

Aprovechamiento de los residuos de alimentos crudos que se generan en el centro vacacional Cafam-Melgar, mediante la realización de una prueba piloto con la técnica de sistema cerrado

Ángel Ricardo Ramírez Vanegas
Agosto 2018.

Universidad de Cundinamarca.
Girardot - Cundinamarca.
Pasantía

El centro de vacaciones Cafam Melgar no realiza el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos (residuos de alimentos crudos) y residuos vegetales (hojarasca) de una manera adecuada ya que su disposición final es en un relleno sanitario, por tal motivo es primordial buscar una salida integral que contribuya al manejo adecuado, potenciando los productos finales de éstos procesos y minimizando un gran número de impactos ambientales que conlleven a la sostenibilidad de los recursos naturales. Este trabajo se realizó con el fin de identificar una técnica de compostaje para el aprovechamiento de los residuos de hojarasca y de alimentos crudos que se generan mediante una prueba piloto para establecer la solución al problema que presenta el centro vacacional.

La importancia del aprovechamiento de los residuos orgánicos empieza a adquirir una mayor dimensión por el acelerado crecimiento urbanístico y la necesidad de reutilizar materias primas desechadas, lo que motivó a realizar una investigación documental cuyo tema central es el aprovechamiento de los residuos de alimentos crudos y de hojarasca que se generan en el centro vacacional Cafam-Melgar, mediante la realización de una prueba piloto con la tecnología de sistema cerrado. En éste trabajo se agrupa la información requerida para ejecutar este proyecto, iniciando con la caracterización de los residuos que se generan a diario en el centro vacacional, pasando por la verificación de las variables fisicoquímicas que afectan su calidad, como el contenido de humedad, la composición bioquímica y aspectos físicos como: el pH, la temperatura y la textura del compostaje y finalizando con la determinación de la incidencia de la relación carbono/nitrógeno en el proceso de compostaje de residuos orgánicos con la técnica de sistema cerrado.

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ANTECEDENTES	2
2.1	Generación de residuos orgánicos	2
2.2	Generación de residuos a nivel mundial	3
2.3	Generación de residuos orgánicos a nivel nacional	4
2.4	Generación de residuos en Centros Vacacionales	5
5.	OBJETIVOS	10
5.1	General.....	10
5.2	Específicos	10
6.1	Marco teórico	11
6.1.1	Compostaje	11
6.1.2	Generalidades del proceso de Compostaje	11
6.1.3	Transformación aerobia	13
6.1.4	Transformaciones anaerobias.....	14
6.2	Etapas del proceso.....	15
6.3	Parametros del proceso	16
6.3.1	pH y Alcalinidad	16
6.3.2	Temperatura	17
6.3.3	Humedad	17
6.3.4	Relación Carbono-Nitrógeno (C: N).....	18
6.3.5	Tamaño de partícula.....	18
6.3.6	Aireación.....	18
6.4	Pasos para la elaboración del compost.....	19
6.5	Tiempo para obtener compost maduro	20
6.5.1	Almacenamiento del compost.....	20
7.	MARCO CONCEPTUAL	21
7.1.1	Aprovechamiento de los residuos orgánicos.....	21
7.1.2	Compostaje	22
7.1.3	Ventajas y beneficios del uso de los abonos orgánicos	23
7.1.4	Sistemas de compostaje	23
8.	MARCO LEGAL.....	25
9.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	27
9.1	Descripción detallada del área de estudio.....	27
9.1.1	Localización.....	27
9.1.2	Plano del centro vacacional Cafam.....	28
9.1.3	Localización geo referencial	29
9.2	Metodológica	30
9.2.1	Realización de la caracterización de los residuos que se generan a diario en el centro vacacional Cafam-Melgar.....	30
9.3	Parametros físicos de los residuos sólidos orgánicos y vegetales.....	34
9.3.1	Verificar las variables fisicoquímicas que afectan su calidad, como el contenido de humedad, la composición bioquímica y aspectos físicos como: el pH, la temperatura y la humedad del compostaje.....	36

9.3.2	Determinar la incidencia de la relación carbono/nitrógeno en el proceso de compostaje de residuos orgánicos con la tecnológica de sistema cerrado.....	iv 38
10.	RESULTADOS.....	38
10.1	Caracterización de los residuos que se generan en el día a día.....	38
10.2	Seguimiento de las variables fisicoquímicas y control del proceso de compostaje.....	41
10.3	Determinación de la incidencia de la relación carbono/nitrógeno en el proceso de compostaje de residuos orgánicos con la tecnológica de sistema cerrado.....	43
11.	CONCLUSIONES.....	45
12.	RECOMENDACIONES.....	46
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	47
14.	ANEXOS.....	49
17.1	Ubicación del proceso de compostaje con la técnica de sistema cerrado.....	49
17.2	Caracterización de los residuos por medio de la observación visual con el personal de las diferentes cocinas Steward (auxiliar de cocina).....	49
17.3	Caracterización de los residuos de alimentos crudos por el método de cuarteo.....	51
17.4	Sistema de volteo del compostador de sistema cerrado.....	52
17.5	Observación de la degradación de los materiales que fueron agregados al compostador.....	52
17.6	Formato registro de la ficha técnica.....	53
17.7	Formato registro de control de los parámetros críticos.....	54

Lista de tablas

Tabla 1.	Normatividad ambiental sobre Residuos Orgánicos.....	25
Tabla 2.	Coordenadas planas del Centro Vacacional Cafam-Melgar.....	27
Tabla 3.	Generación de cantidad de bolsas de las cocinas del CVM.....	31
Tabla 4.	Materiales que se le agregaron al compostador.....	35
Tabla 5.	Tipos de residuos orgánicos encontrados.....	39
Tabla 6.	Registro de control de los parámetros críticos.....	41

Lista de imágenes

Imagen 1.	Funcionamiento de un biodigestor.....	14
Imagen 2	Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje.....	16
Imagen 3.	Organigrama del proceso de compostaje.....	19
Imagen 4.	Plano del Centro de Vacaciones Cafam.....	28
Imagen 5.	Porcentaje de generación de residuos orgánicos a diario de las cocinas del CVM.	32
Imagen 6.	Pesaje de las bolsas con residuos orgánicos.....	33
Imagen 7.	Metodología de cuarteo, clasificación de los residuos.....	33
Imagen 8.	Residuos que se utilizaron para el llenado.....	35
Imagen 9.	Toma de temperatura y pH del sustrato.....	37
Imagen 10.	Monitoreo de humedad con la técnica convencional de puño.....	37
Imagen 11.	Porcentaje de residuos encontrados.....	40
Imagen 12.	Parámetro crítico (temperatura °C).....	42
Imagen 13.	Parámetro crítico (pH).....	42
Imagen 14.	Parámetro crítico (humedad %).....	43
Imagen 15.	Observación de los materiales degradados según la relación carbono/nitrógeno.....	44

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales negativos por su disposición inadecuada y porque cada vez son más, asunto asociado al incremento de la población humana, a los procesos de transformación industrial (globalización), y a los hábitos de consumo de los individuos. (Henaó & Márquez, 2008, pág. 20).

El centro de vacaciones CAFAM-Melgar tiene una extensión total de 114 hectáreas, donde se encuentran diferentes tipos de áreas (recreación, turismo, cultura y medio ambiente). La generación de residuos orgánicos y residuos vegetales en el centro de vacaciones ha venido incrementando considerablemente debido al crecimiento poblacional que ha tenido en los últimos años, aproximadamente la generación de residuos orgánicos es de 5600 kilogramos semanales, donde no se le realiza ningún tipo de tratamiento para reincorporarlos al ciclo de vida, ni la generación de nuevas materias primas sabiendo que estos residuos tienen una relevancia con alto potencial de aprovechamiento. Además, Los residuos vegetales que se producen diariamente por las diferentes actividades como; recolección de hojarasca, tala y de árboles, poda del césped tampoco se les realizan un proceso de tratamiento adecuado ya que su disposición es en la compostera donde el procedimiento es muy lento.

En consecuencia se recomienda la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de consumo responsable, prevención, reducción y separación en la fuente, almacenamiento, transporte, aprovechamiento, valorización, tratamiento y disposición

final de estos residuos en condiciones que propendan por el cuidado de la salud humana y del ambiente. Adicionalmente se espera de este modo incentivar y fomentar el aprovechamiento de residuos orgánicos, involucrando a todos los habitantes y considerando que cada acción -por pequeña que sea- puede contribuir a transformar y mejorar el ambiente de nuestra ciudad. (Bogotá, pág. XIV).

2. ANTECEDENTES

2.1 Generación de residuos orgánicos

La mayoría de las sociedades modernas está logrando su desarrollo sin controlar adecuadamente todas las presiones ambientales generadas sobre su entorno. Este desarrollo se ha forjado mediante procesos y actividades que llevan implícitos la producción de una gran cantidad de residuos, los cuales en su mayoría son orgánicos. Las pautas de consumo y la actividad económica están dando lugar al aumento de la generación de residuos y de los problemas derivados de su inadecuada gestión, sin que se produzca el desacoplamiento entre crecimiento económico y producción de los mismos. (Ministerio del Medio Ambiente. Política para la Gestión de residuos. El ministerio ; p. 5-6, Agosto de 1997).

Las pautas de consumo y la actividad económica están dando lugar al aumento de la generación de residuos y de los problemas derivados de su inadecuada gestión, sin que se produzca el desacoplamiento entre crecimiento económico y producción de los mismos.

El ministerio del Medio Ambiente enuncia en la Política para la Gestión de residuos que desde el punto de vista ambiental, que este problema está relacionado también con:

- Falta de conciencia ciudadana sobre la relación entre los residuos, el ambiente, la economía familiar y nacional.
- Ausencia de un marco de apoyo a la introducción de tecnologías limpias.

Ausencia del establecimiento de responsabilidad de los sectores productivos en la generación, manejo y disposición de residuos pos consumo. (Ministerio del Medio Ambiente. Política para la Gestión de residuos. El ministerio ; p. 5-6, Agosto de 1997)

2.2 Generación de residuos a nivel mundial

Fue en el año 1925 cuando en Europa comenzó a estudiarse la posibilidad de descomponer a gran escala las basuras de las ciudades con la puesta en marcha del método indú Indore. Simultáneamente a las experiencias que se obtenían en la India, en Italia en el año de 1922, se desarrollaba un método que utilizaba tanto el proceso aeróbico como anaeróbico en un sistema cerrado, este proceso se denominó “Beccari” (Opazo, 1991). (Bustos, Enero de 2013, pág. 10).

Según el informe El medio ambiente en Europa: tercera evaluación (2003), la cantidad total de residuos municipales que se recoge es cada vez mayor en un gran número de los países europeos. En Europa se generan cada año más de 3.000 millones de toneladas de residuos. Esto equivale a 3,8 toneladas por persona en Europa Occidental, 4,4 toneladas por persona en Europa Central y Oriental y 6,3 toneladas en los países de EECCA (Europa del Este, Cáucaso y Asia Central). La generación de residuos municipales varía considerablemente entre países, desde los 685 kg per cápita (Islandia) a los 105 kg per

cápita (Uzbekistán). Esto representa aproximadamente un 14 % de los residuos totales recogidos en Europa. De acuerdo a la composición de los mismos, el porcentaje en peso de la fracción orgánica en países subdesarrollados es del 40% al 55% y en países desarrollados del 58% al 80,20%. (Seoánez, 2000. s.p, pág. 31)

Las estimación de generación de residuos orgánicos a nivel mundial según el informe de desarrollo urbano de la Agencia de Protección ambiental (EPA) denominado “What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management” en la composición de los residuos, establece que la generación de residuos a nivel global está caracterizada por factores como el desarrollo económico, métodos de gestión de residuos (frecuencia de recolección y procedimientos de disposición final), clima, normas culturales, fuentes de energía, y ubicación geográfica. Además establece un diferencial de generación de residuos orgánicos según el nivel de ingresos de la población o nación por consiguiente a mayores ingresos la proporción de residuos inorgánicos es mayor y a menores ingresos la relación de residuos orgánicos aumenta. (Colorado & Vargas, Enero de 2017, págs. 18-19).

2.3 Generación de residuos orgánicos a nivel nacional

En Colombia existe una gran variedad de residuos orgánicos que por no ser aprovechados adecuadamente se convierten en contaminantes para los suelos, las fuentes de agua y el aire (Trochez, 2005). El compostaje es una técnica que ayuda a su procesamiento, dándoles un buen uso y mejorando la calidad de los suelos. En el país la práctica del compostaje ha avanzado en la última década, contando en diferentes regiones con plantas de tratamiento de residuos (Libreros, 2012). En la última década se han realizado diferentes proyectos basados en el compostaje para producir abonos con

desechos orgánicos, como los procesos a partir de residuos de la palma de cera. (Osorno, 2017, págs. 24-25).

En las cuatro grandes ciudades del país, como manifiesta el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial. La generación de residuos sólidos, es la siguiente:

- Cuatro grandes ciudades (Medellín, Bogotá, Cali y Barranquilla): 11.275 Ton/día, lo que equivale al (41%) de residuos generados, solo Bogotá genera 6500 ton/día.
- En las 28 ciudades capitales se generan 5.142 Ton/día (18.7%).
- En los 1054 municipios se generan 11.083 ton/ día (40.3%).

En resumen, en Colombia se generan 27.500 toneladas/día de residuos sólidos (1086 municipios 32 departamentos) y de acuerdo a la composición de los mismos, el 65% son residuos sólidos orgánicos. (Ministerio de Ambiente, Mayo 5 de 2004, pág. 3).

2.4 Generación de residuos en Centros Vacacionales

En 1996 Carlos Zarate era el Administrador del parque Amacayacu, en ese año se instaló un biodigestor, a través del apoyo de SURAPA – Sub. Red de Áreas Protegidas - un programa de la unión Europea. También se habían diseñado unos cajones para hacer compostaje pero no tuvo un buen funcionamiento, los residuos orgánicos de la cocina y el restaurante eran entregados a la comunidad de Mocagua que tenían unos cerdos flacos.

En el centro de visitantes tenían problemas con la creciente del río, debido a que las aguas negras se rebosaban y generaba malos olores. Todos los residuos inorgánicos eran reciclados y almacenados, para luego ser transportados a Leticia cada fin de mes, así lo

describen las personas que trabajan hace años con el Parque (Sergio Tangoa y Nolva). Los residuos orgánicos se enterraban y se hacía compostaje, la comunidad de Mocagua aprovechaba el abono que esta generaba, pero hasta entonces los desechos no se llevaban para los cerdos y animales domésticos de esta comunidad. No había gran número de turistas que llegaran a visitar el Parque Amacayacu y por lo tanto tampoco era mucho los residuos que se generaba. Desde la entrada en operación de la concesión en el año 2005, se ha mejorado en muchos aspectos relacionados con el centro de visitantes, y el manejo de residuos sólidos no ha sido la excepción. Desde entonces el volumen de visitantes había aumentado de 3.547 en el 2004 a 5.600 en el 2005 y en lo que iba corriendo en el 2006 hasta agosto se contaban con 14 3.044 visitantes. Desde la entrada en operación han surgido muchos cambios tanto positivos como negativos, se nota un aumento notable de los turistas, pero también la generación de residuos sólidos en el CVY. (Guiro, Junio 2008, pág. 13).

La estrategia de aprovechamiento de residuos orgánicos en urbanizaciones se posibilita gracias a los lineamientos de política nacional y regional con metas definidas. En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, con base en el PLAN REGIONAL, aprobado según Resolución Metropolitana 04 del 26 de Febrero/2006, se estableció para el año 2020, una meta de aprovechamiento del 10% de los residuos orgánicos, la cual a la fecha debe ser revisada, a la luz propuestas como la que se presenta en este artículo, ya que hoy tenemos la certeza de un MODELO TECNOLÓGICO de pequeña escala y de aplicación en sitio, que combinado con un proceso de organización y participación ciudadana, puede ser el fundamento para dar el gran salto en las metas y resultados de del

aprovechamiento en contexto urbano, y demostrar en la práctica, alternativas viables, para hacer de la sostenibilidad ambiental, una praxis cotidiana. Esta propuesta significa que para el año 2020, sobre la cantidad de residuos que se generarían, (48.500 toneladas/mes.) se puede replantear la meta del 10 al 20% de aprovechamiento, lo cual significa la desviación de 9.500 ton/mes hacia la producción de compost aprovechable en la agricultura urbana y peri urbana o rural. (Villada, 2005, pág. 4)

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente los residuos orgánicos (residuos de alimentos crudos), residuos vegetales (hojarasca) no son aprovechados totalmente en el centro vacacional CAFAM-Melgar, los cuales tienen un alto potencial de aprovechamiento por medio de tecnologías como: compostaje, lombricultivo, biodigestión, entre otras tecnologías más avanzadas.

Actualmente el centro vacacional realiza el proceso de aprovechamiento de residuos vegetales de una manera no convencional, debido a que el área designada para realizar este proceso no se encuentra demarcada, tampoco se cuenta con una respectiva señalización, solo se evidencian pilas de residuos sin ningún tipo de clasificación ni orden, no posee un sistema de aireación constante ya que no cuentan con un sistema de volteo. Cabe mencionar que hay un vehículo de recolección de los residuos que se generan durante el desarrollo de las actividades de mantenimiento y aseo de zonas verdes, jardines y prácticas silviculturales, pero no cuenta con la capacidad de voltear o realizar

el proceso anteriormente mencionado ya que las pilas de compostaje son demasiado altas, cada vez que el tractor va a realizar esta función siempre termina averiado o descompuesto, por tal motivo no se ejecuta esta operación constantemente sino cada 3 meses, lo que significa que el proceso se demora aproximadamente 9 meses en producir abono orgánico o compost. Además no se cuenta con el personal capacitado para realizar esta actividad, al no contar con el personal encargado no se cumple con el tiempo requerido para realizar el proceso de compostaje por ende el compost o abono orgánico es demorado.

La empresa que se encarga de la recolección de hojarasca, tala y poda de árboles es la que realiza el proceso de compostaje, pero no se encuentra estipulado en el contrato que deben de realizar el proceso de compost. El personal de la empresa lo realizan por iniciativa propia por querer aprovechar estos residuos que son tan potenciales para la producción de abono orgánico.

Adicionalmente el centro de vacaciones Cafam Melgar posee una problemática considerable la cual es que no está aprovechando los residuos orgánicos (residuos de alimentos crudos), de una manera adecuada, ya que su disposición final va directa al relleno sanitario recolectada por la empresa ser ambiental. Aproximadamente se generan 800 kg diarios de residuos de alimentos crudos, los cuales no se les realizan un proceso de aprovechamiento para la producción de nuevas materias primas. Además cabe mencionar que el centro vacacional paga 60'000.000 millones de pesos anuales por la

recolección de estos residuos. Por tal motivo es necesaria realizar el aprovechamiento de los residuos de alimentos crudos y de hojarasca que se generan en el centro vacacional Cafam-Melgar, mediante la realización de una prueba piloto con la técnica de sistema cerrado, y así poder disminuir en gran porcentaje los gastos e impactos económicos y ambientales del centro vacacional debido al manejo inadecuado de los mismos.

4. JUSTIFICACIÓN

Este documento se propone con la oportunidad de mejorar el compostaje y en su defecto aprovechar los residuos de origen vegetal (hojarasca), residuos orgánicos (residuos de alimentos crudos), generados en el centro de vacaciones CAFAM -Melgar.

Este proyecto es necesario realizarlo para mejorar el proceso anteriormente mencionado logrando además impactos benéficos relacionados al manejo adecuado de los residuos como por ejemplo; la disminución de efectos negativos al ambiente evitando el uso de fertilizantes químicos, el aprovechamiento de los residuos orgánicos que tienen una degradación rápida y que se pueden utilizar como fuente de nutrientes para las plantas. Además, si se realiza un compost con buenas condiciones, rico en nutrientes, apto para el consumo de las plantas, se podrá comercializar el producto a las empresas, entidades e instituciones aledañas al centro de vacaciones Cafam.

Por esta razón se decide realizar una prueba piloto a menor escala para crear la solución que presenta Cafam, al no ejecutar adecuadamente el aprovechamiento de estos residuos los cuales son los desechos crudos que se generan en las cocinas y demás áreas,

tomando como referencia parámetros fundamentales como pH, humedad, Temperatura, para posteriormente determinar la incidencia de la relación carbono/nitrógeno en el proceso de compostaje de residuos orgánicos con la tecnológica de sistema cerrado.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Realizar una prueba piloto de compostaje con la técnica de sistema cerrado según la guía técnica para el aprovechamiento de los residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje.

5.2 Específicos

- Realizar la caracterización de los residuos que se generan a diario en el Centro Vacacional Cafam-Melgar.
- Verificar las variables fisicoquímicas que afectan su calidad, como el contenido de humedad, la composición bioquímica y aspectos físicos como: el pH, la temperatura y la humedad del compostaje.
- Determinar la incidencia de la relación carbono/nitrógeno en el proceso de compostaje de residuos orgánicos con la tecnológica de sistema cerrado.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1 Marco teórico

6.1.1 Compostaje

Como dice Arroyave, el compostaje es un proceso natural y oxidativo, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos aerobios que requieren una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, implica el paso por una etapa termófila dando al final como producto de los procesos de degradación de dióxido de carbono, agua y minerales, como también una materia orgánica estable, libre de patógenos y disponible para ser utilizada en la agricultura como abono acondicionador de suelos sí que cause fenómenos adversos. (Arroyave S. & Vahos M, 1995. s.p, pág. 18).

6.1.2 Generalidades del proceso de Compostaje

El compostaje es un proceso mediante el cual diversos sustratos orgánicos se descomponen y estabilizan debido a la acción de una población mixta de microorganismos, obteniéndose un producto final denominado compost, orgánicamente estable, libre de patógenos y semillas de malezas que puede ser aplicado de manera eficiente al suelo para mejorar sus propiedades. (Juan Pablo Silva V., 2015, pág. 1).

Los objetivos del compostaje han sido tradicionalmente convertir residuos orgánicos putrescibles a materiales estables libres de organismos patógenos para los humanos. El compostaje es también capaz de destruir enfermedades de plantas, malezas, insectos y

huevos de larvas. El compostaje contribuye a los procesos de secado de materiales orgánicos de naturaleza húmeda como son los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o industriales, mejorando su manejo y disposición final.

(Juan Pablo Silva V., 2015, pág. 2).

El compost orgánico brinda beneficios ya que es un acondicionador de suelos con características húmicas, libre de patógenos y malezas, que no atrae insectos ni vectores, el cual puede ser manejado y almacenado sin riesgo y benéfico al crecimiento de las plantas.

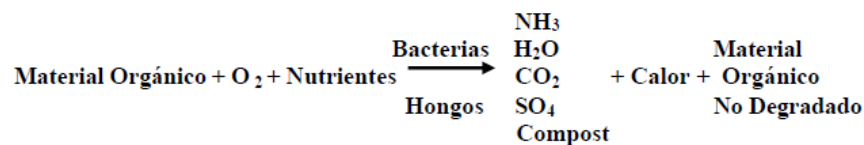
Se han identificado tres funciones fundamentales del compost al aplicarse en suelos:

- Aporta materia orgánica con ausencia de elementos patógenos. La importancia de la materia orgánica en los suelos es tal, que se utiliza como indicador de la fertilidad del mismo.
- Aumenta la capacidad de retención de agua de los terrenos.
- Mejora la porosidad de los suelos, facilitando su aireación y aumentando la infiltración y permeabilidad.
- Mejora las propiedades químicas, aumentando el contenido de macro y micro nutrientes esenciales para el suelo.
- Reduce la erosión de los suelos por lo que es un buen agente preventivo de la desertización.
- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos compactos y cohesión a los arenosos.
- Mejora la actividad biológica del suelo, actuando como alimento de los microorganismos y contribuyendo a la mineralización. (Elorza, 2016, pág. 4).

6.1.3 Transformación aerobia

El compostaje aerobio es un proceso de degradación biológica en donde los microorganismos transforman los compuestos orgánicos mediante reacciones metabólicas, en las que se separan los electrones de los compuestos y se oxidan las estructuras de carbono a dióxido de carbono y agua. Nunca se produce una oxidación completa debido a que una parte del material orgánico se transforma y otra no es biodegradable. (Elorza, 2016, pág. 3)

El proceso de biodegradación aeróbica se puede describir mediante la siguiente ecuación:



Según Herrera & Riffo Prado (2007), el compostaje en Biodigestor (Compostador Urbano), el proceso de compostaje se lleva a cabo en un contenedor cerrado en el cual se desarrolla un proceso aeróbico acelerado para generar compost. El Biodigestor posee inyectores de aire y agua, que mantienen las condiciones ideales en la mezcla, lo que facilita el trabajo de los microorganismos. (Castro, 2014, pág. 21)

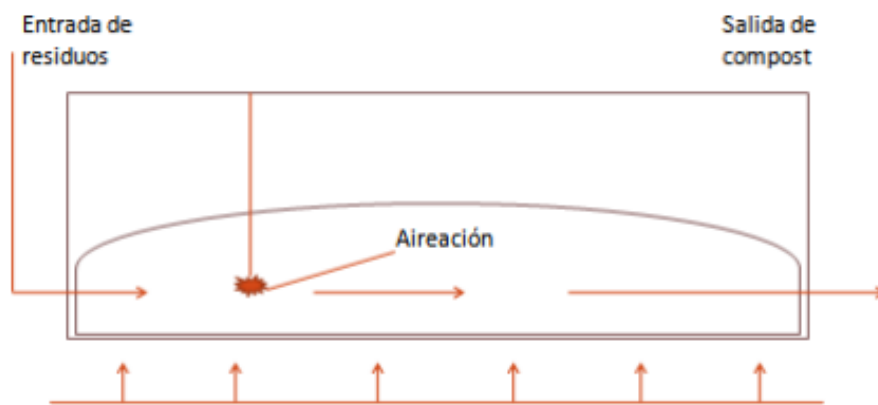


Imagen 1. Funcionamiento de un biodigestor

Fuente: Adaptado de “Environmental Engineering National Engineering Handbook”. U.S.E.
2010, pg. 47.

6.1.4 Transformaciones anaerobias

Este proceso es una conversión biológica de los residuos donde un grupo de microorganismos anaerobios (actúan en ausencia de oxígeno) atacan la fracción orgánica de los residuos convirtiéndolos en gas metano y dióxido de carbono. (Corpoantioquia., Diciembre del 2000, pág. 12)

Aparte de estos métodos de conversión biológica existen otros métodos como lo son: la hidrólisis enzimática y la fermentación para la producción de glucosa y etanol respectivamente, pero esto implica una mayor clasificación y por ende una infraestructura más compleja. (Corpoantioquia., Diciembre del 2000, pág. 12).

6.2 Etapas del proceso

Fase Mesófila. El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. (Pilar Román, 2013, pág. 23)

Fase Termófila o de Higienización. Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. (Pilar Román, 2013, pág. 23)

Fase de Enfriamiento o Mesófila II. Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. (Pilar Román, 2013, pág. 24)

Fase de Maduración. Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. (Pilar Román, 2013, pág. 24).

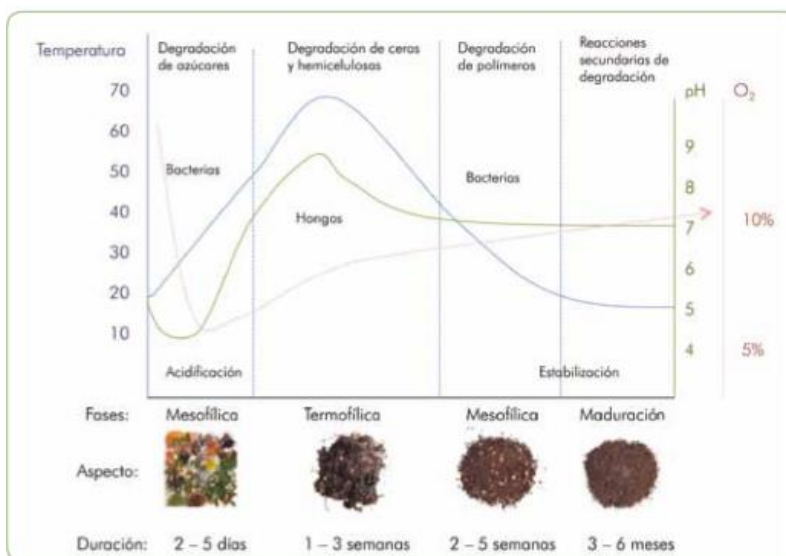


Imagen 2 Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje

Fuente: P. Roman, FAO

6.3 Parametros del proceso

6.3.1 pH y Alcalinidad

En cada fase del proceso los microorganismos presentan máxima actividad en un rango de pH diferenciado: hidrolíticos entre 7,2 y 7,4; acetogénicos entre 7 y 7,2 metanogénicos entre 6,5 y 7,5. En el mantenimiento del pH es de vital importancia el sistema formado por las diferentes formas del carbono inorgánico, en equilibrio –dióxido

de carbono, bicarbonato, carbónico. El rango ideal para el pH es de 4.5 a 8.5. (Flotats, Octubre 1997, pág. 3).

6.3.2 Temperatura

La temperatura es consecuencia del tipo de proceso y por tanto un indicador de su funcionamiento. El incremento de la actividad biológica genera calor, que es retenido al considerarse el residuo una masa auto aislante, lo que provoca un incremento general de la temperatura el incremento de la temperatura en la primera parte del compostaje indica la presencia de materiales muy degradables y unas condiciones de trabajo adecuadas, mostrando el desarrollo correcto del proceso. Es necesario conseguir un equilibrio entre la máxima higienización y la biodegradación. Se considera que la mayor diversidad microbiana se consigue entre 35 y 40 °C, la máxima biodegradación entre 45 y 55 °C, y la higienización cuando se superan los 55°C. (Gómez, Julio 2006, págs. 20-21).

6.3.3 Humedad

Es necesario mantener dentro del sustrato de basura orgánica humedades mínimas del 70 % al comienzo de la transformación. Esta humedad disminuye en el proceso de secado hasta un mínimo de 25 % para mantener vivos los microorganismos. (Catalina Aristizabal, 2001, pág. xxxiv). 45% - 60% Rango ideal.

6.3.4 Relación Carbono-Nitrógeno (C: N)

La relación C: N varía en función del material de partida y se obtiene la relación numérica al dividir el contenido de C (%C total) sobre el contenido de N total (%N total) de los materiales a compostar. Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, desde 35:1 a 15:1. 15:1 – 35:1 Rango ideal. (Pilar Román, 2013, pág. 29).

6.3.5 Tamaño de partícula

La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, esto es, con la facilidad de acceso al sustrato. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato. El tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm. 5 – 30 cm Rango ideal. (Pilar Román, 2013, pág. 30).

6.3.6 Aireación

Es necesario voltear los restos cada cierto tiempo, con el fin de que los microorganismos que ayudan a su descomposición puedan desarrollarse. Esta labor se realiza como mínimo una vez por semana, durante el primer mes. (María Angélica Ormeño D., INIA Divulga 10 enero - diciembre 2007, pág. 31).

6.4 Pasos para la elaboración del compost



Imagen 3. Organigrama del proceso de compostaje

Separación en la fuente de los residuos orgánicos: Separar los residuos orgánicos de los que no lo son.

Acondicionamiento de los residuos: Picar los residuos hasta obtener un tamaño entre 5 y 10 cm, no más pequeño ya que causaría problemas de aireación en la pila. (Bogotá, pág. 71).

Realización de la mezcla: Es necesario hacer un pesaje de los residuos para conocer el peso, de un volumen determinado (ej: peso de un balde de residuos crudos), y así determinar el número de baldes necesarios de estos residuos a utilizar para la realización de la mezcla en las proporciones adecuadas. Realizar la mezcla con materiales que tenga al alcance, adicionar materiales carbonados y nitrogenados hasta obtener la relación carbono-nitrógeno adecuada 30/1. (Bogotá, pág. 72).

Humedad de la mezcla: Humedecer la mezcla hasta obtener la humedad entre el 45 y 60%. Es deseable que la pila tenga una humedad cercana al 60% ya que así se activa más rápido el proceso de degradación. (Bogotá, pág. 72).

Aplicación de Microorganismos: Humedecer la mezcla con el preparado de microorganismos eficientes, en la dilución 1 L de preparado por 20 L de agua. (Bogotá, pág. 73).

Volteo: Es necesario garantizar la aireación de la mezcla realizando volteos, lo ideal es realizarlos una vez al día, pero si no se cuenta con el tiempo se deben voltear por lo menos dos veces a la semana, moviendo las pilas de un lugar a otro, mezclando y descompactando su contenido. (Bogotá, pág. 73).

Monitoreo de temperatura, humedad y pH: Se debe revisar y verificar diariamente la temperatura del compost, usando un termómetro para compostaje o una varilla metálica. También se debe hacer seguimiento de la humedad de la mezcla mediante la prueba de puño. Es ideal registros para observar como se ha dado el proceso de degradación. (Bogotá, pág. 74).

6.5 Tiempo para obtener compost maduro

El tiempo requerido para obtener un compost maduro varía de acuerdo a las condiciones ambientales y al manejo dado del sistema de compostaje, el rango de tiempo está entre 1 a 6 meses.

6.5.1 Almacenamiento del compost

Después de su cosecha el compost debe extenderse sobre un plástico y dejarse allí hasta que la humedad disminuya hasta el 30%, posteriormente debe pasarse a través de una malla o tamiz, esto con el fin de retirar partículas extrañas y materiales que no

alcanzaron a ser degradados. Este remanente puede volver a ser introducido durante un nuevo proceso. Para saber que el compost está al 30% se debe realizar la prueba de puño, al hacer la prueba, el material no debe escurrir y ya no se debe formar ningún agregado, el material se debe sentir húmedo en la mano. Tamizaje del compost para eliminación de partículas grandes. Posteriormente el compost se empaca en sacos que tengan buena aireación, pero que garanticen el porcentaje de humedad de 30% que favorezca la actividad microbiana de la cual depende la calidad del compost. Para esto se coloca en doble bolsa, una plástica interna y otra de fibra plástica externa. (Bogotá, págs. 74-76).

7. MARCO CONCEPTUAL

Para la realización de este documento de investigación fue necesario tener como referencia algunos temas, definiciones entre ellos los siguientes;

7.1.1 Aprovechamiento de los residuos orgánicos

De acuerdo a la Política para la Gestión de Residuos, el aprovechamiento se entiende como el conjunto de fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, entendiéndose que el procesamiento tiene el objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable. Aprovechables son aquellos que pueden ser reutilizados o transformados en otro producto, reincorporándose al ciclo económico y con valor comercial.

7.1.2 Compostaje

Es un proceso natural de descomposición biológico de tipo aeróbico realizado por microorganismos que se da bajo condiciones controladas de temperatura humedad y PH, donde las complejas moléculas de la materia orgánica presente en los desechos son descompuestas en entidades más simples. Los productos principales del compostaje son; El compost, que es un fertilizante del suelo, agua y gas carbónico (Singh et al., 2011; Worrel & Vesilind, 2012). El compost no genera olores, no atrae moscas u otros animales cuando se maneja bajo condiciones controladas. Este ayuda en el reciclaje de nutrientes retornándolos nuevamente al suelo. Para realizar el compostaje debe primero separarse los residuos orgánicos de los inorgánicos, entre más bajo el contenido de material inorgánico que entra con la materia orgánica mejor es la calidad del compost resultante. Como alternativa de gestión de residuos es un proceso de bajo costo, socialmente deseable ya que reduce la presión sobre los rellenos sanitarios, reduce la polución, a la vez que genera empleo. (Arévalo, 2016, págs. 16-17).

Abono orgánico: Los abonos orgánicos son materiales de origen natural en contraposición a los fertilizantes de industrias de síntesis. La calidad de los abonos orgánicos depende de sus materias primas y de su proceso de preparación. Se califica según su potencial de vida no según su análisis químico. No puede haber agricultura orgánica sin materia orgánica en el sistema de producción. De igual manera, no puede existir agricultura de larga duración en condiciones ecuatoriales sin abonos orgánicos. (V., 2012, pág. 12)

7.1.3 Ventajas y beneficios del uso de los abonos orgánicos

- Mejora la estructura, aireación y capacidad de retención del agua del suelo.
- Mejora las características químicas y biológicas del suelo.
- Aporta nutrientes.
- Disminuye costos de producción.
- Evita la dependencia de insumos externos.
- Contribuye a preservar la vida, salud de suelos, plantas y de las personas.
- Son productos ambientalmente responsables. (Agropecuario, 2015, pág. 8).

7.1.4 Sistemas de compostaje

Según Labrador (2001) y Costa et al. (1991) los sistemas de compostaje pueden clasificarse como:

- **Sistemas abiertos.** Son los sistemas tradicionales, donde los sustratos a compostar se disponen en pilas que pueden estar al aire libre o cubiertas. Entre estos tenemos:
- **Apilamiento estático:** *f* Con aireación por succión (Sistema Beltsville). (Costa et al., 1991)
- **Sin volteos;** es el que necesita mayor tiempo de fermentación. Suficiente para proveer de una concentración de oxígeno de 15% a un compost compuesto de lodo de depuradora y de virutas de madera

f Con aire espirado en conjunción con el control de la temperatura (Sistema Rutgers). (Costa, 1991)

f Ventilación alterna y control de temperatura

- **Apilamiento con volteo.** Volteos en función de la temperatura y la humedad el cual permite diseñar pilas de mayor altura.
- **Apilamiento con ventilación forzada.** Sistema mecánico de ventilación por tuberías o canales.
- **Sistemas cerrados Sistemas:** utilizados generalmente para el tratamiento de desechos sólidos Municipales de tamaño medio o grande, diseñados para reducir el área y tiempo de compostaje y hacer un mejor control de los parámetros del proceso. Sin embargo sus costos son elevados. Entre estos tenemos:
 - **Discontinuos.** Reactores divididos en varios niveles, de 2 a 3 m de altura, donde la masa se voltea en la parte superior descendiendo al siguiente nivel según su madurez. El tiempo de fermentación es de una semana.
 - **Reactores horizontales.**
 - Estáticos.** Tiempo de compostaje de 15 a 30 días. El producto requiere un compostaje posterior.
 - ***f* Dinámico.** Cilindro de 2 a 3 m de diámetro y con giros de 2 a 3 rpm. Donde los residuos permanecen en el reactor de 24 a 36 horas. El material es compostado posteriormente en pilas o reactores
 - **Reactores verticales.**

f Continuos. Con alturas de 4 a 10 m donde el material compostable se encuentra en masa única. En este sistema se controla temperatura, aireación y características de los gases. El tiempo del compostaje es corto (dos semanas).

8. MARCO LEGAL

Tabla 1. Normatividad ambiental sobre Residuos Orgánicos

NORMA, DECRETO, LEY	DESCRIPCIÓN
Política para la Gestión Integral de los Residuos. 1998. Ministerio del Medio Ambiente	Esta política define los principios de la Gestión Integral para todos los tipos de residuos. Establece el máximo aprovechamiento y mínimo de residuos con destino al Relleno Sanitario. Define las categorías de Residuo Aprovechable y No Aprovechable, para impedir o minimizar los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente, que ocasionan los residuos de todo orden, y minimizar la generación y la disposición final como alternativa ambiental deseable.
Decreto - Ley 2811 de 1974. Presidencia de la República.	El Código Nacional de los Recursos Naturales es la base para las autorizaciones, concesiones y autorizaciones para el uso y el aprovechamiento de los recursos naturales y se definen procedimientos generales para cada caso.
Ley 99 de 1993	Por medio de la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se establece formalmente el Sistema Nacional Ambiental. Se responsabiliza a todos y cada uno de los actores del desarrollo de la tarea de conservar y aprovechar de manera racional los recursos naturales y el ambiente. Define que las Autoridades Ambientales, serán las responsables de formular y verificar el cumplimiento de las políticas y normas ambientales.
Ley 142 de 1994 / Ley 632 de 2000	Algunos elementos normativos y políticas existentes a la fecha, establecen y reconocen las conductas y procedimientos que se deben aplicar con relación a como valorar servicios y actividades de aprovechamiento de residuos. La Ley 142/94 en sus Art. 9 y 146 establece taxativamente que el servicio que se paga es el que se mide y fija claramente la función ecológica de los servicios públicos.
Resolución ICA No. 00150	Expedida por el Instituto Colombiano Agropecuario. Por el

<p>del 21 de enero de 2003.</p> <p>D. 1505 de 2003. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.</p> <p>R. 1045 de 2003. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.</p> <p>D. 838 de 2005. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.</p> <p>D. 2820/2010. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.</p> <p>Norma Técnica Colombiana NTC 5167</p>	<p>cual se adopta el reglamento técnico de fertilización y acondicionadores de suelos para Colombia.</p> <p>Por el cual se modifican parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos, especialmente lo relacionado con la definición de aprovechamiento, el acatamiento de parte las autoridades municipales al PGIRS, su actualización y la garantía de participación de los Recicladores.</p> <p>Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.</p> <p>Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. (Puntaje selección de Sitios). Licencias Ambientales. El Art. 9, numeral 10 que establece la competencia de las CARS (Corporaciones Ambientales Regionales) "la construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, recuperación y/o disposición final de residuos o desechos peligrosos, y la construcción y operación de rellenos de seguridad para residuos hospitalarios en los casos en que la normatividad sobre la materia lo permita". El numeral 12, del mismo artículo, establece que la construcción y operación de plantas cuyo objeto sea el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos biodegradables mayores o iguales a 20.000 toneladas/año, requieren de Licencia Ambiental.</p> <p>Por la cual se establecen los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos para la industria agrícola, productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo.</p> <p>Reglamenta los límites actuales para el uso de materiales orgánicos, los parámetros físico químicos de los análisis de las muestras de materia orgánica, los límites máximos de metales y enuncia parámetros para los análisis microbiológicos.</p>
---	---

9. DISEÑO METODOLÓGICO

9.1 Descripción detallada del área de estudio

9.1.1 Localización

El Centro de Vacaciones se encuentra ubicado al sur occidente del perímetro urbano del municipio de Melgar. Iniciando por el lindero de la esquina con calle octava (8) con hotel El Bosque, en dirección Este, hasta volver al inicio, Cafam se encuentra entre las siguientes coordenadas, como se aprecia en las cartas catastrales urbanas y en el plano topográfico:

Tabla 2. Coordenadas planas del Centro Vacacional Cafam-Melgar

COORDENADAS PLANAS					
PUNTO	NORTE	ESTE	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN (m)
1	956815	938006	4° 12' 31.62"	74° 38' 01.14"	337
2	956816	938259	4° 12' 31.66"	74° 37' 53.64"	350
3	956503	938576	4° 12' 21.48"	74° 37' 43.36"	347
4	956382	938335	4° 12' 17.53"	74° 37' 51.17"	349
5	956038	938644	4° 12' 06.34"	74° 37' 41.14"	348
6	955624	938723	4° 11' 52.86"	74° 37' 39.41"	355
7	955453	938697	4° 11' 47.30"	74° 37' 38.91"	357
8	955288	938297	4° 11' 41.92"	74° 37' 52.37"	359
9	956009	937894	4° 12' 05.38"	74° 38' 05.46"	345
10	956312	937838	4° 12' 15.24"	74° 38' 07.24"	339

9.1.2 Plano del centro vacacional Cafam

Imagen 4. Plano del Centro de Vacaciones Cafam



Fuente: Centro de vacaciones Cafam-Melgar

El mapa anterior es una representación gráfica del plano del centro vacacional Melgar donde se ejecutara el proyecto aprovechamiento de los residuos de alimentos crudos que se generan en el centro vacacional Cafam-Melgar, mediante la realización de una prueba piloto con la técnica de sistema cerrado.

9.1.3 Localización geo referencial

El Centro vacacional Cafam-Melgar geográficamente se encuentra ubicado dentro de las siguientes coordenadas:

Latitud Norte	4°	12'	21''
Longitud	74°	33'	36''
Altura sobre el nivel del mar	323 metros		

Temperatura

La distribución de la temperatura se manifiesta de dos formas en el municipio: de acuerdo a la variación altitudinal y a través del tiempo. El centro de vacaciones Cafam-Melgar se encuentra ubicado en la parte baja de la cuenca del río Sumapaz entre 320 y 1400 msnm con picos que ascienden hasta los 1600 msnm. La temperatura ambiental sufre un decrecimiento de 0.632°C por cada 100 m de altura, de tal manera que en la estación de la Base Aérea se registra un promedio de 27.4°C y en la estación Hacienda La Granja un promedio de 22.3°C. (Melgar, 2013, pág. 17)

Hidrología

Las redes de drenaje del Centro de Vacaciones hacen parte de la cuenca del río Sumapaz, que pertenece a la gran cuenca del río Magdalena, en la vertiente Occidental de la cordillera Oriental. (Melgar, 2013, pág. 23)

9.2 Metodológica

9.2.1 Realización de la caracterización de los residuos que se generan a diario en el centro vacacional Cafam-Melgar.

Antes de haber realizado la caracterización de los residuos orgánicos es importante resaltar que el Centro vacacional Cafam cuenta con una planta de residuos denominada EART (Estación de aprovechamiento de reciclaje y de transferencia) donde allí realizan todo el proceso de recolección, separación, clasificación y tratamiento de los residuos sólidos aprovechables y no aprovechables. Aquí no realizan el proceso de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos todo va depositado directamente al Ampiroll (contenedor dispuesto por la empresa ser ambiental) y posteriormente su disposición final va al relleno sanitario.

El día 01 de octubre del 2018 siendo las 11:00 am se llevó a cabo la identificación de los puntos de generación de los residuos sólidos orgánicos, residuos vegetales por medio de una inspección y/o recorrido con el personal encargado, luego posteriormente se realizó una encuesta al Steward (ayudante o encargado de cocina) de las diferentes cocinas. Donde se le realizaron preguntas como:

¿Con que frecuencia realizan el sacado de las bolsas al shut de almacenamiento?

¿Cuántas bolsas de color beigs generan al día?

¿En temporada alta se incrementan la generación de estos residuos?

¿En temporada alta cuantas bolsas generan?

¿En temporada baja cuanto es la generación de bolsas en el día?

En consecuencia se efectuó la caracterización por medio de la metodología de observación visual donde se logró establecer la cantidad de bolsas diarias con residuos orgánicos que se generan en cada una de las cocinas del centro de vacaciones CAFAM-Melgar. A continuación se establece la generación de bolsas con los residuos orgánicos de cada una de las cocinas:

Tabla 3. Generación de cantidad de bolsas de las cocinas del CVM.

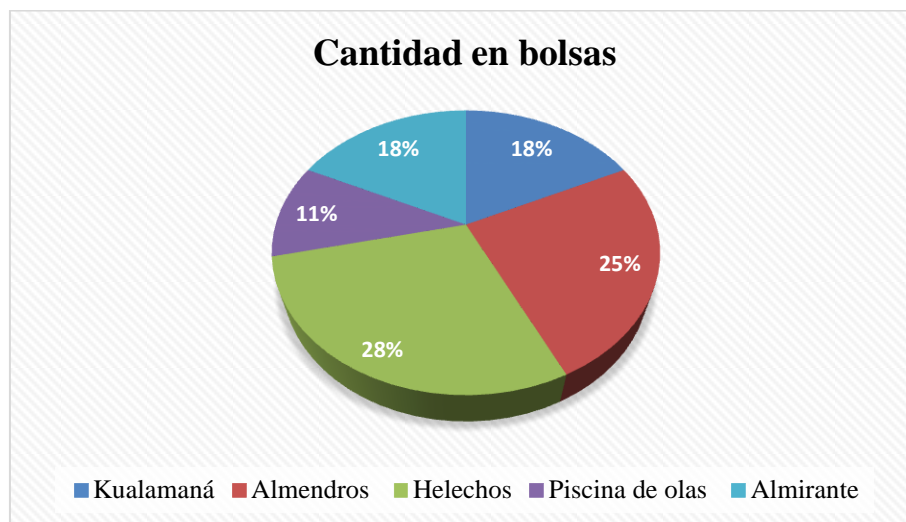
Total cocinas 5

Cocinas	Cantidad en bolsas	Cantidad en Kilogramos
Kualamaná	10	150
Almendros	14	210
Helechos	16	240
Piscina de olas	6	90
Almirante	10	150
Total	56	840

El peso promedio de cada bolsa es de 15 Kilogramos.

En total son 5 cocinas que generan aproximadamente más de 840 kilogramos de residuos orgánicos a diario (cascaras de alimentos crudos). Además cabe recalcar que estos kilos que se generan son en temporada semi-alta, en temporada alta se generan el doble de estos. Se representa por medio de una gráfica el porcentaje de generación de cada una de las cocinas:

Imagen 5. Porcentaje de generación de residuos orgánicos a diario de las cocinas del CVM.



En segunda instancia se realizó la caracterización más detallada de los residuos orgánicos, donde la metodología que se utilizó fue la siguiente: se cogieron 3 bolsas beige procedentes de las cocinas, en donde se efectuó el pesaje de las mismas, el resultado del pesaje fue de 49.5 kilogramos (Kg). Después se procedió a desocupar las bolsas en un perímetro de 1 m², en donde la metodología empleada para este proceso fue la de cuarteo en el cual se identificaron los tipos de materiales de residuos que se generan en cada cocina. A continuación se evidencia el proceso mediante un registro fotográfico:

Imagen 6. Pesaje de las bolsas con residuos orgánicos.



Imagen 7. Metodología de cuarteo, clasificación de los residuos.



9.3 Parametros físicos de los residuos sólidos orgánicos y vegetales

Según la literatura el material dentro del recipiente tiende a compactarse hasta 400 kg/m³, por tal motivo primero se realizó la identificación de la relación entre carbono/nitrógeno para hallar el adecuado porcentaje de los residuos que se depositaron en el compostador. A continuación se presenta la forma con la que se halló el porcentaje;

Tenemos

9 kg de residuos orgánicos

2 kg de residuos vegetales

1. Se procede a sumar los dos porcentajes para un total = 11 kg de mezcla, luego se saca el porcentaje de cada uno.

$$x = \frac{9 \text{ kg residuos orgánicos}}{11 \text{ kg de Mezcla}} \times 100\% = 81,81 \%$$

$$x = \frac{2 \text{ kg residuos vegetales}}{11 \text{ kg de Mezcla}} \times 100\% = 18,18 \%$$

2. Después se procede a dividir cada resultado de cada componente por 100 dando así;

Componente orgánico: $(81,81\%) / 100 = 0,81$

Componente hojas secas: $(18,18\%) / 100 = 0,18$

3. Posteriormente los valores obtenidos se multiplican con los valores que establece la FAO en relación de carbono/nitrógeno. (Pilar Román, 2013)

Componente hojas secas: $0,18 \times 80 = 14.4$

Componiendo orgánico: $0,81 \times 15 = 12.15$

5. Luego se suman los valores obtenidos anteriormente y se establece la relación carbono/nitrógeno ideal para el proceso: $14.4 + 12.15 = 26.55$ Relación C/N= 26.55/1

Ya identificada la relación carbono/nitrógeno se estableció el llenado del compostador de sistema cerrado, donde los materiales que se tomaron fueron los siguientes;

Tabla 4. Materiales que se le agregaron al compostador.

Material/residuo	Cantidad en kg
Verduras crudas	7
Abono listo	4
Hojas secas	2
Agua	1.5 litros
Cascaras de frutas	2
Microorganismos	200 ml

Imagen 8. Residuos que se utilizaron para el llenado.



9.3.1 Verificar las variables fisicoquímicas que afectan su calidad, como el contenido de humedad, la composición bioquímica y aspectos físicos como: el pH, la temperatura y la humedad del compostaje.

Siendo las 12:00 del mediodía se inició con el proceso de seguimiento de las variables fisicoquímicas el día 03 de octubre del presente año, con el propósito de controlar los parámetros críticos del proceso e identificar su comportamiento con relación a la degradación de la materia orgánica, los parámetros fisicoquímicos que se tomaron en cuenta fueron los siguientes; el contenido de humedad, la composición bioquímica y aspectos físicos como: el pH y temperatura.

El proceso de seguimiento de los parámetros críticos se realizó de manera diaria, se procedió a tomar la temperatura con un termómetro todos los días en los horarios de 12:00 pm a 15:00 pm, esto con el fin de identificar la temperatura máxima del compostador, debido a que en ese lapso de tiempo la radiación solar es muy alta. Además se realizó la toma de los parámetros como el pH; con una cinta rollo para el medir el pH y posteriormente se llevó a cabo el monitoreo de la humedad por medio de la aplicación de la técnica convencional de puño, la cual constó de tomar una pequeña parte del sustrato con la mano y proceder a formar un círculo. Además se le realizó al proceso de compostaje la técnica de volteo diariamente, esto con el objetivo de garantizar la eficiencia la aireación (mayor oxígeno) al proceso.

Se tomó como evidencia la realización de un formato donde se registraron todos los valores de cada parámetro crítico mencionado anteriormente en el que se publicará en el ítem de los anexos.

Imagen 9. Toma de temperatura y pH del sustrato.



Imagen 10. Monitoreo de humedad con la técnica convencional de puño.



9.3.2 Determinar la incidencia de la relación carbono/nitrógeno en el proceso de compostaje de residuos orgánicos con la tecnológica de sistema cerrado.

Pasados los primeros 12 días del proceso se procedió a dirigirse en las horas de la mañana tipo 9:30 am al compostador que quedó ubicado en la EART (Estación de aprovechamiento de reciclaje y de transferencia) donde se realizó una observación visual para identificar en qué condiciones se presentaba la degradación de los desechos sólidos. Se procedió a realizar la ejecución de este objetivo con el fin de identificar la degradación parcial de la mezcla heterogénea que se presentó en la adición de los diferentes materiales que se agregaron al compostador. En este proceso se observó que hubo una degradación primaria de los residuos orgánicos (cascaras de alimentos crudos y verduras) en los primeros días; estos residuos se degradaron más rápido por contener un porcentaje de carbono/nitrógeno más bajo que los demás residuos como por ejemplo el de la hojarasca.

10. RESULTADOS

10.1 Caracterización de los residuos que se generan en el día a día

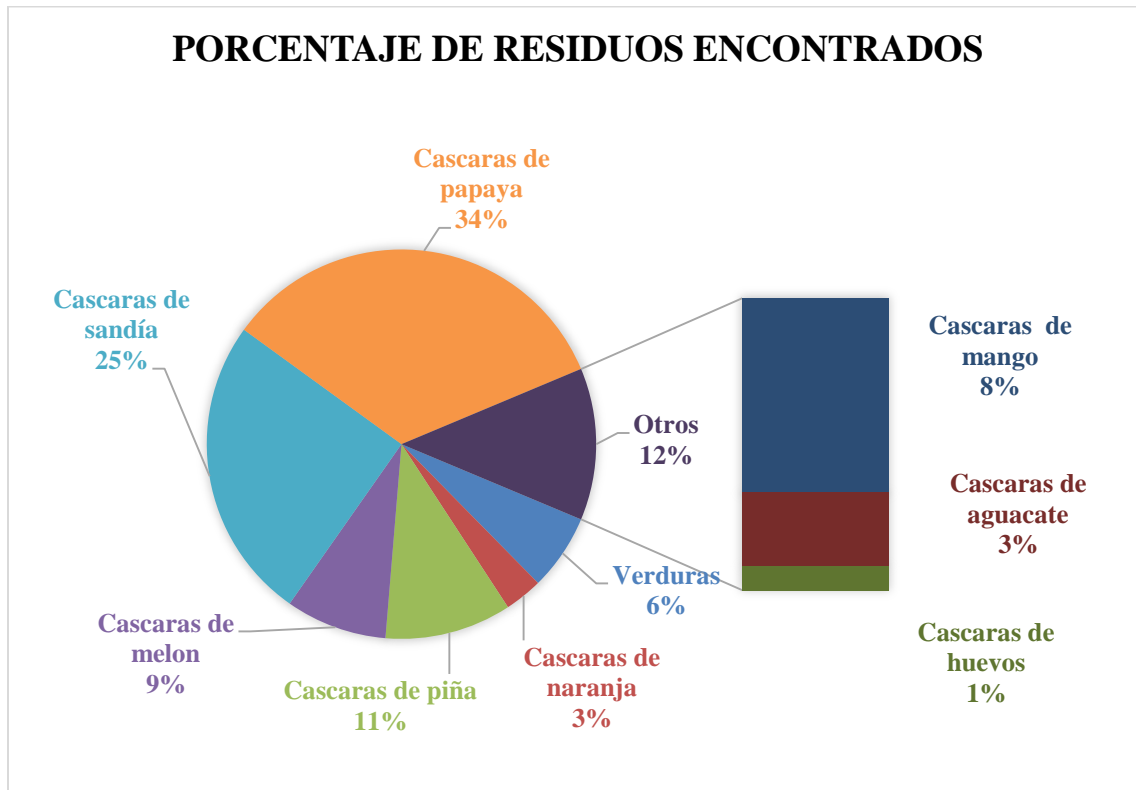
De acuerdo a la metodología planteada se realizó la caracterización de los residuos que se generan a diario en El Centro Vacacional Cafam-Melgar, los residuos orgánicos que se encontraron en la caracterización fueron los siguientes;

Tabla 5. Tipos de residuos orgánicos encontrados

TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD EN KILOGRAMOS
Verduras	3
Cascaras de naranja	1,5
Cascaras de piña	5
Cascaras de melon	4
Cascaras de sandía	12
Cascaras de papaya	16
Cascaras de mango	4
Cascaras de aguacate	1,5
Cascaras de huevos	0,5
Total	47.5

Como se puede observar en la tabla se encontraron en su mayoría residuos como cascaras de frutas, ya que es lo que más consumen los usuarios en el día a día. Los residuos orgánicos de alimentos crudos son los ideales para el proceso de compostaje por su contenido de carbón y nitrógeno. Los dos (2) kilos que hacen falta fueron residuos líquidos producidos por los mismos. A continuación se representa los porcentajes de los residuos encontrados;

Imagen 11. Porcentaje de residuos encontrados



Se encontraron en gran mayoría cascaras de papaya y de sandía las cuales representan un porcentaje mayor en la caracterización que se realizó de los residuos de alimentos crudos. Además estos residuos son ideales en el proceso de compostaje por su gran contenido de humedad.

10.2 Seguimiento de las variables fisicoquímicas y control del proceso de compostaje.

El resultado que se obtuvo de la toma de los parámetros críticos fue la siguiente;

Tabla 6. Registro de control de los parámetros críticos

Días	Temperatura °C	pH	Humedad %	Relación C/N
1	39	6	40	26.55/1
2	37	6	40	26.55/1
3	35	6,5	35	26.55/1
4	36	7	45	26.55/1
5	37	7	45	26.55/1
6	40	6,5	48	26.55/1
7	40	6	50	
8	37	6	50	
9	38	6,5	45	
10	42	6,5	40	
11	37,4	6	45	
12	42,6	6	40	
Promedio	38,1	6,3	43.6	26.55/1

Se evidenció que cada parámetro tuvo un comportamiento diferente al transcurrir los días, donde se identifica que la temperatura, pH y humedad está dentro del rango que establece la literatura en la etapa Mesófila la cual pertenece a los primeros días del proceso. Además como podemos observar el pH tuvo un comportamiento particular debido a que en los primeros días del proceso el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos; este proceso ocurre porque los materiales y/o residuos que se depositaron en el compostador con menos contenido de carbono se degradan de manera más rápida debido a que contienen más porcentaje de nitrógeno.

Cuando el pH se encuentra en la etapa termófila, el proceso produce una conversión del amonio en amoniaco lo que ocurre que el pH sube un poco y se alcaliniza.

A continuación se representa cada parámetro crítica;

Imagen 12. Parámetro crítico (temperatura °C)

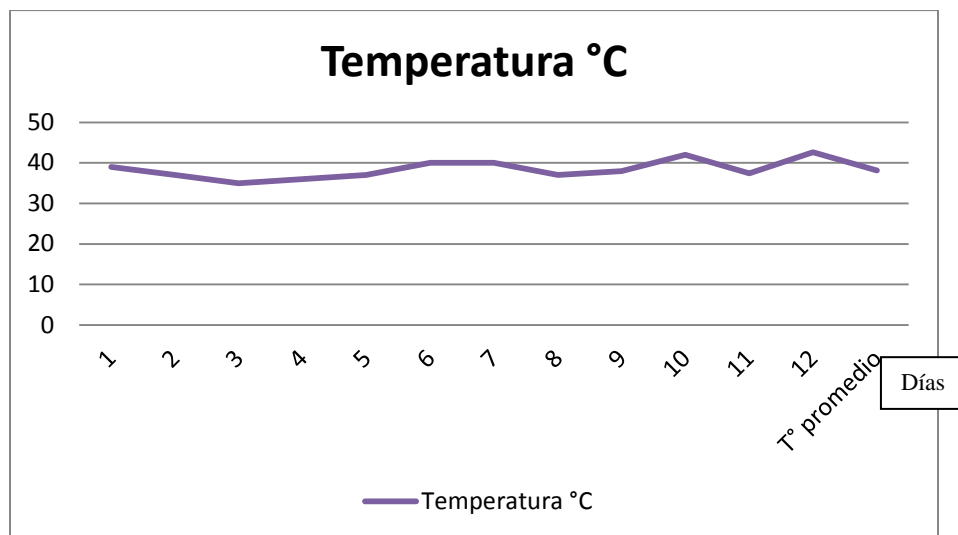


Imagen 13. Parámetro crítico (pH)

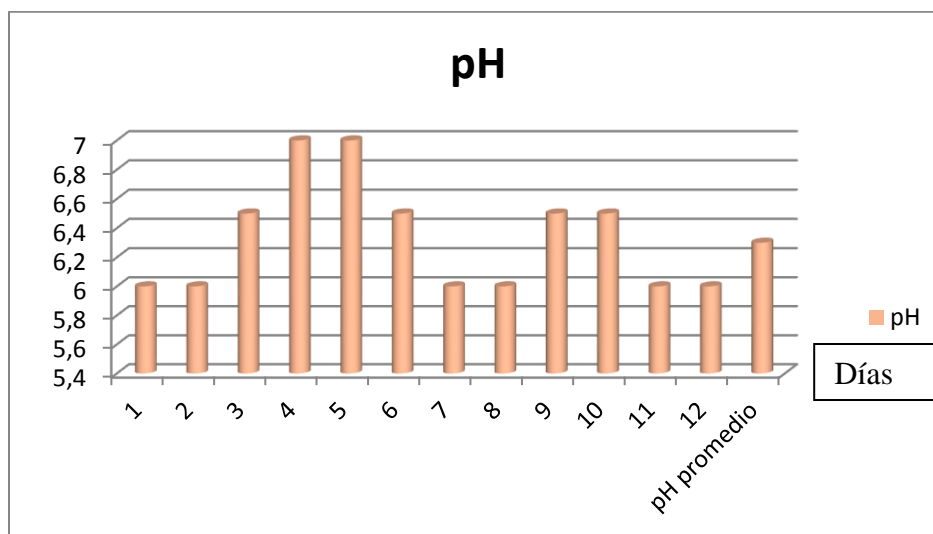
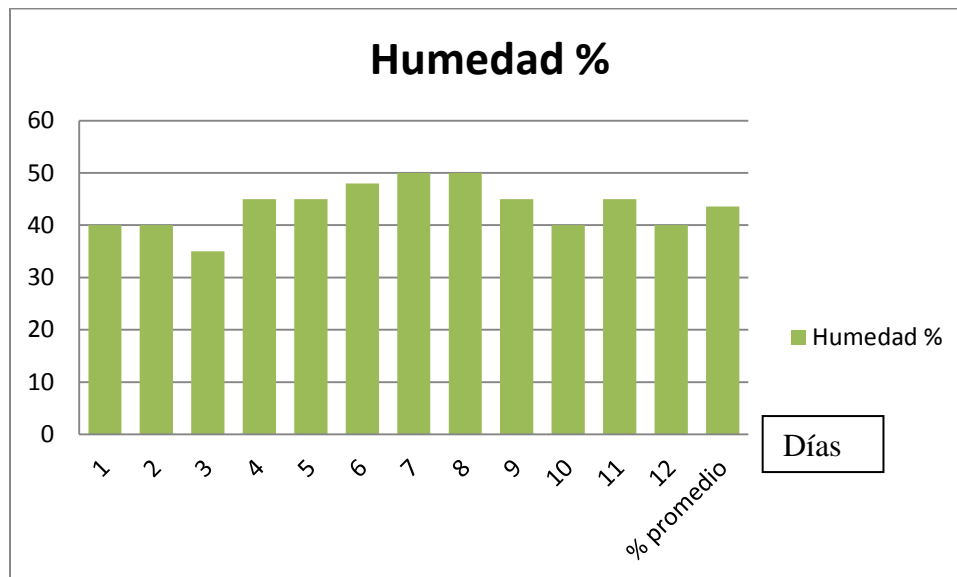


Imagen 14. Parámetro crítico (humedad %)



10.3 Determinación de la incidencia de la relación carbono/nitrógeno en el proceso de compostaje de residuos orgánicos con la tecnológica de sistema cerrado.

El resultado que se obtuvo en este objetivo fue la degradación total de los residuos orgánicos (residuos de alimentos crudos) con un porcentaje del 100 % ya que no se evidenció ninguna parte del material. Posteriormente se degradó en un 60 por ciento los residuos de hojarasca, este resultado tiene mucha relevancia con la relación carbono/nitrógeno que presenta cada material agregado al compostaje. Según el manual de compostaje para el agricultor la relación carbono/nitrógeno de los alimentos crudos producidos en las cocinas es de 15:1, y de hojarasca seca es de 80:1. La degradación de

los desechos crudos se dio por su bajo contenido de carbón, y los desechos de hojarasca seca su degradación fue más lenta ya que presenta más contenido de carbono y, además contiene una enzima denominada lignina la cual se encuentra ubicada en la estructura de las hojas y por consiguiente lo que hace es que el proceso de degradación sea más lento.

Imagen 15. Observación de los materiales degradados según la relación carbono/nitrógeno.



Relación carbono/nitrógeno del proceso.

Se realizó un análisis antes del corte del proceso para determinar la incidencia con relación al porcentaje de carbono/nitrógeno donde el resultado se presenta a continuación;

ENSAYO	METODO	REFERENCIA	RESULTADO DE MUESTRA
			ppm ó mg/kg
Carbono orgánico total	Volumétrico	NTC 5403	116685,0
Fósforo Total	Colorimétrico	IGAC 6 2006	3028,2
Nitrógeno Total	Titulométrico	NTC 5889	17611,0

Se concluye que el porcentaje de carbono obtuvo un incremento considerable debido a que no hubo una fermentación en su totalidad de los materiales con alto contenido de carbono debido a que el proceso duro poco tiempo.

11. CONCLUSIONES

- En la caracterización de los residuos de alimentos crudos se concluyó que la generación de estos desechos orgánicos ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años debido al acelerado incremento de la población.
- Se debe tener muy en cuenta que para que el proceso de compostaje sea eficiente se debe de llevar el seguimiento de las variables fisicoquímicas que afectan su calidad, como el contenido de humedad, la composición bioquímica y aspectos físicos como: el pH, la temperatura y la humedad del compostaje.
- La degradación de los desechos crudos se dio por su bajo contenido de carbón, y los desechos de hojarasca seca su degradación fue más lenta ya que presenta más contenido de carbono y, además contiene una enzima denominada lignina la cual se encuentra ubicada en la estructura de las hojas y por consiguiente lo que hace es que el proceso de degradación sea más lento.

12. RECOMENDACIONES

- Se recomienda en lo posible realizar un sistema de gestión de los residuos orgánicos que se producen en las diferentes actividades del centro vacacional, donde se garantice la recolección, separación, clasificación, aprovechamiento y disposición final de los mismos.
- El proceso de compostaje debe establecer un plan de seguimiento continuo para controlar todos los parámetros críticos que se establecen según la guía técnica para el aprovechamiento de los residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje, se recomienda realizar volteo una vez al día para que haya mejor aireación y el proceso sea más eficiente.
- Se recomienda que después de que el proceso termine todas sus fases de tratamiento se realice de nuevo una incidencia con relación al carbono/nitrógeno para establecer cuando porcentaje de estos elementos contiene el sustrato, y además se recomienda realizar una prueba de análisis para determinar la eficiencia del sustrato o compost.
- Se recomienda que al finalizar el proceso de compostaje se realice un análisis microbiológico para identificar que bacterias o microorganismos posiblemente se encuentren.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Agropecuário, I. C. (2015). *Cartilla Práctica para la Elaboración de Abono Orgánico Compostado en Producción Ecológica*. Bogotá D.C., Colombia.
- Arévalo, D. G. (2016). *Modelos de Negocio para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos en Boyacá: Hacia una Perspectiva de Cero Desechos*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá - Colombia.
- Arroyave S., M., & Vahos M., .. D. (1995. s.p). *Evaluación del Proceso de Compostaje Producido en un Tanque Vio Reactor Piloto por Medio de Bioaumentación*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Bogotá, A. M. (s.f.). *Guía Técnica Para el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos A través de Metodologías de Compostaje y Lombricultivo; Pag XIV*. Universidad Nacional de Colombia - Bogotá.
- Bustos, D. M. (Enero de 2013). *Propuesta Para el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos en el Colegio Summerhill, Empleando el Compostaje*. Bogotá D.C.
- Castro, E. M. (2014). *Estrategias para el Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en la Plaza de Mercado de Fontibón, Bogotá D.C*. Manizales, Colombia.
- Catalina Aristizabal, M. S. (2001). *El Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Domiciliarios No Tóxicos en Bogotá*. Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá D.C.
- Colorado, V. L., & Vargas, .. M. (Enero de 2017). *Biotransformación de Residuos Orgánicos en la Secretaría Distrital de Salud. pag 18-19*. Bogotá D.C.
- Corpoantioquia., C. d. (Diciembre del 2000). *Manual Para el Manejo de los Residuos Sólidos Orgánicos e Inorgánicos de la Plaza Minorista Jose María Villa del Municipio de Medellín*. Medellín Colombia.
- Costa. (1991). *Se realizó en la Universidad de Rutgers en New Jersey*.
- Costa et al. (1991). *El sistema de succión se ideó en Beltsville por la U.S.D.A. y es ampliamente empleado en U.S.A*. Estados Unidos.
- Elorza, M. I. (2016). *Compostaje y Lombricultura. La Visión Ecológica de la Basura, Devolvemos a la Tierra, lo que es de la Tierra*. Santiago Medio Ambiente.
- Flotats, X. C. (Octubre 1997). *Aprovechamiento Energético de Residuos Ganaderos. Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo*. Universitat de Lleida. Rovira Roure.
- Gómez, R. B. (Julio 2006). *Compostaje de Residuos Sólidos Orgánicos. Aplicación de Técnicas Respirométricas en el Seguimiento del Proceso*. Universidad Autónoma de Barcelona - Bellaterra.
- Guiro, G. M. (Junio 2008). *Turismo, Residuos Sólidos y Áreas Protegidas*. Leticia- Amazonas.
- Henao, G. J., & Márquez, .. L. (2008). *Aprovechamiento de los Residuos Sólidos en Colombia*. Universidad de Antioquia-Medellín.
- Juan Pablo Silva V., P. L. (2015). *Recuperación de Nutrientes en Fase Sólida a Traves del Compostaje*. Cali-Colombia.

- María Angélica Ormeño D., A. O. (INIA Divulga 10 enero - diciembre 2007).
Preparación y Aplicación de Abonos Orgánicos. Ciencia y Producción Vegetal.
Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Mérida. Mérida - España.
- Melgar, D. d. (2013). *Plan de Uso Eficiente y Ahorro de Agua del CVM.* Melgar - Tolima
- Ministerio de Ambiente, V. y. (Mayo 5 de 2004). *Seminario Sobre el Aprovechamiento y Manejo de los Residuos Sólidos.* Manizales.
- Ministerio del Medio Ambiente. *Política para la Gestión de residuos. El ministerio ; p. 5-6.* (Agosto de 1997). Santa Fe de Bogotá .
- Osorno, C. Y. (2017). *Implementación de un Sistema Integral de Compostaje Para el Tratamiento de los Residuos Orgánicos en el Centro Educativo Rural Josefa Romero, Municipio de Dabeiba.* Medellín-Colombia.
- Pilar Román, M. M. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura .* Santiago de Chile.
- Rivera, N. C. (2009). *Propuesta de un Programa para el Manejo de los Residuos Sólidos en la Plaza de Mercado de Cerete-Cordoba .* Universidad Pontificia Javeriana-Bogotá.
- Seoánez. (2000. s.p). *Tratado de Reciclado y Recuperación de Productos de los Residuos.* España: Ediciones Mundi-Prensa.
- V., D. C. (2012). *Procedimiento para la Elaboración de Abonos Orgánicos .* Universidad de Cuenca - Ecuador .
- Villada, L. A. (2005). *Modelo Tecnológico Para el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos Biodegradables en Complejos Residenciales y Turísticos .* Valle de Aburrá.

14. ANEXOS

17.1 Ubicación del proceso de compostaje con la técnica de sistema cerrado.

Se ubicó el compostador en la EART (Estación de aprovechamiento de reciclaje y de transferencia) del centro vacacional CAFAM – Melgar.



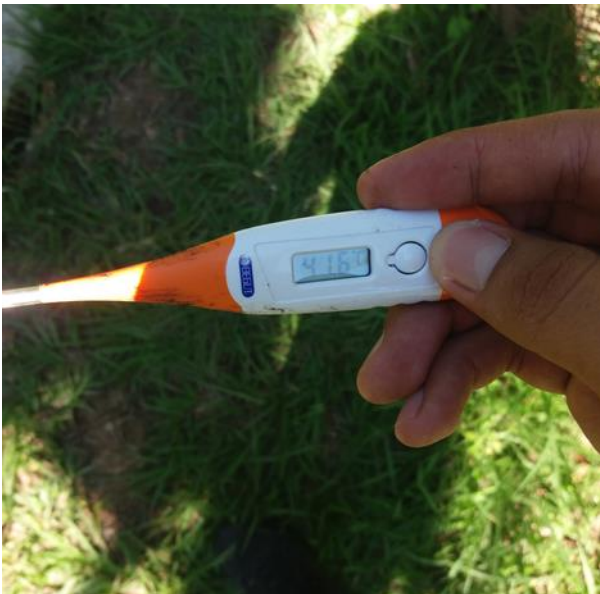
17.2 Caracterización de los residuos por medio de la observación visual con el personal de las diferentes cocinas Steward (auxiliar de cocina).





Se realizó la inspección a los 5 shut's en donde el personal de Cafam disponen los residuos sólidos orgánicos (cascaras de alimentos crudos).

Se realizó también la toma de temperatura y pH diariamente



17.3 Caracterización de los residuos de alimentos crudos por el método de cuarteo.

Se realizó el cuarteo de los residuos de alimentos crudos en la EART (Estación de aprovechamiento de reciclaje y de transferencia).



Se procedió a realizar la separación de cada residuo encontrado con su respectivo pesaje.



17.4 Sistema de volteo del compostador de sistema cerrado.

Se efectuó el proceso de la realización del volteo diariamente con el fin de garantizar buena aireación al sistema.



17.5 Observación de la degradación de los materiales que fueron agregados al compostador.

Se realizó la identificación la degradación del material tomando como referencia la relación carbono/nitrógeno de los diferentes materiales agregados.



