

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, __04-04-2016_____

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

_César Augusto Bahamón_____ con C.C. No. 7716672_____

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o titulado ELABORACIÓN DEL COMPOSTAJE A PARTIR DE LOS RESIDUOS DEL CENTRO AGROINDUSTRIAL Y DE EXPOSICIONES DEL HUILA “CEAGRODEX”.

presentado y aprobado en el año ____2016_____ como requisito para optar al título de INGENIRO AGRÍCOLA

autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: 

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						   
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Elaboración de compostaje a partir de los residuos del Centro Agroindustrial y de Exposiciones del Huila “CEAGRODEX”.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Bahamón	César Augusto

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Torrente Trujillo	Armando

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2016 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 29

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3

Diagramas__X__ Fotografías__X__ Grabaciones en discos__ Ilustraciones en general__ Grabados__ Láminas__ Litografías__ Mapas__ Música impresa__ Planos__ Retratos__ Sin ilustraciones__ Tablas o Cuadros__X__

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Compostaje	Composting		
2. Residuos orgánicos	Organic waste dreg		
3. Proceso de beneficio	Beneficiation and process		
4. _____	_____	9. _____	_____
5. _____	_____	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Los residuos sólidos orgánicos constituyen cerca del 70% del volumen total de desechos generados en Colombia, la importancia del aprovechamiento de los residuos orgánicos ha empezado a adquirir una mayor importancia debido al crecimiento poblacional que en los últimos tiempos ha aumentado significativamente, siendo Ceagrodex del Huila un generador potencial de residuos sólidos orgánicos es primordial buscar una solución integral que contribuya al manejo adecuado de estos, potenciando los residuos generados de los procesos de beneficio bovino y porcino y minimizando un gran número de impactos ambientales, lo cual conlleva a la gestión ambiental de la empresa y a la sostenibilidad de los recursos naturales. Este estudio describe el proceso de clasificación y recolección de residuos orgánicos y los procesos de elaboración del compostaje que ofrece Ceagrodex del Huila, fortaleciendo el manejo integral de los residuos sólidos de la empresa



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3

obteniendo beneficios económicos y ambientales.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

Solid organic dregs represents about 70% of the total volume of waste generated in Colombia, the importance of the use of organic dregs has started to be more important because of population growth in recent years has increased significantly, being in Ceagrodex Huila a potential generator of organic solid dregs is essential to seek a comprehensive solution that contribute to the suitable management of these, enhancing the waste processes benefit and pigs and a large number of minimizing environmental impacts, leading to environmental management the company and the sustainability of natural resources. This study describes the process of sorting and collection of organic waste and the development of composting processes offering Ceagrodex Huila, strengthening the comprehensive management of solid waste in the company obtaining economic and environmental benefits.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

ALFONSO TORRENTE TRUJILLO

Firma:

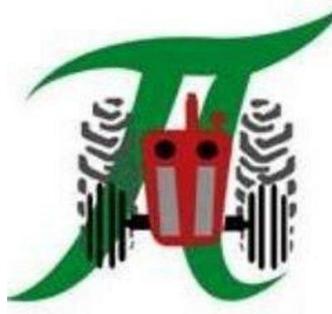
Nombre Jurado: Rodrigo Alberto Pachón Bejarano

Firma:

Nombre Jurado: Felipe Quimbaya

Firma:

**ELABORACIÓN DE COMPOSTAJE A PARTIR DE LOS RESIDUOS DEL
CENTRO AGROINDUSTRIAL Y DE EXPOSICIONES DEL HUILA
CEAGRODEX**



PRESENTADO POR:
César Augusto Bahamón

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA AGRICOLA
NEIVA
2016**

**ELABORACIÓN DE COMPOSTAJE A PARTIR DE LOS RESIDUOS DEL
CENTRO AGROINDUSTRIAL Y DE EXPOSICIONES DEL HUILA
CEAGRODEX**

PRESENTADO POR:
César Augusto Bahamón

**TRABAJO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE PASANTIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

Director
Armando Torrente Trujillo Ph.D.

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA AGRICOLA
NEIVA
2015**

NOTA DE ACEPTACIÓN

DIRECTOR

JURADO

JURADO

Neiva, 15 Marzo 2015

A mi familia por su incondicional apoyo, en especial mi abuela Leonor, mi tía Ligia, mi madre y mis hermanos.

A mis amigos Aníbal, Fernando, Sofí, Erika, Paula, Marcela, K y el viejo Willy.

A mi casa de estudio por darme esta gran oportunidad.

César Augusto Bahamón

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el éxito de este trabajo a la familia CEAGRODEX DEL HUILA por permitirme ser parte de ellos y su gran colaboración para el desarrollo de este propósito.

A mi universidad y todos los amigos que encontré en este proceso, mi Director Armando Torrente Trujillo, a mi amigo y profesor Rodrigo Pachón, a mis amigos Aníbal, Flor, Yeimi, Wilson, Fernando, Sofí, Erika, Paula, Marcela y K por compartir momentos maravillosos de mi vida universitaria, su apoyo me dio la fortaleza para terminar este propósito.

A mi familia, nunca perdieron la esperanza, mi abuela, mi madre, mis tíos, y en especial ligia que le debo mucho, mis primos que algunos no están y los extraño.

CONTENIDO

	Pàg.
RESUMEN.....	10
1. INTRODUCCIÒN.....	11
2. MARCO CONCEPTUAL.....	12
3. METODOLOGIA.....	17
3.1 RECOLECCION DE MATERIAS PRIMAS.....	17
3.1.1. Contenido ruminal.....	17
3.1.2. Pelos y cascos.....	18
3.1.3. Pelos y patas bovino.....	18
3.1.4. Caretas.....	18
3.1.5. Lodos.....	18
3.1.6. Material estructurado.....	19
3.2 FORMACION DE PILAS.....	19
3.3. VOLTEO.....	20
3.3.1. Temperatura.....	20
3.3.2. Textura.....	21
3.4 MADURACIÒN.....	21
3.5 ETAPA FINAL.....	21
3.6 ZARANDEO.....	21
3.7 DESPACHO.....	22
4. RESULTADOS.....	23
5. CONCLUSIONES.....	26
6. RECOMENDACIONES.....	27
7. BIBLIOGRAFÎA.....	28
8. ANEXOS.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pàg.
Figura 1. Etapas del compostaje.....	13
Figura 2. Humedad del compostaje.....	14
Figura 3. Residuos orgánicos línea bovina.....	17
Figura 4. Residuos orgánicos línea porcina.....	17
Figura 5. Planta cooker.....	18
Figura 6. Canastillas móviles y PTAR.....	18
Figura 7. Material estructurado.....	19
Figura 8. Formación de pilas.....	19
Figura 9. Tanque de 2000 lt.....	20
Figura 10. Volteo de pilas.....	20
Figura 11. Etapa final del compostaje.....	21
Figura 12. Zarandeo y empacado.....	22
Figura 13. Diagrama del proceso.....	22
Figura 14. Temperatura en pilas de compostaje.....	23

ÍNDICE DE TABLAS

Pàg.

Tabla 1. Relación C/N de algunos materiales usados en el compostaje.....	15
Tabla 2. Recolección de lodos, pelos y caretas.....	24
Tabla 3. Características del Ceagrocompost.....	25

INDICE ANEXOS

	Pàg.
ANEXO 1. Control de temperaturas en el compostaje.....	29

RESUMEN

Los residuos sólidos orgánicos constituyen cerca del 70% del volumen total de desechos generados en Colombia, la importancia del aprovechamiento de los residuos orgánicos ha empezado a adquirir una mayor importancia debido al crecimiento poblacional que en los últimos tiempos ha aumentado significativamente, siendo Ceagrodex del Huila un generador potencial de residuos sólidos orgánicos es primordial buscar una solución integral que contribuya al manejo adecuado de estos, potenciando los residuos generados de los procesos de beneficio bovino y porcino y minimizando un gran número de impactos ambientales, lo cual conlleva a la gestión ambiental de la empresa y a la sostenibilidad de los recursos naturales. Este estudio describe el proceso de clasificación y recolección de residuos orgánicos y los procesos de elaboración del compostaje que ofrece Ceagrodex del Huila, fortaleciendo el manejo integral de los residuos sólidos de la empresa obteniendo beneficios económicos y ambientales.

Palabras clave: compostaje, residuos orgánicos y proceso de beneficio

ABSTRACT

Solid organic dregs represents about 70% of the total volume of waste generated in Colombia, the importance of the use of organic dregs has started to be more important because of population growth in recent years has increased significantly, being in Ceagrodex Huila a potential generator of organic solid dregs is essential to seek a comprehensive solution that contribute to the suitable management of these, enhancing the waste processes benefit and pigs and a large number of minimizing environmental impacts, leading to environmental management the company and the sustainability of natural resources. This study describes the process of sorting and collection of organic waste and the development of composting processes offering Ceagrodex Huila, strengthening the comprehensive management of solid waste in the company obtaining economic and environmental benefits.

Keywords: composting, organic, waste, dreg, beneficiation and process

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos han generado grandes impactos negativos debido a su inadecuada disposición y porque cada vez son un asunto que va más asociado con el incremento de la población humana, a los procesos de transformación industrial y a los malos hábitos de consumo.

En la actualidad se ha tratado de buscar solución a este problema, implementando los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), lo cual abarca desde una adecuada separación en la fuente de los residuos, hasta su adecuada disposición o transformación de los residuos sólidos potencialmente aprovechables.

A partir de la separación en la fuente se han buscado usos alternativos benéficos para el entorno y las organizaciones, como lo es el proceso de compostaje de los residuos orgánicos, el cual consiste en la descomposición de los residuos orgánicos por la acción microbiana, cambiando su estructura molecular; esta técnica es la más usada debido a que permite tratar grandes cantidades de residuos, siendo el caso de Ceagrodex del Huila que es generador potencial de residuos orgánicos en los procesos de beneficio bovino y porcino. Este trabajo describe el proceso de elaboración de compostaje a partir de los residuos sólidos que produce Ceagrodex del Huila, donde su principal fin es el beneficio de animales bovino y porcino.

El propósito fue la elaboración de compostaje a partir de los residuos orgánicos que genera el centro agroindustrial y de exposiciones del Huila, Ceagrodex del Huila, en Rivera - Huila. Como objetivos específicos se propuso caracterizar y clasificar los residuos orgánicos que produce Ceagrodex del Huila, describir de manera detallada el proceso de elaboración del compostaje a partir de sus propios residuos y controlar la deficiente disposición de residuos dentro de la planta de beneficio o de sus alrededores.

2. MARCO CONCEPTUAL

Este trabajo se basa en el aprovechamiento de los residuos orgánicos para la elaboración de compostaje: es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas (FAO, 2013).

Las plantas de beneficio generan muchos residuos orgánicos, la adecuada disposición es muy importante. La empresa Ceagrodex del Huila, decidió controlar el manejo y disposición del material orgánico proveniente de los procesos de beneficio bovino y porcino, mediante la transformación de estos residuos en un subproducto como lo es el abono orgánico por medio del proceso de descomposición con microorganismos aeróbicos, previniendo así la contaminación del medio ambiente y contribuyendo a la preservación de los recursos naturales.

Los residuos sólidos son cualquier objeto o material de desecho que se produce tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo y que se abandona después de ser utilizado. Estos residuos sólidos son susceptibles o no de aprovechamiento o transformación para darle otra utilidad o uso directo. Los residuos orgánicos Son aquellos que pueden descomponerse o ser transformados por factores ambientales regresando a la naturaleza para cumplir otros ciclos vitales.

Por tal motivo se tiene que partir de una adecuada recolección y clasificación de estos residuos orgánicos para establecer cuales son materia prima para las líneas de subproducto de la planta de sebo, cooker y compostaje. El procedimiento abarca todos los residuos orgánicos generados dentro del proceso productivo: Contenido ruminal (PBB), lodos generados en la PTAR, residuos orgánicos depositados en las bolsas verdes ubicados dentro y fuera de la planta, y material vegetal. En el proceso para producir compostaje intervienen algunos factores que permite monitorear y determinar la puesta a punto del producto estos son:

La temperatura: Es un factor indicativo que permite monitorear la evolución del proceso de compostaje. Los cambios experimentados por este parámetro se utilizan normalmente para conocer la actividad microbiana a lo largo del proceso y determinan la estabilidad de la materia orgánica. Las temperaturas más apropiadas están en el intervalo 35-55°C para conseguir la eliminación de patógenos, en algunos casos pueden superar hasta los 60°C (Agreda & Deza, 2015) (figura 1).

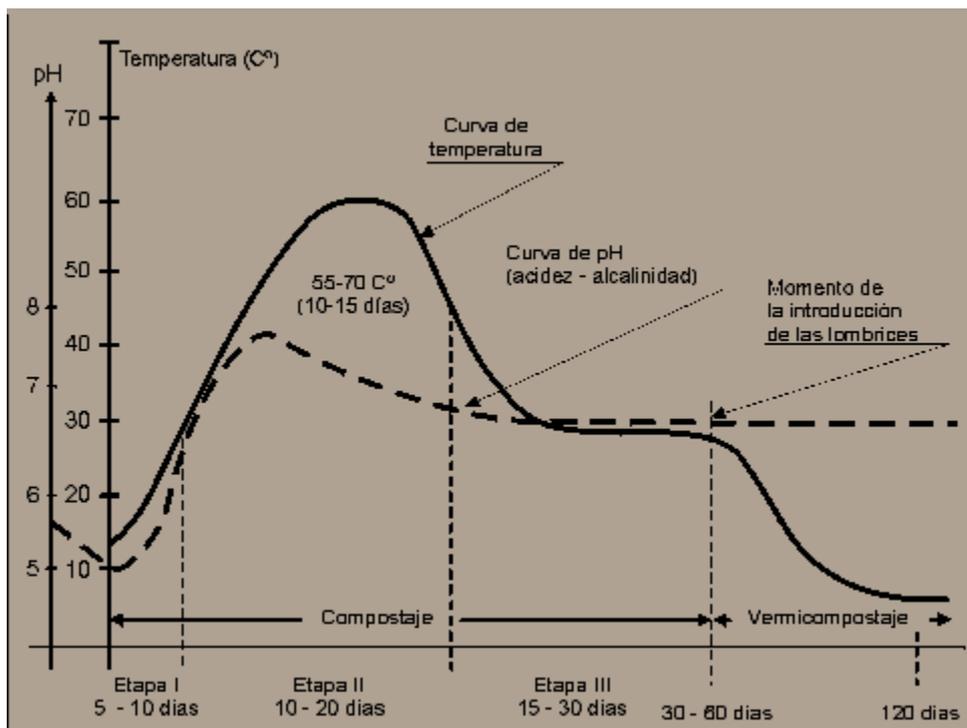


Figura 1. Etapas del compostaje.

Fuente: Agreda & Deza, 2015

Las altas temperaturas alcanzadas en el proceso incrementan la actividad microbiana e inactivan los patógenos, esto es importante y para conseguir una desinfección correcta del producto, la Agencia de Protección ambiental de EE.UU ha recomendado que se debe mantener una temperatura interna de 55°C durante un periodo mínimo 15 días, volteándose la pila al menos 5 veces durante la fase bio-oxidativa.

La humedad: esta tiene que estar 40-60%. La humedad varía según el método de compostaje (aireación forzada o sistema de pila volteadas), el tamaño de la pila y la composición del material orgánico.

Cuando el contenido de humedad es mayor, el agua ocupa todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, produciendo una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es muy baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso tarda más. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85% mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60% (figura 2).

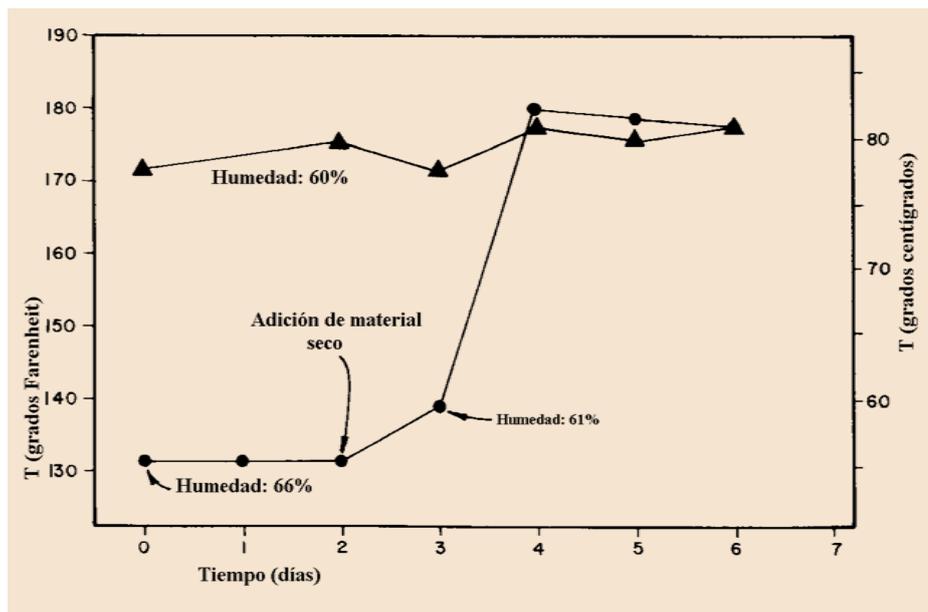


Figura2. Humedad del compostaje

Fuente: FAO, 2013

Suele ser necesario un aporte de agua externo a la pila de compost, ya que las elevadas temperaturas en la fase termófila y la actividad microbiana producen una gran pérdida de humedad por evaporación directa.

pH: Es un factor que Influye en el proceso debido a su acción que ejerce sobre los microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5 y 8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH entre 6 y 7,5). Gracias a las fracciones de materia orgánica que van siendo biotransformadas en las distintas fases del proceso de compostaje.

Oxígeno: El compostaje es un proceso aeróbico, por lo cual la presencia de oxígeno es fundamental. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada.

La relación C/N: Esta varía según los diferentes materiales usados en el proceso de compostaje. El valor de esta relación decrece según avanza el proceso de compostaje, por lo que es importante como indicador de la evolución del proceso, ya que refleja el estado de los materiales que se están compostando. Por otro lado, si un sustrato contiene carbono difícilmente asimilable, la relación óptima para dicho residuo será mayor que la indicada anteriormente.

Sin embargo, la relación óptima C/N rara vez se ve afectada por la accesibilidad del N ya que la mayor parte de los compuestos nitrogenados son fácilmente asimilables. El nitrógeno se convierte en factor limitante a valores de relación C/N elevados, lo que conlleva a una disminución de la actividad biológica (tabla 1).

Tabla 1. Relación C/N de algunos materiales usados en el compostaje.

Nivel alto de Nitrógeno 1:1 – 24:1		C:N equilibrado 25:1 – 40:1		Nivel alto de carbono 41:1 – 1000:1	
Material	C:	Material	C:	Material	C:
Purines frescos	5	Estiércol vacuno	25:1	Hierba recién cortada	43:1
Gallinaza pura	7:1	Hojas de frijol	27:1	Hojas de árbol	47:1
Estiércol porcino	10:1	Crotalaria	27:1	Paja de caña de azúcar	49:1
Desperdicios de cocina	14:1	Pulpa de café	29:1	Basura urbana fresca	61:1
Gallinaza camada	18:1	Estiércol ovino/caprino	32:1	Cascarilla de arroz	66:1
		Hojas de plátano	32:1	Paja de arroz	77:1
		Restos de hortalizas	37:1	Hierba seca (gramíneas)	81:1
		Hojas de café	38:1	Bagazo de caña de azúcar	104:1
		Restos de poda	44:1	Mazorca de maíz	117:1
				Paja de maíz	312:1
				Aserrín	638:1

Fuente: adaptado de PNUD-INFAT (2002)

Aunque normalmente si el proceso fuera lento indicaría que la materia orgánica carbonatada es poco degradable y no que haya una deficiencia de nitrógeno. La situación contraria, una relación C/N baja, no afecta realmente al proceso, pero produce malos olores por la producción de amoníaco por la pérdida de nitrógeno.

Población microbiana: El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos. Los microorganismos actúan degradando las partículas desde la superficie de las mismas. Así, si incorporamos el material más o menos triturado afectara al proceso. Al darlo más triturado será mayor la superficie de contacto con el medio y las bacterias actuarán mejor. El proceso compostaje puede dividirse en cuatro períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura

-Mesofilico: La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH

-Termofílico: Cuando se alcanza una temperatura de 40°C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60°C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias

esporíferas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.

-Enfriamiento: Cuando la temperatura es menor de 60°C, reaparecen los hongos termófilos que reinvaden el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40°C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.

-Maduración: Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

3. METODOLOGIA

La empresa Ceagrodex del Huila, decidió controlar el manejo y disposición del material orgánico proveniente de los procesos de beneficio bovino y porcino, mediante la transformación de estos residuos en un subproducto como lo es el abono orgánico por medio del proceso de descomposición con microorganismos aeróbicos, previniendo así la contaminación del medio ambiente y contribuyendo a la preservación de los recursos naturales (figura 3 y 4).

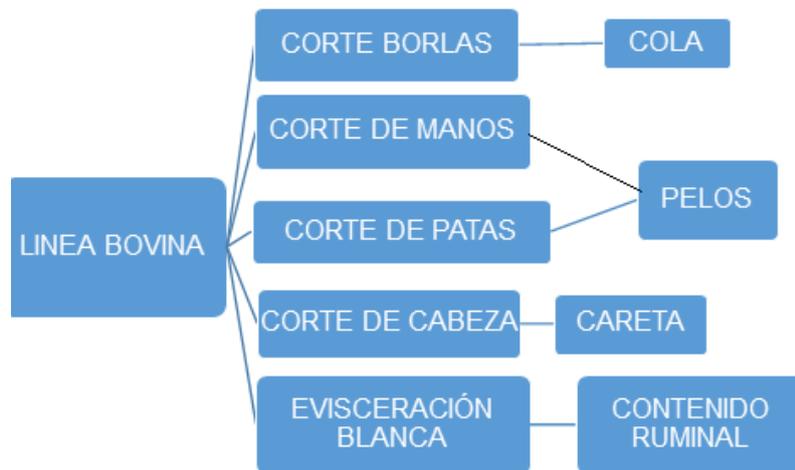


Figura 3. Residuos orgánicos línea bovina

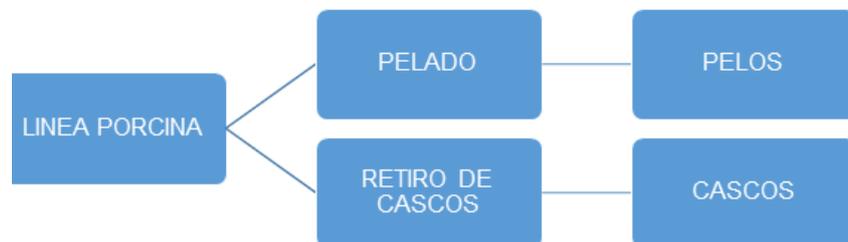


Figura 4. Residuos orgánicos línea porcina

3.1 RECOLECCIÓN DE MATERIAS PRIMAS

En esta etapa se inicia el proceso de compostaje, este proceso consiste en la recolección del material orgánico proveniente del proceso bovino y porcino, además de los lodos que se extraen del sistema de tratamiento de aguas residuales y el material vegetal proveniente de las podas realizadas.

3.1.1. CONTENIDO RUMINAL. Esta materia prima es aquella que proviene del área de víscera blanca, la cual es impulsada por medio de un cañón hasta un tornillo compactador o prensador, el cual por medio de presión de aire separa la humedad presente de este residuo y la envía al sistema de tratamiento de aguas residuales y el material prensado es llevado al área de compostaje como materia prima.

3.1.2. PELOS Y CASCOS. Estos residuos se producen durante el proceso de beneficio porcino, de allí son enviados por medio de un shut, donde posteriormente son recolectados para llevarlos al area de compostaje.

3.1.3 PELOS DE PATAS BOVINO. Las patas de los bovinos durante el proceso de beneficio son cortadas y llevadas a una olla centrifuga que por medio de vapor ablanda los pelos para su facil pelado, estos pelos son dispuestos en una caneca que es llevada hasta el area de compostaje

3.1.4 CARETAS. En el proceso de beneficio bovino uno de los requisitos exigidos por la autoridad es retirar la piel de la cabeza del animal, esta es previamente procesada en la planta cooker y posteriormente es llevada a la planta de compostaje (figura 5).



Figura 5. Planta cooker

Por otra parte existen otros materiales organicos que no provienen directamente de la planta de beneficio pero son aprovechados para la realizacion del compostaje, estos son:

3.1.5 LODOS. Material resultante del proceso de limpieza diaria del sistema de tratamiento de aguas residuales, los cuales son atrapados en las respectivas canastillas moviles, las cuales componen la PTAR (figuras 6).



Figura 6. Canastillas moviles y PTAR.

3.1.6 MATERIAL ESTRUCTURADO. Material proveniente de las podas de los arboles y pastos basicamente, debido a que este tipo de material es limitado en la empresa, se recibe material de otras entidades que neseciten disponer este tipo de residuos para darle un aduada disposion como lo hace la empresa Electrohuila (figura 7).



Figura 7. Material estructurado

3.2 FORMACIÓN DE PILAS. A medida que se va realizando la recolección de materias primas diarias, se va haciendo la formación de pilas, cada pila lleva material de 6 días y puede durar hasta 15 días si es necesario. La estructura de cada pila es la siguiente. El tamaño y medida de la pila depende de la cantidad de material generado en los 6 días. A pesar de ello se tienen unas medidas estandarizadas (Figura 8).

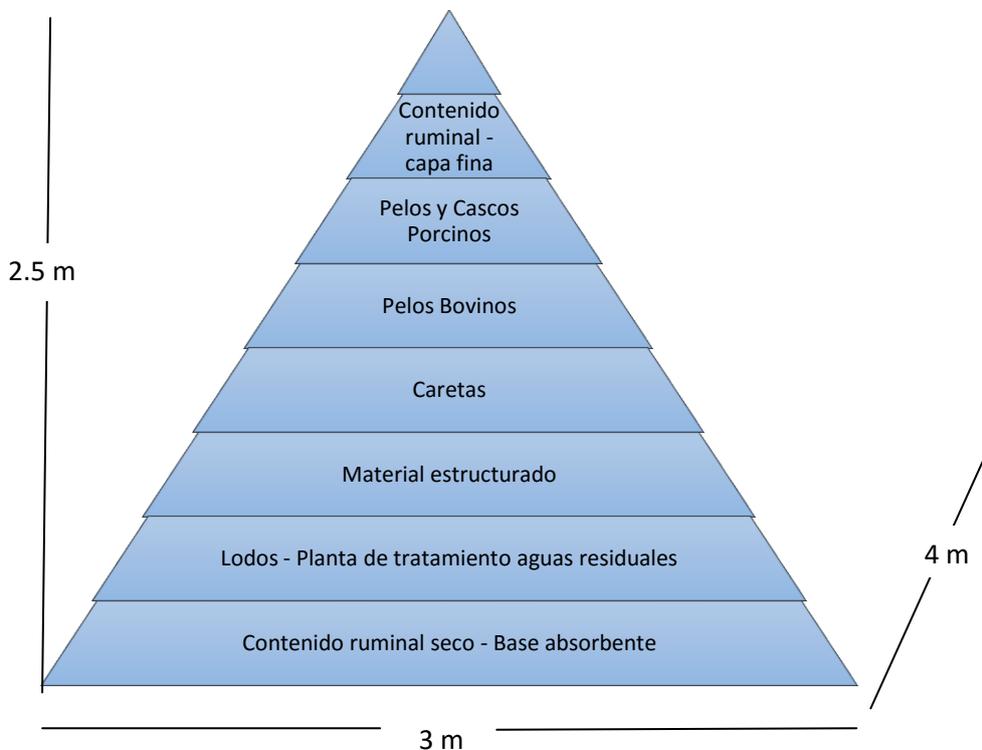


Figura 8. Formación de pilas de compost

A partir de este momento y por un periodo de una semana, se le aplicó el coctel de microorganismos, éste se compone de 5 lt de melaza y 5 lt de suero que se mezclan con 1 lt de yogurt durante tres días, después se vierte en un tanque de 2000 lt (Figura 9).



Figura 9. Tanque de 2000 lt

3.3. VOLTEO

Una vez se termina la formación de las pilas, se inicia la etapa de volteo, a partir de esa fecha se empieza con el control de las temperaturas; este proceso de aireación puede realizarse mínimo día de por medio - máximo cada 3 días, cuando su textura se vea compacta o cuando la temperatura se encuentre muy baja (menor de 50°). El volteo de la pila depende de su temperatura, textura y etapa en la que se encuentre el proceso de compostaje (figura 10).



Figura 10. Volteo de pilas

3.3.1 Temperatura: Cuando la pila alcanza los 60°C no debe de realizársele volteo hasta después de 3 días, con el fin de eliminar los microorganismos como la salmonella.

Cuando la T° de las pilas se encuentre muy baja se le debe realizar volteo con el fin de estimular la actividad microbiana.

3.3.2 Textura. Si la pila se encuentra muy mojada o compactada, se le debe realizar volteo para que el material sea manejable.

3.4 MADURACIÓN

Esta etapa es la de mayor duración, es cuando aumenta la cantidad de nutrientes presentes en el compost, aquí el material se encuentra bien degradado y la materia prima original ya no se identifica; en esta etapa el volteo no es continuo debido a que en este periodo es donde se elimina completa y finalmente la salmonella, y para ellos se necesitan altas temperaturas en un lapso de tiempo aproximadamente de cuatro días.

3.5 ETAPA FINAL

Las pilas son extendidas en un área determinada donde permanecen hasta que finaliza el proceso de compostaje y están listas para su comercialización, en esta etapa la temperatura y el pH de las pilas se estabiliza (figura 11).



Figura 11. Etapa final del compostaje

3.6 ZARANDEO

Durante el acondicionamiento final se realiza un cribado final del material en una estructura llamada zaranda, sus medidas son 2.60 m de altura x 2,13 m de ancho x 3,96 m de largo, ubicada de forma diagonal, esto se realiza con ayuda del tractor, el cual arroja el material compostado a dicha estructura; este proceso se realiza con el fin de separar las últimas impurezas presentes o el material inorgánico como bolsas y/o fibras, y lograr un producto más homogéneo con mayor facilidad de posterior venta (figura 12).



Figura 12. Zarandeo y empacado

3.7 DESPACHO

El despacho del producto terminado se hace de acuerdo a las necesidades del cliente, ya que lo pueden obtener empacado o sin empacar, de las dos formas debidamente pesado (figura 13).

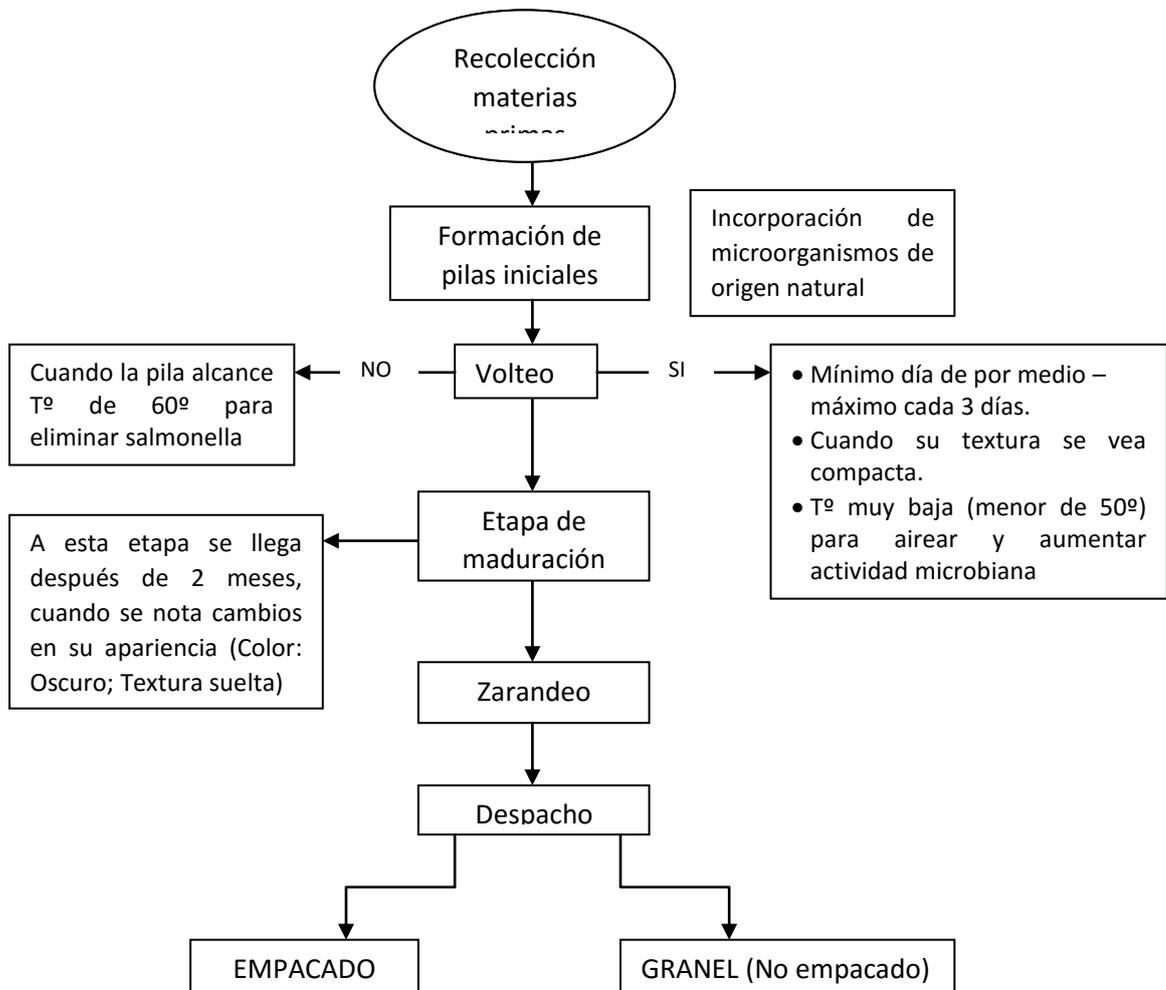


Figura 13. Diagrama del proceso

4. RESULTADOS

En la figura 14 se observa el comportamiento de las cuatro etapas del compostaje en las pilas durante los cuatro meses que se estableció el monitoreo del compostaje por medio de la temperatura.

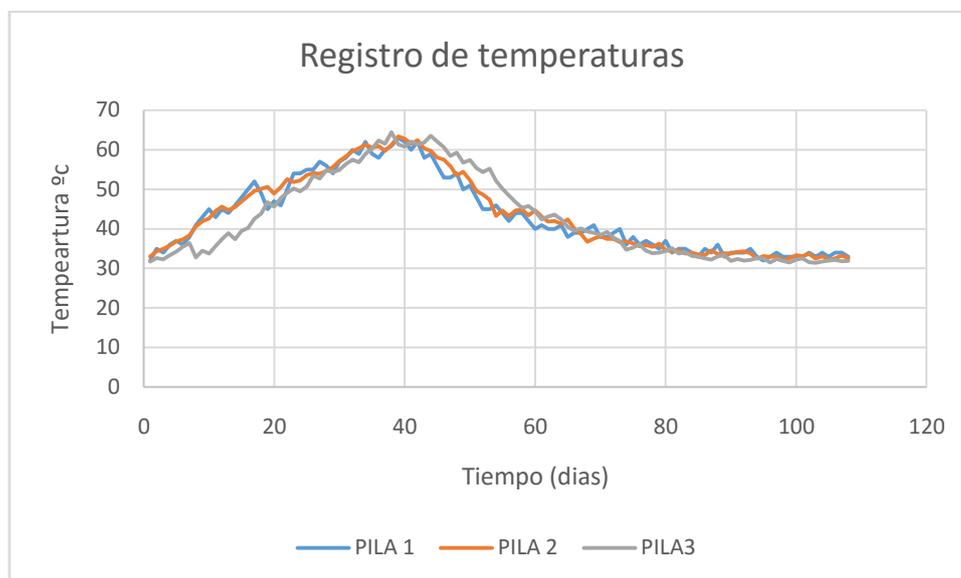


Figura 14. Temperatura en pilas de compostaje

-La primera es la etapa mesófila se parte de temperatura ambiente hasta temperatura entre 40°C y 45°C, en esta etapa se realizaron dos volteos de las pilas. El periodo promedio para las tres pilas fue entre 20 a 25 días, con humedecimientos diarios.

- La segunda etapa o termófila se caracteriza por temperatura de 45°C y se incrementa hasta los 60°C y 65°C. Durante este periodo se humedecieron las pilas de compost tres veces por semana, permitiendo regular la humedad y controlar algunos olores desagradables que durante el proceso se genera.

- La tercera fase es la maduración cuyo periodo fue de un mes. Se realizaron dos volteos y se humedeció dos veces por semana, las temperaturas decrecieron hasta alcanzar los 40°C, el material compostado es más degradado y algo homogéneo.

- Por último se tiene la etapa de estabilización, en esta se observa que su temperatura decrece hasta alcanzar en una semana, la temperatura ambiente (ver anexo).

En la tabla 2, se observa un total de 7000 kg de material para elaborar compostaje por semana de las trampas de grasas, y en promedio semanal alrededor de 150 kg de pelos y caretas, que son residuos que generan contaminación con la proliferación de animales carroñeros. Los pelos son incorporados directamente a las pilas, mientras que las caretas tienen que pasar por el cooker, antes de entrar al proceso de compostaje.

Tabla 2. Recolección de lodos, pelos y caretas

ZONA	Canastilla llena kg	Peso Canastilla kg	Peso por Zona Kg
Cerdos	640	226	414
Sedimentadores	434	144	290
	843	238	605
Sebo	739	210	529
	935	225	710
Izado	545	146	399
	986	222	764
	472	183	289
Tornillo	565	197	368
	830	277	553
	952	305	647
Canastilla blanca	673	154	519
Albercas	xx	xx	877
Total			6964
Pelos	92	9	83
Caretas	90	9	81
Total			164

Nota: En zonas de Sedimentadores (2), Sebo (2), Izado (3) y Tornillo (3) se cuantificaron las cantidades según el número de canastillas.

El compostaje que elabora Ceagrodex se comercializa como fertilizante orgánico para aplicación al suelo como polvo mojable con la denominación de Ceagrocompost, bajo el registro de venta ICA N° 9146 con las características descritas en la tabla 3.

Los valores del pH deben estar cercanos a la neutralidad, se tiene uno de 7.23 y es mayor a 6.5. Una de las características como CIC según FAO 2013, se debe encontrar entre 50 y 60 meq/100g puesto que está ligado a las materias primas del compostaje.

La conductividad eléctrica es de 0.15 ds/m, esta no supera los 0.2 ds/m que recomienda Monroy & Viniegra (2008). Los materiales pesados se ajustan a los permitidos en la resolución 06998 del 2011 del ICA. Las características microbiológicas son las más recomendables, pues la presencia de *Salmonella spp* es nula y *enterobacter* por debajo de los límites que permite el ICA. La densidad más apropiada del compostaje según la FAO, no debe superar 0.5 g/cm³ para facilitar su incorporación al suelo y no ser menor a 0.3 g/cm³.

Tabla 3. CARACTERISTICAS DE CEAGROCOMPOST

Carbono Orgánico Oxidable Total	19.9%
Cenizas	54.7%
CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico)	53,2 meq/100g
Capacidad de Retención de humedad	148%
Conductividad Eléctrica (1:200)	0.15 ds/m
Nitrógeno orgánico total(N)	1.43%
Fosforo total (P ₂ O ₅)	2.369%
Potasio total (K ₂ O)	0.79%
Sodio (Na)	1.229%
Humedad	35.5%
pH	7.23
<Densidad	0,46 g/cm ³
Materiales pesados	por debajo de los límites establecidos en la norma
Salmonella spp	ausente
Entero bacterias	< 10 ufc/g

Fuente. CEAGRODEX.

Para obtener un producto terminado que cumpla con las exigencias de la NTC 5167 y que no genere efectos negativos en la salud de las personas que lo manipulen, se diseñó un programa de control de calidad, el cual consiste en el muestreo de cada una de las pilas que se encuentran en la etapa final después de 3 o 4 meses de haber iniciado el proceso de compostaje.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se estableció que es posible mitigar los impactos ambientales negativos en las plantas de beneficio como Ceagrodex del Huila en la obtención de compostaje, partiendo de los residuos orgánicos que produce los procesos de beneficio bovino y porcino de manera adecuada teniendo como punto de partida la separación y clasificación de los tipos de residuos.

Las características de las materias primas y una adecuada mezcla permite que el proceso de maduración se de en los tiempos establecidos, pues si las pilas están escasas de material vegetal, son muy compactas y se limita la aireación para la obtención de un compost de calidad. Hay que tener en cuenta que el aporte de material vegetal ayuda a equilibrar la relación C/N, debido a que el estiércol porcino tiene un alto contenido de nitrógeno.

El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas donde la presencia de oxígeno es crucial, por tal razón la humedad y la temperatura, permite una transformación y monitoreo del proceso de elaboración, obteniendo un material homogéneo y asimilable por las plantas. Los factores limitantes del proceso son los que puedan influir sobre el desarrollo de estos microorganismos.

Se concluye así, que la temperatura interna del compost es función directa de la actividad de los microorganismos eficientes, determinando la velocidad con la cual las materias primas iniciales evolucionan hasta convertirse en compost maduro. Elaborar compostaje es un proceso sencillo que se puede aplicar para solucionar disposición de residuos considerados degradables ecológicamente.

6. RECOMENDACIONES

Lo primero que hay que tener en cuenta es clasificar y recoger los residuos orgánicos que vamos a utilizar y evitar contaminación cruzada que puede alterar la calidad de las materias primas.

Se recomienda mantener un control de la temperatura pues este es el principal monitoreo que se tiene para identificar las distintas fases del proceso de compostaje para aprovechar eficientemente la acción de los microorganismos y disminuir el tiempo para la degradación de la materia orgánica. Por esto es bueno tener otro parámetro de monitoreo del proceso como el pH, este se relaciona con la temperatura y la actividad microbiana.

En algunos momentos en que las pilas presenta mucha humedad produciendo lixiviados que se no recogen, o algunas larvas y malos olores, esto se controla haciendo un buen manejo y se puede aprovechar como compost líquido.

Para las próximas actualizaciones del manual de procedimiento del compostaje y como control de calidad, se puede aplicar la prueba de relación C/N, este es un indicativo para establecer la calidad y la mezcla de los residuos orgánicos y del compostaje.

7. BIBLIOGRAFIA

AGREDA, G., & Deza, M. (2010). Factores que condicionan el proceso de compostaje.

Ceagrodex del Huila. (2015). Manual de procedimientos del compostaje. Edición actualizada, Rivera.

Ceagrodex del Huila. (2015). Manual de procedimientos de reciclaje. Edición actualizada, Rivera.

Ceagrodex del Huila. (2015). Manual de procedimientos de residuos sólidos. Edición actualizada, Rivera.

Román, P., Pantoja, A., & Martínez, M. M. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 2008. Resolución ICA No. 000879. Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 2011. Resolución 0698 del 4 de febrero de 2011. Colombia.

Porta Casanellas, J., López-Acevedo Reguerín, M., & Roquero de Laburu, C. (1998). Edafología para la agricultura y el medio ambiente.

Yazán Rosero, D. O. (2013). Descomposición microbiológica de desechos orgánicos vegetales originados en la Universidad Central del Ecuador.

ANEXO

CONTROL DE TEMPERATURA EN EL COMPOSTAJE															
día 1 a 30				día 31 a 60				día 61 a 90				día 91 a 108			
DI A	PIL A 1	PIL A 2	PIL A3	DI A	PIL A 1	PIL A 2	PIL A3	DI A	PIL A 1	PIL A 2	PIL A3	DI A	PIL A 1	PIL A 2	PIL A3
1	32	33	31,7	31	58	58,3	56,3	61	41	43,1	42,4	91	34	34,1	32,4
2	35	34,3	32,6	32	60	59,7	57,5	62	40	41,8	43,1	92	34	34,3	32
3	34	34,9	32,3	33	59	60,4	56,8	63	40	42	43,6	93	35	33,8	32,1
4	36	35,7	33,3	34	62	61,3	58,9	64	41	41,2	42,4	94	33	32,4	32,6
5	37	36,8	34,2	35	59	60,6	60,3	65	38	42,4	40,5	95	32	33,1	32,5
6	36	37,3	35,4	36	58	61	62,3	66	39	40,1	39,5	96	33	32,9	31,5
7	38	38,3	36,4	37	60	59,8	61,5	67	39	38,7	40,1	97	34	33	32,4
8	41	40,6	32,8	38	61	61,2	64,4	68	40	36,7	39,3	98	33	32,1	31,9
9	43	41,9	34,5	39	63	63,4	61,3	69	41	37,5	39	99	33	32,5	31,5
10	45	42,6	33,7	40	62	62,8	60,8	70	38	38,1	38,4	100	33	33,3	32,2
11	43	44,5	35,6	41	60	61,5	62,1	71	38	37,4	39,2	101	33	33,1	32,5
12	45	45,6	37,4	42	62	62,4	61,3	72	39	37,4	37,8	102	34	33,6	31,6
13	44	44,7	38,9	43	58	60,3	61,8	73	40	36,6	36,9	103	33	32,4	31,4
14	46	45,5	37,4	44	59	59,8	63,5	74	36	36,8	34,7	104	34	33,1	31,7
15	48	46,9	39,5	45	56	58,1	62,1	75	38	36,3	35,3	105	33	32,1	32
16	50	48,3	40,2	46	53	57,5	60,6	76	36	35,6	36,1	106	34	32,5	32,1
17	52	49,6	42,5	47	53	55,9	58,4	77	37	35,9	34,5	107	34	33,2	31,8
18	49	50,1	43,8	48	54	53,5	59,2	78	36	35,4	33,8	108	33	32,5	31,9
19	45	50,6	46,7	49	50	54,4	56,7	79	35	36,2	34				
20	47	48,9	45,6	50	51	52,3	57,4	80	37	34,6	34,4				
21	46	50,5	47,8	51	48	49,6	55,4	81	34	34,3	35,1				
22	50	52,6	49,1	52	45	48,7	54,3	82	35	34,6	33,7				
23	54	51,8	50,2	53	45	47,4	55,2	83	35	33,7	34,1				
24	54	52,2	49,5	54	46	43,3	52,1	84	34	34	33,2				
25	55	53,6	50,7	55	44	44,6	50,1	85	33	33,5	32,9				
26	55	54,1	53,4	56	42	43,2	48,4	86	35	33,3	32,5				
27	57	53,9	52,7	57	44	44,6	46,7	87	34	34,5	32,2				
28	56	54,7	54,8	58	44	44,9	45,3	88	36	33,6	33				
29	54	55,6	54,3	59	42	43,4	45,8	89	33	33,8	33,3				
30	57	57,2	54,9	60	40	44,6	44,4	90	34	33,7	31,9				