

**“ELABORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y COMPARACIÓN DE LOS ABONOS
OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y CÁSCARA DE CACAO
EN LA ZONA RURAL DE LA ESCUELA CUCHAROS”**

MARTHA CECILIA VEGA ECHEVERRÍA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
ESCUELA DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2018

**“ELABORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y COMPARACIÓN DE LOS ABONOS
OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y CÁSCARA DE CACAO
EN LA ZONA RURAL DE LA ESCUELA CUCHAROS”**

MARTHA CECILIA VEGA ECHEVERRÍA

**Tesis de grado como requisito para optar al título de maestría en Química
Ambiental**

DIRECTORA

LUZ YOLANDA VARGAS FIALLO

Magister en Química

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

ESCUELA DE QUÍMICA

MAESTRÍA EN QUÍMICA AMBIENTAL

BUCARAMANGA

2018

“Finalmente ha llegado el día de mi graduación y me encuentro muy agradecida con mis familiares y mis amistades porque siempre me brindaron su apoyo. También le agradezco a Dios y la virgen por darme la bendición de alcanzar esta gran meta”.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVO GENERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4. ANTECEDENTES	18
5. MARCO TEÓRICO	20
5.1 LOS RESIDUOS ORGÁNICOS COMO MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS	23
5.2 COMPOSTAJE Y VERMICOMPOST	24
5.3 EL COMPOSTAJE	25
5.4 PROCESO DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS MATERIALES	25
5.5 APLICACIONES DEL COMPOST - BENEFICIOS	27
5.6 CALIDAD DEL COMPOST	28
5.7 FERTILIZANTES Y ABONOS	31
5.8 CÁSCARA DE CACAO	32
6 DISEÑO METODOLÓGICO	35
7. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	36

7.2 TEMPERATURA PRODUCCIÓN DEL COMPOST	38
7.3 TOMA DE MUESTRAS PARA CARACTERIZACIÓN EN EL LABORATORIO	42
7.4 CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS	45
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	47
8.1 ABONO A BASE DE CÁSCARA O MAZORCA DE CACAO.....	49
8.2 ABONO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS.....	56
9. CONCLUSIONES	63
10. RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS	71

LISTADO DE FIGURA

	Pág.
Figura 1. Composición física de los residuos sólidos en Colombia.....	30
Figura 2. Pilas para procesamiento del abono.....	38
Figura 3. Mazorca de cacao picada para analizar en el laboratorio tomada por la autora Martha Cecilia vega Echeverría.....	39
Figura 4. Residuos sólidos de cocina adecuadamente picados para analizar en el laboratorio tomada por la autora Martha Cecilia vega Echeverría.....	40
Figura 5. Abonos cubiertos para protegerlos de la lluvia y la erosión. Tomada por la autora Martha Cecilia vega Echeverría.....	40
Figura 6. Durante el proceso de elaboración del compost en un tiempo aproximado de un mes tomada por la autora Martha Cecilia vega Echeverría mazorca de cacao con la lombriz californiana.....	41
Figura 7. Durante el proceso de elaboración del compost en un tiempo aproximado de un mes tomada por la autora Martha Cecilia vega Echeverría residuos sólidos orgánicos con la lombriz californiana.....	41
Figura 8. Muestras tomadas del abono mazorca de cacao y residuos sólidos orgánicos llevados al laboratorio de consultas industriales para su análisis.....	42
Figura 9. Abono Residuos sólidos orgánicos de cocina.....	43
Figura 10. Abono mazorca de cacao.....	43
Figura 11. Revisando la humedad del abono residuos sólidos de cocina.....	44
Figura 12. Revisando la humedad del abono mazorca de cacao.....	44

LISTADO DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfico 1. Variación del pH a base de cáscara de cacao a los 2 y 4 meses de iniciado el proceso de compostaje.	54
Gráfico 2. Variación del contenido de Nitrógeno a los 2 y 4 meses de iniciado el proceso de compostaje.	54
Gráfico 3. Variación del contenido de Fósforo a los dos y cuatro meses de iniciado el proceso de compostaje.	55
Gráfico 4. Variación de los niveles de Carbono Orgánico Total a los dos y cuatro meses de iniciado el proceso de compostaje.....	55
Gráfico 5. Variación del pH a base de residuos sólidos orgánicos de cocina a los 2 y 4 meses de iniciado el proceso de compostaje.....	60
Gráfico 6. Variación del contenido de Nitrógeno a los 2 y 4 meses de iniciado el proceso de compostaje.	61
Gráfico 7. Variación del contenido de Fósforo a los dos y cuatro meses de iniciado el proceso de compostaje.	61
Gráfico 8. Variación de los niveles de Carbono Orgánico Total a los dos y cuatro meses de iniciado el proceso de compostaje.....	62

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO AL INICIO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE. SUSTRATO MAZORCA DE CACAO	71
ANEXO B. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO AL INICIO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE. SUSTRATO RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	72
ANEXO C. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO A LOS DOS MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO MAZORCA DE CACAO. CELDA 1	74
ANEXO D. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO A LOS DOS MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. CELDA 2.....	75
ANEXO E. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO A LOS DOS MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO MAZORCA DE CACAO. CELDA 2	77
ANEXO F. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO A LOS DOS MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. CELDA 2.....	78
ANEXO G. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO A LOS DOS MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO. MAZORCA DE CACAO CELDA 3	80
ANEXO H. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO A LOS DOS MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO. RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS CELDA 3.....	81
ANEXO I. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO A LOS 4 MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO. MAZORCA DE CACAO. CELDA 1	83
ANEXO J. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO A LOS CUATRO MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. CELDA 1.....	84
ANEXO L. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO A LOS CUATRO MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO. RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. CELDA 2....	87
ANEXO N. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO A LOS CUATRO MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO. RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. CELDA 3....	90

RESUMEN

TÍTULO: ELABORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y COMPARACIÓN DE LOS ABONOS OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y CÁSCARA DE CACAO EN LA ZONA RURAL DE LA ESCUELA CUCHAROS.*

AUTOR: MARTHA CECILIA VEGA ECHEVERRÍA**

PALABRAS CLAVES: Cáscara de cacao, residuos sólidos orgánicos, macronutrientes, micronutrientes, compostaje, Lombriz Roja Californiana.

DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo tuvo como objetivo aprovechar los residuos agrícolas y de cocina en la Vereda Cruces de Panamá que actualmente son un foco de contaminación ambiental y visual para elaborar compost utilizando Lombriz Roja Californiana (*Eisenia fétida*), para esto se utilizó la mazorca de cacao y los residuos sólidos orgánicos provenientes de cocina como sustratos. Para iniciar el proceso de compostaje se realizó una caracterización de los sustratos para determinar si las relaciones C/N, N/P y C/P se encontraban dentro de los valores considerados como óptimos para el compostaje. El proceso se realizó por triplicado para cada tipo de sustrato y se controló la humedad, temperatura y pH en cada celda, posteriormente a los dos y cuatro meses se realizó un análisis fisicoquímico de caracterización del abono para evaluar el proceso de maduración del mismo. Los resultados obtenidos nos indican que a los cuatro meses se obtiene un compost maduro en cada sustrato analizado que presenta una relación C/N menor a 10, deficiencia de Magnesio, adecuado contenido de Potasio y una concentración de Hierro por encima de los valores máximos tolerados por las plantas, el contenido del Cobre, Zinc y Manganeseo se encuentra por debajo de los valores máximos que puedan indicar algún tipo de toxicidad. También se encuentra que los valores de pH están en 7.9, la humedad sobre el 60% y el contenido de Nitrógeno en el 0.8% para ambos sustratos; sin embargo el compost realizado a base de mazorca de cacao presenta un nivel de calcio bajo comparado con el compost realizado a base de residuos sólidos orgánicos. Finalmente se obtuvo para los dos sustratos utilizados un compost maduro que puede ser utilizado en las labores agrícolas previo tratamiento del contenido de Hierro.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias Básicas. Escuela de Química. Directora: Luz Yolanda Vargas Fiallo. Magister en Química

ABSTRACT

TITLE: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND COMPARISON OF FERTILIZERS OBTAINED FROM ORGANIC WASTE AND COCOA SHELL IN THE RURAL AREA SCHOOL OF CUCHAROS*

AUTHOR: MARTHA CECILIA VEGA ECHEVERRÍA**

KEY WORDS: Cocoa shell, organic solid waste, macronutrients, micronutrients, sampling.

DESCRIPTION:

The objective of the present work was to take advantage of the agricultural and cooking residues at The Farm Cruces of Panama that are currently a focus of environmental and visual contamination to compost using Californian Red Worm (*Eisenia fetida*). To do this, it was used the cocoa ear and organic solid waste from cooking as substrates. To begin the composting process it was made substrate characterization to determine if the C / N, N / P and C / P ratios were within the values optimal considered for composting development of organic fertilizers cocoa shell and solid organic waste, paper making quantitative analysis of each of the nutrients. The process was made by triplicate it, and to control humidity, temperature and pH in each cell. After two and four months, a physicochemical analysis of the fertilizer characterization was carried out to evaluate the evolving process; the results obtained indicate that after four months, it is obtained a mature fertilizer in each analyzed substrate, it has C / N relation of less than 10, a deficiency of Magnesium, a suitable Potassium content and an Iron concentration above the maximum values tolerated by the plants, the content of Iron, Zinc and Manganese is below the maximum values which may indicate some type of toxicity.

The pH values are also found to be at 7.9, humidity at 60%, and Nitrogen content at 0.8% for both substrates. However, the fertilizer made from cocoa-nut has a low calcium level compared to fertilizer made from organic solid waste. Finally, for the two substrates it was obtained a mature fertilizer that can be used in the agricultural work after treatment of Iron content.

* Bachelor Thesis

**Facultad de Ciencias Básicas. Escuela de Química. Directora: Luz Yolanda Vargas Fiallo. Magister en Química

INTRODUCCIÓN

En los inicios de la civilización, el impacto del ser humano sobre la naturaleza fue limitado a intervenciones en pequeñas escalas, los miembros de las comunidades primitivas vivieron integrados al medio natural y de él obtenían solo lo imprescindible para cubrir sus necesidades. Los desechos generados entonces, eran fácilmente asimilados por la naturaleza, ya fuera por las cantidades como por la composición química de los mismos.

Posterior a la Revolución Industrial, los matices de esta situación comenzaron a cambiar y en la actualidad alcanzan cifras verdaderamente alarmantes. El rápido aumento de la población; la complejidad de los diferentes entornos urbanos en las grandes metrópolis y el descubrimiento de nuevas formas de combinar las sustancias para la obtención de otras más difíciles de degradar, han pasado de novedades científicas a verdaderos problemas de contaminación. La demanda por los productos novedosos se hace cada vez mayor, y a la vez los desechamos con rapidez. Como consecuencia de las acciones anteriormente mencionadas, la acumulación de residuos no asimilables por la naturaleza, crece incontroladamente. El vertiginoso desarrollo económico y el incremento incontrolado de los niveles de consumo han presupuesto la urgente búsqueda de soluciones a estos problemas, en los que la educación ciudadana, juega un importante papel, puesto que el deterioro ambiental del planeta exige la toma de conciencia y la colaboración de todos para poner en práctica estrategias de solución y/o mitigación de los impactos causados por los desechos en el medio ambiente.

Los abonos orgánicos son objeto de amplios estudios debido a la posibilidad que ofrecen de ser utilizados para el crecimiento de una amplia variedad de productos agrícolas. Teniendo en cuenta que nuestro país es netamente agricultor, y que actualmente atraviesa por una crisis económica, por la falta de oportunidades y en

ocasiones la carencia de tecnificación de los cultivos, el uso de agroquímicos, abonos sintéticos, fumigaciones con herbicidas y fungicidas; el deterioro de la tierra en los cultivos se hace visible y de menor calidad¹ (1).

Por eso ha surgido la idea de elaborar un abono a base de residuos orgánicos y cáscara de cacao, con el fin de minimizar el uso de agroquímicos y así mejorar la producción teniendo en cuenta que la materia prima que se va a utilizar es de fácil acceso y no tiene costo alguno y ellos son: mazorcas de cacao y residuos de cocina los cuales serán utilizados en la preparación del abono cuya aplicación ayuda al mejoramiento y calidad de los productos de la región.

Lo anterior, favorecerá el mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de los habitantes de la vereda cruces de Panamá, municipio de Rionegro y también la recuperación de los terrenos afectados por las malas prácticas agrícolas que se han llevado y que dieron como resultado aumento desmedido de la acidez del suelo; además el proyecto es ambientalmente amigable por la utilización de residuos orgánicos como materia prima.

¹ FERNÁNDEZ COLOMINA, Arantxa y SÁNCHEZ OSUNA, María. Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos. Ciudad de la Habana: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), 2007.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Vereda Cruces de Panamá, tiene una vocación eminentemente agrícola, cultivando principalmente cacao y en menor proporción cítricos y tubérculos. De estos cultivos se generan residuos agrícolas que constituyen la mayor fuente de contaminación generando un problema ambiental en la región.

Una de las costumbres de los habitantes de la vereda al realizar el desarrollo de sus actividades es la eliminación de los residuos sólidos de sus actividades agrícolas y de supervivencia en campo abierto o en pequeños hoyos construidos artesanalmente para que se desintegren en el tiempo sin ningún tratamiento ni aprovechamiento. Por tal razón, la descomposición de estos residuos sólidos actualmente, se convierte en un problema de salubridad y paisajismo para la comunidad.

Para este caso particular, se busca que la comunidad aproveche económica y ambientalmente tanto los residuos orgánicos de los hogares de los estudiantes de la Escuela Cucharos del Municipio de Rionegro como los desechos agrícolas provenientes del cultivo de cacao, con el objetivo de desarrollar tecnologías limpias con ellos y de esta manera elaborar un abono a partir de residuos orgánicos y cáscara de cacao (mazorca de cacao), utilizando lombrices californianas y microorganismos nativos de la biomasa. Como en todos los tratamientos biológicos referidos a la gestión de residuos orgánicos se trata de procesos que ocurren en la Naturaleza de forma habitual y con los que se cierra el ciclo de la materia orgánica. Con lo anterior se pretende que las familias de la región disminuyan sus costos de fertilización así como controlar el proceso de contaminación ambiental al enseñarle a producir a los estudiantes de la Escuela Cucharos un abono orgánico para aprovechar los residuos orgánicos de su casa y de los cultivos de la región.

2. JUSTIFICACIÓN

Inicialmente se usaron los fertilizantes sintéticos debido a su alta productividad, sin embargo estos afectaron la capa orgánica del suelo trayendo esterilidad al mismo, por lo que actualmente se han reemplazado por los abonos orgánicos. En Colombia una de las primeras entidades que se ha interesado en el uso, elaboración y comercialización de abonos orgánicos es CORPOICA².

El manejo adecuado de residuos sólidos es uno de los problemas más complejos que enfrentan las municipalidades a nivel mundial. Es por eso que cada vez surgen alternativas creativas para el aprovechamiento de dichos residuos³. En el caso de la Vereda Cruces de Panamá por su vocación agrícola en cultivo de cacao resulta económicamente ventajoso utilizar la mazorca de cacao, y los residuos sólidos orgánicos provenientes de las actividades de alimentación de la población, para la obtención de un abono eficiente, de fácil preparación y que se utilice como fertilizante en las actividades económicas de la región disminuyendo el costo de producción de los cultivos y mejorando el paisajismo de la misma.

Como estrategia para lograr el objetivo anterior se buscó implementar en la Escuela Cucharos del Municipio de Rionegro – Santander un trabajo mancomunado con la comunidad, estudiantes y profesores para enseñar el proceso de producción de abono orgánico a base de mazorca de cacao y residuos sólidos orgánicos apoyándonos también con el SENA en lo referente a capacitaciones sobre elaboración de abonos orgánicos con diferentes materiales. Estas capacitaciones tuvieron resultados exitosos ante la comunidad.

² SÁNCHEZ ROMERO, Álvaro. Elaboración, caracterización y comparación de abonos orgánicos a base de equinaza y bovinaza. Tesis pregrado química. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ciencias. 2008.

³ PIMIENTA RUEDA, Paola. Formación de una cultura ecológica en la escuela: transformación de residuos sólidos orgánicos en abonos de buena calidad, como una alternativa para disminuir el impacto ambiental generado por estos residuos. Tesis especialista en química ambiental. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de química. 2004.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar dos tipos de abonos orgánicos producto del compostaje de residuos orgánicos y cáscara de cacao en la Escuela Cucharos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Clasificar los residuos orgánicos y cáscara de cacao de acuerdo con su caracterización inicial como material de partida para el compostaje.
2. Encontrar las mejores condiciones de compostaje para la elaboración de abono a partir de residuos orgánicos y para la cáscara de cacao.
3. Realizar proceso de compostaje de la cáscara de cacao y los residuos orgánicos utilizando la Lombriz californiana (*Eisenia fétida*)

4. ANTECEDENTES

El uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos unido a otras malas prácticas agrícolas como el monocultivo, han propiciado la degradación del suelo que es un recurso no renovable. Este deterioro se relaciona de manera importante con la disminución del contenido de materia orgánica lo cual acelera los procesos de erosión. Algunas alternativas que se han implementado para mejorar la calidad del suelo es: utilizar abonos orgánicos, establecer sustitución de cultivos y fomentar el cultivo en condiciones de invernadero⁴.

Por otro lado, la situación de los vertederos de residuos a cielo abierto o de otro tipo, ha fomentado el auge de la práctica del reciclaje la cual se ha constituido en fuente destacada de materia prima para la elaboración de abonos que cubre doble beneficio en cuanto a la gestión de residuos se refiere, ya que se disminuye el impacto ambiental y las comunidades se favorecen económicamente.

En el caso de los residuos orgánicos, los procesos de compostaje, digestión aerobia y anaerobia y desnitrificación reducen la materia orgánica biodegradable en cualquier tipología de residuo orgánico, dejándolo como sustrato apropiado para la siembra de especies vegetales tanto de consumos como ornamentales o medicinales⁵.

De acuerdo con lo anterior, la cáscara de cacao constituye un potencial sustrato adecuado para el crecimiento de las plantas, ya que su uso tradicional ha sido en la recuperación de suelos y esto la define como gran proveedora de nutrientes esenciales. Además de esto, su aprovechamiento constituye un atractivo para los

⁴ GÁLVEZ SOLA, Luis Nazario. Viabilidad del uso combinado de la espectroscopía NIRS, espectroscopía de infrarrojo FT-IR y Resonancia Magnética Nuclear (RMN) en la evaluación de residuos orgánicos frescos y compostados. Tesis Licenciatura en Ciencias Ambientales. Elche: Universidad Miguel Hernández de Elche. Departamento. Agroquímica y medio ambiente. 2010.

⁵ CRUZ-CRESPO, Elia *et al.* Sustratos en la horticultura. *En*: Revista Bio Ciencias, 2013, vol. 2, no 2.

productores pues en la actualidad se considera como un desecho del cultivo y no como un insumo⁶.

Según estudios previos, son sustratos apropiados aquellos que después de un acondicionamiento cuentan con el contenido de materia orgánica, agua y valor de pH adecuados. Como materias primas en la elaboración de los abonos orgánicos que sirvan como sustratos se pueden emplear: residuos urbanos (basura orgánica, residuos de jardinería y lodos de PTAR), residuos agroindustriales (cachaza y bagazo de caña, cáscara y pergamino de café, raquis, fibra y afrecho de la palma, cáscara y polvillo de arroz, entre otros.), residuos agropecuarios (gallinaza, bovinaza, porquinaza, y cortezas de cosecha), malezas acuáticas flotantes, tierras diatomáceas y fondos de estanques piscícolas entre otros.

Es así como al aplicar el presente estudio, se contribuye básicamente a reducir el impacto ambiental y paisajístico por residuos en vertederos y ofrece una alternativa de aprovechamiento que genera múltiples beneficios económicos y ambientales para la comunidad de la Escuela Cucharos del Municipio de Rionegro y de su entorno cercano.

⁶ BARAZARTE, Humberto; SANGRONIS, Elba y UNAI, Emaldi. La cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.): una posible fuente comercial de pectinas. En: Archivos Latinoamericanos de nutrición, 2008, vol. 58, no 1, p. 64-70.70.

5. MARCO TEÓRICO

La ventaja de la utilización de abonos orgánicos es que ayudan a preservar, recuperar y mejorar las características de los suelos para garantizar su productividad en el tiempo, también sirven para mejorar el equilibrio biológico, físico, químico y ecológico del suelo y repone la diversidad de la flora microbiana benéfica, restableciendo los nutrientes esenciales demandados por los cultivos que el suelo no puede suplir. Otra ventaja de la agricultura orgánica es mejorar la composición del suelo y la fertilidad del suelo que en el largo plazo tiene un efecto beneficioso en la producción de cultivos (7,8).

La agricultura orgánica es una alternativa favorable para mejorar los efectos negativos de la fertilización química ya que al ser amigable con el medio ambiente permite mejorar el Ecosistema. El Mantener e incrementar la fertilización del terreno es uno de los ideales de la agricultura ecológica, este concepto se logra a partir de la incorporación de materia orgánica al suelo, que puede provenir de distintas prácticas como los abonos verdes, la incorporación de estiércoles y la utilización de compost (7, 8).

El uso de abonos orgánicos es atractivo por su menor costo en producción y aplicación, además por el valor agregado que representan. El compostaje es una alternativa a la problemática de contaminación de los desechos orgánicos que se generan en las actividades agropecuarias. El éxito de un proceso de compostaje, dependerá de aplicar los conocimientos de microbiología y de compostaje manejando la pila de compost como un medio de cultivo, también controlando factores como tipo de sustrato (residuos orgánicos) y variables como aireación, humedad, pH, temperatura. Las anteriores variables afectan la descomposición química del compost teniendo en cuenta que dependen de la elaboración y duración del proceso así como de la composición química de los materiales utilizados, por

tanto el conocimiento y la valoración de los procesos microbianos nos demuestra su efecto sobre el grado de maduración del compost. La medición de la evolución de los principales parámetros químicos y biológicos permite monitorear el grado de estabilidad alcanzado por los residuos orgánicos⁷.

A nivel mundial la agricultura orgánica surge en la década de los 70 a 80 como respuesta a la degradación ambiental causada por la agricultura industrializada y en Colombia dio lugar a la conformación del movimiento ambiental ecológico. Este movimiento está orientado a la producción agrícola ecológica, propone la integración de saberes tradicionales con conocimientos científicos y métodos de ecología, con el objetivo de potencializar la agricultura tradicional hacia modelos más eficientes y que al mismo tiempo fueran compatibles con los conceptos y métodos ambientalmente amigables. Este tipo de agriculturas alternativas proponen manejos de los recursos naturales que van desde el sistema orgánico que no utiliza insumos químicos sintéticos, hasta aquellos que los aceptan para controlar ciertas plagas y enfermedades⁸. Actualmente en el país no se conocen experiencias exitosas de gestión integral de residuos sólidos en ecosistemas insulares; sin embargo, desde hace algunos años se han realizado acciones importantes (evacuación de residuos sólidos) frente al manejo de los residuos sólidos generados, que aunque no han solucionado el problema en su totalidad son iniciativas interesantes de mostrar al país y a la comunidad internacional⁹.

En la actualidad se emplean cada vez más criterios verdes en la toma de decisiones en respuesta a la creciente preocupación de la sociedad en materia ambiental. La generación de nuevas prácticas que mejoren la forma de manejar los residuos

⁷ LÓPEZ, Daniel y LLORENTE, Mireya. La Agroecología: Hacia un nuevo modelo Agrario. Sistema agroalimentario, producción ecológica y consumo responsable. Madrid: Ecologistas en Acción. 2011.

⁸ ACOSTA CARRIÓN, Wilson e IVAN, Milton. Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá. Tesis de zootecnia. Fusagasugá: Universidad De Cundinamarca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2015.

⁹ RODRÍGUEZ CONTRERAS, Juan Carlos, et al. Manejo integral de residuos sólidos urbanos domiciliarios en Colombia: mitos y realidades. Tesis de Alta Gerencia. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias Económicas. 2016.

agropecuarios ha puesto al compostaje como una forma práctica de aprovechar dichos residuos, lo que incrementa la experimentación e investigación de dicho proceso; pero también en este ámbito se han repetido errores por el poco aprovechamiento de la información acumulada. Probablemente haya poco por descubrir sobre los fundamentos biológicos del proceso y la interacción con las condiciones fisicoquímicas, pero queda mucho por investigar respecto al rendimiento, beneficio y efectos del uso de abonos orgánicos sobre el suelo y la manera correcta de reciclar determinados residuos¹⁰.

La composición física de los residuos sólidos urbanos en el país está constituida en más del 50% por residuos orgánicos; es por esto que con el aprovechamiento de estos se disminuirá en gran medida la presión sobre el medio ambiente como soporte de actividades antrópicas; se reincorporarán los nutrientes al ciclo de fertilización del suelo y se disminuirá el uso de agroquímicos. Solo apuntando a una eficiente gestión integral de residuos sólidos desde la recolección hasta la disposición final, se implementarán los instrumentos de manejo basados en principios de eficiencia, eficacia y efectividad que generen una sostenibilidad ambiental a partir de una relación costo-beneficio óptimo. El estudio de la relación de los procesos adecuados para la transformación de los residuos orgánicos se convierte en el factor primordial para crear los escenarios que determinen la viabilidad técnica, económica y ambiental asociada al tema. Para que este sistema funcione a cabalidad, se requiere un cambio en las estructuras psico-sociales tradicionales de la sociedad. Por ello un elemento fundamental dentro del sistema propuesto, es el desarrollo de procesos claramente estructurados de educación y sensibilización hacia los productores de desechos que permitan que se opere un cambio de actitud.

¹⁰ ACOSTA CARRIÓN, Wilson e IVAN, Milton. Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá. Tesis de zootecnia. Fusagasugá: Universidad De Cundinamarca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2015.

Este aprovechamiento conduce de manera directa a la disminución de impactos ambientales y sociales generados, en especial, en el componente de disposición final, lo cual es competencia de la gestión ambiental. La disposición final y la aplicación de los planes de manejo ambiental a este componente, a la luz de la exigente normatividad ambiental generarán seguramente en un futuro cercano incrementos tarifarios que afectarán la economía familiar, o por el contrario, de no aplicarse pondrían en riesgo la viabilidad económica y financiera de las empresas prestadoras del servicio público domiciliario del aseo¹¹.

5.1 LOS RESIDUOS ORGÁNICOS COMO MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS

Parece oportuno discutir algunas definiciones referentes a lo que se entiende por abonos, bioabonos o biofertilizantes. Entendemos genéricamente por *abonos* todas aquellas sustancias o compuestos de origen abiógeno o biógeno que presentan alguna propiedad positiva para los suelos y cultivos.

Por *abonos minerales* se entienden sustancias o compuestos químicos que pueden pertenecer al campo de la química inorgánica u orgánica. Son inorgánicos todos los abonos potásicos y fosfatados; entre los nitrogenados, algunos, como la urea y el amoníaco, pertenecen a la química orgánica. Por contraposición, los *abonos orgánicos* o *bioabonos*, son aquellas sustancias o compuestos de origen biógeno vegetal o animal que pertenecen al campo de la química orgánica, y que son en general incorporados directamente al suelo sin tratamientos previos. La aplicación de estiércoles y purines es una práctica tradicional de abonado orgánico. En esta categoría se pueden incluir los *abonos verdes*. Si bien potencialmente, la incorporación al suelo de residuos orgánicos puede llegar a tener algún efecto beneficioso sobre la estructura y fertilidad de

¹¹ RODRÍGUEZ CONTRERAS, Juan Carlos, et al. Manejo integral de residuos sólidos urbanos domiciliarios en Colombia: mitos y realidades. Tesis de Alta Gerencia. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias Económicas. 2016.

los suelos, no en todos los casos esto se cumple e inclusive el efecto puede ser perjudicial.

Cuando incorporamos residuos orgánicos frescos o en proceso incipiente de biodegradación al suelo, el orden natural, conlleva a que se cumplan los procesos de mineralización. Para que la mineralización de los compuestos orgánicos ocurra es frecuente que se demande un alto consumo de oxígeno, en el caso de la mineralización aeróbica y que la relación Carbono/ Nitrógeno se encuentre en el rango de 15:1 y 35:1, ya que si la relación es menor de 15:1 se pierde nitrógeno en forma de amoníaco y si es mayor de 35:1 el proceso tiende a enfriarse y hacerse más lento¹².

En otros casos, se terminan favoreciendo los procesos anaerobios, con la consiguiente acidificación, movilización y pérdidas de nutrientes. Parece entonces razonable, que para aprovechar el potencial que los desechos orgánicos tienen como abonos, estos deben pasar por un proceso previo antes de su integración al suelo, llamado compostaje en el cual los nutrientes han sufrido procesos de mineralización que los transforman a una forma asimilable por la planta. El producto final de todo el proceso anterior es conocido como *Compost*¹³.

5.2 COMPOSTAJE Y VERMICOMPOST

El compostaje consiste en una descomposición microbiana cuyo producto es un humus comúnmente conocido como composta o compost. En general, las características químicas y físicas de la composta varían de acuerdo con el material utilizado para fabricarla, las condiciones de operación y el grado de descomposición obtenido. Algunas de las propiedades que distinguen a la composta de otros

¹² ROMÁN, Pilar; MARTÍNEZ, María y PANTOJA, Alberto. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. 2013.

¹³ SZTERN, Daniel y PRAVIA, Miguel. Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos [en línea]. Organización Panamericana de la Salud, 1999. [Citado el 18 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>

materiales orgánicos son: color que va del café medio al café muy oscuro este último color se presenta cuando existe una baja relación Carbono/Nitrógeno (C/N), cambio continuo en sus propiedades físicas debido a la actividad microbiana y alta capacidad de absorción de agua. El composteo, bien sea de residuos agrícolas o de residuos urbanos es una práctica común y documentada¹⁴.

5.3 EL COMPOSTAJE

El primer paso del proceso de compostaje, es disponer de una cantidad adecuada de residuos orgánicos. Estos materiales aportan la materia orgánica, minerales, y microorganismos para que, en las condiciones de aireación y humedad apropiadas, se produzcan las reacciones de descomposición. A partir de este montón de residuos, empezarán a trabajar los diferentes grupos de microorganismos, rompiendo las moléculas de las más simples a las más complejas, transformándolas en compost. De hecho, se trata de un proceso natural, como cuando en un bosque caen las hojas de los árboles y se transforman en humus. Nosotros, mediante el compostaje, solo tratamos de proporcionar las condiciones adecuadas para acelerar el proceso.

5.4 PROCESO DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS MATERIALES

Los mayores componentes de los materiales orgánicos son el carbono, nitrógeno, oxígeno y el hidrógeno. Inicialmente estos compuestos están formando moléculas complejas que no son disponibles para la planta, sin embargo una vez han actuado las bacterias en presencia del oxígeno libre del aire las moléculas se descomponen en otras más simples que son asimiladas por las plantas, este proceso se conoce como mineralización de la materia orgánica.

¹⁴ RUIZ, Mariana; PASTOR, Karla; ACEVEDO, Adriana. Biodegradabilidad de Artículos Desechables en un Sistema de Composta con Lombriz. *En: Información tecnológica* [en línea], 2013, vol. 24, no 2, p. 47-56. [Citado el 18 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://doi.org/10.4067/S0718-07642013000200007>

Para que ocurra de manera eficiente este proceso de mineralización química el contenido de Carbono y Nitrógeno debe guardar una proporción que se ha estudiado previamente. La cantidad de carbono necesaria es notablemente superior a la de nitrógeno, considerándose adecuada una relación carbono/nitrógeno de 30/1. Si el Carbono está en mayor proporción de la indicada se disminuye la actividad biológica, prolongando el proceso de descomposición; y una carencia de éste puede producir pérdidas de nitrógeno en forma de amoniaco produciendo malos olores¹⁵.

Una relación C/N equilibrada normalmente asegura que el resto de nutrientes necesarios (P, K, S, Ca) estén presentes en cantidades adecuadas.

El oxígeno libre proveniente del aire, se necesita para que el proceso de descomposición sea óptimo, debido a que los microorganismos que intervienen en el proceso son aerobios. Una matriz bien estructurada permite que el aire llegue a todas partes del material y así este pueda descomponer (descomposición aeróbica). Cuando el material es demasiado denso y falta aire, este se pudre descontroladamente (descomposición anaeróbica) y aparecen los malos olores como resultado. Para medir el contenido de Oxígeno en el proceso se requieren equipos costosos, sin embargo este puede ser monitoreado indirectamente por medio de la humedad y la temperatura.

Debido a lo anterior otros procesos importantes a monitorear durante el compostaje son la temperatura y la humedad. La humedad es un factor importante del proceso. Si falta agua, el proceso se ralentiza y la descomposición no es completa. Por el contrario, si aportamos agua en exceso, esta tiende a ocupar los poros desplazando el aire y provocando que el material se pudra. La evolución de temperaturas durante el proceso está íntimamente relacionada con la actividad biológica, pero también

¹⁵ ALCOLEA, Miriam; GONZÁLEZ, Cristina. Manual de compostaje doméstico [en línea]. Barcelona. España, 2000. [Citado el 18 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://www.resol.com.br/cartilhas/manual-compostaje-en-casa-barcelona.pdf>

influyen otros factores (cantidad de residuos, clima, sistema de compostaje, localización, frecuencia de riegos y volteos). Por ejemplo un material muy seco, no se calentará porque no se realiza la descomposición¹⁶.

5.5 APLICACIONES DEL COMPOST - BENEFICIOS

El suelo, es un bien muypreciado al que frecuentemente no se presta suficiente atención. Con la aplicación de compost se producen grandes beneficios para el suelo, y las plantas que de él se sustentan. La principal característica que diferencia el empleo de fertilizantes inorgánicos del empleo de compost, es el aporte de materia orgánica que efectuamos en cada aplicación. Los efectos de la materia orgánica sobre el sistema suelo–planta, son numerosos. A continuación, se mencionan los más importantes:

- El compost mejora la textura y estructura del suelo, favoreciendo la retención de agua, oxígeno y nutrientes.
- Promueve el desarrollo de una buena estructura, que ayuda a mantener un balance adecuado de aire y agua en el suelo.
- Ayuda a luchar contra la erosión, la cual provoca una disgregación estructural y pérdida progresiva de los suelos y su fertilidad. Aumenta la permeabilidad del suelo y evita la formación de “costra superficial”, permitiendo la filtración lenta de la lluvia, sin que se produzcan corrientes de agua.
- Aumenta la permeabilidad del suelo y evita la formación de “costra superficial”, permitiendo la filtración lenta de la lluvia, sin que se produzcan corrientes de agua superficial que erosionen el suelo. La incorporación reiterada de compost puede corregir suelos arenosos o arcillosos: Los suelos arcillosos tienden a encharcarse y compactarse fácilmente por falta de porosidad, pero si se añade compost la porosidad aumenta favoreciendo la entrada de oxígeno y agua en

¹⁶ ALCOLEA, Miriam; GONZÁLEZ, Cristina. Manual de compostaje doméstico [en línea]. Barcelona. España, 2000. [Citado el 18 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://www.resol.com.br/cartilhas/manual-compostaje-en-casa-barcelona.pdf>

su estructura. Los suelos arenosos, se caracterizan por la rápida infiltración del agua que arrastra los nutrientes a capas más profundas donde las plantas no son capaces de absorberlos. La materia orgánica capta y almacena el agua, quedando a disposición de las plantas. El compost contiene los nutrientes que las plantas requieren para conseguir un adecuado desarrollo. Gracias a la diversidad de materiales, a partir de los cuales se elabora el compost, proporciona los nutrientes principales, (nitrógeno, fósforo y potasio), y también aquellos elementos que precisan en pequeñas cantidades (manganeso, boro, zinc, cobre, etc.). El compost representa una fuente de reserva de nutrientes, para las plantas. La liberación de los nutrientes se realiza de forma progresiva, coincidiendo la época de mayor necesidad de las plantas, con la máxima liberación de nutrientes. Esto sucede como consecuencia del incremento de la actividad microbiana encargada de liberarlos. Cuando suben las temperaturas (primavera-verano), es también cuando el crecimiento de los vegetales es mayor¹⁷.

5.6 CALIDAD DEL COMPOST

La calidad final de un compost está influenciada por el tipo de material que se composta, por el desarrollo del proceso del compostaje, por la procedencia del material, por el tipo de recogida, si se realiza o no una recolección adicional en la planta, y por el tratamiento del residuo (tipo de tecnología, equipamiento funcionamiento, organización y seguridad en el trabajo). La calidad no solamente se ha de controlar en el producto final, ya que esta dependerá totalmente de los controles que se realicen tanto en las materias primas, como durante el proceso y el producto final. Los diferentes materiales que se pueden compostar determinan el tipo de compost que pueden obtenerse. Esta diversidad aumenta la dificultad de establecer sistemas para valorar la calidad del compost. Los usos que se pueden

¹⁷ ALCOLEA, Miriam; GONZÁLEZ, Cristina. Manual de compostaje doméstico [en línea]. Barcelona. España, 2000. [Citado el 18 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://www.resol.com.br/cartilhas/manual-compostaje-en-casa-barcelona.pdf>

dar al compost son muchos y las exigencias para cada uso son diferentes. Es importante establecer qué tipo de características interesa más valorar cuando el producto se fabrica con una finalidad determinada¹⁸.

La materia orgánica es uno de los componentes del suelo, en pequeña porción, formada por los restos vegetales y animales que por la acción de la microbiota del suelo son convertidos en una materia rica en reservas de nutrientes para las plantas, asegurando la disponibilidad de macro y micronutrientes. Cuando son agregados de restos orgánicos de origen vegetal o animal, los microorganismos del suelo transforman los compuestos complejos de origen orgánico en nutrientes en forma mineral que son solubles para las plantas; pero este proceso es lento, por lo tanto la materia orgánica no representa una fuente inmediata de nutrientes para las plantas, sino más bien una reserva de estos nutrientes para su liberación lenta en el suelo¹⁹.

El uso y aplicación de materia orgánica en agricultura es milenaria, sin embargo, paulatinamente fue experimentando un decrecimiento considerable, probablemente a causa de la introducción de los fertilizantes químicos que producían mayores cosechas a menor costo. Sin embargo, durante los últimos años se ha observado un creciente interés sobre la materia orgánica, habiendo experimentado su mercado un gran auge ligado al tema de los residuos orgánicos dándole, una aplicación y ayudando al desarrollo de nuevas tecnologías (15).

Durante las últimas dos décadas, muchas investigaciones han intentado desarrollar tecnologías simples en base del uso de la vegetación e insumos orgánicos para mejorar la productividad y sostenibilidad de los agro ecosistemas. Estas tecnologías incluyeron el manejo de los residuos de los cultivos, abonos verdes, coberturas de leguminosas, y barbechos y forrajes mejorados, compost, entre otros. Se piensa

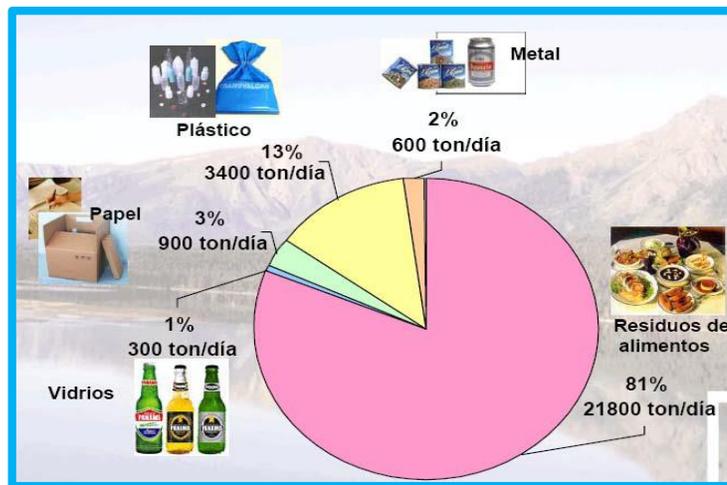
¹⁸ GÓMEZ, Raquel. Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Tesis Doctoral Ingeniería química. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona. 2007.

¹⁹ MELÉNDEZ, Gloria y SOTO, Gabriela. Taller de Abonos Orgánicos [en línea]. 2003. [Citado el 18 de febrero de 2018]. Disponible en: [http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria Taller Abonos Orgánicos.pdf](http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Orgánicos.pdf)

que, en éste u otros sistemas que usan residuos orgánicos, muchos de los beneficios derivados del uso de estos materiales son debido a su habilidad de mantener la materia orgánica y estructura física del suelo y promover el reciclaje de nutrientes, sin embargo, estas tecnologías no han sido evaluadas adecuadamente debido en gran medida a la falta de indicadores y metodologías apropiadas para cuantificar la dinámica de la materia orgánica²⁰.

La cantidad de Residuos Sólidos generados diariamente en Colombia es de aproximadamente 27.000 ton/día de los cuales el 65 % son residuos orgánicos, sin embargo existen otros estudios que indican que los residuos orgánicos pueden llegar hasta el 81 % tal y como se muestra en la figura 1²¹.

Figura 1. Composición física de los residuos sólidos en Colombia.



Fuente: MARMOLEJO, Luis. Sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos domiciliarios en Colombia. Cali: Procuraduría delegada para asuntos agrarios, 2004, p.3.

²⁰ Ibid., p. 1

²¹ JARAMILLO HENAO, Gladys y ZAPATA MÁRQUEZ, Liliانا María. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. Tesis Especialista en Gestión Ambiental. Medellín: Universidad de Antioquia. Facultad De Ingeniería. 2008.

5.7 FERTILIZANTES Y ABONOS

La fertilización es la etapa del proceso productivo que busca devolver al suelo las cantidades de nutrientes extraídos por las plantas en su desarrollo y es determinante para la calidad de los productos ecológicos. Por lo anterior, esta fase es clave desde el punto de vista del equilibrio natural del agro-ecosistema. Para realizar una fertilización racional y acorde con las exigencias particulares de los suelos y cultivos de la explotación agroecológica, es indispensable basarse en los análisis de suelos y foliares, de tal manera que se eviten excesos o deficiencias de elementos, que puedan afectar el buen desarrollo de los cultivos.

A continuación se relacionan algunos insumos orgánicos y minerales que deben ser empleados siempre y cuando se cumpla con el principio de producción ecológica, que implica mantener e incrementar la actividad biológica del suelo.

➤ **Abono de origen animal**

Productos elaborados a base de gallinaza, caprinaza y bovinaza que mejoran la estructura del suelo y la disponibilidad de agua y de nutrientes. Los cuales también se pueden reforzar con Nitrógeno, Fósforo, Potasio, enzimas y hormonas.

➤ **Abonos Minerales Naturales**

Comprende aquellos fertilizantes de origen mineral que proceden de fuentes naturales. Su función puede ser suministrar uno o más nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas o estabilizar la acidez del suelo.

➤ **Abono verde**

Consiste en sembrar plantas leguminosas que se dejan crecer hasta la mitad del período de floración, después del cual son incorporadas al suelo. Los abonos verdes pueden también estar conformados por una combinación de plantas leguminosas, gramíneas y compuestas en proporción 60%, 25% y 15%, respectivamente. Los

abonos verdes mejoran las condiciones físicas de los suelos, son fuente de Nitrógeno y materia orgánica, incrementan la actividad microbiana y solubilizan nutrientes minerales del suelo.

➤ **Compost y Humus:**

Es el producto final de la descomposición de diversos materiales de desecho, ya sean de origen animal o vegetal, mediante la actividad de microorganismos como bacterias y hongos en condiciones de muy buena aireación. El compost mejora tanto la textura como la estructura del suelo y la aireación y retención de agua, evitando la compactación del suelo. El lombricompost o humus es el producto final de la descomposición de la materia orgánica realizada por la lombriz de tierra, la lombriz más utilizada para este proceso es la roja californiana, gracias a su fácil reproducción y manejo²².

5.8 CÁSCARA DE CACAO

Hoy en día se producen toneladas de cacao (*Theobroma cacao L.*) y las mazorcas son desechadas como residuos, está es una de las razones por las cuales los investigadores han encontrado una razón convincente para que este desecho tenga una mayor utilidad y una salida rentable para los subproductos del cacao en la industria²³.

➤ **Cascarilla de cacao**

La cascarilla de cacao representa el mayor subproducto de la industria chocolatera tanto en Colombia como a nivel mundial. Actualmente han aumentado estudios relacionados para este tipo de residuos y su posible utilización, debido a que estos

²² MORALES CUFINO, Ginna Iveth y ARISTIZABAL, Oscar Mauricio. Estudio de factibilidad técnico financiero de abono orgánico a partir de los desechos orgánicos de la plaza de Corabastos de Bogotá. Tesis Contador Público. Bogotá: Universidad De La Salle. Facultad de contaduría Pública. 2010.

²³ BAENA, Luz Marina; GARCÍA, N. Obtención y caracterización de fibra dietaría a partir de cascarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao L.* de una industria chocolatera colombiana. Tesis química industrial. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. 2012.

representan un importante componente de los residuos agrícolas y desechos agroindustriales en el mundo, constituyendo una buena fuente de recursos renovables y energía. Internacionalmente se viene desarrollando posibles usos de la cascarilla de cacao, como fuente de fertilizantes de suelos, alimento para aves y animales, fuente de pectinas y gomas, elaboración de carbón activado y obtención de fibra dietaría. Sin embargo, en Colombia, es totalmente desaprovechada y son pocos los estudios que se tiene al respecto. En la Universidad Tecnológica de Pereira, Surge la necesidad de llevar a cabo un proceso investigativo que permite aprovechar la presencia de agentes antibacterianos en los extractos de la cascarilla de cacao encontrándose una buena potencialidad de la actividad antibacteriana y de la concentración mínima inhibitoria, de los extractos indicando que tienen una gran capacidad para disminuir el crecimiento de algunos microorganismos patógenos. Con el fin de continuar este estudio se planteó como objetivo el estudio de la cascarilla como una potencial fuente de fibra dietaría²⁴.

Las mazorcas de cacao pueden ser utilizadas para hacer abono utilizando para ello una mezcla de residuos de cosecha de las plantas cultivadas (hojas, tallos, frutos, desperdicios residenciales, etc.)²⁵. Estos residuos orgánicos experimentan un proceso de descomposición por la acción de numerosos organismos que transforman la materia orgánica en nutrientes asimilables para las plantas, que se conoce como compost y tiene como característica que es económico de producir debido a que se aprovechan los residuos²⁶.

Otro uso que se da actualmente a las mazorcas de cacao es para la alimentación de rumiantes²⁷.

²⁴ BAENA, Luz Marina; GARCÍA, N. Obtención y caracterización de fibra dietaría a partir de cascarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao* L. de una industria chocolatera colombiana. Tesis química industrial. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. 2012.

²⁵ MEJÍA, Luis Antonio y PALENCIA, Gildardo Efraín. Abono orgánico, manejo y uso en el cultivo de cacao. Corpoica, programa nacional de transferencia de tecnología agropecuaria y la fundación ICPROC. 2002.

²⁶ SÁNCHEZ QUEZADA, Johanna Patricia. Evaluación energética de cáscaras de cacao nacional y CCN-51. Tesis de maestría planificación y gestión energéticas. Cuenca, Ecuador Universidad de Cuenca. Facultad de ciencias químicas. 2013.

²⁷ SOTO, María. Desarrollo del proceso de producción de cascarilla de semilla de cacao en polvo destinada al consumo humano. Tesis ingeniera química. Sartenejas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar. Facultad de ingeniera química. 2012.

Tabla 1. Composición química de la mazorca de cacao.

COMPONENTE	% P/P
Humedad	85
Proteínas	1.07
Minerales	1.41
Grasa	0.02
Fibra	5.45
Carbohidratos	7.05
N	0.171
P	0.026
K	0.545
Pectinas	0.89

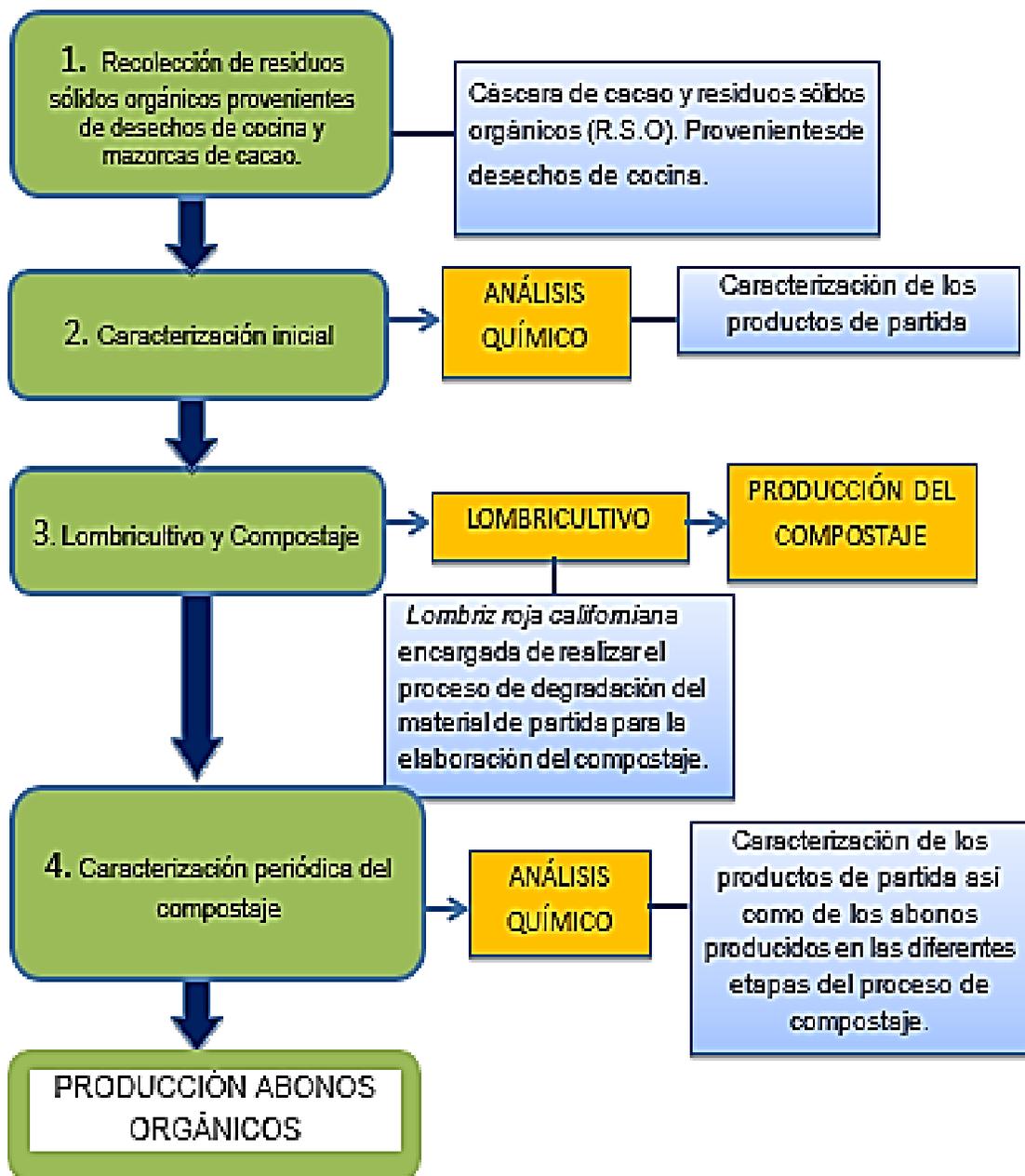
Fuente: ARDILA SUÁREZ, Carolina y CARREÑO JEREZ, Silvia. Aprovechamiento de la cáscara de la mazorca de cacao como adsorbente. Tesis Ingeniería Química. Bucaramanga: Universidad Industrial De Santander. Escuela de ingeniería química. 2011.

Se considera que la mazorca de cacao es muy alimenticia²⁸ y no contiene sustancias dañinas como la teobromina que se encuentra en las semillas y en la cascarilla de los granos de cacao, además sugiere que es necesario implementar tecnologías para aprovechamiento de los desechos agrícolas de la actividad cacaotera²⁹.

²⁸ MÁRQUEZ, Pedro Bueno; BLANCO, Manuel Jesús Díaz y CAPITÁN, Francisco Cabrera. Cuatro Factores que afectan al proceso de compostaje. *En: Compostaje*, 2008, p. 93.

²⁹ SÁNCHEZ QUEZADA, Johanna Patricia. Evaluación energética de cáscaras de cacao nacional y CCN-51. Tesis de maestría planificación y gestión energéticas. Cuenca, Ecuador Universidad de Cuenca. Facultad de ciencias químicas. 2013.

6 DISEÑO METODOLÓGICO



7. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

Para realizar el presente proyecto de grado se inició con una sensibilización y divulgación del trabajo a realizar ante la comunidad de la Escuela Cucharos ubicada en la Vereda Cruces de Panamá del Municipio de Rionegro Santander, con el fin de que esta aportara los residuos sólidos orgánicos frescos provenientes de desperdicios de cocina. Así mismo para recolectar los residuos de mazorca de cacao, se escogió a un productor que tiene el mayor cultivo de la zona con el fin de obtener estos residuos para el trabajo; a pesar de que ambos insumos para realizar el compost corresponden a residuos orgánicos su procedencia es la que los diferencia y presentan una alternativa para las familias en su casa como para los agricultores de cacao.

A continuación se realizó una caracterización inicial de los residuos con el objetivo de conocer los valores de algunos nutrientes como Carbono, Nitrógeno y Fósforo que son importantes para establecer las relaciones C/N, C/P y N/P las cuales indican si estos nutrientes se encuentran en estado de equilibrio para que el compostaje se lleve a cabo de manera eficiente y exista una mínima pérdida de nutrientes durante la mineralización de la materia orgánica³⁰. Los resultados de esta caracterización inicial que incluyó otros parámetros como pH y humedad se pueden observar en el anexo No. 1.

Una vez conocidas las relaciones C/N, C/P y N/P y verificado que estas relaciones se encontraban dentro de los valores considerados como adecuados se procedió a dar inicio a la elaboración del compost, para ello se construyeron 6 celdas con madera y guadua que se acondicionaron de la siguiente manera:

³⁰ MÁRQUEZ, Pedro Bueno; BLANCO, Manuel Jesús Díaz y CAPITÁN, Francisco Cabrera. Cuatro Factores que afectan al proceso de compostaje. En: Compostaje, 2008, p. 93.

En las celdas No. 1, 2 y 3 de residuos sólidos de cocina, se adicionó aproximadamente 125 g de lombriz roja californiana y 2 arrobas de residuos sólidos orgánicos picados adecuadamente.

En las celdas cáscara de cacao No. 1, 2 y 3 se adicionó aproximadamente 125 g de lombriz roja californiana y 2 arrobas de mazorca de cacao debidamente picada. Las celdas se fabricaron de 45 cm de alto por 25 cm de ancho, a continuación se observa de manera gráfica las medidas de la celda:



Para la elaboración del compost se colocó un plástico en la base de la celda y se vertieron los residuos previamente picados en cada una de las celdas y se le adicionó la lombriz roja californiana a cada celda. La lombriz fue previamente acondicionada con tierra propia de la región.

Para realizar el compostaje se adicionó agua a las celdas, tres veces por semana y dos veces a la semana el volteo manual, este proceso se realizó durante cuatro meses, tiempo en el cual se produjo el abono. Los análisis de caracterización del compostaje se hicieron a los dos meses de iniciar el proceso y al finalizar el proceso. Los resultados de estas caracterizaciones se muestran en los anexos 2 al 13 y los parámetros evaluados fueron pH, Humedad, Cenizas, Nitrógeno, Fósforo, Calcio, Magnesio, Potasio, Cobre, Sodio, Zinc, Hierro, Manganeso, Azufre y Carbono orgánico oxidable total.

A continuación en la figura 2 se observan las pilas de compost que contienen los residuos sólidos de cocina y los de mazorca de cacao.

Figura 2. Pilas para procesamiento del abono



Residuos sólidos de cocina



Mazorca de cacao

7.2 TEMPERATURA PRODUCCIÓN DEL COMPOST

La temperatura osciló entre 20-28°C. Es importante verificar este parámetro en el compost, para un mejor desarrollo y crecimiento de las lombrices, para ello se

instaló un termómetro en el sistema para verificar periódicamente que se mantuvieran las condiciones de temperatura necesarias.

La humedad se encontró entre el 60 y 70%, y su exceso se reguló por aireación del sistema y la humedad por un sistema de riego por goteo.

En las figuras 3 y 4 se observan la mazorca de cacao y los residuos sólidos de cocina picados y listos para ser llevados al laboratorio para realizar el análisis inicial.

Figura 3. Mazorca de cacao picada para analizar en el laboratorio tomada por la autora Martha Cecilia vega Echeverría

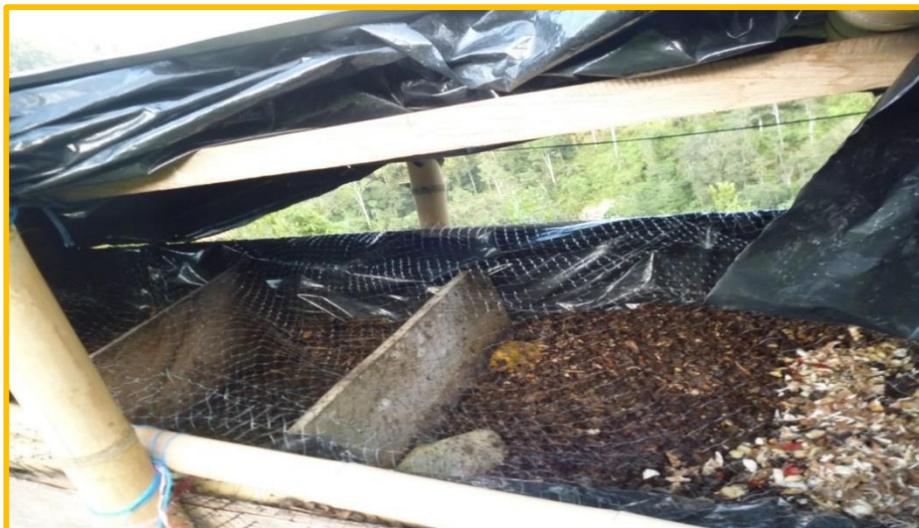


Figura 4. Residuos sólidos de cocina adecuadamente picados para analizar en el laboratorio tomada por la autora Martha Cecilia vega Echeverría



La figura 5 muestra las pilas de compost en pleno proceso de elaboración del abono orgánico.

Figura 5. Abonos cubiertos para protegerlos de la lluvia y la erosión. Tomada por la autora Martha Cecilia vega Echeverría.



Las figuras 6 y 7 muestran el desarrollo del compost a un mes de haber iniciado el proceso.

Figura 6. Durante el proceso de elaboración del compost en un tiempo aproximado de un mes tomada por la autora Martha Cecilia vega Echeverría mazorca de cacao con la lombriz californiana



Figura 7. Durante el proceso de elaboración del compost en un tiempo aproximado de un mes tomada por la autora Martha Cecilia vega Echeverría residuos sólidos orgánicos con la lombriz californiana



7.3 TOMA DE MUESTRAS PARA CARACTERIZACIÓN EN EL LABORATORIO

Para llevar las muestras al laboratorio para su análisis se tomaron muestras por separado de cada celda y se recogieron dos libras de cada tipo de residuo, posteriormente se realizó el cuarteo para reducir la muestra a 500 g y cada una de estas muestras se empacó en bolsas con sello de cierre hermético y se llevó al Laboratorio Químico de Consultas Industriales para realizar el análisis de caracterización, que incluye parámetros como humedad, nitrógeno, fósforo, potasio y carbono orgánico oxidable total entre otros. Este mismo proceso, junto con los análisis se realizó para las muestras de control tomadas a los dos y cuatro meses después de iniciado el proceso.

En la figura 8 se puede observar la forma como fueron entregadas las muestras al Laboratorio para su análisis.

Figura 8. Muestras tomadas del abono mazorca de cacao y residuos sólidos orgánicos llevados al laboratorio de consultas industriales para su análisis



En las figuras 9 y 10 se puede observar la transformación del abono a base de residuos orgánicos de cocina y de mazorca de cacao respectivamente, después de realizado el compostaje.

Figura 9. Abono Residuos sólidos orgánicos de cocina



Figura 10. Abono mazorca de cacao.



Las figuras 11 y 12 ilustran como se revisó la humedad del compost durante el proceso de elaboración del mismo.

Figura 11. Revisando la humedad del abono residuos sólidos de cocina



Figura 12. Revisando la humedad del abono mazorca de cacao



7.4 CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS

Para la caracterización y análisis de los abonos se siguieron los lineamientos establecidos en la norma colombiana NTC 5167 de marzo del 2011 donde están los parámetros y la metodología para cada una de las determinaciones. Se analizó K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y Na, por espectroscopia de absorción atómica (AA), con previa digestión en medio ácido.

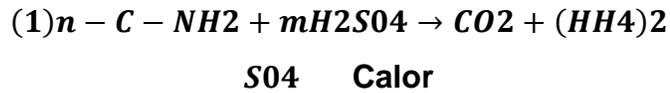
La determinación de Boro y Fósforo, se realizó por espectrofotometría UV-VIS, el primero por el método de la Azometina-H y el segundo por el método del Molibdato-Vanadato de Amonio. Ambas reacciones implican la formación de iones complejos los cuales presentan una absorbancia máxima a una longitud de onda determinada de acuerdo al color formado. Dicha absorbancia es proporcional a la cantidad o concentración de analito presente en la muestra³¹.

El Nitrógeno Total se realizó según los procedimientos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 370 basados en el método Kjeldahl el cual utiliza ácido sulfúrico concentrado con un catalizador inorgánico en ebullición para destruir la materia orgánica y la reducción del Nitrógeno orgánico como amoniaco. El amonio es retenido como sulfato de amonio, posteriormente se adiciona un exceso de álcali al tubo que contiene el sulfato de amonio y se destila recogiendo el destilado (amoniac) en una solución que contiene ácido bórico el cual forma con el amoniaco borato de amonio. Finalmente, la cantidad de borato que es equivalente a la cantidad de amonio en la muestra es titulada con ácido clorhídrico estandarizado.

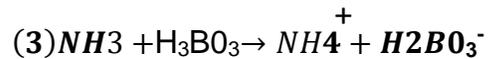
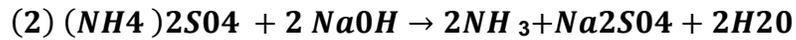
Las reacciones que se presentan en el desarrollo de este método son:

³¹ REYES, Jairo Ricardo. Materiales Orgánicos Utilizados como Fertilizantes o Acondicionadores de Suelos. Centro de Investigación de la caña de azúcar en Colombia, 2004.

Catalizadores

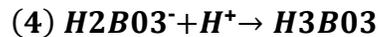


NEUTRALIZACIÓN Y DESTILACIÓN



TITULACIÓN

El anión borato (proporcional a la cantidad de nitrógeno) es titulado con HCl (o H₂SO₄) estandarizado:



Para el Carbono Orgánico Oxidable Total el método descrito para su cuantificación es el conocido como Método de Walkley Black, el cual se fundamenta en la reducción del ión dicromato y el contenido de carbono se mide por el ión dicromato no reducido, en consecuencia es un método indirecto. Esto significa que puede estar sujeto a interferencias tales como cloruros.

El método aquí enunciado es volumétrico, sin embargo puede hacerse también colorimétricamente, previa realización de la curva de calibración de mg C contra Absorbancia.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En todos los cultivos, es necesario además del conocimiento de los factores relacionados con los elementos climáticos, los del suelo y el cultivo específico; tener en cuenta un programa de manejo de la nutrición, adecuado y eficiente, que generalmente comprende la aplicación de abonos enmiendas o aplicaciones foliares.

El Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S) son conocidos como macronutrientes esenciales debido a que la planta los requiere en grandes cantidades, en cambio los otros elementos minerales son requeridos en baja cantidad o trazas. Dentro de estos últimos elementos sobresalen siete que son los denominados micronutrientes esenciales que son Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Cloro (Cl) y Molibdeno (Mo).

Todos los elementos, macro y micro nutrientes junto al agua y el carbono cumplen una función muy importante en el crecimiento y la regulación de las plantas y para la aplicación de abonos debe tenerse muy en cuenta que tanto influye un elemento u otro en el desarrollo de dichas funciones. Es decir, el aporte en fertilización debe ir de la mano con un conocimiento de las necesidades de la planta y el estado del suelo.

De acuerdo con algunos autores³² el N, es el elemento más apreciado para valorar la calidad de los abonos orgánicos. Se ha establecido un valor crítico de 4% en base seca para la sumatoria de N, P y K. Los países desarrollados establecen un valor crítico de 6%. El N es fundamental en la construcción de la biomasa, por la complejidad de su dinámica química (nitrificación-desnitrificación) y por las

³² PULGARÍN, Jaime y FARFÁN, Fernando. Capítulo 9. Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica en la producción de la finca [en línea]. [Citado el 18 de febrero de 2018]. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo9.pdf>

posibilidades de pérdidas por lixiviación y volatilización. Abonos orgánicos de buena calidad deben tener entre 2 y 3% de Nitrógeno y que sea estable. La gallinaza tiene entre 4 -6% cuando está pura, con alto contenido de amonio, éste es volátil y fitotóxico. En Fósforo, valores por encima del 1% se consideran adecuados y por encima del 2% excelente.

Un ejemplo de los valores generalmente encontrados en abonos similares al trabajado en éste caso para el cultivo de café se presentan en la tabla.2

Tabla 2. Composición química de abonos orgánicos para el cultivo del café.

Tipo de Abono	M.O (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (mg/Kg)
Lombricompuesto	56	3,7	0,3	9,6	1,2	0,2	-
Compost	55	4,2	0,3	5,3	0,9	0,2	-

Fuente: FEDERACAFÉ. Composición química de abonos orgánicos. 1990. (28)

Para el trabajo realizado, se realizó una caracterización inicial con el objetivo de verificar que los contenidos de Carbono, Nitrógeno y Fósforo se encontraran en las relaciones adecuadas para que se llevara a cabo el compostaje con la menor pérdida de nutrientes. Para la caracterización solo se tomó una muestra tanto de residuos sólidos de cocina como de mazorca de cacao porque toda la biomasa en cada tipo de sustrato se homogenizó primero antes de ser vertida a cada una de las celdas de compostaje. En el anexo No. 1 se pueden observar los resultados obtenidos para la caracterización inicial de cada uno de los sustratos utilizados para la elaboración del compost.

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para las relaciones C/N, N/P y C/P para ambos sustratos en el punto inicial antes de realizar el compost:

Tabla 3. Relaciones C/N, C/P y N/P antes de iniciar el proceso de compostaje.

TIPO DE SUSTRATO	RELACION C/N	RELACION C/P	RELACION N/P
Mazorca de cacao (cáscara de cacao)	26.05	139.84	5.37
Residuos sólidos de cocina	25.23	129.43	5.12

De acuerdo con la bibliografía encontrada³³, las relaciones C/N de los sustratos se encuentran dentro del rango 25-35, la relación C/P se encuentran dentro del rango 75 – 150 y la relación N/P se encuentra dentro del rango 5 – 20, estos rangos son considerados como ideales para controlar la velocidad del compostaje y minimizar la pérdida de Nitrógeno. Por lo anterior se procedió a continuar con el proceso de compostaje.

Para cada tipo de sustrato se realizó el compost por triplicado y para realizar el control de la madurez del mismo se realizaron análisis de laboratorio a los dos y cuatro meses después de iniciado el proceso.

8.1 ABONO A BASE DE CÁSCARA O MAZORCA DE CACAO

El compost a base de mazorca de cacao fue realizado por triplicado encontrándose que no hubo diferencias significativas entre las celdas 1, 2 y 3 para cada uno de los parámetros analizados que fueron pH, humedad, cenizas, nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, potasio, cobre, sodio, Cinc, hierro, manganeso, azufre, carbono orgánico oxidable total.

A continuación en la tabla 4 y 5 se muestra el valor promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación obtenido en cada una de las celdas de compostaje para cada uno de los parámetros analizados a los dos y cuatro meses respectivamente:

³³ MÁRQUEZ, Pedro Bueno; BLANCO, Manuel Jesús Díaz y CAPITÁN, Francisco Cabrera. Cuatro Factores que afectan al proceso de compostaje. En: Compostaje, 2008, p. 93.

Tabla 4. Comparación estadística de los resultados obtenidos para las tres celdas a los dos meses de compostaje.

PARÁMETRO	RESULTADO CELDAS EVALUADAS			PARÁMETROS ESTADÍSTICOS EVALUADOS		
	1	2	3	Promedio	Desvest	CV
pH (Unidades de pH)	8,34	8,3	8,28	8,31	0,03	0,37
Humedad (%)	68,25	67,42	66,14	67,27	1,06	1,58
Cenizas (%)	64,04	64,82	60,95	63,27	2,05	3,23
Nitrógeno (%N)	0,77	0,8	0,81	0,79	0,02	2,62
Fósforo (%P ₂ O ₅)	0,17	0,15	0,19	0,17	0,02	11,76
Calcio (%CaO)	0,87	0,91	0,9	0,89	0,02	2,33
Magnesio (%MgO)	0,46	0,48	0,41	0,45	0,04	8,01
Potasio (%K ₂ O)	2,05	2,01	2,11	2,06	0,05	2,45
Cobre (mg Cu/Kg)	4,02	4	4,04	4,02	0,02	0,50
Sodio (%Na)	0,04	0,04	0,03	0,04	0,01	15,75
Zinc (mg Zn/Kg)	81,95	81,32	80,45	81,24	0,75	0,93
Hierro (%Fe)	0,14	0,12	0,11	0,12	0,02	12,39
Manganeso (%Mn)	0,02	0,018	0,019	0,02	0,00	5,26
Azufre (%S)	0,04	0,04	0,037	0,04	0,00	4,44
Carbono orgánico Oxidable total (%C)	10,41	10,45	10,39	10,42	0,03	0,29

Tabla 5. Comparación estadística de los resultados obtenidos para las tres celdas a los cuatro meses de compostaje.

PARÁMETRO	RESULTADO CELDAS EVALUADAS			PARÁMETROS ESTADÍSTICOS EVALUADOS		
	1	2	3	Promedio	Desvest	CV
pH (Unidades de pH)	7,96	7,93	7,9	7,93	0,03	0,38
Humedad (%)	65,42	65,13	65,1	65,22	0,18	0,27
Cenizas (%)	12,82	12,69	12,61	12,71	0,11	0,83
Nitrógeno (%N)	0,81	0,8	0,82	0,81	0,01	1,23
Fósforo (%P ₂ O ₅)	0,18	0,19	0,18	0,18	0,01	3,15
Calcio (%CaO)	0,98	0,99	0,96	0,98	0,02	1,56
Magnesio (%MgO)	0,5	0,56	0,53	0,53	0,03	5,66
Potasio (%K ₂ O)	3,23	3,25	3,21	3,23	0,02	0,62
Cobre (mg Cu/Kg)	10,83	10,91	10,97	10,90	0,07	0,64
Sodio (%Na)	0,21	0,22	0,2	0,21	0,01	4,76
Zinc (mg Zn/Kg)	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	33,07
Hierro (%Fe)	0,09	0,087	0,089	0,09	0,00	1,72
Manganeso (%Mn)	0,02	0,022	0,025	0,02	0,00	11,27
Azufre (%S)	0,05	0,048	0,044	0,05	0,00	6,45
Carbono orgánico Oxidable total (%C)	5,65	5,67	5,69	5,67	0,02	0,35

De lo anterior se puede concluir que no existen desviaciones significativas en los resultados obtenidos para las tres celdas, porque las desviaciones estándar y los coeficientes de variación son bajos y no superan el 20% en el caso de concentraciones menores a 0.1, para el caso del zinc en el análisis a los cuatro meses el coeficiente de variación es alto (33,07%) debido a la baja concentración del analito (0,01 aprox), sin embargo la desviación estándar es mínima como se puede observar en los resultados. Esto indica que la muestra inicial quedó bien homogenizada y el proceso de compostaje se llevó a cabo uniformemente en las tres celdas.

A los cuatro meses se puede observar un compost maduro, que tiene una alta disponibilidad de nitrógeno, ya que la relación C/N en todas las celdas está por debajo de 10, la humedad se encuentra casi en el rango ideal para el lombricompost, el pH se encuentra en el rango neutro y el nitrógeno se encuentra cercano al 1%. En la tabla 6 se pueden observar los resultados de las relaciones más importantes para evaluar la madurez del compost a los cuatro meses de elaborado el producto.

Tabla 6. Principales relaciones del compost maduro

PARÁMETRO	RESULTADO CELDAS EVALUADAS			VALOR IDEAL
	1	2	3	
C/N	6,98	7,09	6,94	10 Y 15
Humedad	65,42	65,13	65,1	30-60%
pH	7,96	7,93	7,9	6,5 - 8,5
Nitrógeno total	0,81	0,8	0,82	≈1%

Los valores de los macro y micronutrientes son un poco bajos en su mayoría aunque la proporción por ejemplo N, P, K, está de acuerdo a la indicada, según la literatura revisada³⁴.

³⁴ PULGARÍN, Jaime y FARFÁN, Fernando. Capítulo 9. Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica en la producción de la finca [en línea]. [Citado el 18 de febrero de 2018]. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo9.pdf>

En los gráficos 1 a 4 se relacionan los comportamientos del pH, nitrógeno, fósforo y carbono orgánico total a los dos y cuatro meses de iniciado el proceso. En estos gráficos se puede observar que el pH y el Carbono Orgánico Total disminuyen a medida que se mineraliza la materia orgánica, por otra parte el Nitrógeno, Potasio y el Fósforo aumenta debido a que algunas lombrices murieron y estas al descomponerse son fuente de estos nutrientes; por otra parte la lombriz roja californiana favorece la formación de micorrizas que sintetizan el nitrógeno del aire. Respecto a los nutrientes secundarios como el calcio, magnesio y azufre no presentaron variaciones en su contenido durante la elaboración y maduración del compost (análisis realizados a los dos y cuatro meses), tal y como se evidencian en las tablas 7 y 8 respectivamente.

Tabla 7. Resultados relaciones nutrientes secundarios a los dos meses de realizado el compost

PARAMETRO	RESULTADO CELDAS EVALUADAS			VALOR PROMEDIO	% ELEMENTAL	RESULTADO EN ppm	RESULTADO EN Milieq/100 g suelo	RELACION	RESULTADO DE LA RELACION	VALOR IDEAL
	1	2	3							
Calcio (%CaO)	0,87	0,91	0,9	0,89	0,63	6343	317	Ca/Mg	1,43	5
Magnesio (%MgO)	0,46	0,48	0,41	0,45	0,27	2700	221	Mg/K	0,51	3
Potasio (%K ₂ O)	2,05	2,01	2,11	2,06	1,71	17070	437	Ca/K	0,73	< 30
								(Ca+Mg)/K	1,23	< 40
Azufre (%S)	0,04	0,04	0,037	0,04	-	-	-	-	-	-

Tabla 8. Resultados relaciones nutrientes secundarios a los cuatro meses de realizado el compost

PARAMETRO	RESULTADO CELDAS EVALUADAS			VALOR PROMEDIO	% ELEMENTAL	RESULTADO EN ppm	RESULTADO EN Milieq/100 g suelo	RELACION	RESULTADO DE LA RELACION	VALOR IDEAL
	1	2	3							
Calcio (%CaO)	0,98	0,99	0,96	0,98	0,69	6934	347	Ca/Mg	1,33	5
Magnesio (%MgO)	0,5	0,56	0,53	0,53	0,32	3180	261	Mg/K	0,38	3
Potasio (%K ₂ O)	3,23	3,25	3,21	3,23	2,68	26809	686	Ca/K	0,51	< 30
								(Ca+Mg)/K	0,89	< 40
Azufre (%S)	0,05	0,048	0,044	0,05	-	-	-	-	-	-

De acuerdo con la tabla 8 se puede observar que el compost realizado presenta un nivel bajo de Calcio respecto al Magnesio, una deficiencia de Magnesio ya que la relación Mg/K es menor a 1 y presenta un adecuado contenido de Potasio, esto último corroborado con el resultado de la relación (Ca+Mg)/K.

En cuanto a los micronutrientes tampoco se presentaron variaciones en las concentraciones de estos compuestos durante la elaboración del compost (2 y 4 meses) tal y como se puede verificar en las tablas 9 y 10 respectivamente. En ambas tablas también se puede observar que los resultados de los micronutrientes se encuentran dentro de los valores permitidos salvo el Hierro que presenta una concentración superior al valor máximo.

Tabla 9. Concentraciones de micronutrientes en el abono a los 2 meses de elaboración

PARÁMETRO	RESULTADO CELDAS EVALUADAS			VALOR MÁXIMO
	1	2	3	
Cobre (mg Cu/Kg)	10,83	10,91	10,97	30
Zinc (mg Zn/Kg)	0,01	0,02	0,02	100
Hierro (%Fe)	0,09	0,087	0,089	0,04
Manganeso (%Mn)	0,02	0,022	0,025	0,05

Tabla 10. Concentraciones de micronutrientes en el abono a los 4 meses de elaboración

PARÁMETRO	RESULTADO CELDAS EVALUADAS			VALOR MÁXIMO
	1	2	3	
Cobre (mg Cu/Kg)	10,83	10,91	10,97	30
Zinc (mg Zn/Kg)	0,01	0,02	0,02	100
Hierro (%Fe)	0,09	0,087	0,089	0,04
Manganeso (%Mn)	0,02	0,022	0,025	0,05

Gráfico 1. Variación del pH a base de cáscara de cacao a los 2 y 4 meses de iniciado el proceso de compostaje.

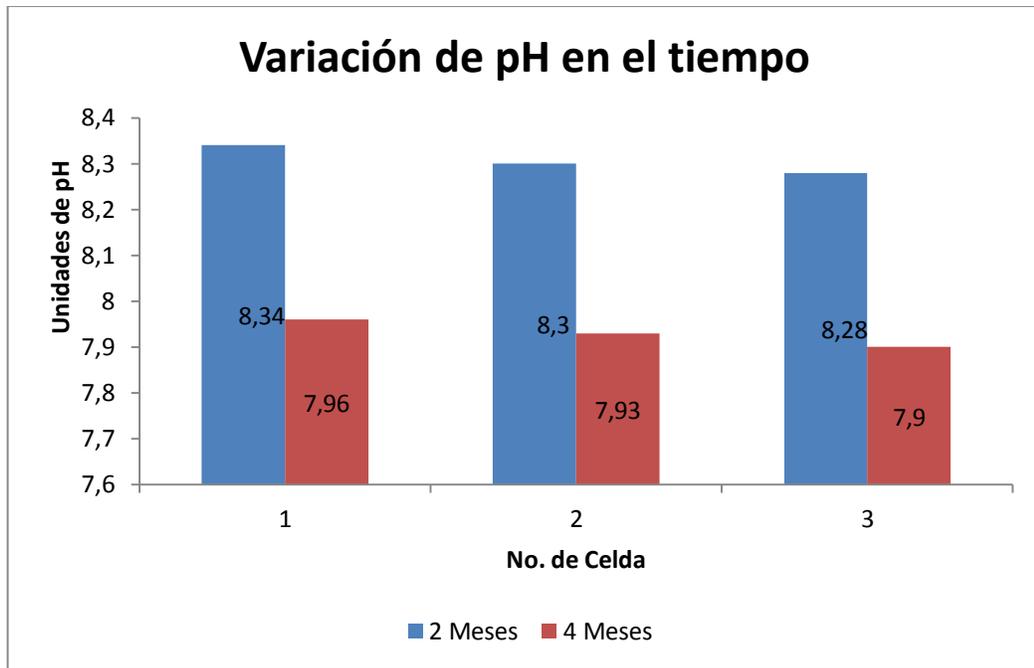


Gráfico 2. Variación del contenido de Nitrógeno a los 2 y 4 meses de iniciado el proceso de compostaje.

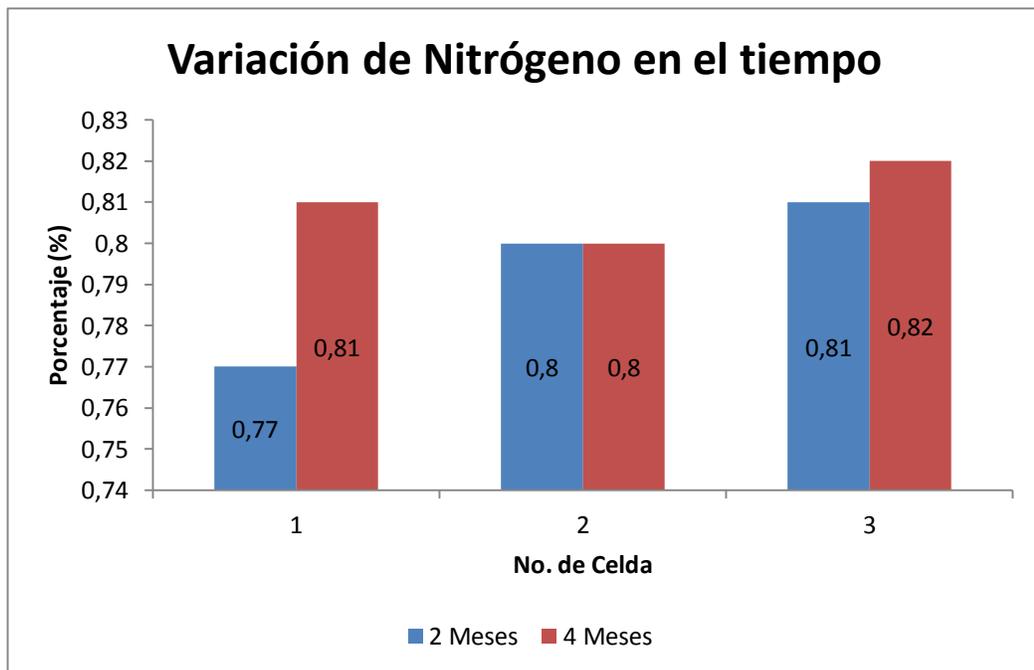


Gráfico 3. Variación del contenido de Fósforo a los dos y cuatro meses de iniciado el proceso de compostaje.

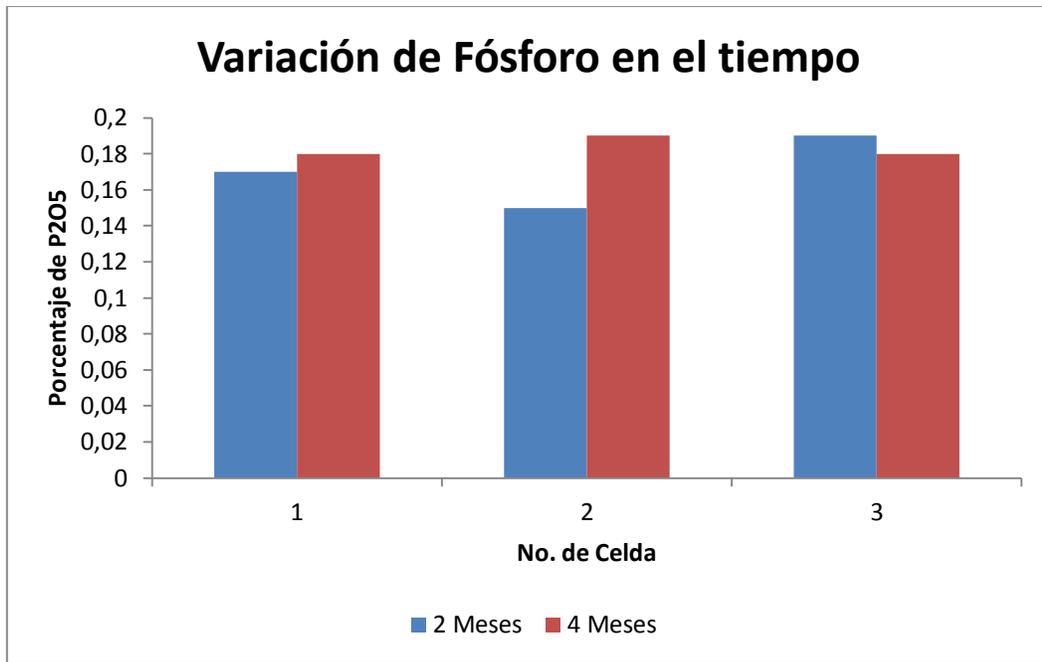
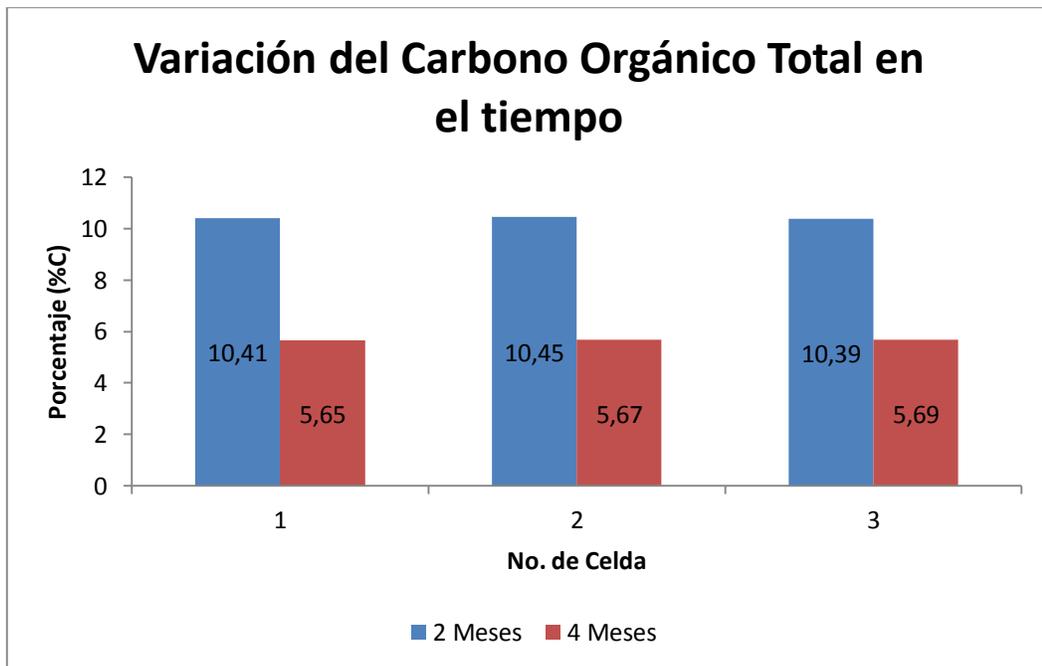


Gráfico 4. Variación de los niveles de Carbono Orgánico Total a los dos y cuatro meses de iniciado el proceso de compostaje.



8.2 ABONO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Para el caso del compost en el que se utilizó como sustrato residuos provenientes de cocina, se debe tener en cuenta que para los informes de resultados este tipo de sustrato se identificó como residuos sólidos orgánicos. Los resultados de laboratorio de estos análisis se encuentran en los anexos del 2 al 12.

Al igual que en el caso en donde se utilizó la mazorca de cacao como sustrato, el compostaje fue realizado por triplicado en tres celdas independientes y para monitorear el proceso se tomó una muestra por cada celda a los dos y cuatro meses después de haber iniciado el proceso. Los parámetros analizados en el laboratorio a estas muestras fueron pH, humedad, cenizas, nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, potasio, cobre, sodio, Cinc, hierro, manganeso, azufre, carbono orgánico oxidable total.

A continuación en la tabla 11 y 12 respectivamente se muestran los resultados obtenidos a los dos y cuatro meses de iniciado el proceso de compostaje así como los valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación para cada parámetro analizado en cada celda de compostaje.

Tabla 11. Comparación estadística de los resultados obtenidos para las tres celdas a los dos meses de compostaje.

PARÁMETRO	RESULTADO CELDAS EVALUADAS			PARÁMETROS ESTADÍSTICOS EVALUADOS		
	1	2	3	Promedio	Desvest	CV
pH (Unidades de pH)	8,32	8,39	8,42	8,38	0,05	0,61
Humedad (%)	71,13	70,85	69,25	70,41	1,01	1,44
Cenizas (%)	60,7	62,16	60,17	61,01	1,03	1,69
Nitrógeno (%N)	0,32	0,35	0,36	0,34	0,02	6,06
Fósforo (%P ₂ O ₅)	0,18	0,17	0,18	0,18	0,01	3,27
Calcio (%CaO)	0,67	0,69	0,62	0,66	0,04	5,46
Magnesio (%MgO)	0,16	0,16	0,15	0,16	0,01	3,69
Potasio (%K ₂ O)	0,8	0,84	0,8	0,81	0,02	2,84
Cobre (mg Cu/Kg)	< 14,77	14,95	14,9	14,87	0,04	0,24
Sodio (%Na)	0,08	0,06	0,054	0,06	0,01	21,05

Zinc (mg Zn/Kg)	38,84	38,29	38,15	38,43	0,36	0,95
Hierro (%Fe)	0,04	0,035	0,037	0,04	0,00	6,74
Manganeso (%Mn)	99,4	99	99,24	99,21	0,20	0,20
Azufre (%S)	0,05	0,043	0,045	0,05	0,00	7,84
Carbono orgánico Oxidable total (%C)	9	9,12	9,15	9,09	0,08	0,87

Tabla 12. Comparación estadística de los resultados obtenidos para las tres celdas a los cuatro meses de compostaje.

PARÁMETRO	RESULTADO CELDAS EVALUADAS			PARÁMETROS ESTADÍSTICOS EVALUADOS		
	1	2	3	Promedio	Desvest	CV
pH (Unidades de pH)	7,92	7,95	7,92	7,93	0,02	0,22
Humedad (%)	66,98	67,02	67,61	67,20	0,35	0,52
Cenizas (%)	12,98	12,94	12,42	12,78	0,31	2,44
Nitrógeno (%N)	0,8	0,85	0,79	0,81	0,03	3,95
Fósforo (%P ₂ O ₅)	0,23	0,27	0,3	0,27	0,04	13,17
Calcio (%CaO)	1,07	1,1	1,17	1,11	0,05	4,61
Magnesio (%MgO)	0,22	0,21	0,28	0,24	0,04	16,00
Potasio (%K ₂ O)	3,5	3,55	3,59	3,55	0,05	1,27
Cobre (mg Cu/Kg)	6,22	6,28	6,22	6,24	0,03	0,56
Sodio (%Na)	0,2	0,23	0,24	0,22	0,02	9,32
Zinc (mg Zn/Kg)	0,01	0,01	0,014	0,01	0,00	17,84
Hierro (%Fe)	0,11	0,114	0,118	0,11	0,00	3,51
Manganeso (%Mn)	0,01	0,016	0,019	0,02	0,00	30,55
Azufre (%S)	0,08	0,078	0,081	0,08	0,00	1,92
Carbono orgánico Oxidable total (%C)	5,39	5,32	5,38	5,36	0,04	0,71

De acuerdo con lo anterior se observa que los resultados obtenidos para los residuos sólidos orgánicos no presentan diferencias significativas entre las celdas ya que las desviaciones estándar y los coeficientes de variación son bajos; esta tendencia se observa tanto a los dos meses como a los cuatro meses de compostaje, sin embargo tanto para el sodio a los dos meses y el manganeso a los cuatro meses se observa un coeficiente de variación que supera el 20%, esto se debe a que las concentraciones medidas de estos parámetros están por debajo de 0,1. Pese a lo anterior se puede considerar que la muestra fue homogénea, representativa y que el proceso de compostaje se llevó a cabo uniformemente.

Después de cuatro meses de proceso se puede observar en la tabla 13 que se obtuvo un compost maduro, cuya relación C/N está un poco bajo respecto al ideal, la Humedad está muy cercana al valor ideal y el pH y el Nitrógeno se encuentran dentro de los valores establecidos.

Tabla 13. Proceso del compost maduro durante cuatro meses.

PARÁMETRO	RESULTADO CELDAS EVALUADAS			VALOR IDEAL
	1	2	3	
C/N	6,74	6,26	6,81	10 Y 15
Humedad	66,98	67,02	67,61	30-60%
pH	7,92	7,95	7,92	6,5-8,5
Nitrógeno total	0,8	0,85	0,79	≈1%

En los gráficos 5 al 8 se presentan las variaciones de los parámetros de pH, Nitrógeno, Fósforo y Carbono Orgánico Total a los dos y cuatro meses de elaborado el compost. En estos gráficos se puede observar cómo el pH desciende a medida que transcurre el tiempo de elaboración del compost hasta llegar a un valor neutro, el Nitrógeno y el Fósforo aumentan con el tiempo debido a la muerte de lombrices las cuales aportan estos nutrientes al compost y el Carbono Orgánico Total disminuye a medida que se mineraliza la materia orgánica producto.

La disminución en el porcentaje de cenizas indica una buena cantidad de materia orgánica transformada.

Para los nutrientes secundarios como el Calcio, Magnesio y Azufre no se observaron variaciones a lo largo de la elaboración del compost, es decir entre los análisis realizados a los dos y a los cuatro meses tal y como se puede observar en las tablas 14 y 15 respectivamente.

Tabla 14. Resultados relaciones nutrientes secundarios a los dos meses de realizado el compost

PARAMETRO	RESULTADO CELDAS EVALUADAS			VALOR PROMEDIO	% ELEMENTAL	RESULTADO EN ppm	RESULTADO EN Milieq/100	RELACION	RESULTADO DE LA RELACION	VALOR IDEAL
	1	2	3							
Calcio (%CaO)	0,67	0,69	0,62	0,66	0,47	4686	234	Ca/Mg	3,04	5
Magnesio (%MgO)	0,16	0,16	0,15	0,16	0,09	940	77	Mg/K	0,45	3
Potasio (%K ₂ O)	0,8	0,84	0,8	0,81	0,68	6751	173	Ca/K	1,36	<30
								(Ca+Mg)/K	1,80	<40
Azúfre (%S)	0,05	0,043	0,045	0,05	-	-	-	-	-	-

Tabla 15. Resultados relaciones nutrientes secundarios a los cuatro meses de realizado el compost

PARAMETRO	RESULTADO CELDAS EVALUADAS			VALOR PROMEDIO	% ELEMENTAL	RESULTADO EN ppm	RESULTADO EN Milieq/100	RELACION	RESULTADO DE LA RELACION	VALOR IDEAL
	1	2	3							
Calcio (%CaO)	1,07	1,1	1,17	1,11	0,79	7905	395	Ca/Mg	3,39	5
Magnesio (%MgO)	0,22	0,21	0,28	0,24	0,14	1420	116	Mg/K	0,15	3
Potasio (%K ₂ O)	3,5	3,55	3,59	3,55	2,94	29437	754	Ca/K	0,52	<30
								(Ca+Mg)/K	0,68	<40
Azúfre (%S)	0,08	0,078	0,081	0,08	-	-	-	-	-	-

De acuerdo con las tablas anteriores se observa que el compost a los cuatro meses presenta una relación Ca/Mg ideal, una deficiencia de Magnesio porque la relación Mg/K es menor a 1 y una adecuada cantidad de Potasio debido a que las relaciones Ca/K y (Ca+Mg)/K son menores de 30 y 40 respectivamente.

En relación a los micronutrientes, su valor permaneció constante excepto para el cobre en el cual se observó una reducción entre el segundo y el cuarto mes tal y como se observa en las tablas 16 y 17 respectivamente.

Tabla 16. Concentraciones de micronutrientes en el abono a los 2 meses de elaboración

PARÁMETRO	RESULTADO CELDAS EVALUADAS			VALOR MÁXIMO
	1	2	3	
Cobre (mg Cu/Kg)	14,77	14,95	14,9	30
Zinc (mg Zn/Kg)	0,01	0,01	0,014	100
Hierro (%Fe)	0,11	0,114	0,118	0,04
Manganeso (%Mn)	0,01	0,016	0,019	0,05

Tabla 17. Concentraciones de micronutrientes en el abono a los 4 meses de elaboración

PARÁMETRO	RESULTADO CELDAS EVALUADAS			VALOR MÁXIMO
	1	2	3	
Cobre (mg Cu/Kg)	6,22	6,28	6,22	30
Zinc (mg Zn/Kg)	0,01	0,01	0,014	100
Hierro (%Fe)	0,11	0,114	0,118	0,04
Manganeso (%Mn)	0,01	0,016	0,019	0,05

Gráfico 5. Variación del pH a base de residuos sólidos orgánicos de cocina a los 2 y 4 meses de iniciado el proceso de compostaje

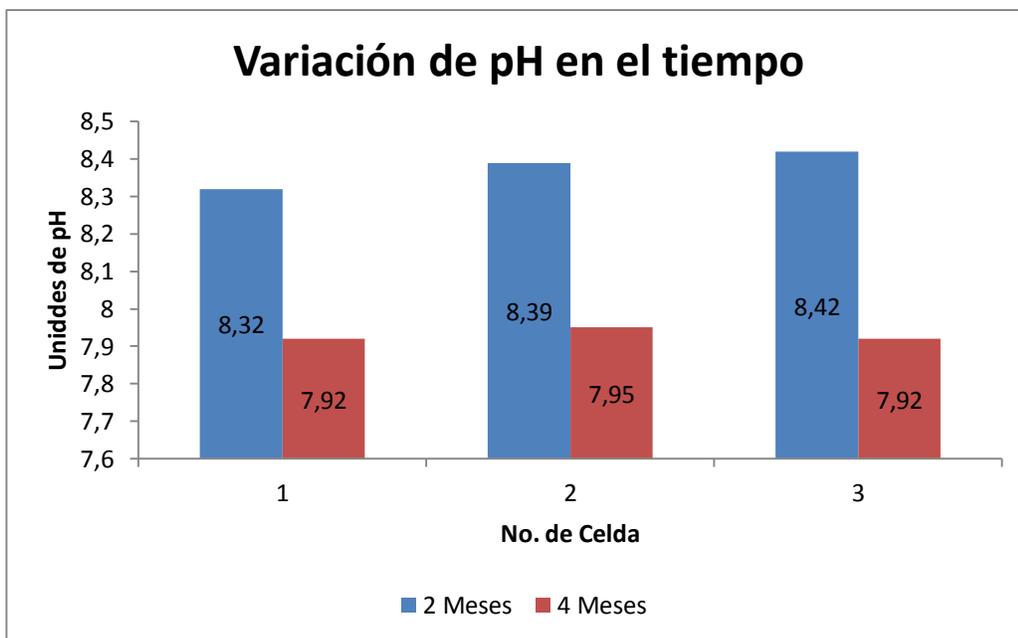


Gráfico 6. Variación del contenido de Nitrógeno a los 2 y 4 meses de iniciado el proceso de compostaje.

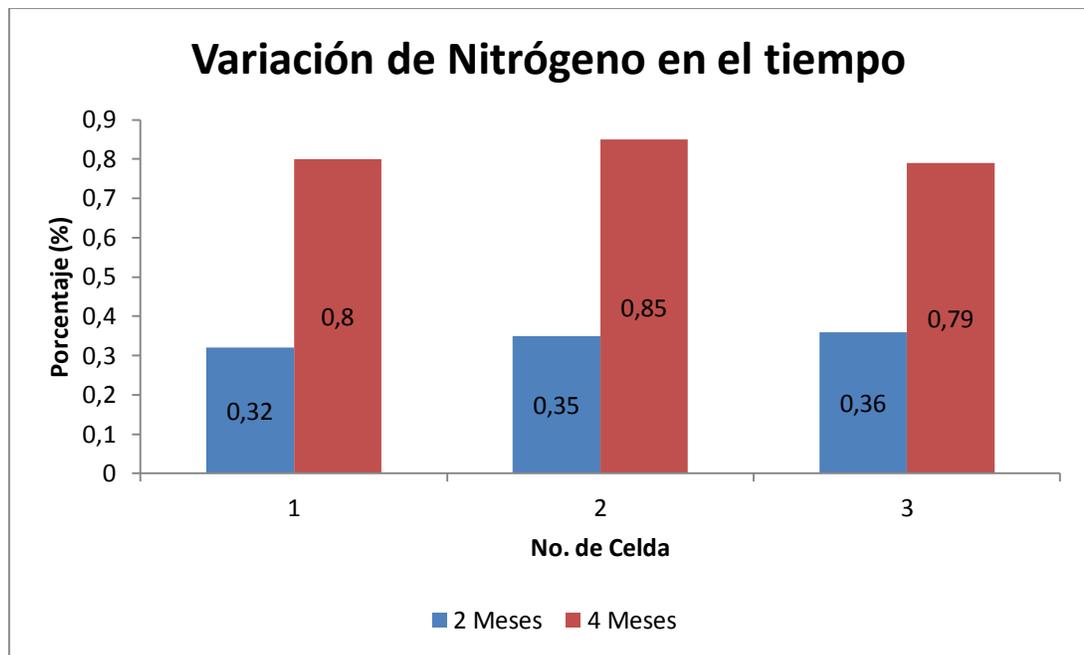


Gráfico 7. Variación del contenido de Fósforo a los dos y cuatro meses de iniciado el proceso de compostaje.

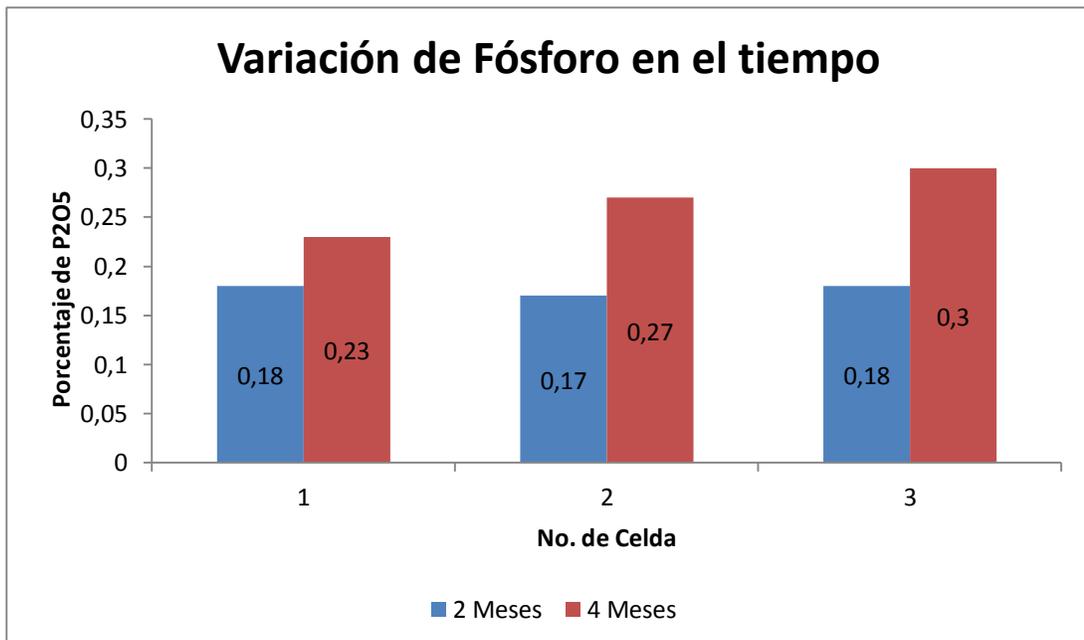
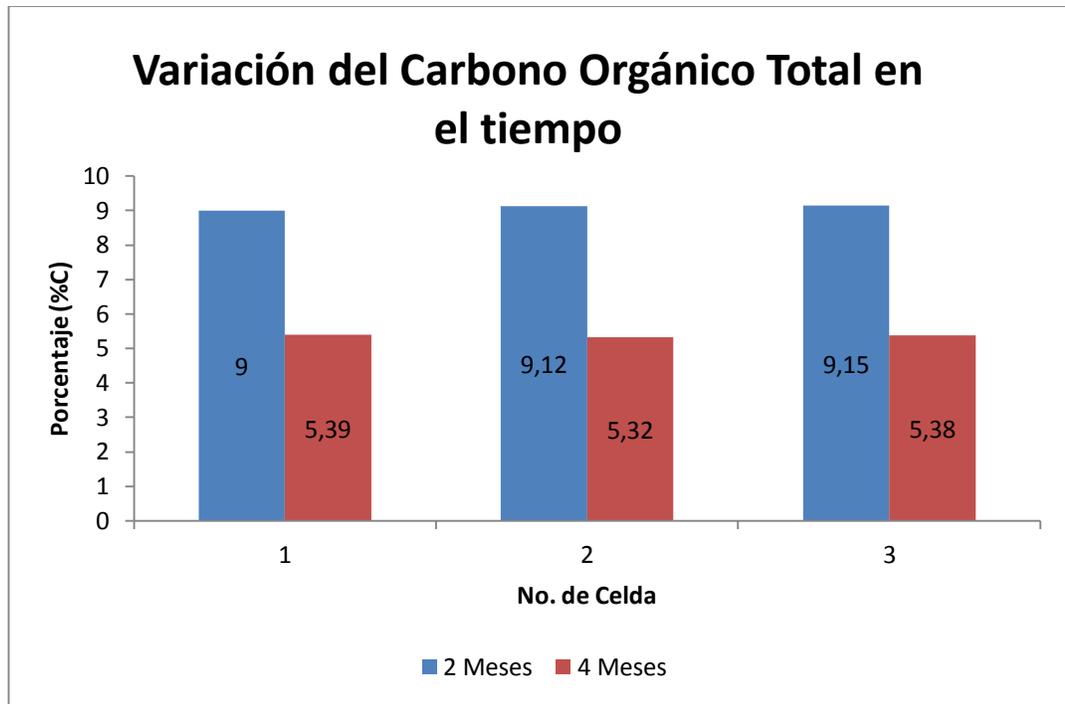


Gráfico 8. Variación de los niveles de Carbono Orgánico Total a los dos y cuatro meses de iniciado el proceso de compostaje.



9. CONCLUSIONES

- Al comparar el compost elaborado a partir de la mazorca de cacao con respecto al compost elaborado a partir de los residuos sólidos orgánicos de cocina utilizando para ello Lombriz Roja Californiana se encuentra que los resultados de Nitrógeno y Potasio están en el mismo rango, sin embargo el contenido de Fósforo es inferior en la mazorca de cacao respecto al valor obtenido a partir de los residuos de cocina.
- Se observa que en ambos sustratos se alcanza una madurez del compost a los cuatro meses, sin embargo la relación C/N en los dos sustratos se encuentra por debajo del valor ideal, lo que indica que existe una buena disponibilidad de Nitrógeno para el suelo cuando sea aplicado este producto, pero durante el proceso de elaboración del mismo ha existido una alta mineralización de la materia orgánica.
- Para los nutrientes secundarios se observó que el abono realizado a partir de la mazorca de cacao presentó un nivel bajo de calcio en contraposición con el abono realizado a partir de residuos sólidos orgánicos de cocina que fue adecuado. Los abonos provenientes de ambos sustratos presentaron deficiencia de Magnesio y una adecuada cantidad de Potasio.
- En ambos sustratos la concentración de hierro se encontró por encima del valor máximo esperado, sin embargo en el abono realizado a partir de la mazorca de cacao su concentración de Hierro fue menor.
- La caracterización de los dos abonos de residuos orgánicos mostraron un buen porcentaje de N-P-K, óptimos para diferentes plantaciones y suelos deteriorados.

- Al momento de utilizar el compost fabricado se debe tener especial cuidado con el contenido de Hierro, ya que este excede el valor máximo requerido por las plantas y puede constituir una fuente de intoxicación.

- Se concluye que la mazorca de cacao y los residuos sólidos orgánicos provenientes de cocinas son aptos para realizar compostaje utilizando Lombriz Roja Californiana y por lo tanto se constituyen en una solución ambiental para la Vereda Cruces de Panamá en el Municipio de Rionegro Santander

10. RECOMENDACIONES

- Tomar una muestra del compost realizado a los tres meses con el fin de determinar si ya se alcanzó la madurez del mismo y la relación C/N se encuentra en valores más cercanos a 10, que es el valor considerado como ideal.
- Sustituir paulatinamente los fertilizantes químicos utilizados en las diferentes plantaciones con la aplicación del compost, con el objetivo de disminuir los gastos para la fertilización de los cultivos agrícolas de la región.
- Verificar muy bien el contenido de Hierro en los compostajes fabricados de residuos ya que si excede el valor máximo requerido por las plantas se puede constituir en una fuente de intoxicación para las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA CARRIÓN, Wilson e IVAN, Milton. Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá. Tesis de zootecnia. Fusagasugá: Universidad De Cundinamarca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2015.

ALCOLEA, Miriam; GONZÁLEZ, Cristina. Manual de compostaje doméstico [en línea]. Barcelona. España, 2000. [Citado el 18 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://www.resol.com.br/cartilhas/manual-compostaje-en-casa-barcelona.pdf>

ARDILA SUÁREZ, Carolina y CARREÑO JEREZ, Silvia. Aprovechamiento de la cáscara de la mazorca de cacao como adsorbente. Tesis Ingeniería Química. Bucaramanga: Universidad Industrial De Santander. Escuela de ingeniería química. 2011.

BAENA, Luz Marina; GARCÍA, N. Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de las semillas tostadas de Theobroma cacao L. de una industria chocolatera colombiana. Tesis química industrial. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. 2012.

BARAZARTE, Humberto; SANGRONIS, Elba y UNAI, Emaldi. La cáscara de cacao (Theobroma cacao L.): una posible fuente comercial de pectinas. En: Archivos Latinoamericanos de nutrición, 2008, vol. 58, no 1, p. 64-70.70.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, CORPOICA. Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao. Bucaramanga, 2000.

CRUZ-CRESPO, Elia *et al.* Sustratos en la horticultura. En: Revista Bio Ciencias, 2013, vol. 2, no 2.

FEDERACAFÉ. Composición química de abonos orgánicos. 1990.

FERNÁNDEZ COLOMINA, Arantxa y SÁNCHEZ OSUNA, María. Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos. Ciudad de la Habana: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), 2007.

GÁLVEZ SOLA, Luis Nazario. Viabilidad del uso combinado de la espectroscopía NIRS, espectroscopía de infrarrojo FT-IR y Resonancia Magnética Nuclear (RMN) en la evaluación de residuos orgánicos frescos y compostados. Tesis Licenciatura en Ciencias Ambientales. Elche: Universidad Miguel Hernández de Elche. Departamento. Agroquímica y medio ambiente. 2010.

GÓMEZ, Raquel. Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Tesis Doctoral Ingeniería química. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona. 2007.

JARAMILLO HENAO, Gladys y ZAPATA MÁRQUEZ, Liliana María. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. Tesis Especialista en Gestión Ambiental. Medellín: Universidad de Antioquia. Facultad De Ingeniería. 2008.

LÓPEZ, Daniel y LLORENTE, Mireya. La Agroecología: Hacia un nuevo modelo Agrario. Sistema agroalimentario, producción ecológica y consumo responsable. Madrid: Ecologistas en Acción. 2011.

MARMOLEJO, Luis. Sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos domiciliarios en Colombia. Cali: Procuraduría delegada para asuntos agrarios, 2004.

MÁRQUEZ, Pedro Bueno; BLANCO, Manuel Jesús Díaz y CAPITÁN, Francisco Cabrera. Cuatro Factores que afectan al proceso de compostaje. En: Compostaje, 2008, p. 93.

MEJÍA, Luis Antonio y PALENCIA, Gildardo Efraín. Abono orgánico, manejo y uso en el cultivo de cacao. Corpoica, programa nacional de transferencia de tecnología agropecuaria y la fundación ICPROC. 2002.

MELÉNDEZ, Gloria y SOTO, Gabriela. Taller de Abonos Orgánicos [en línea]. 2003. [Citado el 18 de febrero de 2018]. Disponible en: [http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria Taller Abonos Orgánicos.pdf](http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Orgánicos.pdf)

MORALES CUFINO, Ginna Iveth y ARISTIZABAL, Oscar Mauricio. Estudio de factibilidad técnico financiero de abono orgánico a partir de los desechos orgánicos de la plaza de Corabastos de Bogotá. Tesis Contador Público. Bogotá: Universidad De La Salle. Facultad de contaduría Pública. 2010.

PIMIENTA RUEDA, Paola. Formación de una cultura ecológica en la escuela: transformación de residuos sólidos orgánicos en abonos de buena calidad, como una alternativa para disminuir el impacto ambiental generado por estos residuos. Tesis especialista en química ambiental. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de química. 2004.

PULGARÍN, Jaime y FARFÁN, Fernando. Capítulo 9. Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica en la producción de la finca [en línea]. [Citado el 18 de febrero de 2018]. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo9.pdf>

REYES, Jairo Ricardo. Materiales Orgánicos Utilizados como Fertilizantes o Acondicionadores de Suelos. Centro de Investigación de la caña de azúcar en Colombia, 2004.

RODRÍGUEZ CONTRERAS, Juan Carlos, et al. Manejo integral de residuos sólidos urbanos domiciliarios en Colombia: mitos y realidades. Tesis de Alta Gerencia. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias Económicas. 2016.

ROMÁN, Pilar; MARTÍNEZ, María y PANTOJA, Alberto. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. 2013.

RUIZ, Mariana; PASTOR, Karla; ACEVEDO, Adriana. Biodegradabilidad de Artículos Desechables en un Sistema de Composta con Lombriz. En: Información tecnológica [en línea], 2013, vol. 24, no 2, p. 47-56. [Citado el 18 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://doi.org/10.4067/S0718-07642013000200007>

SÁNCHEZ QUEZADA, Johanna Patricia. Evaluación energética de cáscaras de cacao nacional y CCN-51. Tesis de maestría planificación y gestión energéticas. Cuenca, Ecuador Universidad de Cuenca. Facultad de ciencias químicas. 2013.

SÁNCHEZ ROMERO, Álvaro. Elaboración, caracterización y comparación de abonos orgánicos a base de equinaza y bovinaza. Tesis de química. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ciencias. 2008.

SOTO, María. Desarrollo del proceso de producción de cascarilla de semilla de cacao en polvo destinada al consumo humano. Tesis ingeniera química. Sartenejas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar. Facultad de ingeniera química. 2012.

SZTERN, Daniel y PRAVIA, Miguel. Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos [en línea]. Organización Panamericana de la Salud, 1999. [Citado el 18 de febrero de 2018]. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>

VALDERRAMA, Alejandra. Biodegradación de residuos sólidos agropecuarios y uso de bioabono como acondicionador del suelo. Tesis Especialista en Biotecnología. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Ingenierías. 2013.

ANEXOS

ANEXO A. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO AL INICIO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE. SUSTRATO MAZORCA DE CACAO

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2015/01/16 Página 1 de 3	



"Acreditación por el ICAAM según la Resolución No. 1029 de 2011, en los parámetros pH, DBO, DQO, SST, Sólidos, SARM, plomo y mercurio en aguas, residuos sólidos y residuos en aguas residuales sólidos en estado gaseoso de muestras portátiles y no portátiles".



"Acreditación del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 0294 de 2010 para la realización de análisis físico-químicos y microbiológicos de aguas para consumo humano".

Informe de resultados No.	I-15-161	Fecha de emisión:	Abril 30 de 2015
Cliente:	MARTHA CECILIA VEGA ECHEVERRÍA		
Dirección del cliente:	Calle 8N No. 15-10		
Solicitud de servicio No.	15-152	No. de muestras:	02
Fecha de recepción de las muestras:	Abril 10 de 2015		
Muestras recibidas por:	Amparo López		
Fecha de análisis:	Abril 10 de 2015 – Abril 23 de 2015		

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	15-152-01	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Biosólidos		
Matriz de la muestra:	Cáscara de Cacao		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Municipio Rionegro / Institución Educativa La Cebra- Escuela Cucheros		
Fecha del muestreo:	Abril 08 de 2015		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	8,52	Potenciométrico / NTC 5167
Humedad (%)	75,42	Gravimétrico / NTC 5167
Cenizas (%)	65,37	Gravimétrico NTC 5167
Nitrogeno (% N)	0,85	Kjeldahl-Titrémtrico/ NTC 5167
Fósforo (% P ₂ O ₅)	0,36	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	0,89	Absorción Atómica/ NTC 5167
Magnesio (% MgO)	0,48	Absorción Atómica/ NTC 5167
Potasio (% K ₂ O)	2,15	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cobre (mg Cu/Kg)	4,10	Absorción Atómica/ NTC 5167
Sodio (% Na)	0,06	Absorción Atómica/ NTC 5167
Zinc (mg Zn/kg)	83,62	Absorción Atómica/ NTC 5167
Hierro (% Fe)	0,17	Absorción Atómica/ NTC 5167
Manganeso (% Mn)	0,08	Absorción Atómica/ NTC 5167
Azúfre (% S)	0,05	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable Total (% COOT)	22,15	Titrémtrico/ NTC 5167

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 223
 Correo: (7) 6344000 Ext. 2463 ó 2465, Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.us.edu.co/icc/> E-mail: labquimico@gmail.com, labquimico@us.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

ANEXO B. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO AL INICIO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE. SUSTRATO RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 2 de 3	

Informe de resultados No. 1-15-151 Solicitud de servicio No. 15-152

2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Codificación de la Muestra:	Tipo de muestra: Puntual
Identificación de la muestra:	Biorresiduos
Matriz de la muestra:	Residuos Sólidos Orgánicos
Muestreo realizado por:	El Cliente
Lugar y punto de muestreo:	Municipio Ronnegro / Institución Educativa La Ceiba- Escuela Cucharas
Fecha del muestreo:	Abril 08 de 2015

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	8,67	Potenciométrico / NTC 5167
Humedad (%)	72,54	Gravimétrico / NTC 5167
Cenizas (%)	62,13	Gravimétrico/ NTC 5167
Nitrógeno (% N)	0,88	Kjeldahl-Titrométrico/ NTC 5167
Fósforo (% P ₂ O ₅)	0,39	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	0,96	Absorción Atómica/ NTC 5167
Magnesio (% MgO)	0,33	Absorción Atómica/ NTC 5167
Potasio (% K ₂ O)	1,27	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cobre (mg Cu/kg)	17,01	Absorción Atómica/ NTC 5167
Sodio (mg Na/kg)	0,12	Absorción Atómica/ NTC 5167
Zinc (mg Zn/kg)	40,03	Absorción Atómica/ NTC 5167
Hierro (% Fe)	0,06	Absorción Atómica/ NTC 5167
Manganeso (mg Mn/kg)	99,87	Absorción Atómica/ NTC 5167
Azufre (% S)	0,06	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable Total (% COOT)	22,21	Titrimétrico/ NTC 5167

Observaciones: Ninguna

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original

Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

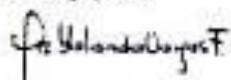
Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2463 d 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.us.edu.co/ici/> E-mail: labquimico@gmail.com
labquimico@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 3 de 3	

Informe de resultados No. 1-13-161

Solicitud de servicio No. 13-132

Revisó y aprobó



Luz Yolanda Vargas Fiallo
Directora del Laboratorio
Química M.Sc. Química UIS
MP PQ 1144

Estado: Anulado Libero 3

ANEXO C. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO A LOS DOS MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO MAZORCA DE CACAO. CELDA 1

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 06	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 1 de 3	



"Institución del ICAE según la Resolución No. 3075 de 2011, en las jurisdicciones pH, ENO, OQI, AOT, Suelo, SUELO grueso y control de aguas, análisis físico y químico en aguas, residuos sólidos en suelos y otros de máxima precisión y confiabilidad"



"Acreditación del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 5141 de 2010, para la realización de análisis físico, químico y microbiológico de aguas para consumo humano"

Informe de resultados No.	3-16-263	Fecha de emisión:	Junio 30 de 2015
Cliente:	MARTHA CECILIA VEGA ECHEVERRIA		
Dirección del cliente:	Calle 8N No. 15-10		
Solicitud de servicio No.	15-239	No. de muestras:	08
Fecha de recepción de las muestras:	Junio 16 de 2015		
Muestras recibidas por:	Amparo López		
Fecha de análisis:	Junio 16 de 2015 - Junio 30 de 2015		

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	15-239-01	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Bioresiduos Celda No. 1		
Matriz de la muestra:	Cascara de Cacao		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Municipio Ronero / Institución Educativa La Cebra- Escuela Cuchara		
Fecha del muestreo:	Junio 12 de 2015		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	8.34	Potenciométrico / NTC 5167
Humedad (%)	68.25	Gravimétrico / NTC 5167
Cenizas (%)	64.04	Gravimétrico / NTC 5167
Nitrógeno (% N)	0.77	Hjeldahl-Titrímetro/ NTC 5167
Fósforo (% P ₂ O ₅)	0.17	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Calcio (% CaO)	0.87	Absorción Atómica/ NTC 5167
Magnesio (% MgO)	0.46	Absorción Atómica/ NTC 5167
Potasio (% K ₂ O)	2.05	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cobre (mg Cu/Kg)	4.02	Absorción Atómica/ NTC 5167
Sodio (% Na)	0.04	Absorción Atómica/ NTC 5167
Zinc (mg Zn/Kg)	81.95	Absorción Atómica/ NTC 5167
Hierro (% Fe)	0.14	Absorción Atómica/ NTC 5167
Manganeso (% Mn)	0.02	Absorción Atómica/ NTC 5167
Azufre (% S)	0.04	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Carbono Orgánico Doble Total (% C)	10.41	Térmico/ NTC 5167

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 - Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Comunicador: (7) 6344000 Ext. 2463 ó 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/top/> E-mail: labquimico@gmail.com, labquimico@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

ANEXO D. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO A LOS DOS MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. CELDA 2

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/18 Página 2 de 3	

Informe de resultados No. 1-18-263 Solicitud de servicio No. 15-239

2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Codificación de la Muestra: 15-239-02	Tipo de muestra: Puntual
Identificación de la muestra: Biorresiduos	
Matriz de la muestra: Residuos Sólidos Orgánicos Celda No. 2	
Muestras realizadas por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Municipio Rionegro / Institución Educativa La Cebra- Escuela Cucháras	
Fecha del muestreo: Junio 12 de 2010	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	6.32	Potenciométrico / NTC 5167
Humedad (%)	71.13	Gravimétrico / NTC 5167
Cenizas (%)	80.70	Gravimétrico / NTC 5167
Nitrógeno (% N)	0.32	Kjeldahl-Titrémico/ NTC 5167
Fósforo (% P ₂ O ₅)	0.18	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Calcio (% CaO)	0.67	Absorción Atómica/ NTC 5167
Magnesio (% MgO)	0.16	Absorción Atómica/ NTC 5167
Potasio (% K ₂ O)	0.60	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cobre (mg Cu/Kg)	+14.77	Absorción Atómica/ NTC 5167
Sodio (mg Na/Kg)	0.08	Absorción Atómica/ NTC 5167
Zinc (mg Zn/Kg)	38.84	Absorción Atómica/ NTC 5167
Hierro (% Fe)	0.04	Absorción Atómica/ NTC 5167
Manganeso (mg Mn/Kg)	99.40	Absorción Atómica/ NTC 5167
Azúfre (% S)	0.05	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable Total (% C)	8.00	Titrémico/ NTC 5167

Observaciones: Ninguna

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comuniquen con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 - Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222

Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2463 ó 2465. Teléfax: (7) 6349009

Página web: <http://ciencias.us.edu.co/> E-mail: labquimico@us.edu.co

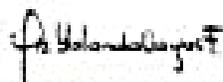
labquimico@us.edu.co
Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/18 Página 3 de 3	

Informe de resultados No. 1-15-203

Solicitud de servicio No. 15-238

Revisó y aprobó:



Luz Yolanda Vargas Flórez
Directora del Laboratorio
Química, M.Sc. Química UIS
MP-PQ 1144

Correo: labquimco@uis.edu.co

Ciudad Universitaria Carrera 37 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222

Commutador: (7) 6344000 Ext. 2463 ó 2465. Telefax: (7) 6349009

Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/uis/> E-mail: labquimco@gmail.com

labquimco@uis.edu.co

Bucaramanga - Colombia

ANEXO F. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO A LOS DOS MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. CELDA 2

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 2 de 3	

Informe de resultados No. 1-15-364 Solicitud de servicio No. 15-239

2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Coeficiación de la Muestra: 15-239-04	Tipo de muestra: Puntual
Identificación de la muestra: Biorresiduos	
Matriz de la muestra: Residuos Sólidos Orgánicos- Celda No. 2	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Municipio Rionegro / Institución Educativa La Ceiba- Escuela Cucheros	
Fecha del muestreo: Junio 12 de 2015	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	8,59	Potenciométrico / NTC 5167
Humedad (%)	70,85	Gravimétrico / NTC 5167
Cenizas (%)	62,18	Gravimétrica/ NTC 5167
Nitrógeno (% N)	0,35	Kjeldahl-Titrométrico/ NTC 5167
Fósforo (% P ₂ O ₅)	0,17	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	0,69	Absorción Atómica/ NTC 5167
Magnesio (% MgO)	0,18	Absorción Atómica/ NTC 5167
Potasio (% K ₂ O)	0,54	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cobre (mg Cu/kg)	14,95	Absorción Atómica/ NTC 5167
Sodio (mg Na/kg)	0,06	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cinc (mg Zn/kg)	38,29	Absorción Atómica/ NTC 5167
Hierro (% Fe)	0,035	Absorción Atómica/ NTC 5167
Manganeso (mg Mn/kg)	99,00	Absorción Atómica/ NTC 5167
Azúcar (% S)	0,043	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable Total (% C)	8,12	Titrométrico/ NTC 5167

Observaciones: Ninguna

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

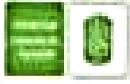
Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Cuidad Universitaria Carrera 27 Calle 9 - Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222

Computador: (7) 6344000 Ext. 2463 ó 2465. Telefax: (7) 6349009

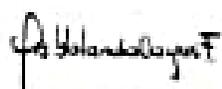
Página web: <http://vincias.us.edu.co/lqc/> E-mail: lqquimico@gmail.com

lqquimico@us.edu.co
Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUIMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 3 de 3	

Informe de resultados No. 1-15-244 Solicitud de servicio No. 15-228

Revisó y aprobó:



Luz Yolanda Vargas Flallo
 Directora del Laboratorio
 Química M Sc Química UIS
 MP PQ 1144

Elaborado por: Luz Yolanda Vargas Flallo

ANEXO G. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO A LOS DOS MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO. MAZORCA DE CACAO CELDA 3

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 1 de 3	



*Laboratorio por el IDEAM según la Resolución No. 1600 de 2011, en los parámetros pH, DBO₅, DQO, SOD, Amóniaco, Nitrato, nitrógeno y calcio en aguas, metales pesados y nutrientes en aguas, residuos sólidos en suelos y metales pesados en suelos y aguas de minería, residuos y aguas de minería, residuos y aguas de minería.



*Autorización del Ministerio de la Protección Social expedida el 12 de junio de 2012, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos de agua para consumo humano.

Informe de resultados No.	1-15-263	Fecha de emisión:	Junio 30 de 2015
Cliente:	MARTHA CECILIA VEGA ECHEVERRÍA		
Dirección del cliente:	Calle 8N No. 15-10		
Solicitud de servicio No.	15-239	No. de muestras:	08
Fecha de recepción de las muestras:	Junio 16 de 2015		
Muestras recibidas por:	Amparo López		
Fecha de análisis:	Junio 16 de 2015 – Junio 30 de 2015		

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	15-239-05	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Bioresiduos – Celda No. 3		
Matriz de la muestra:	Cáscara de Cacao		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Municipio Ronnegro / Institución Educativa La Ceiba- Escuela Cuchara		
Fecha del muestreo:	Junio 12 de 2015		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO Y NORMA
pH (Unidades de pH)	8.28	Potenciométrico / NTC 5167
Humedad (%)	66.14	Gravimétrico / NTC 5167
Cenizas (%)	60.95	Gravimétrico/ NTC 5167
Nitrógeno (% N)	0.81	Kjeldahl-Térmico/ NTC 5167
Fósforo (% P ₂ O ₅)	0.19	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Calcio (% CaO)	0.90	Absorción Atómica/ NTC 5167
Magnesio (% MgO)	0.41	Absorción Atómica/ NTC 5167
Potasio (% K ₂ O)	2.11	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cobre (mg Cu/kg)	4.04	Absorción Atómica/ NTC 5167
Sodio (% Na)	0.03	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cinc (mg Zn/kg)	80.45	Absorción Atómica/ NTC 5167
Hierro (% Fe)	0.11	Absorción Atómica/ NTC 5167
Manganeso (% Mn)	0.019	Absorción Atómica/ NTC 5167
Azúcar (% S)	0.037	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable Total (% C)	10.39	Titrímetro/ NTC 5167

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2463 ó 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lac/> E-mail: labquimico@gmail.com, labquimico@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

ANEXO H. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO A LOS DOS MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO. RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS CELDA 3

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/18 Página 2 de 3	

Informe de resultados No. 1-15-266 Solicitud de servicio No. 15-238

2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Codificación de la Muestra: 15-238-08	Tipo de muestra: Puntual
Identificación de la muestra: Biorresiduo	
Matriz de la muestra: Residuos Sólidos Orgánicos- Celda No. 3	
Muestras realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Municipio Rionegro / Institución Educativa La Ceiba- Escuela Cocheros	
Fecha del muestreo: Junio 12 de 2015	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	8.42	Potenciométrico / NTC 5167
Humedad (%)	69.25	Gravimétrico / NTC 5167
Cenizas (%)	50.17	Gravimétrico/ NTC 5167
Nitrógeno (% N)	0.38	Kjeldahl-Titrémtrico/ NTC 5167
Fósforo (% P ₂ O ₅)	0.18	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	0.62	Absorción Atómica/ NTC 5167
Magnesio (% MgO)	0.15	Absorción Atómica/ NTC 5167
Potasio (% K ₂ O)	0.60	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cobre (mg Cu/kg)	14.90	Absorción Atómica/ NTC 5167
Sodio (mg Na/kg)	0.054	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cinc (mg Zn/kg)	38.15	Absorción Atómica/ NTC 5167
Hierro (% Fe)	0.037	Absorción Atómica/ NTC 5167
Manganeso (mg Mn/kg)	99.24	Absorción Atómica/ NTC 5167
Azúfre (% S)	0.045	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable Total (% C)	9.15	Titrémtrico/ NTC 5167

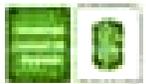
Observaciones: Ninguna

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

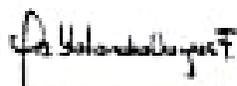
Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comuniqué con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Cubad Universitaria Carrera 27 Calle 9 - Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Corrutador: (7) 6344000 Ext. 2463 ó 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.us.edu.co/lqc/> E-mail: lqc@us.edu.co
lqc@us.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUIMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F.PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 06	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/18 Página 3 de 3	

Informe de resultados No. 1-15-268 Solicitud de servicio No. 15-229

Revisó y aprobó



Luc Yolanda Vargas Piñón
Directora del Laboratorio
Química, M.Sc. Química UIS
MP PQ 1144

IMPRESO: 04/08/2012 10:00:00

ANEXO I. ANÁLISIS FISIQUÍMICO A LOS 4 MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO. MAZORCA DE CACAO. CELDA 1

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 1 de 3	



*Acreditación por el ECAM según la Resolución No. 2111 de 2011, en sus parámetros por: 2014, 2004, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 y 2012. ECAM genera y emite en apoyo técnico técnico a diversas en apoyo, mediante visitas en campo y otros de manera puntual y permanente.



*Acreditación del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 1611 de 2011, para la prestación de servicios de salud, dentales y odontológicos de tipo para atención hospitalaria.

Informe de resultados No.	1-15-406	Fecha de emisión:	Septiembre 09 de 2015
Cliente:	MARTHA CECILIA VEGA ECHEVERRIA		
Dirección del cliente:	Calle 8N No. 15-10		
Solicitud de servicio No.	15-362	No. de muestras:	06
Fecha de recepción de las muestras:	Agosto 28 de 2015		
Muestras recibidas por:	Amparo López		
Fecha de análisis:	Agosto 28 de 2015 - Septiembre 09 de 2015		

1. ANALISIS FISIQUÍMICO

Codificación de la Muestra:	15-362-01	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Biosólidos Celda No. 1		
Matriz de la muestra:	Cascara de Cacao		
Muestras realizadas por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Municipio Bonaguá / Institución Educativa La Ceiba- Escuela Cucufalá		
Fecha del muestreo:	Agosto 28 de 2015		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODOS/NORMA
pH (Unidades de pH)	7.96	Potenciométrico / NTC 5167
humedad (%)	85.42	Gravimétrico / NTC 5167
Cenizas (%)	12.82	Gravimétrico/ NTC 5167
Nitrógeno (% N)	0.81	Kjeldahl-Titrémétrico/ NTC 5167
Fósforo (% P ₂ O ₅)	0.18	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Calcio (% CaO)	0.98	Absorción Atómica/ NTC 5167
Magnesio (% MgO)	0.50	Absorción Atómica/ NTC 5167
Potasio (% K ₂ O)	3.23	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cobre (mg Cu/Kg)	10.83	Absorción Atómica/ NTC 5167
Sodio (% Na)	0.21	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cinc (% Zn)	0.01	Absorción Atómica/ NTC 5167
Hierro (% Fe)	0.09	Absorción Atómica/ NTC 5167
Manganeso (% Mn)	0.02	Absorción Atómica/ NTC 5167
Azúfre (% S)	0.05	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable Total (% C)	5.65	Titrémétrico/ NTC 5167

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Comunicador: (7) 6344000 Ext. 2463 ó 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.us.edu.co/lab/> E-mail: labquimco@gmail.com; labquimco@us.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

ANEXO J. ANÁLISIS FISIQUÍMICO A LOS CUATRO MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. CELDA 1

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F.PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16	
		Página 2 de 3	

Informe de resultados No. 1-15-408 Solicitud de servicio No. 15-362

2. ANALISIS FISIQUÍMICO

Codificación de la Muestra:	15-362-02	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Biorresiduos Celda No. 1		
Matriz de la muestra:	Residuos Sólidos Orgánicos		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Municipio Rionegro / Institución Educativa La Ceiba- Escuela Cochinos		
Fecha del muestreo:	Agosto de 2015		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	7.62	Potenciométrico / NTC 5167
Humedad (%)	66.98	Gravimétrico / NTC 5167
Cenizas (%)	12.68	Gravimétrico/ NTC 5167
Nitrogeno (% N)	0.80	Kjeldahl-Titrétrico/ NTC 5167
Fósforo (% P ₂ O ₅)	0.23	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	1.07	Absorción Atómica/ NTC 5167
Magnesio (% MgO)	0.22	Absorción Atómica/ NTC 5167
Potasio (% K ₂ O)	3.50	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cobres (mg Cu/Kg)	6.22	Absorción Atómica/ NTC 5167
Sodio (mg Na/kg)	0.20	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cinc (% Zn)	0.01	Absorción Atómica/ NTC 5167
Hierro (% Fe)	0.11	Absorción Atómica/ NTC 5167
Manganeso (mg Mn/kg)	0.01	Absorción Atómica/ NTC 5167
Azufre (% S)	0.08	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable Total (% C)	5.39	Titrétrico/ NTC 5167

Observaciones: Ninguna

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Cidad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2463 ó 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.us.edu.co/lor/> E-mail: labquimico@gmail.com
labquimico@us.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 03	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/18 Página 3 de 3	

Informe de resultados No. 1-03-408

Solicitud de servicio No. 15-363

Revisó y aprobó



Lidia Yolanda Vargas Fallo
Directora del Laboratorio
Química, M.Sc Química LIS
MP PQ 1144

Revisó: Anselmo López Garmen

ANEXO K. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO A LOS CUATRO MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO MAZORCA DE CACAO. CELDA 2

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PIA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/15 Página 1 de 3	



*Institución por el IDEAM según la Resolución No. 1111 de 2013, en sus parámetros pH, ORP, DQO, SOT, Brutos, SSM, gases y aceites en aguas, residuos sólidos y líquidos en aguas, residuos líquidos en suelos y temas de monitoreo producción y contaminación.



Intendencia del Ministerio de la Protección Social, mediante la Resolución 1072 de 2013, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano.

Informe de resultados No.	1-15-407	Fecha de emisión:	Septiembre 09 de 2015
Cliente:	MARTHA CECILIA VEGA ECHEVERRIA		
Dirección del cliente:	Calle BN No 15-10		
Botafuend de servicio No.	15-352	No. de muestras:	06
Fecha de recepción de las muestras:	Agosto 28 de 2015		
Muestras recibidas por:	Amparo López		
Fecha de análisis:	Agosto 28 de 2015 - Septiembre 09 de 2015		

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la muestra:	15-352-03	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Biorresiduo Celosa No 2		
Matriz de la muestra:	Cascara de Cacao		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Municipio Rionegro / Institución Educativa La Ceiba- Escuela Cucheros		
Fecha del muestreo:	Agosto 28 de 2015		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	7.93	Potenciométrico / NTC 5167
Humedad (%)	65.13	Gravimétrico / NTC 5167
Cenizas (%)	12.69	Gravimétrico/ NTC 5167
Nitrógeno (% N)	0.80	Kjeldah-Térmico/ NTC 5167
Fósforo (% P ₂ O ₅)	0.19	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	0.99	Absorción Atómica/ NTC 5167
Magnesio (% MgO)	0.58	Absorción Atómica/ NTC 5167
Potasio (% K ₂ O)	3.25	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cobre (mg Cu/Kg)	10.91	Absorción Atómica/ NTC 5167
Sodio (% Na)	0.22	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cinc (% Zn)	0.018	Absorción Atómica/ NTC 5167
Hierro (% Fe)	0.087	Absorción Atómica/ NTC 5167
Manganeso(% Mn)	0.023	Absorción Atómica/ NTC 5167
Azufre (% S)	0.048	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable Total (% C)	5.67	Térmico/ NTC 5167

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Consultador: (7) 6344000 Ext. 2463 ó 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.us.edu.co/gcu/> E-mail: labquimico@gmail.com; labquimico@us.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

ANEXO L. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO A LOS CUATRO MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO. RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. CELDA 2

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 06	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 2 de 3	

Informe de resultados No. 1-15-407 Solicitud de servicio No. 15-362

2. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	15-362-04	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Biorresiduos Celda No. 2		
Matriz de la muestra:	Residuos Sólidos Orgánicos		
Muestras realizadas por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Municipio Bonogro / Institución Educativa La Celda- Escuela Cuchetas		
Fecha del muestreo:	Agosto de 2015		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	7.95	Potenciométrico / NTC 5167
Humedad (%)	67.02	Gravimétrico / NTC 5167
Cenizas (%)	12.94	Gravimétrico/ NTC 5167
Nitrógeno (% N)	0.65	Kjeldahl-Titrétrico/ NTC 5167
Fósforo (% P ₂ O ₅)	0.27	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Calcio (% CaO)	1.10	Absorción Atómica/ NTC 5167
Magnesio (% MgO)	0.21	Absorción Atómica/ NTC 5167
Potasio (% K ₂ O)	3.55	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cobre (mg Cu/kg)	6.28	Absorción Atómica/ NTC 5167
Sodio (mg Na/kg)	0.23	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cinc (% Zn)	0.011	Absorción Atómica/ NTC 5167
Hierro (% Fe)	0.114	Absorción Atómica/ NTC 5167
Manganeso (mg Mn/kg)	0.016	Absorción Atómica/ NTC 5167
Azufre (% S)	0.078	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable Total (% C)	5.32	Titrétrico/ NTC 5167

Observaciones: Ninguna

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original

Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comuniqué con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

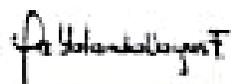
Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2463 ó 2465, Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.us.edu.co/> E-mail: labquimico@gmail.com,
labquimico@us.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 3 de 3	

Informe de resultados No. 1-15-407

Botellud de servicio No. 15-362

Revisó y aprobó



Luz Yolanda Vargas Flórez
Directora del Laboratorio
Química M Sc Química LIS
MP PQ 1144

Elaboró: *[Firma]* Luz Yolanda Vargas Flórez

ANEXO M. ANÁLISIS FISIQUÍMICO A LOS CUATRO MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO. RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. CELDA 3

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F.PA.02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/18 Página 1 de 3	



*Acreditado por el IDEAM según la Resolución No. 1111 de 2010 en los parámetros pH, DM, DCM, SST, Anión, Sulfato, amonio y calcio en aguas, metales pesados y nutrientes en aguas, metales pesados en suelos y metales pesados en aguas y metales pesados en alimentos.



*Autorizado del Ministerio de la Protección Social mediante la resolución 1010 de 2010, para la realización de análisis (fases, pruebas y metodologías de agua para consumo humano).

Informe de resultados No.	1-15-408	Fecha de emisión:	Septiembre 09 de 2015
Cliente:	MARTHA CECILIA VEGA ECHEVERRIA		
Dirección del cliente:	Calle BN No. 15-10		
Solicitud de servicio No.	15-362	No. de muestras:	08
Fecha de recepción de las muestras:	Agosto 28 de 2015		
Muestras recibidas por:	Amparo López		
Fecha de análisis:	Agosto 28 de 2015 - Septiembre 09 de 2015		

1. ANALISIS FISIQUÍMICO

Codificación de la muestra:	15-362-05	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Biorresiduos Celda No 3		
Matriz de la muestra:	Cascara de Cacao		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Municipio Rionegro / Institución Educativa La Ceiba- Escuela Cucharas		
Fecha del muestreo:	Agosto 28 de 2015		

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	7.90	Potenciométrico / NTC 5167
Humedad (%)	65.10	Gravimétrico / NTC 5167
Cenizas (% I)	12.81	Gravimétrico/ NTC 5167
Nitrógeno (% N)	0.82	Njedahl-Timménor/ NTC 5167
Fósforo (% P ₂ O ₅)	0.18	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Calcio (% CaO)	0.96	Absorción Atómica/ NTC 5167
Magnesio (% MgO)	0.53	Absorción Atómica/ NTC 5167
Potasio (% K ₂ O)	3.21	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cobre (mg Cu/Kg)	10.97	Absorción Atómica/ NTC 5167
Sodio (% Na)	0.20	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cinc (% Zn)	0.02	Absorción Atómica/ NTC 5167
Hierro (% Fe)	0.089	Absorción Atómica/ NTC 5167
Manganeso (% Mn)	0.025	Absorción Atómica/ NTC 5167
Azufre (% S)	0.044	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable Total (% C)	5.69	Térmico/ NTC 5167

Ciudad Universitaria Carrera 37 Calle 9 - Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Consultador: (7) 6344000 Ext. 2463 ó 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/loci/> E-mail: labquimico@gmail.com, labquimico@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

ANEXO N. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO A LOS CUATRO MESES DE INICIADO EL COMPOSTAJE. SUSTRATO. RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. CELDA 3

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16	
		Página 2 de 3	

Informe de resultados No. I-15-408 Solicitud de servicio No. 15-362

2. ANALISIS FÍSICOQUÍMICO

Codificación de la Muestra: 15-362-06	Tipo de muestra: Puntual
Identificación de la muestra: Residuos Celda No. 3	
Matriz de la muestra: Residuos Sólidos Orgánicos	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Municipio Rionegro / Institución Educativa La Ceiba- Escuela Cucharas	
Fecha del muestreo: Agosto de 2015	

PARÁMETRO	RESULTADO	MÉTODO/ NORMA
pH (Unidades de pH)	7.92	Potenciométrico/ NTC 5167
Humedad (%)	67.81	Gravimétrico/ NTC 5167
Cenizas (%)	12.42	Gravimétrico/ NTC 5167
Nitrógeno (% N)	0.79	Nitrógeno Titrimétrico/ NTC 5167
Fósforo (% P ₂ O ₅)	0.30	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Calcio (%CaO)	1.17	Absorción Atómica/ NTC 5167
Magnesio (% MgO)	0.28	Absorción Atómica/ NTC 5167
Potasio (% K ₂ O)	3.59	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cobre (mg Cu/Kg)	6.22	Absorción Atómica/ NTC 5167
Sodio (mg Na/Kg)	0.24	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cinc (% Zn)	0.014	Absorción Atómica/ NTC 5167
Hierro (% Fe)	0.118	Absorción Atómica/ NTC 5167
Manganeso (mg Mn/kg)	0.019	Absorción Atómica/ NTC 5167
Azúfre (% S)	0.081	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Carbono Orgánico Oxidable Total (% C)	5.38	Titrimétrico/ NTC 5167

Observaciones: Ninguna

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

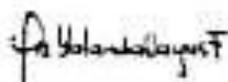
Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2463 ó 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.us.edu.co/icc/> E-mail: labquimico@gmail.com,
labquimico@us.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F.PA.02	
	POST-ANALÍTICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 3 de 3	

Informe de resultados No. 1-15-408

Solicitud de servicio No. 15-362

Revisó y aprobó:



Luz Yolanda Vargas Flallo
Directora del Laboratorio
Química M.Sc. Química LIS
MP P2 1144

Correo: lvargas@uis.edu.co