambientalmente. Es importante destacar que las normativas y regulaciones pueden variar significativamente entre países y regiones. Por lo tanto, es importante conocer las leyes y regulaciones locales para garantizar un manejo adecuado de los residuos agroindustriales y un proceso de compostaje eficiente y seguro.¹⁷

1.9 Residuos biodegradables

Los desechos biodegradables son sustancias orgánicas que, con la asistencia de microorganismos y condiciones ambientales apropiadas del suelo, se descomponen de manera natural. Originados en fuentes biológicas, estos desechos se descomponen en elementos más simples, lo que los convierte en no dañinos para el medio ambiente en un lapso relativamente breve.¹⁸

Los desechos biodegradables son compuestos orgánicos que, con la asistencia de microorganismos y las condiciones óptimas del suelo, experimentan un proceso natural de descomposición. Provenientes de fuentes biológicas, estos residuos se descomponen en elementos más básicos, lo que los convierte en inofensivos para el medio ambiente en un lapso breve.¹⁹

1.9.1 *Importancia de los residuos biodegradables.* Los desechos biodegradables tienen una importancia considerable debido a sus numerosos beneficios medioambientales. Cuando se descomponen, liberan nutrientes en el suelo, lo que enriquece el terreno y promueve el desarrollo de una variedad de plantas. Además, una gestión apropiada de estos desechos ayuda a disminuir la cantidad de residuos enviados a vertederos y basureros, lo que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y previene la contaminación del suelo y el agua. Su descomposición natural impide la acumulación de residuos y disminuye la necesidad de espacios para su eliminación final, lo cual es especialmente relevante en áreas urbanas densamente pobladas donde la gestión de residuos representa un desafío continuo.²⁰

Impulsar el reciclaje y la clasificación de desechos contribuye de manera considerable a disminuir la cantidad de residuos que llegan a los océanos y cuerpos de agua. Este enfoque también resguarda la vida marina, evitando la pérdida de aves y animales marinos.²¹

La promoción de la educación y la sensibilización pública por parte de los gobiernos, las organizaciones ambientales y las comunidades sobre la importancia del manejo adecuado de los residuos naturales es esencial. Esto podría estimular la investigación y el avance de tecnologías más eficaces para el tratamiento de estos desechos.²²

1.10 Plátano

1.10.1 *Residuos del plátano.* Los desechos de plátano son los restos que quedan después de la cosecha, procesamiento y consumo del fruto. En algunas zonas, se emplean como alimento para el ganado debido a su contenido de nutrientes valiosos, como fibra y minerales. Asimismo, pueden ser utilizados en compostaje para producir abono orgánico y mejorar la fertilidad del suelo. Otras opciones incluyen su aprovechamiento en la producción de biogás o como materia prima en la fabricación de productos como papel, textiles o materiales de construcción. La determinación del destino de estos residuos varía según las prácticas agrícolas locales, la disponibilidad de recursos y las necesidades específicas de cada región.²³

Los desechos de plátano pueden ser clasificados en diversas categorías:

1.10.1.1 *Cáscara de plátano.* Es una de las principales categorías de residuos que surgen durante el proceso de producción y consumo de la fruta, aunque muchas

personas deciden desecharla. Tras consumir el plátano, su cáscara externa y protectora se clasifica como un residuo, pero tiene múltiples usos potenciales, como mejorar la calidad del suelo, compostaje, alimentación animal e incluso en la fabricación de papel.²⁴

1.10.1.2 *Tallos y hojas*. Las hojas de plátano verde, a menudo descartadas tras la cosecha de la fruta, poseen múltiples usos. Por ejemplo, pueden emplearse como envolturas naturales para alimentos, sustituyendo el uso de plásticos y otros materiales no biodegradables. Asimismo, pueden servir como materia prima en la elaboración de papel, fibras textiles y otros productos degradables. Por último, pueden ser aprovechadas como alimento para los animales.²⁵

1.10.1.3 *Residuos de procesamiento*. En el ámbito de la industria del procesamiento del plátano, se generan diferentes tipos de residuos, como la pulpa, el bagazo, los pedúnculos y otras partes no comestibles de los racimos de plátano que no satisfacen los estándares de calidad establecidos. Estos restos pueden ser utilizados para producir biomasa y biofilm, lo que contribuye a la obtención de energía renovable.²⁵

1.11 Cacao

El cacao, un árbol tropical nativo de América del Sur y Central, ha sido objeto de cultivo y consumo durante milenios. Se emplea en la producción de productos como el cacao en polvo y la manteca de cacao, esta última siendo esencial en la elaboración tanto del chocolate dulce como del amargo. A lo largo de la historia, además de su uso en la fabricación de chocolate, el cacao ha sido tradicionalmente utilizado en bebidas como el chocolate caliente.²⁴

1.11.1 *Residuos del cacao*. Los residuos del cacao son subproductos que surgen durante el procesamiento y la fabricación de chocolate y otros productos derivados de esta planta. Estos comprenden cáscaras, pulpa (mucílago), endocarpio (capa interna de la cáscara que cubre la semilla de cacao), nueces dañadas y otros restos que no se aprovechan en la elaboración de productos finales. Aunque generalmente se desechan, estos subproductos tienen un gran potencial en las industrias agrícola y alimentaria. Además de su relevancia para el aprovechamiento de recursos y la reducción de residuos, su uso puede generar beneficios económicos para los productores de cacao y contribuir a una cadena de valor más sostenible y circular.²⁶

Los desechos del cacao son los subproductos que se producen después de procesar el cacao una vez que se han extraído las semillas. Estos restos comprenden la cáscara, el mucílago (pulpa) y el endocarpio (capa interna de la cáscara que cubre las semillas de cacao). Cada uno de estos tipos de residuos tiene características y aplicaciones particulares.²⁷

1.11.1.1 *Cáscara del cacao*. La cáscara del cacao, siendo el residuo más frecuente y abundante en el proceso de procesamiento del cacao, representa alrededor del 70% del peso total del grano de cacao y posee una elevada cantidad de fibra. Hay múltiples formas de aprovechar este subproducto.²⁸

1.11.1.2 *Fertilizante*. La cáscara del cacao contiene una cantidad significativa de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, como nitrógeno, potasio y fósforo. Estos nutrientes pueden ser utilizados como fertilizante orgánico para mejorar la calidad del suelo y aumentar la productividad agrícola.²⁹

1.11.1.3 *Alimentación animal*. La cáscara del cacao se ha utilizado como parte de la composición de piensos y balanceados destinados a ser una opción alimenticia para animales. Este subproducto contiene fibra y nutrientes esenciales que pueden mejorar la alimentación de varias especies animales, como vacas, cerdos, caballos, ovejas, cabras, burros, aves de corral y mascotas domésticas.³⁰

1.11.1.4 *Energía*. La cáscara del cacao tiene la capacidad de ser utilizada como combustible en calderas para generar energía térmica renovable y sostenible. Esta aplicación resulta particularmente ventajosa en áreas donde la disponibilidad de combustibles fósiles es limitada o escasa.³¹

1.11.1.5 *Mucílago (pulpa)*. El mucílago, o pulpa, es la envoltura que rodea las semillas de cacao y contiene una concentración elevada de azúcares, minerales y otros compuestos bioactivos. Suele ser extraído durante las etapas de fermentación y secado del cacao. Algunas de las posibles aplicaciones del mucílago son:³²

- **Producción de biogás:** El mucílago del cacao puede ser utilizado como base para producir biogás. A través del proceso de fermentación anaeróbica del mucílago, se puede generar biogás y fertilizante líquido, lo que ayuda a impulsar la producción de energía renovable y promueve una gestión más sustentable de los desechos del cacao.³³

- **Alimentación animal:** Debido a su alto contenido de azúcares y nutrientes, el mucílago también se puede utilizar como alimento para animales. Se ha usado en algunos casos para complementar la dieta de animales como cerdos y aves.³²
- **Cosméticos y productos químicos:** El mucílago del cacao puede tener propiedades antioxidantes y antimicrobianas, según muchas investigaciones. Esto ha llevado a su uso en la producción de productos cosméticos y químicos.³⁴

1.11.1.6 *Endocarpio (cáscara interna)*. La capa interna de la cáscara de cacao que cubre las semillas se conoce como endocarpio. Es una capa de lignina y celulosa dura y resistente. Aunque el endocarpio no ha sido tan estudiado como la cáscara y el mucílago, se han realizado investigaciones sobre él y se han descubierto algunas posibles aplicaciones.³⁵

- **Combustible y carbón:** El endocarpio se utiliza como combustible en calderas de biomasa para producir energía térmica, mientras que la carbonización del carbón vegetal se realiza sin oxígeno, lo que lo convierte en una alternativa más ecológica al carbón mineral debido a su menor impacto ambiental. El carbón vegetal ya obtenido se puede utilizar para cocinar, calentar en casa y extraer minerales importantes en procesos metalúrgicos.³⁶
- **Materiales de construcción:** También se ha investigado el uso del endocarpio como materia prima para la fabricación de materiales de construcción como bloques de construcción, paneles de madera contrachapada, tableros de fibra de densidad media, tableros de partículas y aislamiento térmico, que se utiliza como material aislante debido a su capacidad de retener calor.³⁵
- **Filtración y adsorción:** La estructura porosa del endocarpio puede usarse para filtrar agua, eliminar contaminantes como metales pesados, aceites y grasas, olores y sabores no deseados, humedad, colorantes y contaminantes orgánicos.³⁷

2. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

La investigación es experimental, analítica, explicativa y comparativa ya que se trata de dar a conocer con cual sistema de compostaje presenta mejores características físico químicas en el compost elaborado.

2.2 Ubicación de la experimentación

La experimentación se realiza en la hacienda Sagrado Corazón de Jesús de la parroquia Bella María, cantón Santa Rosa, de propiedad del Señor César Reyes Jordán.

2.3 Tipo de variables

Las variables de estudio independientes y dependientes son importantes para el desarrollo de la investigación.

2.3.1 *Variables independientes.* Se identifican ciertas variables independientes que son controladas y manipuladas para analizar su impacto en el proceso de compostaje y en las características finales del compost resultante. La tabla proporciona una visión estructurada de estas variables independientes y sus respectivos niveles:

Tabla 2. Variables independientes

Factores	Niveles
A: Tipo de residuos agrícolas	A1: Plátano
	A2: Cacao
B: Sistemas de compostaje	B1: Abierto
	B2: Cerrado

Fuente: Elaboración propia

2.3.2 *Las Variables dependientes.* Son parámetros que se ven influenciados por el proceso de compostaje y que ofrecen información crucial sobre la madurez y utilidad del compost resultante.

A continuación, la calidad fisicoquímica del compost:

- Temperatura
- pH
- Humedad
- Materia orgánica
- Relación Carbono/Nitrógeno
- Conductividad eléctrica

2.4 Diseño experimental

Se aplicará un diseño factorial 2^2 con tres repeticiones. Los datos se tabularán en Excel.

2.5 Tratamientos

Los tratamientos de la combinación de los factores con los niveles correspondientes se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Tratamiento de las variables de estudio

Tratamientos	Combinaciones	Descripción
T1	A1B1	Residuos de plátano con sistema de compostaje abierto
T2	A1B2	Residuos de plátano con sistema de compostaje cerrado
T3	A2B1	Residuos de cacao con sistema de compostaje abierto
T4	A2B2	Residuos de cacao con sistema de compostaje cerrado

Fuente: Elaboración propia

2.6 Técnicas

2.6.1 *Elaboración del compost.* Es un proceso natural que ocurre mediante la descomposición de residuos vegetales y animales en condiciones óptimas de temperatura y humedad.

Durante este proceso, microorganismos descomponen la materia orgánica, transformándola en un material rico en nutrientes que beneficia la salud del suelo y promueve el crecimiento de plantas saludables.

2.6.2 *Equipos, materiales e insumos.* Es importante contar con una serie de equipos, materiales e insumos adecuados para llevar a cabo el proceso de compostaje de manera eficiente y segura.

Aquí se detallan algunos de los elementos necesarios que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Equipos, materiales e insumos

Equipos	Materiales	Insumos
Balanza analítica	Palas	Residuos agrícolas de plátano y cacao
Termómetro	Lampas	Estiércol de gallinaza
pH-metro	Rastrillos	Aserrín
Multiparámetro	Guantes	Agua potable
	Tamices de 1 cm	
	Sacos	
	Mangueras	
	Carretillas	
	Tanques de plástico para las pilas cerradas	
	Fundas de cierre hermético	
	Bandejas de aluminio	

Fuente: Elaboración propia

2.6.3 *Procedimiento de la elaboración del compost.* Es un proceso paso a paso que transforma los residuos orgánicos en un fertilizante natural rico en nutrientes para el suelo.

2.6.3.1 *Recolección de los residuos agrícolas.* Se recolecta los residuos de plátano y cacao por separado para ser llevados al lugar de experimentación. Los resultados se aprecian en el Anexo E y J.

2.6.3.2 *Clasificación de los residuos agrícolas.* Se realiza la clasificación de los residuos de plátano y cacao, cada uno de ellos por separado, para luego proceder al picado.

2.6.3.3 *Picado.* Se realiza el picado manual con el uso de herramientas como machete, tratando de dejar en el menor tamaño posible, o a su vez se puede usar una trituradora eléctrica para facilitar el proceso del picado. Los resultados se aprecian en el Anexo G.

2.6.3.4 *Aplicación de las variables de estudio.* Se lleva a cabo mediante dos sistemas de compostaje: uno abierto y otro cerrado.

- **Abierto (Sistema de pilas con aireación)**

Los residuos de plátano y cacao por separado son apilados bajo sombra en un lugar seco en una compostera de 0,8 m de largo, 0,70 m de altura y 0,5 m de ancho, se cubre con un plástico negro para incrementar la temperatura y minimizar la pérdida de agua, se voltean 4 veces a la semana, se trabaja 80% de los residuos agrícolas (plátano y cacao) con 20% de estiércol de gallinaza, es decir 50 kg de residuos con 12,5 kg de estiércol de gallinaza.

- **Cerrado (Reactor)**

Se utiliza como reactor un tanque plástico horizontal de capacidad de 50 galones, al cual se le va adaptar una manivela para facilitar la homogenización se debe voltear 4 veces a la semana, se trabaja 80% de los residuos agrícolas (plátano y cacao) con 20% de estiércol de gallinaza. Tanto en el sistema de compostaje abierto y cerrado se trabaja con la misma cantidad de residuos agrícolas para la determinación de su rendimiento.

2.6.3.5 *Mediciones de las variables de control.* Las variables medibles se realizan cada semana, para la medición de la temperatura se debe realizar a diferentes distancias y profundidades, esto con el objetivo de tener un resultado más homogéneo, para el pH y la conductividad eléctrica se debe usar un multiparámetro que consiste en diluir el sustrato en agua destilada en relación 1:5 (p/v), para la determinación de la humedad se utiliza la técnica de puño cerrado, para lo cual el material debe quedar compacto, pero sin gotear agua; para ello se debe suprimir o añadir agua o aserrín.¹⁰

2.6.3.6 *Tamizado.* Se realiza el tamizado en una malla de 1 cm de diámetro para obtener un abono orgánico de tamaño homogéneo, esto una vez cumplido todo el proceso que es aproximadamente 4 meses. Los resultados se aprecian en el Anexo L.

2.6.3.7 *Envasado u enfundado.* Se envasa en fundas de polietileno o sacos plásticos para ser luego almacenados en un ambiente seco y libre de humedad. Se realiza las valoraciones correspondientes para la determinación del rendimiento.

2.6.4 *Método.* Las medidas de pH, humedad y temperatura, durante el proceso de la obtención del abono serán medidas con el equipo multiparámetro, y las pruebas fisicoquímicas serán enviadas a analizar a Laboratorios particulares.

3. RESULTADOS

3.1 Análisis bibliográfico de la composición fisicoquímica de los residuos agrícolas de plátano y cacao.

Para la determinación del análisis bibliográfico sobre la composición fisicoquímica de los residuos agrícolas de plátano y cacao se realizó la búsqueda de información en colecciones bibliográficas como: Scielo, Dialnet, Redalyc, ScienceDirect entre otras fuentes muy importantes, considerando el criterio de inclusión de ser solamente del año 2019, en idioma español o inglés, los residuos agrícolas usados para elaboración de compost.

Tabla 5. Análisis bibliográfico de propiedades físico químicas de los residuos biodegradables

AUTOR	AÑO	TEMA	COMPOSICION FISICOQUIMICA	RESIDUOS AGRICOLAS	PRODUCTOS OBTENIDOS	ANÁLISIS
Trujillo, E.; Valencia, C. Alegría, C.; Honorata, A.; Césare. ³⁹	2019	Producción y caracterización química de biochar a partir de residuos orgánicos avícolas y agrícolas	PH, humedad, ceniza, nitrógeno, fosforo y potasio	Cacao	Abono orgánico tipo biochar	La siguiente composición de la cascara de cacao tiene un pH 5.5, la humedad 6%, ceniza 8,8%, el contenido de fosforo es de 0.001, nitrógeno 4,1 y por ultimo potasio 3.1; el pH y la humedad influyen bastante en el proceso de descomposición por pirolisis, la ceniza, el nitrógeno, el fósforo y el potasio son factores esenciales que pueden afectar la calidad del producto y las propiedades del biochar producido ya que debe tener un aroma vegetal. El producto final se lo puede emplear como enmienda para los suelos gracias a su capacidad de retención hídrica y para la generación de energía para las centrales eléctricas. Todas las condiciones mencionadas ayudan a que el biochar sea de buena calidad en la agricultura convencional.

<p>Vargas-Pineda, O. I.; Trujillo-González, J. M.; Torres-Mora, M. A Vargas-Pineda, O. I.; Trujillo-González, J. M.; Torres-Mora, M. A.⁴⁰</p>	<p>2019</p>	<p>El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento</p>	<p>Humedad, pH ,cenizas ,fibras ,proteínas</p>	<p>Cascaras y venas</p>	<p>compost de residuos agrícolas</p>	<p>Durante el proceso de compostaje las composiciones fisicoquímicas del cacao criollo que incluyen las cascaras y venas son humedad 80%, ceniza: 10%, pH: 5,6, fibras:32.5%, proteínas: 8% estos durante la descomposición dichos valores van variando a medida que se vaya obteniendo el compost hasta llegar a las condiciones óptimas del producto final.</p>
<p>Sánchez-Olaya, D. M.; Rodríguez Pérez, W.; Castro Rojas, D. F.; Trujillo, E.⁴¹</p>	<p>2019</p>	<p>Respuesta agronómica de mucilago de cacao (Teobroma cacao L.) en cultivo de maíz (Zea mays L.)</p>	<p>Humedad, materia seca, acidez titulable ,peso específico , pH ,grados brix, conductividad eléctrica ,ceniza y NPKC</p>	<p>Venas de cacao</p>	<p>Abono orgánico</p>	<p>Los valores promedios que se le realizo a ambos cacaos son: humedad:89%; MS:11,50%; AT%:1,73%; PE:1,1%; ph:4,21; brix:13,3%; CE:5,68 ms cm-1; cenizas: 19%; NPKC: 5%. El cacao Copoazu tiene características físicas similares al del nacional lo que varía es su aspecto físico ya que es similar a la de una guanábana. Normalmente se emplean para la producción de ácido acético, alcohol y mermeladas, en Colombia y Perú lo utilizan para la elaboración de bioles y compost orgánicos. De acuerdo a los valores establecidos en la bibliografía complementaria de la vena la humedad es muy alta debido a la gran cantidad de agua de la fruta, el pH esta entre ligeramente ácido y neutro debido al pequeño porcentaje 1,54% de ácido cítrico y por último el contenido de NPKC son los componentes minerales principales para la producción del abono líquido e sólido para la planta.</p>

						<p>Hay que ver que una humedad muy alta puede llevar a fermentaciones anaeróbicas y producir malos olores mientras que una humedad baja inhibe la actividad microbiana. La materia seca si es alta tiene un alto contenido de nutrientes para enriquecer el biol y el compost. Una acidez titulable indica la madurez necesaria y menor actividad fermentativa. Los grados brix y la conductividad son medidas que indican el mayor contenido de azúcares, sales y nutrientes. El peso específico y el pH son factores más importantes a considerar ya que un alto peso del mismo dificulta la entrada de oxígeno en la mezcla mientras que en el potencial de hidrogeno el pH debe estar entre 6,2 hasta 7,3 para favorecer el crecimiento de microorganismos deseables. Las cenizas y el contenido de NPKC representan el contenido de minerales y nutrientes presentes para favorecer el crecimiento de las plantas.</p> <p>Los parámetros fisicoquímicos ya explicados tienen una influencia significativa en la calidad y eficiencia de los Biofertilizante producidos a partir del mucílago de cacao arraigado en las venas. Un equilibrio adecuado de estos factores es crucial para asegurar la producción de alta calidad que puedan ser utilizados como una alternativa sostenible para mejorar la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos.</p>
Andrade, J. A.; Rivera-García, J.; Chire-Fajardo, G. C.; Ureña-	2019	Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (Teobroma cacao L.) de	humedad, proteína, grasa, ceniza, carbohidratos totales y fibra	Cascaras de cacao	Abonos orgánicos	<p>Los contenidos fisicoquímicos establecidos de: 5,16 de pH, 6,5% de humedad, proteína 12%,grasa 49% ceniza 2,4% carbohidratos 31,5 y fibra 5,4 % nos indican que: la humedad ayuda a dar la estabilidad, durabilidad y liberación de nutrientes necesarios, la proteína contribuye a la nutrición de la planta con la descomposición del mismo para la liberación de nitrógeno, la grasa,</p>

Peralta, M. O. ⁴²		Ecuador y Perú				fibra y los carbohidratos contribuyen a la forma estructural del abono y ayuda a la retención de la humedad y finalmente contribuyen a la liberación gradual de nutrientes como fósforo, potasio, calcio en los procesos finales de producción.
Castillo, E.; Alvarez, C.; Contreras, Y. ⁴³	2019	Caracterización fisicoquímica de la cáscara del fruto de un clon de cacao (teobroma cacao l.) Cosechados en Caucagua estado Miranda. Venezuela.	Humedad, fibra cruda, ceniza, proteína, azúcares, grasa polifenoles , pH	Cáscara de cacao	Abonos orgánicos	La producción de abonos orgánicos es una de las tareas más influyentes que tienen los hacendados de dicha localidad en base a los contenidos fisicoquímicos como Humedad, fibra cruda, ceniza, pH, proteína, azúcares, grasa y polifenoles; estos últimos ayudan a dar la energía necesaria para que los microorganismos descompongan con rapidez. Sin embargo cuentan con valores de 44% de humedad ,24,7%de fibra, 28,4% de ceniza, 20,4% de proteína, 6,2% de grasa,2,47 gr de polifenoles y 5,56 de pH Todas estas propiedades juegan un papel importante en la producción de abonos orgánicos de alta calidad beneficiando el crecimiento de las plantas y mejorando la salud del suelo.
Murgueitio - Manzanar es, E.; Campo-Fernández , M.; Nirchio-Tursellino, M.; Cuesta-Rubio, O.; Tocto-León, J. ⁴⁴	2019	Composición química y actividad biológica del pseudotallo de Musa x paradisiaca L (BANANO)	Humedad, cenizas,	Pseudotallo	Abonos orgánicos	Los parámetros establecidos se enfatizan en utilizar los residuos en su forma molida para que en el proceso de descomposición sea más rápido y eficiente entre un 4% hasta un 13% de humedad mientras que en tanto las cenizas si se tienen valores levados de hasta un 30% significa que hay bastante presencia de macro y micro minerales que alimentan a las raíces de la planta. Es necesario que ese equilibrio se mantenga ya que esto afecta enormemente al compost producido.

Gómez Soto, J. A.; Sánchez Toro, O. J.; Matallana Pérez, L. G. ⁴⁵	2020	Procesos de Transformación: Perspectiva de Aprovechamiento para los Residuos de la Agroindustria del Plátano.	Humedad, celulosa, hemicelulosa, lignina, ceniza, sílice, calcio, fosforo, potasio y magnesio	Pseudotallo	Abonos orgánicos	Según los porcentajes promedios del plátano barraganete son los siguientes: humedad: 91,31, polisacáridos estructurales: 14,63, cenizas: 21,15, micronutrientes: 5,8071. Son valores que se ajustan para los diferentes procesos de producción sostenible para la obtención de diferentes productos como tableros, abonos orgánicos, etanol por biorefinación, obtención de fibras para la fabricación de telas resistentes a la tracción física etc. Sin embargo, el estudio más importante son la producción de abonos ya que es una aplicación común en la agricultura y debe tener un nivel óptimo de humedad, el contenido de macronutrientes como fosforo, potasio, sílice, calcio y magnesio ayudan al fortalecimiento de las hojas en la planta mientras que los carbohidratos estructurales solo sirven para la descomposición salvo la lignina que contribuye a la forma estructural del abono.
Burgo Bencomo, Odalys Bárbara; Gaitán Suazo, Vladimir. ⁴⁶	2021	Comportamiento de indicadores de calidad en el cultivo del banano de la provincia El Oro, Ecuador	sílice ,celulosa	Pseudotallo	Abonos orgánicos	Durante el proceso de elaboración de abonos orgánicos donde pseudotallo, en conjunto con la quinina, la sílice y la celulosa los cuales la sílice cuenta con valores de 0.025 % y la celulosa 25,6% son los elementos principales que actúan en la descomposición sin embargo este último solo se descompone mientras que la sílice se encuentra como un nutriente en pequeñas cantidades por lo que no es visible detectarlo sin embargo la quinina al tener propiedades estimulantes que influyen en los microorganismos que participan en la descomposición.
Darwin Alfredo Rocafuerte Vélez; Salomón	2022	Enmiendas edáficas de biocarbones y SIO2 en plantas de	pH, conductividad eléctrica, humedad	Pseudotallo	Enmienda orgánica	El efecto de biocarbón elaborado a partir del pseudotallo es un paso más para la aplicación de una fertilización mucho más rápida y eficiente en los diferentes cultivos de plátano dominico se debe tomar en cuenta el pH, la conductividad

Barrezuet a Unda; Edison Jaramillo Aguilar. ⁴⁷		banano con manejo de agricultura orgánica				eléctrica y la humedad, son parámetros que van a influir en el resultado final. El pH debe estar entre 6 y 7 para que se pueda utilizar en cualquier suelo, la conductividad eléctrica debe estar entre 3.56 como mínimo ya que nos ayuda a identificar la cantidad necesaria de nutrientes que necesita el suelo por lo que no puede ser alto ya que causa un desequilibrio nutricional y la humedad debe estar en los rangos óptimos entre 10 y 15%. Estos parámetros deben ser monitoreados durante el proceso para evitar desequilibrios y nutricionales y problemas de salinidad de los suelos por lo que una buena gestión y monitoreo ayudan a evitarlos.
Gustavo Martínez, Juan Carlos Rey, Rafael Pargas. ⁴⁸	2021	Efecto de sustratos y fuentes orgánicas en la propagación de banano y plátano	Temperatura, humedad, NPK,	Pseudotallo	Compost	El compost producido a partir de los residuos del pseudotallo debe contar con diversos parámetros como temperatura, pH, humedad y los contenidos de NPK de acuerdo a lo establecido su temperatura debe estar entre los 35 hasta los 60 °C, la humedad entre los 45 hasta los 57% y los contenidos de NPK deben contener al menos un 3.5% cada uno para garantizar una buena cantidad de nutrientes para mejorar los cultivos de plátano.

De acuerdo a la búsqueda bibliográfica que consistió en analizar las propiedades fisicoquímicas de los residuos de cacao y plátano, se identifican la humedad 39.10%, el pH 5.51, cenizas 11.03%, Nitrógeno 4.2%, P 3%, K 4%, C 5 %, conductividad eléctrica 4.62 dS/m, grados brix 13.3 %, fibras 21 %, materia seca 11.5 %, acidez titulable 1.8%, peso específico 1.11%, celulosa 20.11%, hemicelulosa 15%, lignina 15.2%, carbohidratos totales 31.52%, grasa 27.6%, temperatura 60°C, polifenoles 2.5 g, contenido de macronutrientes como el sílice 3%, calcio 6% y magnesio 6% y por último las proteínas 14.26%.

Los factores antes analizados son importantes y cruciales para que se dé el proceso de descomposición, producción de compost y otros productos como tableros aglomerados, bioabsorbedores, carbón vegetal y para la alimentación de rumiantes ya que los mismos pueden ejercer una influencia significativa en la producción de abonos orgánicos a partir de residuos agrícolas especialmente de cacao y de plátano verde, estos deben estar con las cantidades equilibradas para promover un suelo fértil con plantas saludables por lo que es vital realizar análisis diarios de los fertilizantes para garantizar la presencia de nutrientes en las cantidades adecuadas y eficiencia de productos obtenidos.

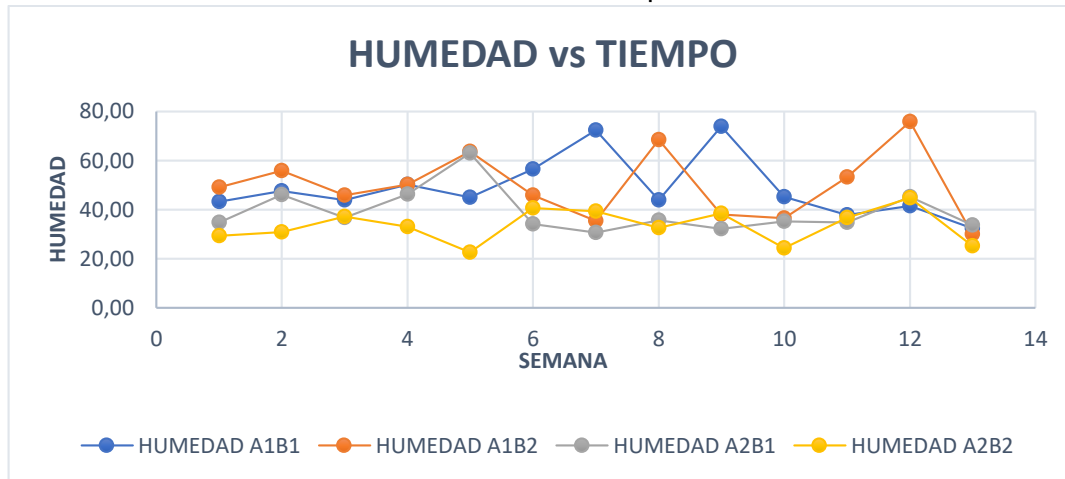
Los valores de humedad 39.10%, el pH 5.51, cenizas 11.03% , Nitrógeno 4.2% , P 3% , K 4%, C 5 % , conductividad eléctrica 4.62 dS/m, grados brix 13.3 % , fibras 21 % , materia seca 11.5 % , acidez titulable 1.8%, peso específico 1.11%, celulosa 20.11%, hemicelulosa 15%, lignina 15.2%, carbohidratos totales 31.52%, grasa 27.6%, temperatura 60°C, polifenoles 2.5 g , contenido de macronutrientes como el sílice 3% , calcio 6% y magnesio 6% y por ultimo las proteínas 14.26% de las 10 fuentes bibliográficas se han identificado que dichos valores son óptimos para la producción de abonos orgánicos ya que cumplen con los estándares establecidos de acuerdo a las norma técnica ecuatoriana INEN 2011 y el instituto para la certificación ética y ambiental (ICEA) y los autores Pedraza Pachón, Zambrano Cedeño, Araos F, Aguirre Forero indican que son valores muy buenos para la producción de un composta de cualquier tipo de residuos sin embargo dichos valores se deben controlar durante las etapas de proceso para poder obtener un producto de buena calidad que beneficie el crecimiento de las plantas agrícolas.^{61 62 63 64}

3.2 Análisis de la humedad, temperatura y pH durante el proceso de la obtención del compost.

3.2.1 *Análisis de la Humedad.* Es un aspecto fundamental para evaluar la calidad y el estado del proceso de descomposición de los materiales orgánicos. La humedad afecta directamente la actividad microbiana y la descomposición de la materia orgánica, siendo crucial para mantener condiciones óptimas de compostaje.⁴⁹

La humedad se analizó durante trece semanas con el uso del equipo multiparámetro, tres veces a la semana. Los resultados se muestran en la gráfica 1.

Gráfica 1. Mediciones de la humedad durante el proceso de elaboración del abono



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 1 se observa que la humedad varía en función a las semanas, desde el valor inicial de 30 % a 50 %, llegando hasta valores de 77 % aproximadamente, y finalmente presentan valores de 25 % a 34 %. La temperatura experimenta un descenso después de sexta semana, seguido de una estabilización, lo que sugiere que la materia orgánica de los desechos se ha convertido en compost. Debido al extenso proceso de maduración, la temperatura se elevó hacia las últimas etapas de maduración, en consonancia con el aumento de la temperatura ambiente, que oscilaba entre los 27 y 29 °C.⁵⁰ Los resúmenes de los datos obtenidos se muestran en el Anexo A.

Es crucial conocer el nivel adecuado de humedad para favorecer la actividad de los microorganismos, el cual debe mantenerse en un rango del 50 al 60%.

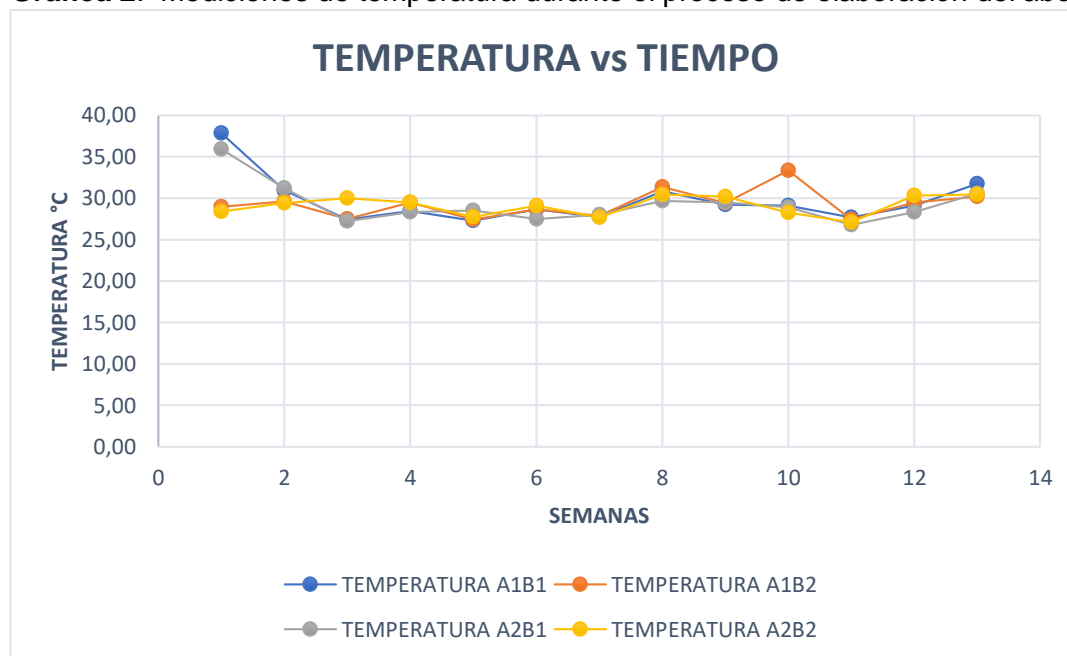
Tanto la escasez como el exceso de humedad pueden ser desfavorables para la producción de un fertilizante de alta calidad.⁵¹

Los niveles ideales para lograr una descomposición aeróbica se sitúan entre el 30% y el 70% de humedad. Si la humedad supera este rango, el exceso de agua ocupará todos los poros, disminuyendo la transferencia de oxígeno y propiciando una descomposición anaeróbica. Por otro lado, si la humedad es inferior a este rango, se dificulta la actividad biológica.⁵²

3.2.2 *Análisis de la temperatura.* La temperatura se analizó durante trece semanas con el uso del equipo multiparámetro, tres veces a la semana. Los resultados se muestran en la gráfica 2. Se puede observar que la humedad inicial es similar en todos los tratamientos, indicando una fase mesofílica común.

Durante las primeras semanas, la humedad tiende a disminuir en todos los tratamientos, alcanzando un mínimo alrededor de la cuarta semana.

Gráfica 2. Mediciones de temperatura durante el proceso de elaboración del abono



Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la gráfica 2, la temperatura en los tratamientos A1B1 y A2B1 descienden a través del transcurso de las semanas, y en la octava semana empieza a subir, existiendo luego un descenso en la semana once y nuevamente empieza a ascender hasta la semana trece; por lo contrario, los tratamientos A1B2 y A2B2 se nota que la temperatura aumenta hasta la semana tres para luego existir una variación de descensos y ascensos hasta la semana ocho.

Después, se evidencia otro descenso hasta la semana once, seguido de un incremento hasta la semana trece. Los resultados están resumidos en el Anexo B. El aumento de la temperatura sirve como un indicador directo de la eficacia del compostaje y está estrechamente relacionado con la velocidad de las reacciones biológicas que tienen lugar en el proceso.⁵³

El estudio analiza las fluctuaciones de temperatura durante el proceso de compostaje, destacando la importancia de mantener niveles óptimos para asegurar una compostación efectiva. La temperatura de las pilas de compost desempeña un papel vital en la generación de energía de baja calificación por parte de los microorganismos.

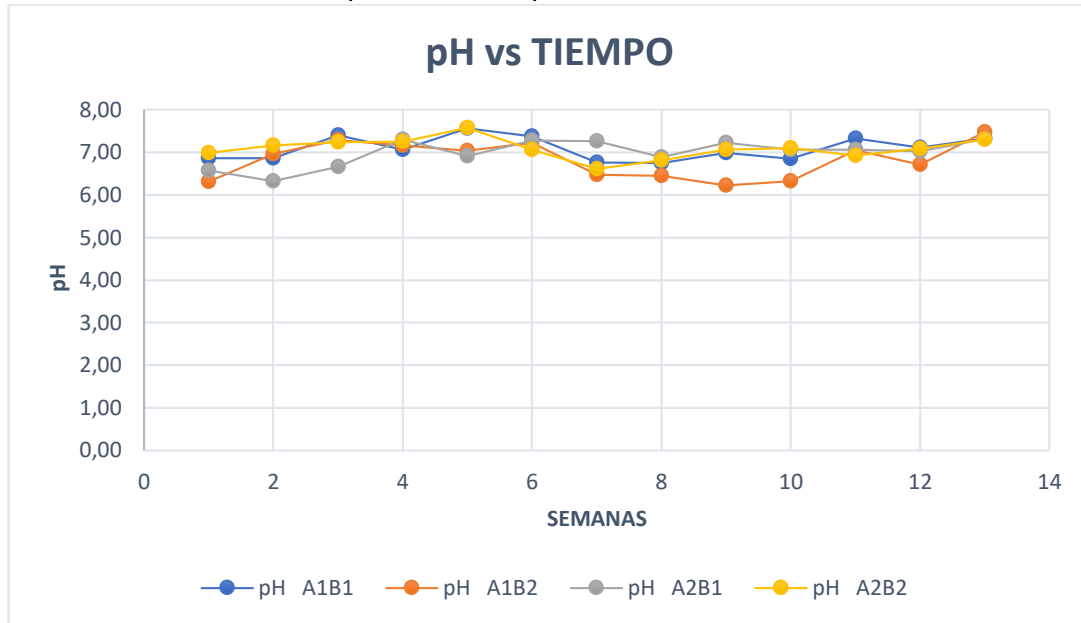
La evolución de la temperatura durante el compostaje está estrechamente relacionada con el proceso de generación de energía, ya que la descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos provoca aumentos en la temperatura.

Las diferentes etapas del compostaje, como el inicio, el calentamiento, la fase termofílica y el enfriamiento, muestran distintos rangos de temperatura. Asimismo, el estudio subraya la influencia de factores ambientales como la actividad microbiana y la disponibilidad de sustrato en la regulación de la temperatura durante el proceso de compostaje. Se utilizan estrategias como la aplicación de microorganismos adaptados al frío y la sustitución semicontinua de materiales para mejorar la actividad microbiana y conservar el calor en el compostaje a temperaturas bajas.

En resumen, mantener temperaturas adecuadas durante todo el proceso de compostaje es esencial para facilitar la descomposición eficiente de la materia orgánica y la generación de energía por parte de los microorganismos. La temperatura desempeña un papel crucial en la elaboración del compost, ya que influye en la velocidad de las reacciones bioquímicas y garantiza una fermentación apropiada para su maduración.⁵¹

3.2.3 Análisis de pH. El pH se analizó durante trece semanas con el uso del equipo multiparámetro, tres veces a la semana. Los resultados se muestran en la gráfica 3.

Gráfica 3. Mediciones de pH durante el proceso de elaboración del abono



Fuente: Elaboración propia

Como se aprecian los valores de pH en la gráfica 3, parten de un valor de 6.58 hasta 6.99 estando en el rango de ligeramente ácido llegando a valores de neutralidad, al culminar de las trece semanas se identifica que todos los tratamientos presentan valores de 7,6 aproximadamente de pH. La síntesis de los resultados se muestra en el Anexo C.

El valor del pH en el inicio del proceso de elaboración del abono presenta un valor entre 6 a 7.5 con aumentos y disminuciones hasta alcanzar en la semana final un valor de 7.6 aproximadamente para todos los tratamientos.

La actividad microbiana en el proceso de compostaje se ve influenciada por el pH, ya que afecta la disponibilidad de los iones de hidrógeno. Se considera que el rango de pH ideal para el compostaje está entre 5.5 y 8.⁵⁴

El compost, un tipo de abono orgánico, se caracteriza por su estabilidad biológica, su inocuidad y su pH neutro. Contiene una diversidad de nutrientes y otros compuestos beneficiosos que promueven el crecimiento óptimo de las plantas.⁵⁵

3.3 Análisis físico químico del compost obtenido.

Los análisis del compost fueron realizados en NEMALAB S.A Laboratorio de análisis agrícolas en la ciudad de Machala, provincia de El Oro.

La metodología aplicada para los análisis fue:

- Nitrógeno total: Micro Kjeldahl
- Fósforo, potasio: Olsen modificado/Absorción atómica
- Conductividad eléctrica: Pasta saturada/Electrodo
- pH: Potenciómetro
- Materia y carbono orgánico: Walkey Black
- % de Humedad: Pérdida de humedad

Los resultados se aprecian en la tabla 6 y en el Anexo D, se muestra el análisis de laboratorio.

Tabla 6. Análisis fisicoquímicos del compost

MUESTRA	pH	HUMEDAD %	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS/m)	NITRÓGENO TOTAL %	P %	K %	CARBONO ORGÁNICO %	MATERIA ORGÁNICA %	RELACIÓN C/N
A1B1	7,6	44,70	3,52	1,37	0,12	0,23	7,65	13,2	5,58
A1B2	7,6	47,00	3,30	1,19	0,13	0,22	8,15	14,06	6,85
A2B1	7,6	49,71	7,32	1,94	0,11	0,43	11,05	19,05	5,70
A2B2	7,6	49,63	7,10	2,07	0,10	0,41	10,81	18,64	5,22

Fuente: NEMALAB S.A Laboratorio de análisis agrícolas

Los análisis del laboratorio realizadas a los tratamientos, dan a conocer en función al pH todos los tratamientos, presentan valores de 7.6, en cuanto a la humedad valores comprendidos entre 44.70 % a 49.71 %, la conductividad eléctrica expresada en ds/m valores desde 3,52 a 7.10, el % de Nitrógeno total desde 1.37 a 2.07, el % de fosforo desde 0.10 a 0.12, el % de Potasio desde 0.22 a 0.41, el carbono orgánico desde 7.65 a 11.05 %, materia orgánica desde 13.2 a 19.05% y la relación calculada entre el % del carbono orgánico y el % del nitrógeno total; siendo este valor comprendido de 5.22 a 6.85.

De acuerdo con la norma NTE INEN 236:2013, el pH del fertilizante orgánico debe mantenerse en un rango de 6.5 a 8.5. Es esencial controlar y corregir el pH durante el proceso de compostaje para garantizar la producción de compost de alta calidad.⁵⁶

El pH es un factor que nos indica si un suelo o un sustrato es ácido o alcalino, y para el compost, los niveles pueden estar dentro del rango de 6.5 a 8.5.⁵⁷

La humedad desempeña un rol fundamental en todas las etapas del compostaje para asegurar su adecuado progreso. Si al inicio del proceso la humedad desciende por debajo del 35-40%, puede resultar en una disminución de la actividad microbiana e incluso en su inhibición, lo cual impactaría negativamente en todo el proceso. Por otro lado, un exceso de humedad (superior al 65 %) puede inhibir la proliferación microbiana al reducir el intercambio gaseoso, resultando en una disponibilidad reducida de oxígeno y la creación de un ambiente anaeróbico con malos olores, lo que ralentiza el proceso.

La humedad constituye otro factor esencial en el compostaje, dado que afecta la actividad microbiana, la descomposición de la materia orgánica y la calidad del compost final.

Mantener un nivel adecuado de humedad en el compost es crucial para estimular la actividad microbiana. Por lo general, se considera que un rango de humedad del 40% al 60% es óptimo para el compostaje. Si la humedad es demasiado baja, la descomposición de la materia orgánica puede ser más lenta, ya que los microorganismos necesitan agua para sobrevivir y descomponer los materiales. Por otro lado, si la humedad es excesiva, se reduce el oxígeno disponible en el compost, lo que puede llevar a condiciones anaeróbicas y malos olores.

Mantener la humedad adecuada también ayuda a asegurar una temperatura óptima en el compost, lo que facilita la descomposición eficaz de los materiales orgánicos.⁵⁸

La conductividad eléctrica tiene una relevancia considerable al momento de aplicar fertilizantes al suelo, dado que está vinculada con la acumulación excesiva de sales en este.

Esta acumulación puede generar consecuencias negativas en los procesos fisiológicos de las plantas, especialmente en la absorción de agua y nutrientes, así como en la fotosíntesis y la transpiración, lo que podría impactar en su desarrollo y crecimiento. De acuerdo con la Norma Mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008), la mayoría de los abonos orgánicos tienen un límite permitido de conductividad eléctrica de 4 dS/m.⁵⁹, de los análisis obtenidos se denota que los tratamientos A2B1 y A2B2 están fuera de los rangos permitidos.

La conductividad eléctrica del compost se determina principalmente por la naturaleza y composición de los materiales iniciales, especialmente su contenido de sales, y en menor medida por la presencia de iones amonio o nitrato generados durante el proceso.

Durante el compostaje, la CE tiende a incrementarse debido a la mineralización de la materia orgánica, lo que resulta en un aumento en la concentración de los elementos químicos descompuestos. Es esencial monitorear la conductividad eléctrica durante el proceso de compostaje para asegurar un equilibrio adecuado de sales y nutrientes en el compost, lo que promoverá una descomposición eficiente de los materiales orgánicos.

En resumen, la conductividad eléctrica es un parámetro importante a considerar en el compostaje, ya que puede ofrecer información valiosa sobre la calidad y el estado del compost en proceso.⁶⁰ Cuando la temperatura del material alcanza los 45°C, los microorganismos termófilos, principalmente bacterias, son dominantes y tienen la capacidad de descomponer compuestos de carbono más complejos, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos también transforman el nitrógeno en amoníaco, lo que incrementa el pH del medio.

A partir de los 60°C, comienzan a desarrollarse bacterias especializadas en la descomposición de compuestos de carbono más complejos, como las ceras y hemicelulosas. En el estudio sobre la "Disminución del tiempo de obtención de abono orgánico mediante vermicompostaje como método de estabilización de un residuo en proceso de compostaje", se evaluó el porcentaje de nitrógeno, que varió entre 1.01 y 2.10, resultados similares a los obtenidos en el presente estudio.

Es relevante destacar que el agua juega un papel esencial en el compostaje. Niveles muy bajos de humedad pueden detener la actividad microbiológica, mientras que niveles muy altos pueden crear condiciones anóxicas. Esto resalta la importancia de mantener un equilibrio apropiado de humedad en todo el procedimiento. Se pudo observar que la proporción de carbono respecto al nitrógeno en el material mostró variaciones durante el proceso, lo cual es típico en materiales biodegradables. Este fenómeno genera una diversidad considerable en las composiciones, asegurando un rango óptimo de nutrientes disponibles para el abono a lo largo del proceso.

De acuerdo con las directrices establecidas en el Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos relacionados de uso agrícola, el contenido total de carbono en el fertilizante orgánico debe situarse entre el 10 % y el 20 %.⁶² El fertilizante orgánico debe contener potasio dentro del rango del 0.3 % al 1 %, de acuerdo con las directrices de la norma NTE INEN 235:2013.⁶³

El fertilizante orgánico debe contener fósforo en una concentración que oscile entre el 0.1 % y el 1 %, conforme a lo estipulado en la norma NTE INEN 233:2013.⁶⁴ El fertilizante orgánico debe contener un porcentaje igual o superior al 20 % de materia orgánica, según lo estipulado en el Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos relacionados de uso agrícola de la FAO. En cuanto a la determinación de la concentración de fósforo en el fertilizante orgánico, se utilizó el método de gravimetría.⁶⁵

Varios especialistas indican que, al término del proceso de compostaje, se alcanzaron niveles adecuados de materia orgánica al superar el 20 %. Además, al inicio del compostaje, los niveles de pH fueron alcalinos, lo cual es característico de los desechos orgánicos. Los porcentajes de materia orgánica en los distintos tratamientos fueron similares a los reportados para residuos de origen similar, lo que valida su potencial para la elaboración de compost.

La conductividad eléctrica al inicio del compostaje exhibió semejanzas con la observada en lotes de desechos de mercados, sugiriendo que ocurrieron transformaciones químicas durante el proceso de compostaje. Además, los valores de pH, materia orgánica y conductividad eléctrica mostraron poca variabilidad estadística, independientemente de la temporada en que se realizó el estudio.

Se reconoce que un compost maduro se caracteriza por mantener una temperatura constante, carecer de olores desagradables, presentar un color que va del marrón al negro, y poseer valores de relación carbono/nitrógeno (C/N) inferiores a 13. El análisis de los resultados del estudio reveló que el principal indicador de calidad de un producto de compostaje es el índice de madurez, que se determina a partir de parámetros como la relación carbono/nitrógeno, pH y temperatura de los desechos orgánicos.

Durante el experimento, se evaluaron tres procesos de transformación: vermicompostaje, semicompostaje y compostaje. Durante los 183 días de estudio, se monitorearon diversas variables, incluyendo la temperatura ambiental, temperatura de los desechos orgánicos, nitrógeno total, carbono orgánico, pH, relación carbono/nitrógeno, actividad enzimática de ureasa y fitotoxicidad.

Los resultados demostraron que las variables analizadas, como el porcentaje de nitrógeno total, la concentración de carbono orgánico total, el valor de relación carbono/nitrógeno y el pH, variaron a lo largo del tiempo en los tres procesos de transformación.

Se observaron diferencias significativas en estas variables en diferentes etapas de los procesos de vermicompostaje, semicompostaje y compostaje. Además, se encontró una alta correlación entre la relación carbono/nitrógeno, pH y temperatura de los desechos orgánicos para predecir el índice de madurez, lo que permitió desarrollar modelos predictivos efectivos.^{67 68 69 70}

CONCLUSIONES

El aprovechamiento de residuos de cacao y plátano debido a su alto contenido de nitrógeno es crucial en la creación de compost de calidad. Con valores de 4.6% y 3.5% respectivamente, estos residuos agrícolas no solo son ideales para la producción de compost, sino que también encuentran aplicaciones en la generación de biocombustibles, fertilizantes orgánicos, piensos, materiales de construcción e incluso productos farmacéuticos.

El compost obtenido presenta un pH de 7.6 en todos los tratamientos, cumpliendo con los estándares establecidos en la norma NTE INEN 236:2013, que exige un rango de 6 a 8. Además, la conductividad eléctrica se mantiene por debajo de 4 ds/m en los tratamientos A1B1 y A1B2, lo cual está dentro del rango aceptable. El contenido de nitrógeno total, entre 0.3% y 1.5%, también se encuentra dentro de los límites en los tratamientos A1B1 y A1B2.

En relación con el fósforo, todos los tratamientos cumplen con las especificaciones de la norma NTE INEN 236:2013, que exige un contenido del 0.1% al 1%. Los tratamientos A2B1 y A2B2 cumplen con el porcentaje de potasio requerido, que debe estar entre 0.3% y 1%. El contenido de carbono, entre el 10% y el 20%, es adecuado en los tratamientos A2B1 y A2B2 según el Manual Técnico para el Registro y Control de Fertilizantes. Sin embargo, ninguno de los tratamientos alcanza el porcentaje de materia orgánica recomendado por la FAO, que es igual o mayor al 20%. A pesar de esto, el compost obtenido en cada tratamiento se considera maduro, ya que el valor obtenido es inferior al 13%.

De los cuatro tratamientos realizados (A1B1, A1B2, A2B1 y A2B2), los primeros dos cumplen con los requisitos de nitrógeno, mientras que los últimos dos satisfacen los criterios de carbono. Por lo tanto, todos los tratamientos son adecuados para la elaboración de compost, considerando sus resultados específicos.

RECOMENDACIONES

Evaluar la estabilidad de las características físico-químicas y microbiológicas del fertilizante orgánico durante un lapso de 30 días tras su producción, con el propósito de determinar su resistencia y eficacia a largo plazo.

Contrastar las ventajas proporcionadas por la utilización de fertilizantes orgánicos con otras variedades de desechos orgánicos en relación a la calidad del suelo, el desarrollo vegetal y la viabilidad agrícola.

Explorar los efectos y los resultados obtenidos al emplear fertilizantes orgánicos enriquecidos con microorganismos beneficiosos sobre el crecimiento y la salud de las plantas.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Cortés, Y. F.; Rodríguez, K. D. S.; Marin, L. A. V. Environmental impacts from coffee production and to the sustainable use of the waste generated. *Producción y Limpia* **2020**, 15 (1), 93–110. <https://doi.org/10.22507/pml.v15n1a7>
- (2) Alvarez-Sánchez, A. R.; Llerena-Ramos, L. T.; Reyes-Pérez, J. J. Effect of sugary substances on organic substrates degradation for compost elaboration. *Terra Latinoamericana* **2021**, 39. <https://doi.org/10.28940/TERRA.V39I0.916>
- (3) Cruz, E.; Almaguel, R. E.; Reyes, Z. *Caracterización Físico-Química y Microbiológica Del Lixiviado Generado Del Compostaje Excreta Porcina Para Su Uso Como Abono Orgánico*; 2019. <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Compost,%20lixiviados,%20residuales%20porcinos.pdf>
- (4) Riera, M. A.; Maldonado, S.; Palma, R. Residuos Agroindustriales Generados En Ecuador Para la elaboración de bioplásticos. *Revista Ingeniería Industrial* **2019**, 17 (3), 227–246. <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3924/3686>
- (5) Bailón-Rojas, M. R.; Florida-Rofner, N. Caracterización y Calidad de Los Compost Producidos y Comercializados En Rupa Rupa-Huánuco. *Enfoque UTE* **2021**, 12 (1), 1–11. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.644>
- (6) Coronel Sarmiento, A. F.; Ramón Poma, G. M. Planta de compostaje y reciclaje para La gestión de residuos sólidos en río blanco, Ecuador. *Dominio de las Ciencias* **2022**, 8, 1–26. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i1.2487>
- (7) Cherki, M. H.; Kitawaki, H. Development of a Model for the Evaluation of Compost Supply–Demand Dynamics: Theory and Case Study in an Area of Rabat Region, Morocco. *J Mater Cycles Waste Manag* **2022**, 24 (2), 712–724. <https://doi.org/10.1007/s10163-022-01356-2>
- (8) Chaves-Arias, R.; Campos-Rodríguez, R.; Brenes-Peralta, L.; Jiménez-Morales, M. F. Compostaje de Residuos Sólidos Biodegradables Del Restaurante Institucional Del Tecnológico de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha* **2019**. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i1.4117>
- (9) González-Rojas, N.; Brenes-Peralta, L.; Jiménez-Morales, M. F.; Vaquerano-Pineda, F.; Campos-Rodríguez, R. Estabilización anaeróbica de residuos sólidos biodegradables para proponer un producto alimenticio para cerdos, en el tecnológico de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha* **2018**. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i4.3970>
- (10) Tsukanka Sharup, N. F. Compostaje de Residuos de Piña, Caña y Plátano Con Aplicación de Microorganismos Benéficos, En La Finca “Doña Luisa” Cantón Gualaquiza, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, 2023. <https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/13886/1/TSUKANKA%20SHARUP%20NANCY%20FABIOLA.pdf> (accessed 2023-10-03)

- (11) García Gómez, T. M.; Villanueva Velásquez, K. S. Evaluación de Dos Sistemas de Compostaje Para La Valorización de Residuos Orgánicos de Un Centro de Abastos Del Distrito de Islay, 2021. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10534> (accessed 2023-10-02). , <https://doi.org/10.18779/cyt.v12i2.325>
- (12) Leib, S. El Potencial de Tres Energías Renovables En La Amazonía. *Ciencia y Tecnología* **2019**, 12 (2), 47–54. <https://doi.org/10.18779/cyt.v12i2.325>
- (13) Sá, R.; Santos, L.; Angélica, R.; Paz, S. Classificacao Das Cinzas Derivadas Das de Abacaxi e Cacau-Grande Oferta No Estado Do Pará-Potencial Uso Como Fertilizante Alternativo. *Boletim do Museu de Geociências da Amazonia* **2023**, 10 (1 Agrominerais), 1–22. <https://doi.org/10.31419/ISSN.2594-942X.v102023i1agromineraisa7RCS>
- (14) Mišíková, O.; Slováčková, B. Comparing the structure of spruce wood biodegraded by trametes versicolor and gloeophyllum trabeum and further utilization of this material. *Maderas: Ciencia y Tecnología* **2023**, 25. (19) 1-14 <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2023000100419>
- (15) Gálvez Torres, E.; Legua Cárdenas, J.; Cruz Nieto, D.; Caro Soto, F.; Inga Sotelo, M. Evaluación de Abono Orgánico de Vinaza y Bagazo de La Caña de Azúcar Para La Producción Ecológica de Rabanito (*Raphanus Sativus* L.). *Aporte Santiaguino* **2019**, 12 (2) 236–249. <https://doi.org/10.32911/as.2019.v12.n2.645>
- (16) Soto-Córdoba, S.; González-Buitrago, J. Determinación del índice de generación y composición de residuos sólidos en La zona urbana del Cantón de Turrialba, Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha* **2019**. 32 (3) 1-12. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i3.4500>
- (17) Delgado Arroyo, M. D. M.; Mendoza López, K. L.; González, M. I.; Tadeo Lluch, J. L.; Martín Sánchez, J. V. Assessment of the composting process of poultry manure using different mixtures of substrates. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* **2019**, 35 (4), 965–977. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.15>
- (18) Niño Otálora, L. J.; García Torres, A. M.; Medina Vargas, O. J.; Rojas Morales, C. I. Biopelículas Fotoactivas: Material de Empaque En Alimentos Sensibles a La Oxidación. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* **2018**, 21 (2). 457–466. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1080>
- (19) Linares-Castañeda, A.; Corzo-Ríos, L. J.; Bautista-Ramírez, E.; Gómez y Gómez, Y. D. las M. Elaboración de Un Envase Primario Para Alimentos a Partir de Residuos de Maíz y Piñón Mexicano. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* **2021**, 24. 1-15 <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.365>
- (20) Parra-Campos, A.; Albán-Bolaños, P.; Villada-Castillo, H. S.; Portela-Guarín, H.; Palacios, L. M.; Arboleda-Muñoz, G. A. Evaluation of a Biodegradable Color Concentrate in Bags for Coffee Seedlings. *DYNA (Colombia)* **2020**, 87 (212), 31–37. <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n212.79307>
- (21) Fuentes Molina, N.; Fuentes, N.; Jiménez, K.; Otero Añez, R. Y. Aprovechamiento Sostenible de Residuos Poliméricos Como Agregados Del Concreto: Una Revisión. **2021**, 46 (6)

- (22) Jara-Samaniego, L. J.; Gallegos-Núñez, J. M.; Cruz-Torres, M. A. Elaboración y Caracterización de Bioles de Residuos Orgánicos. *InterSedes* **2021**, 189–203. <https://doi.org/10.15517/isucr.v22i45.46013>
- (23) Caicedo, W.; Viáfara, D.; Pérez, M.; Alves Ferreira, F. N.; Rubio, G.; Yanza, R.; Caicedo, M.; Caicedo, L.; Valle, S.; Ferreira, W. M. Chemical characteristics of the silage of rachis of banana (*Musa Paradisiaca*) and baby banana (*Musa Acuminata* AA) treated with whey and Urea. *Rev Inv Vet Perú* **2020**, 31 (4). <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i4.19035>
- (24) Mondragón García, J. M.; Serna Jiménez, J. A.; García-Alzate, L. S.; Jaramillo-Echeverry, L. M. Caracterización Fisicoquímica de Los Subproductos Cáscara y Vástago Del Plátano Dominicano Harton. *Revista ION* **2018**, 31 (1), 21–24. <https://doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018003>
- (25) Marcelo Ângulo, N. M.; Susanibar Ramírez, E. T.; García Cordero, O.; Legua Cárdenas, J. A. Compostaje de Los Residuos Industriales de Tierra de Blanqueo Para Su Reciclado Como Productos Fertilizantes. *Revista Alfa* **2022**, 6 (17), 239–246. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i17.164>
- (26) Zavala, C. H.; Pretell, V.; Verastegui, J.; Ramirez, A. Estimating Producer Gas Energy Potential from Gasification of Cocoa Pod Husk and Oil Palm Empty Fruit Bunches. *Información Tecnológica* **2021**, 32 (2), 143–150. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000200143>
- (27) Plasencia-Verde, C. C.; Grabiell-Rios, K. S.; Luque, J. A.; Best, I. K. Evaluación Del Potencial Energético de Residuos de Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Por Medio de Celdas de Combustible Microbiano (CCM). *Información tecnológica* **2021**, 32 (4), 89–98. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642021000400089>
- (28) Arturo Aguiñaga-Bravo; Kati Medina-Dzul; René Garruña-Hernández; Luis Latournerie-Moreno; Esaú Ruíz-Sánchez. Efecto de Abonos Orgánicos Sobre El Rendimiento, Valor Nutritivo Y Antioxidante de Tomate Verde (*Physalis Ixocarpa*). **2020**, 30, 1–14.
- (29) González-Alejo, F. A.; Barajas-Fernández, J.; García-Alamilla, P. Extracción de Compuestos Solubles de La Cascarilla de Cacao Con CO₂ Supercrítico. Caso de Metilxantinas y Grasa. *CienciaUAT* **2019**, 13 (2), 128. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i2.1073>
- (30) Bonilla Montero, J.; Guzmán Hernández, T. J.; Gutiérrez Castro, D. J. Análisis Costo-Beneficio Del Aprovechamiento y La Recirculación de Los Residuos En Un Sistema Productivo de Cacao. *Revista Tecnología en Marcha* **2021**. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i1.5369>
- (31) Fabián, W.; Llerena, T.; Dolores, M.; Guevara, G.; Melinda, S.; Mora, O. Factores Determinantes Del Consumo de Infusión de La Cascarilla de Cacao (*Theobroma Cacao*): Caso Tungurahua-Ecuador; 2019; Vol. 19. <https://doi.org/10.47189/rcct.v19i22.251>
- (32) Sánchez, K.; Bacca, J.; Arévalo-Sánchez, L.; Arguello, H.; Castillo, S. Classification of Cocoa Beans Based on Their Level of Fermentation Using Spectral Information. *Tecnológicas* **2021**, 24 (50), e1654. <https://doi.org/10.22430/22565337.1654>

- (33) Ramos-Ramos, T. P.; Guevara-Llerena, D. J.; Sarduy-Pereira, L. B.; Diéguez-Santana, K. Producción Más Limpia y Ecoeficiencia En El Procesado Del Cacao: Un Caso de Estudio En Ecuador. *INVESTIGACION & DESARROLLO* **2020**, *20* (1), 135–146. <https://doi.org/10.23881/idupbo.020.1-10i>
- (34) Martínez-Amariz, A. D.; Garrido-Silva, G. Uso de La Biomasa de Residuos Orgánicos Para El Diseño de Una Estación Eléctrica. *Revista UIS Ingenierías* **2019**, *18* (1), 167–176. <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n1-2019015>
- (35) Vera, J.; Mg, R. *Caracterización Química y Degradabilidad in Situ de Residuos Orgánicos Del Cantón La Troncal-Ecuador*; 2022; Vol. 2. <https://orcid.org/0000-0003-3027-059X>
- (36) Andrés, C.; Rojas-González, F.; Ciliana Flórez-Montes, I.; Diego, I.; López-Rodríguez, F. Prospectivas de Aprovechamiento de Algunos Residuos Agroindustriales; 2019. <https://doi.org/10.26621/ra.v1i27.803>
- (37) López-Dávila, E.; Hernández, J. J.; López González, L. M.; Barrera Cardoso, E. L.; Amarante, E. B.; Contreras Velázquez, L. M.; Romero-Romero, O. Biochemical Methane Potential of Agro-Wastes as a Renewable Source Alternative for Electrical Energy Production in Cuba. *Ciencia Tecnología Agropecuaria* **2022**, *23* (1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num1_art:1890
- (38) Carvajal Barrios, J. F. Evaluación Del Efecto de Diferentes Aditivos Sobre La Calidad Del Abono Bocashi Bajo Las Condiciones de El Municipio de Pamplona., Universidad de Pamplona, Pamplona, 2019. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5860/1/Carvajal_2019_TG.pdf
- (39) Trujillo, E.; Valencia, C.; Alegría, C.; Honorata, A.; Césare, M. Producción Y Caracterización de Biochar a Partir de Residuos Orgánicos Avícolas. *Rev. la Soc. Química del Perú* **2019**, *85* (4), 489–504.; <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i4.262>
- (40) Vargas-Pineda, O. I.; Trujillo-González, J. M.; Torres-Mora, M. A. El Compostaje, Una Alternativa Para El Aprovechamiento de Residuos Orgánicos En Las Centrales de Abastecimiento. *Orinoquia* **2019**, *23* (2), 1–6. <https://doi.org/10.22579/20112629.575>
- (41) Sánchez-Olaya, D. M.; Rodriguez Perez, W.; Castro Rojas, D. F.; Trujillo Trujillo, E. Respuesta Agronómica de Mucilago de Cacao (*Theobroma Cacao* L.) En Cultivo de Maíz (*Zea Mays* L.). *Cienc. en Desarro.* **2019**, *10* (2), 43–58. . <https://doi.org/10.19053/01217488.v10.n2.2019.7958>
- (42) Andrade, J. A.; Rivera-García, J.; Chire-Fajardo, G. C.; Ureña-Peralta, M. O. Propiedades Físicas Y Químicas de Cultivares de Cacao (*Theobroma Cacao* L.) de Ecuador Y Perú. *Enfoque UTE* **2019**, *10* (4), 1–12. ; <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n4.462>
- (43) Castillo, E.; Alvarez, C.; Contreras, Y. Caracterización Físicoquímica de La Cáscara Del Fruto de Un Clon de Cacao (*Theobroma Cacao* L .) Cosechados En Caucagua , Estado Miranda . Venezuela. *Rev. Invest. (Guadalajara)*. **2019**, *42* (95), 154–176. <https://doi.org/10.19053/20278306.v12.n1.2022.14211>

- (44) Murgueitio, Erwin; Mercedes, F. Composición Química Y Actividad Biológica Del Pseudotallo de Musa X Paradisiaca L (BANANO) Chemical Composition and Biological Activity of the Pseudostem of Musa X Paradisiaca L (BANANA). **2019**, *12*, 19–29. <https://doi.org/10.62325/10.62325/yachana.v2.n1.2013.190>
- (45) Gómez Soto, J. A.; Sánchez Toro, Ó. J.; Matallana Pérez, L. G. Processes of Transformation: Perspective of Use for the Residues of the Plantain Agro–industry. *Prod. y Limpia* **2021**, *16* (1), 6–30. <https://doi.org/10.22507/pml.v16n1a1>
- (46) Burgo, B.; Gaitán, V. Comportamiento de Indicadores de Calidad En El Cultivo Del Banano de La Provincia El Oro, Ecuador. *Rev. Metrop. Ciencias Apl.* **2021**, *4* (S1), 202–209. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9240615>
- (47) Edison, J.; Aguilar Salomón, B.U; Darwin Alfredo, R.V. Enmiendas Edáficas De Biocarbones Y Sio2 En Plantas De Banano Con Manejo De Agricultura Orgánica. **2022**, 1–11. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.815>
- (48) Martínez, G.; Rey, J. C.; Pargas, R.; Guerra, C.; Manzanilla, E.; Ramírez, H. Effect of the Different Substrates and Organic Sources on Musa Propagation. *Agron. Mesoam.* **2021**, *32* (3), 808–822. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.42490>
- (49) Acosta. Facultad de Ingeniería Facultad de Ingeniería. *Ucv* **2021**, *22*, 358. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30238/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- (50) Ajaweed, A. N.; Hassan, F. M.; Hyder, N. H. Evaluation of Physio-Chemical Characteristics of Bio Fertilizer Produced from Organic Solid Waste Using Composting Bins. *Sustain.* **2022**, *14* (8), 4–15. <https://doi.org/10.3390/su14084738>
- (51) Yong, J. Identificación de Macronutrientes, Micronutrientes Y Microorganismos En El Bokashi Elaborado En Base a Residuos Ruminales. **2020**, 36–46. <https://repositorio.uteg.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b981826c-9b00-49bd-9f03-94564a336740/content>
- (52) Guasco, J.; Jaramillo, M. Obtención de Compost a Partir de Activadores Biológicos. *Artic. Ecuador* **2015**, 1–96. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21723/1/TESIS.pdf>
- (53) Sun, Q.; Chen, J.; Wei, Y.; Zhao, Y.; Wei, Z.; Zhang, H.; Gao, X.; Wu, J.; Xie, X. Effect of Semi-Continuous Replacements of Compost Materials after Inoculation on the Performance of Heat Preservation of Low Temperature Composting. *Bioresour. Technol.* **2019**, *279* (December 2018), 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.01.090>
- (54) Physico-chemical and Biological Characteristics of Compost from Decentralised Composting Programmes.. **2015**, *198*, 520–532. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.09.034>
- (55) Básica, E. E. Universidad Técnica de Babahoyo. **2012**. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8509/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000106.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- (56) Díaz-Chuquizuta, P.; Hidalgo-Melendez, E.; Cabrejo-Sánchez, C.; Valdés-Rodríguez, O. A. Response of Maize (*Zea Mays* L.) to Foliar Application of Liquid Organic Fertilizers. *Chil. J. Agric. Anim. Sci.* **2022**, *38* (2), 144–153. <https://doi.org/10.29393/CHJAA38-14RMPO40014>
- (57) Muñoz-villalobos, J. A.; Alberto, J.; Velazquez, U.; Nava-reyna, E.; Constante-, V. Calidad de Una Composta Con Base En Los Indicadores de Ph Y Conductividad Eléctrica Quality of a Compost with Base in the Indicators of PH and Electrical Conductivity. *5*, 10–15. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9270297>
- (58) Delgado Arroyo, M. D. M.; Mendoza López, K. L.; González, M. I.; Tadeo Lluch, J. L.; Martín Sánchez, J. V. Assessment of the Composting Process of Poultry Manure Using Different Mixtures of Substrates. *Rev. Int. Contam. Ambient.* **2019**, *35* (4), 965–977. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.15>
- (59) Ramírez-Gerardo, M. G.; Vázquez-Villegas, S.; Méndez-Gómez, G. I.; Mejía-Carranza, J. Caracterización de Abonos Orgánicos Aplicados a Cultivos Florícolas En El Sur Del Estado de México. *CienciaUAT* **2021**, *16* (1), 150–161. <https://doi.org/10.7440/res64.2018.03>
- (60) Santoya, J. J. E. D.; Gómez Álvarez, R.; Jarquín Sánchez, A.; Villanueva López, G. Caracterización de Vermicompostas Y Su Efecto En La Germinación Y Crecimiento de *Capsicum Chinense* Jacquin. *Ecosistemas y Recur. Agropecu.* **2018**, *5* (14), 181–190. <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1465>
- (61) Pedraza Pachón, S. A.; Hernández Sanabria, L. A. Disminución Del Tiempo de Obtención de Abono Orgánico Mediante Vermicompostaje Como Método de Estabilización de Un Residuo En Proceso de Compostaje. *Av. Investig. en Ing.* **2019**, *16* (2), 52–63. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.5439>
- (62) Cedeño-Zambrano, J. R.; Jiménez-Flores, L. A. J.; Zulia, U.; Ulloa-Cortazar, S. M.; López-Mejía, F. X.; Avellán-Vásquez, L. E.; Zulia, U.; Sánchez-Urdaneta, A. B. Fertilización con magnesio en plátano fertilization with magnesium in “ Barraganete .” **2022**, 1–10. <https://doi.org/10.17163/lgr.n35.2022.01>
- (63) Araos, F. Navigating in Open Waters: Tensions and Agents in Marine Conservation in the Patagonia of Chile. *Rev. Estud. Soc.* **2018**, *2018* (64), 27–41. <https://doi.org/10.7440/res64.2018.03>
- (64) Aguirre Forero, S. E.; Piraneque Gambasica, N. V.; Cruz O’Byrne, R. K. Relación Entre Nutrientes Con Carbono, Nitrógeno Y Materia Orgánica En Suelos de La Zona Bananera de Colombia. *Rev. Investig. Agrar. y Ambient.* **2022**, *13* (2), 93–112. <https://doi.org/10.22490/21456453.5186>
- (65) Sigüencia Avila, J. M.; Delgado Noboa, J. W.; Posso Rivera, F. R.; Sánchez Quezada, J. P. Estimación Del Potencial de Producción de Bioetanol Para Los Residuos de La Corteza Del Cacao En Ecuador. *Cienc. Tecnol. Agropecu.* **2020**, *21* (3), 1–20. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1429
- (66) García Ramos, C.; Arozarena Daza, N.; Martínez Rodríguez, F.; Hernández Guillén, M.; Pascual Amaro, J.; Santana Gato, D. Obtención de Compost Mediante La Biotransformación de Residuos de Mercados Agropecuarios. *Cultiv. Trop.* **2019**, *40* (2), 2. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193262825002>

- (67) Sánchez-Rosales, R.; Hernández-Rodríguez, O. A.; Jiménez-Castro, J. A.; Ojeda-Barrios, D. L.; Guerrero-Prieto, V. M.; Parra-Quezada, R. A. Modelos de Predicción Del Índice de Madurez de Abonos Orgánicos Producidos Con Tres Procesos de Transformación. *Inf. Tec. Econ. Agrar.* **2018**, *115*, 198–212. <https://doi.org/10.12706/itea.2018.033>
- (68) Barbaro, L.; Karlanian, M.; Rizzo, P.; Riera, N. Characterization of Different Compost for Use as Component of Substrates. *Chil. J. Agric. Anim. Sci.* **2019**, *35* (2), 126–136. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000309>
- (69) Delgado Arroyo, M. del M.; Mendoza López, K. L.; González, M. I.; Tadeo Lluch, J. L.; Martín Sánchez, J. V. Evaluación Del Proceso De Compostaje De Residuos Avícolas Empleando Diferentes Mezclas De Sustratos. *Rev. Int. Contam. Ambient.* **2019**, *35* (4), 965–977. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.15>
- (70) Camacho Céspedes, F.; Uribe Lorío, L.; Newcomer, Q.; Masters, K.; Kinyua, M. Fitotoxicidad de Compost Producido Con Cultivos de Microorganismos de Montaña Y Lodos Digeridos de Biodigestor. *UNED Res. J.* **2019**, *11* (2), 75–84. <https://doi.org/10.22458/urj.v11i2.2197>

ANEXOS

Anexo A. Mediciones de humedad

SEMANAS	HUMEDAD			
	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
1	43,17	48,97	34,63	29,27
2	47,57	55,87	45,97	30,9
3	43,87	45,83	36,6	37,07
4	50,23	50,17	46,17	33,1
5	45,03	63,6	63	22,5
6	56,47	45,73	34,13	40,67
7	72,27	35,33	30,7	39,27
8	43,90	68,33	35,63	32,63
9	73,93	37,93	32,23	38,5
10	45,10	36,49	35,1	24,27
11	37,67	53,17	34,67	36,63
12	41,43	75,73	45,13	44,67
13	32,40	30	33,7	25,1

Fuente: Elaboración propia

Anexo B. Mediciones de temperatura

SEMANAS	TEMPERATURA			
	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
1	37,83	28,99	35,93	28,37
2	30,97	29,6	31,2	29,4
3	27,40	27,5	27,23	30
4	28,43	29,5	28,33	29,5
5	27,27	27,43	28,5	27,73
6	28,63	28,67	27,5	29,07
7	27,74	27,9	28,03	27,67
8	30,80	31,37	29,7	30,47
9	29,23	29,4	29,51	30,17
10	29,10	33,37	28,93	28,27
11	27,70	27,4	26,77	27,08
12	29,10	29,47	28,3	30,33
13	31,73	30,2	30,6	30,47
Fuente: Elaboración propia				

Anexo C. Mediciones de pH

SEMANAS	pH			
	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
1	6,86	6,31	6,58	6,99
2	6,86	6,96	6,32	7,17
3	7,40	7,29	6,67	7,24
4	7,07	7,16	7,3	7,25
5	7,57	7,04	6,92	7,58
6	7,38	7,23	7,28	7,07
7	6,77	6,47	7,27	6,62
8	6,75	6,45	6,89	6,81
9	6,99	6,22	7,23	7,07
10	6,85	6,32	7,06	7,1
11	7,33	7,05	7,07	6,93
12	7,12	6,71	7,03	7,09
13	7,33	7,48	7,31	7,3

Fuente: Elaboración propia

Anexo D. Análisis químicos del compost



NEMALAB S.A.
Laboratorio de análisis agrícola

NOMBRE DEL PROPIETARIO: REYES GUARTATANGA YUSTIN EDUARDO
NOMBRE DEL REMITENTE: ING. YUSTIN REYES
NOMBRE DE LA PROPIEDAD: HDA. SAGRADO CORAZON
LOCALIZACIÓN: BELLA MARIA- SANTA ROSA- EL ORO

N° DE DOCUMENTO: 61677
FECHA DE MUESTREO: 21-01-2024
FECHA DE INGRESO: 30-01-2024
FECHA DE SALIDA: 16-02-2024

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

No LAB.	Identificacion de Muestras	pH	NT	P	K	C.O.	M.O.	%HUMEDAD	C.E.
			%						dSm
51537	T1- PLATANO	7.6	1.37	0.12	0.23	7.65	13.20	44.77	3.52
51538	T2- PLATANO	7.6	1.19	0.13	0.22	8.15	14.06	47.00	3.30

METODOLOGIAS UTILIZADAS

Nitrógeno Total: Micro Kjeldahl
Fósforo, Potasio: Olsen Modificado/ Absorción Atómica
Conductividad Eléctrica: Pasta Saturada/ Electrodo
pH: Potenciómetro.
Materia y Carbono Orgánico: Walkley Black
% Humedad: Pérdida de Humedad.

BIOQ. MARTHA MOREIRA I.
JEFE DE LABORATORIO



ING. NARCIS FINTADO J.
SERV. AL CLIENTE

" ESTOS RESULTADOS PUEDEN SER SUJETOS DE COMPARACION SIEMPRE Y CUANDO SE UTILICE LA MISMA METODOLOGÍA USADA EN ESTE LABORATORIO"

"Una Agricultura sostenida, amiga del Medio Ambiente, es nuestro compromiso con la Humanidad"



NEMALAB S.A.
Laboratorio de análisis agrícola

NOMBRE DEL PROPIETARIO: REYES GUARTATANGA YUSTIN EDUARDO
NOMBRE DEL REMITENTE: ING. YUSTIN REYES
NOMBRE DE LA PROPIEDAD: HDA. SAGRADO CORAZON
LOCALIZACIÓN: BELLA MARIA- SANTA ROSA- EL ORO

N° DE DOCUMENTO: 61676
FECHA DE MUESTREO: 21-01-2024
FECHA DE INGRESO: 30-01-2024
FECHA DE SALIDA: 10-02-2024

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

No LAB.	Identificacion de Muestras	pH	NT	P	K	C.O.	M.O.	%HUMEDAD	C.E.
			%						dSm
51535	T1- CACAO	7.6	1.94	0.11	0.43	11.05	19.05	49.71	7.32
51536	T2- CACAO	7.6	2.07	0.10	0.41	10.81	18.64	49.63	7.10

METODOLOGIAS UTILIZADAS

Nitrógeno Total: Micro Kjeldahl
Fósforo, Potasio: Olsen Modificado/ Absorción Atómica
Conductividad Eléctrica: Pasta Saturada/ Electrodo
pH: Potenciómetro.
Materia y Carbono Orgánico: Walkley Black
% Humedad: Pérdida de Humedad.

BIOQ. MARTHA MOREIRA I.
JEFE DE LABORATORIO



ING. NARCIS FINTADO J.
SERV. AL CLIENTE

" ESTOS RESULTADOS PUEDEN SER SUJETOS DE COMPARACION SIEMPRE Y CUANDO SE UTILICE LA MISMA METODOLOGÍA USADA EN ESTE LABORATORIO"

"Una Agricultura sostenida, amiga del Medio Ambiente, es nuestro compromiso con la Humanidad"

Fuente: NEMALAB S.A Laboratorio de análisis agrícolas

Anexo E. Recolección de los residuos agrícolas de cacao para sistema abierto y cerrado (en el suelo y tanque respectivamente)



Fuente: Elaboración propia

Anexo F. Separación de los granos de cacao para obtener las venas.



Fuente: Elaboración propia

Anexo G. Picado de los residuos agrícolas de cacao para sistema abierto y cerrado (en el suelo y tanque respectivamente)



Fuente: Elaboración propia

Anexo H. Mezclado y volteado de los residuos agrícolas de cacao para sistema abierto y cerrado (en el suelo y tanque respectivamente).



Fuente: Elaboración propia

Anexo I. Tamizado y almacenado de los residuos agrícolas de cacao para sistema abierto y cerrado (en el suelo y tanque respectivamente).



Fuente: Elaboración propia

Anexo J. Recolección de los residuos agrícolas de plátano para sistema abierto y cerrado (en el suelo y tanque respectivamente).



Fuente: Elaboración propia

Anexo K. Mezclado y volteado de los residuos agrícolas de plátano para sistema abierto y cerrado (en el suelo y tanque respectivamente).



Fuente: Elaboración propia

Anexo L. Tamizado y almacenado de los residuos agrícolas de plátano para sistema abierto y cerrado (en el suelo y tanque respectivamente).



Fuente: Elaboración propia