

Alternativas para la realización de compostaje a partir de residuos orgánicos generados en las veredas Marayal y San Miguel, municipio de Cubarral, departamento del Meta, en el marco de una revisión bibliográfica.

Estudiante

Serafín Olivera Murcia

Monografía

Asesor

Doctor José Camilo Torres Romero

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente

Especialización en Biotecnología Agraria

Bogotá D.C. 2022

Dedicatoria

A mi esposa Nidia Yanit Parrado Martínez, a mis hijos Erika y Jaime que son el motor de mi vida, por su comprensión, apoyo y compañía, que trascienden convirtiéndose en fortaleza en las dificultades que se presenta en el diario vivir, en esperanza para llevar a feliz término cada uno de los proyectos emprendidos y terminados a satisfacción, en amor para vivir en armonía, alegría familiar y espiritual.

Agradecimientos

Al Todo Poderoso, Dios del universo por las bendiciones y su santa presencia en mi vida. A la memoria de mi madre Alba Luz Murcia que en paz descanse por su dedicación, esfuerzos y sacrificios en vida para ayudarme en los procesos de transformación y éxitos.

A los profesores por sus conocimientos transmitidos, orientaciones fundamentales en el aprendizaje de las ciencias agrarias y ambientales.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia por abrir estos espacios de crecimiento personal, profesional y laboral, permitiendo verdaderos cambios en la sociedad.

Resumen

La biotecnología aplicada a la agricultura logra generar tecnologías de producción limpia, para nuestro caso la implementación de un sistema de compostaje para residuos orgánicos generados en las veredas Marayal y San Miguel, del municipio de Cubarral, logra un impacto positivo en la comunidad porque permite el aprovechamiento de residuos orgánicos (vegetales y de animal) que, al no ser tratado adecuadamente en su disposición final, la acumulación y el exceso se convierte en focos de contaminación, generación de plagas y enfermedades en el medio natural. El proceso a base de residuos de cosecha, estiércol de ganados y aves, con la acción de microorganismos (bacterias, hongos) y factores físico-químicos permiten obtener material compostado; la metodología de compostaje como preparación en condiciones óptimas de todos los componentes que integran este proceso como es la relación C/N, pH, humedad, contenido de oxígeno, temperatura y tamaño del material a compostar conlleva a la obtención de un material orgánico, maduro, procesado que ayuda al suelo a mantener el equilibrio de los componentes que lo integran físicos, químicos y biológicos y a la planta al mejoramiento fitosanitario, radicular y en consecuencia la asimilación de nutrientes, producción orgánica de calidad a bajo costo y lo que es mejor la recuperación y conservación de los recursos eco sistémicos (agua, suelo, flora y fauna). Esta biotecnología es sostenible, sustentable y amigable con el medio ambiente.

Palabras claves: Biotecnología, Abono orgánico, Nutrición de plantas, Microorganismos, Compost.

Abstract

Biotechnology applied to agriculture is able to generate clean production technologies, in our case the implementation of a composting system for organic waste generated in the Marayal and San Miguel villages of the municipality of Cubarral, it achieves a positive impact on the community because it allows the use of organic waste (vegetable and animal) which, when not properly treated in its final disposal, the accumulation and excess becomes sources of contamination, generation of pests and diseases in the natural environment. The process based on crop residues, livestock and poultry manure, with the action of microorganisms (bacteria, fungi) and physical-chemical factors allow obtaining composted material; The composting methodology as a preparation in optimal conditions of all the components that make up this process such as C/N ratio, pH, humidity, oxygen content, temperature and size of the material to be composted leads to obtaining an organic, mature material, This process helps the soil to maintain the balance of its physical, chemical and biological components and the plant to improve phytosanitary and root health and consequently the assimilation of nutrients, quality organic production at low cost and what is better, the recovery and conservation of ecosystem resources (water, soil, flora and fauna). This biotechnology is sustainable, sustainable and environmentally friendly.

Keywords: Biotechnology, Organic fertilizer, Plant nutrition, Microorganisms, Compost.

Contenido

Planteamiento del Problema	9
Justificación	10
Objetivo General	12
Objetivos Específicos	12
Marco Conceptual y Teórico	13
Generalidades de los Abonos Orgánicos y Antecedentes	13
Materiales, Ventajas y Desventajas del Abono Orgánico	19
Fundamentos Teóricos del Proceso de Compostaje	20
Degradación Química	26
Dióxido de Carbono (CO ₂)	29
PH	31
Tamaño de Partícula	31
Relación C: N de Algunos Materiales Usados en el Compostaje	32
Evaluación Preliminar para la Implementación de Compostaje en las Veredas Maraya y San Miguel del Municipio de Cubarral -Meta.	35
Ubicación Geográfica	35
Diagnóstico, Oportunidades y Desafíos	37
Propuesta Metodológica	38
Costos del Proceso de Compost.	41
Resultado y Conclusión	43
Referencias Bibliográficas	45

Listado de Tablas

Tabla 1. Ventajas y Desventajas del Abono Orgánico.....	19
Tabla 2. Temperatura Necesaria para la Eliminación de Algunos Patógenos en el proceso de compostaje	25
Tabla 3. <i>Parámetros de la relación carbono / nitrógeno</i>	26
Tabla 4. Parámetro de Aireación.....	28
Tabla 5. Parámetros de Humedad Óptimos	29
Tabla 6. Parámetros de Temperatura Óptimos.....	30
Tabla 7. Relación C: N de algunos materiales usados en el compostaje	33
Tabla 8. Diagnóstico, Oportunidades y Desafíos Mediante Análisis DOFA	37
Tabla 9. Parámetros Óptimos Durante el Proceso	41
Tabla 10. Presupuesto	41

Listado de figuras

Figura 1. Elementos del Compostaje	22
Figura 2. Fases Compostaje Termofílico	23
Figura 3. Ubicación Geográfica del Proyecto	35
Figura 4. Ubicación de las veredas en el municipio	36
Figura 5. Sistema de Compostaje para Desechos Orgánicos	39
Figura 6. <i>Instalaciones y Pilas de Material a Compostar</i>	40

Planteamiento del Problema

El exceso de residuos orgánicos (vegetales y de animales) en las actividades de producción de las fincas, unido al manejo inadecuado y la disposición final se convierte en focos de contaminación, mala presentación, proliferación de plagas y enfermedades en el medio natural; que conlleva a la pérdida de calidad de vida de las familias; si los productores logran establecer un proceso para la elaboración de abonos orgánico, conllevaría al aprovechamiento de estos importantes recursos que de ser tratados adecuadamente seria la respuesta de solución a la problemática expuesta, ayudando al mejoramiento y recuperación del medio ambiente.

Justificación

La biotecnología en la agricultura logra generar procesos de producción limpia, la problemática agroambiental por el exceso de residuos orgánicos aunado a una mala disposición final y en general a un manejo inadecuado, permiten focos de contaminación, proliferación de plagas y enfermedades en el medio natural que conlleva a la pérdida de calidad de vida de las familias, así lo describe Hernández, et al., (2013):

Las actividades silvícolas y pecuarias generan grandes cantidades de residuos orgánicos, que se transforman en contaminantes del ambiente al provocar una serie de daños al ecosistema; entre los daños más comunes pueden señalarse los siguientes: la salinización de los suelos, la lixiviación de nitratos ($N-NO_3$) a mantos acuíferos, el escurrimiento de nitratos $N-NO_3$ y fosfatos (PO_4^{3-}) a cuerpos de agua superficiales y la acumulación de ligninas, aceites aromáticos y resinas.

Con la utilización de los subproductos orgánicos en la elaboración de abono orgánico, se da respuesta positiva y de solución a la problemática, mejoramiento en recursos económicos, porque es menor la inversión en insumos de agroquímicos, la utilización de abono orgánico en la nutrición de las plantas conlleva a productos de calidad orgánica, la recuperación y equilibrio de la microbiología del suelo y otros factores como la textura y filtración, en general la regeneración natural de recursos eco- sistémicos suelo, agua y flora. En el documento *Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas*, establece Ramos y Terry (2014):

los abonos orgánicos tienen altos contenidos de nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas; dependiendo del nivel aplicado, originan un aumento en los contenidos de materia orgánica del suelo, en la

capacidad de retención de humedad y en el pH también aumentan el potasio disponible, calcio y magnesio; en cuanto a las propiedades físicas, mejoran la infiltración de agua, la estructura del suelo y la conductividad hidráulica; disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación, así como promueven un mejor estado fitosanitario de las plantas.

Se genera sentido de pertenencia y una transición de prácticas culturales y agronómicas de lo convencional a lo agroecológico. Es importante señalar que la elaboración de abono orgánico es un proceso natural y de bajo costo que permite obtener otros beneficios, producción de calidad orgánica.

El objetivo principal de este documento es a partir de información recopilada en el marco de una revisión bibliográfica y el análisis de la información, proponer un sistema de compostaje de los desechos orgánicos generados en las fincas de los productores de las veredas Marayal y San Miguel, municipio de Cubarral.

En consecuencia, se establecerá los diferentes residuos orgánicos (vegetales y de animal), que se podrían utilizar en el proceso de elaboración de las alternativas de compostaje, que sean viables para las veredas donde se desarrolla este proyecto.

Objetivo General

Proponer un sistema de compostaje para residuos orgánicos generados en las veredas Marayal y San Miguel, municipio de Cubarral, departamento del Meta, a partir de la información recopilada en el marco de una revisión bibliográfica.

Objetivos Específicos

Determinar a partir de la revisión de literatura la factibilidad para elaborar abonos orgánicos como el Compost.

Establecer los diferentes componentes (materiales vegetales y de animal), que se podrían utilizar en el proceso de compostaje en las veredas Marayal y San Miguel, municipio de Cubarral, departamento del Meta.

Establecer alternativas de compostaje viables en las veredas.

Marco Conceptual y Teórico

Generalidades de los Abonos Orgánicos y Antecedentes

La implementación de alternativas amigables con el medio ambiente, en la producción agropecuaria cada vez cobra mayor importancia, esto conlleva a la utilización de los residuos orgánicos que son relevantes en cantidad y calidad en el campo. Cuando el productor no tiene conocimiento del proceso del compost o de otras actividades para la generación de abono orgánico, es sin duda un problema agroambiental, la elaboración de compost permite el mejoramiento de la calidad de vida de las familias y la conservación del medio natural evitando la aparición de plagas y enfermedades, como lo explica Rodríguez., (2002):

El tratamiento de los desechos orgánicos cada día reviste mayor atención dada la dimensión del problema que representa, no solo por el aumento de los volúmenes producidos o por una mayor intensificación de la producción, sino también, por la aparición de nuevas enfermedades que afectan la salud humana y animal, que tienen relación directa con el manejo inadecuado de los residuos orgánicos.

Con la aparición de la revolución verde los agroquímicos tuvieron una bonanza que permitieron una mayor producción, en base a la misma demanda por el aumento de la población, con el paso del tiempo se ha podido documentar que estos agroquímicos no tienen en cuenta el impacto negativo que se produce al medio natural y genera una variedad de problemas en los ecosistemas, razón por la cual se buscan alternativas en los residuos vegetales y de animal que puedan ayudar a mitigar estos impactos, acorde a lo que afirma Paneque y Calaña., (2004):

Estos tienen su origen en residuos vegetales y animales, los que en su forma más simple pueden ser residuos de cosechas que quedan en los campos y se incorporan de forma

espontánea y residuos de animales que quedan en el campo al permanecer los animales en pastizales.

Es de resaltar que con la aplicación de abono orgánico se puede generar un proceso de transición de lo convencional a lo orgánico en la producción agropecuaria, en consecuencia, una recuperación lenta, que reviste de responsabilidad social frente a lo ambiental, para que haya un equilibrio tanto en cantidad, calidad e impacto ambiental, siendo necesario la utilización en menor cantidad de los agroquímicos en relación con los abonos orgánicos. Según lo observado por Chand, et al., (2006):

En un experimento de campo, conducido durante siete años continuos para evaluar la influencia de la aplicación combinada de fertilizantes y abonos orgánicos en el aumento de la fertilidad del suelo y el consumo de nutrimentos, usando la menta (*Mentha arvensis*) y la mostaza (*Brassica juncea*) en secuencias de cultivo, se concluyó que todos los tratamientos combinados (orgánicos más inorgánicos), mostraron un balance positivo en la disponibilidad de N, P y K en el suelo y que el sistema de cultivo menta-mostaza integrado, suple de nutrimentos a las plantas, lo que juega un papel significativo en la sostenibilidad de la fertilidad del suelo y productividad de los cultivos”. En otro estudio de demostración Anwar, et al., (2005): estableció “Se ha demostrado que la combinación de los estiércoles orgánicos con fertilización inorgánica (N, P, K) en el cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum*), mejora la materia seca, contenido del aceite y el rendimiento; Además se resalta que el contenido de carbono orgánico y la disponibilidad del nitrógeno fueron más altos en postcosecha en aquellos suelos que recibieron solo residuos orgánicos o la combinación con fertilizantes inorgánicos.

En la producción agropecuaria, la cantidad es un factor de relevancia, pero no menor es la calidad del producto y el impacto ambiental que se pueda generar en esta actividad, la aplicación de compost, permite una menor utilización de agroquímicos, admitiendo una recuperación gradual del suelo y en general del medio natural, de acuerdo a lo señalado por Soto., (2006):

Una alternativa a la aplicación de fertilizantes, la constituye el empleo de abonos orgánicos (compost, biosólidos, entre otros) u órgano-minerales, que presentan parte del N en formas orgánicas, más o menos estables, que paulatinamente van mineralizándose y pasando a disposición de las plantas.

En este mismo sentido, se indica que la fertilización orgánica sustituye en gran medida el uso de fertilizantes minerales, de igual forma, describe la importancia del compost Andrea., (2004): En cuanto a las propiedades físicas, mejoran la infiltración de agua, la estructura del suelo y la conductividad hidráulica; disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación, así como promueven un mejor estado fitosanitario de las plantas. Esta tecnología representa una oportunidad para los suelos del municipio de Cubarral considerando que han sido trabajados excesivamente en monocultivos y ganadería que en consecuencia han ocasionado que los suelos sean compactos deteriorando los componentes del suelo físicos químicos y biológicos al punto que los suelos se pueden considerar intoxicados por exceso de los agroquímicos.

Es necesario utilizar estos subproductos orgánicos en un sistema de compostaje que permita generar condiciones sostenibles, amigables con el medio ambiente y de nutrición a los cultivos, así lo describe Medina, et al., (2011):

Los abonos orgánicos constituyen un elemento crucial para la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola; son bien conocidas sus principales funciones, como sustrato o medio de cultivo, cobertura o mulch, mantenimiento de los

niveles originales de materia orgánica del suelo y complemento o reemplazo de los fertilizantes de síntesis; este último aspecto reviste gran importancia, debido al auge de su implementación en sistemas de producción limpia y ecológica.

En el mismo sentido lo expone Arrigo, et al., (2005), Celaya y Castellanos., (2011): De este modo, se considera importante la implementación de métodos de tratamiento más sostenibles que sean compatibles con el medio ambiente, impulsando técnicas y sistemas de producción como el compostaje que ayuden a mitigar impactos ambientales.

En este sentido, el uso del compostaje para la mejora de los suelos de las veredas Marayal y San Miguel representa una alternativa viable, de costos relativamente bajos que les permiten a los productores desarrollar la actividad productiva minimizando los impactos a los recursos naturales.

Se requiere alimentos para la población, suficientes y de calidad, con una producción que sea sostenible y sustentable en el tiempo para ello, la utilización de los residuos orgánicos en el proceso de compost permite la nutrición de los cultivos y la conservación del medio natural, con recuperación de los suelos. La producción en el sector agropecuario es constante, lo cual, conlleva a mayores cantidades de residuos de cosecha y de origen animal (estiércol), igual pasa en el sector forestal, se genera una importante cantidad de material en aserrío, todos estos subproductos generan focos de contaminación cuando no se tratan y dan disposición de manera adecuada; según lo referencia Hernández, et al., (2013): La salinización de los suelos, la lixiviación de nitratos ($N-NO_3$) a mantos acuíferos, el escurrimiento de fosfatos (PO_4^{3-}) a cuerpos de agua superficiales y la acumulación de ligninas, aceites aromáticos y resinas. Son focos de contaminación identificados por el autor.

El compost es un proceso natural generado por actividad de microorganismos que consumen el material orgánico permitiendo la descomposición y transformándolo en humus con elementos de nutrición de fácil adsorción para las plantas, según Cegarra, et al., (1993): Los abonos orgánicos tienen altos contenidos de nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas.

El compost es un material que se aplica en toda clase de suelos, permitiendo la restauración en suelos afectados por malas prácticas agronómicas, como los monocultivos, el reiterado trabajo extractivo en los suelos, la intoxicación de suelos por sobre fertilización con agro-químicos en cantidades no equilibradas, causando la salinización de los mismos, de acuerdo a lo escrito por Morisaki, et al., (1989), Matheus, et al., (2007):

La utilización de abono orgánico tiene como ventaja la conservación, restauración y mejoramiento de las características de los suelos, así como el equilibrio biológico, físico, químico y ecológico de los mismos, además del restablecimiento de la flora microbiana, lo que permite mantener el nivel óptimo de los suelos y preservar los ecosistemas.

Son variados los materiales orgánicos de la producción agropecuaria, subproductos que pueden ser utilizados en un sistema de compost, para convertirlos en abono orgánico, a bajo precio, explicación que hace Víctor y Naidu., (2010):

No obstante, el costo de los fertilizantes minerales obliga a la búsqueda y evaluación de alternativas para el manejo de la nutrición vegetal; dentro de los más destacados y de mayor acceso para los agricultores, está el reciclado de nutrimentos a partir de fuentes como el compostaje, el uso de estiércol de origen animal y otras fuentes propias de los sistemas productivos como la pulpa de café y los residuos de cosecha, que se constituyen en las materias primas del proceso.

Los residuos avícolas son otra fuente de nutrición para las plantas contiene nitrógeno, fósforo y azufre, que de no ser bien utilizados pueden generar focos de contaminación, así lo expone Smith, et al., (2001): La actividad avícola genera una gran cantidad de residuos orgánicos que pueden causar problemas de polución debido a la gran cantidad de nitrógeno, fósforo y azufre que contienen y que ocasionan eutrofización de las aguas.

Se debe generar unas condiciones óptimas de todos los factores que intervienen en el proceso de descomposición de los residuos orgánicos, para que finalizado se obtenga compost apto para fertilizar las plantas, como lo afirma Paneque y Calaña., (2004): Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad de descomposición se necesitan condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación. Igualmente, en estudios lo refiere Hernández, et al., (2013):

Para el compostaje, los residuos deben mezclarse en proporciones tales que la relación carbono: nitrógeno (C/N), la humedad (40-60 %) y la aireación sean adecuadas para la actividad microbiana, con el fin de que ésta permita la modificación de la estructura de los materiales para que los nutrientes estén disponibles.

Se hace necesario verificar que el compost este maduro para no ocasionar daños a la planta, y suministrar de manera que sea una fertilización orgánica que permita mejorar las condiciones del suelo y de la planta, en consecuencia, con lo escrito por Delgado, et al., (2007, 2010): La aplicación de compost inmaduro e inestable puede afectar la movilización de nitrógeno en el suelo, restringir el crecimiento de la planta y causar efectos fitotóxicos.

Los estudios de caracterización del material orgánico utilizado en el compost no son suficientes, es poca la información que llega a los productores, se requiere de políticas estatales que materialicen este tipo de actividad, mayor divulgación del componente microbiológico y

nutricional. De la variedad de residuos orgánicos utilizados se determina la calidad y composición nutricional que se pueda obtener en el compost, así lo describe Benzing., (2001): Este contenido está directamente relacionado con las concentraciones de esos nutrientes en los materiales utilizados para su elaboración.

Materiales, Ventajas y Desventajas del Abono Orgánico

Con el propósito de extractar algunos datos puntuales del presente marco conceptual y teórico se realizan las siguientes observaciones del proceso de compostaje, lo primero que hay que decir, con respecto a los materiales, es que se utiliza todos los subproductos generados en la producción agropecuaria residuos de cosecha pulpa de café, cacao, maíz, yuca, plátano etc., estiércol de ganado bovinos, equino, de aves gallinaza y forestales aserrines. En cuanto a las ventajas y desventajas se relacionan algunas en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. *Ventajas y Desventajas del Abono Orgánico*

Ventajas	Desventajas
Alternativas amigables con el medio ambiente, sostenible, de nutrición para los cultivos y de recuperación y equilibrio de suelo en lo físico – químico y biológico.	Variación de calidad y cantidad de nutrientes en el compost acorde a los desechos orgánicos utilizados en cada elaboración.
Utilización de todos los subproductos agropecuarios.	Una de las principales desventajas que se puede referenciar es la menor cantidad en la producción, para cultivos de grandes extensiones, y solo manejados con fertilización orgánica
El compost es un proceso natural, de fácil realización y de bajo costo.	Los estudios de caracterización no son suficientes al igual que las políticas estatales, la información es menor y no llega a los productores.
Son productos de calidad orgánica.	
viable en las veredas del municipio,	

Nota. Elaboración propia, (2022)

Fundamentos Teóricos del Proceso de Compostaje

En el estudio Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. Lecciones desde Colombia Haug, (1993), Stentiford y de Bertoldi, (2010): citó a otros autores y relacionó:

El compostaje es la descomposición biológica de sustratos orgánicos, realizada por una población microbial diversa y en condiciones predominantemente aerobias, generando un material estable, libre de patógenos, que puede aplicarse al suelo; adicionalmente se generan CO_2 , H_2O , NO_3^- y SO_4^{2-} .

Los microorganismos: bacterias, hongos, actinomicetos, protozoarios y lombrices; en el primer ciclo del proceso de compostaje degradan rápidamente azúcares, proteínas, almidón y aminoácidos a compuestos más sencillos, utilizando O_2 y emitiendo CO_2 , generando energía en forma de calor (Stentiford y de Bertoldi, 2010).

La degradación de los componentes depende de la actividad de los microorganismos que permiten el metabolismo de los fitotóxicos y malos olores siendo inhibidos, como lo señala Smår et al., (2002) “Se forman fitotóxicos como NH_3 y ácidos grasos volátiles de cadena corta, los cuales se metabolizan por los microorganismos”.

En el siguiente ciclo las altas temperaturas que se logran en el proceso de compostaje superiores a 45°C , permiten eliminar patógenos, siendo relevados los microorganismos por termofílicos, una vez finalizada este ciclo, baja la temperatura y se presenta un relevo de microorganismos, Insam y de Bertoldi, (2007).

Para el último ciclo se presenta el relevo de microorganismos, aumentando los mesofílicos, caracterizado por ser prolongado, donde se descomponen moléculas más complejas, generando

declinación de la temperatura y pH ligeramente alcalino hasta el final del proceso donde se estabiliza biológicamente. Epstein, (2011).

Es importante seleccionar los residuos orgánicos que permitan una adecuada relación de carbono – nitrógeno, de igual manera durante la descomposición se hace necesario monitorear los factores como oxígeno, la humedad, la temperatura, pH, buscando mantener los parámetros óptimos que permitan un proceso adecuado y finalmente, producir un compost de calidad para las plantas. De acuerdo a lo establecido por Stentiford y de Bertoldi, (2010): “El Compost se caracteriza por tener materia orgánica estabilizada”.

Sullivan y Miller (2001) y Hargreaves et al. (2008) presenta las principales propiedades fisicoquímicas y características del compost señalando:

- ✓ El carbono orgánico total (COT),
- ✓ Capacidad de intercambio catiónico (CIC),
- ✓ NTotal y Ninorgánico,
- ✓ pH,
- ✓ Conductividad eléctrica (CE),
- ✓ Macro y micronutrientes,
- ✓ Densidad aparente,
- ✓ Humedad,
- ✓ Capacidad de retención de agua (CRA) y
- ✓ Tamaño de partícula.

La utilización de un material que no haya finalizado correctamente el proceso de compostaje puede acarrear riesgos al suelo y las plantas como lo menciona la FAO (2013):

La Fitotoxicidad, el nitrógeno está más en forma de amonio en lugar de nitrato, el amonio en condiciones de calor y humedad se transforma en amoniaco, creando un medio tóxico para el crecimiento de la planta y dando lugar a malos olores, igualmente, un material sin terminar de compostar contiene compuestos químicos inestables como ácidos orgánicos que resultan tóxicos para las semillas y plantas. El bloqueo biológico del nitrógeno, ocurre en materiales que no han llegado a una relación Carbono: Nitrógeno equilibrada y que tienen material mucho más rico en carbono que en nitrógeno; cuando se aplica al suelo, los microorganismos consumen el C presente en el material y rápidamente incrementan el consumo de N, agotando las reservas de N en el suelo, FAO., (2013).

En la siguiente figura 1, Elementos del Compostaje, se puede señalar los componentes que intervienen en sistema de compost, residuos orgánicos, agua (H₂O), temperatura (T°), oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂)

Figura 1. *Elementos del Compostaje*



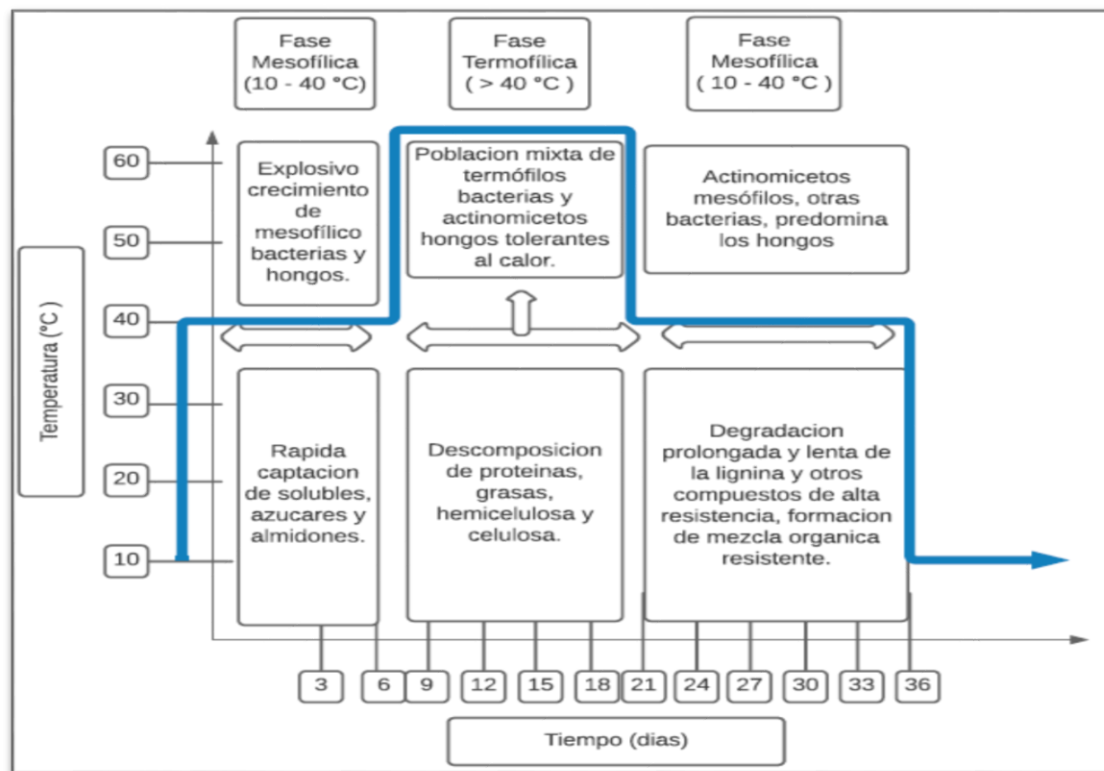
Nota. Elaboración propia 2022.

En referencia a los componentes del compostaje Trautmann y Krasny., (1997) señala:

Muchos sistemas de compostaje se basan en proporcionar las condiciones óptimas para el compostaje termófilo porque sus altas temperaturas permiten la descomposición rápida, matar las semillas de malezas y las enfermedades que causan organismos patógenos; estas altas temperaturas son un subproducto de la intensa actividad microbiana que se produce en el compostaje termofílico.

En la figura 2, se observa que el compostaje se puede dividir en tres fases, según la temperatura de la pila: (1) una fase mesofílica o de temperatura moderada (hasta 40 ° C), que suele durar un par de días; (2) un termófilo o fase de alta temperatura (superior a 40 ° C), que puede durar desde unos días hasta varios meses dependiendo del tamaño del sistema y la composición de ingredientes; y (3) un curado o maduración mesofílica de varios meses Trautmann y Krasny., (1997).

Figura 2. *Fases Compostaje Termofílico*



Nota. Elaboración propia en base al documento, (2022)

Trautmann y Krasny., (1997). Señala las diferentes etapas del proceso de compostaje, y las diferentes comunidades de microorganismos que predominan durante las fases ajustadas a la temperatura; la descomposición inicial se lleva a cabo por meso-microorganismos fílicos, aquellos que prosperan a temperaturas moderadas:

Los microbios descomponen rápidamente los compuestos solubles y fácilmente degradables y el calor que producen hace que la temperatura del abono se eleve rápidamente; una vez que las temperaturas superan los 40 ° C, los microorganismos mesófilos se vuelven menos competitivos y son reemplazados por termófilos o microbios amantes del calor. Durante la etapa termofílica, las altas temperaturas aceleran la descomposición de proteínas, grasas y carbohidratos complejos como la celulosa y hemicelulosa, las principales moléculas estructurales de las plantas; la temperatura del compost disminuye gradualmente y los microorganismos mesófilos vuelven a tomar el relevo.

Para la fase final de "curado" o maduración; aunque la temperatura del compost es cercana a ambiente durante la fase de curado, continúan ocurriendo reacciones químicas que hacen que la materia orgánica restante sea más estable y apta para uso vegetal.

A continuación, tabla 2, se relaciona las temperaturas necesarias para eliminar algunos patógenos que se pueden presentar en el sistema de compost y el tiempo necesario de exposición.

Tabla 2. *Temperatura Necesaria para la Eliminación de Algunos Patógenos en el proceso de compostaje*

Microorganismo	Temperatura	Tiempo de exposición
Salmonella spp	55°C	1 hora
	65°C	15-20 minutos
Escherichia coli	55°C	1 hora
	65°C	15-20 minutos
Brucella abortus	55°C	1 hora
	62°C	3 minutos
Parvovirus bovino	55°C	1 hora
Huevos de Áscaris lumbricoides	55°C	3 días

Nota. Tomado de Jones and Martin, (2003).

Las temperaturas superiores a 55 ° C son letales para muchos microorganismos que causan enfermedades, esta es la temperatura objetivo que los administradores de compost utilizan para la supresión de patógenos *Trautmann y Krasny., (1997)*.

Los seres humanos pueden controlar las temperaturas durante el compostaje mezclando los materiales orgánicos; Si la pila o hilera se calienta demasiado, voltear una pila puede liberar calor del núcleo interno, que lo enfría temporalmente, como los alimentos disponibles para los organismos termofílicos se agotan, su tasa de crecimiento se ralentiza y la temperatura comienza a descender, dando vuelta a la pila en este punto puede producir un nuevo pico de temperatura *Trautmann y Krasny., (1997)*. Esto se debe a que la materia orgánica relativamente no descompuesta se mezcla en el centro de la pila, donde las condiciones de temperatura y humedad son óptimas para una rápida descomposición; además la mezcla afloja ingredientes del compost, lo que aumenta la filtración de oxígeno que es necesario para microorganismos aeróbicos, *Trautmann y Krasny., (1997)*.

Es importante, tener un equilibrio en la relación Carbono / Nitrógeno (C:N), puesto que una descompensación de estos elementos, afecta la descomposición del material a compostar, el mayor nivel de Carbono tiende a enfriar la descomposición, mientras que un mayor nivel de

nitrógeno tiende a calentar el proceso generando malos olores. En la tabla 3 se presenta la relación carbono / nitrógeno C:N, donde la relación >35:1 es exceso de carbono, se debe aplicar material rico en nitrógeno y <15:1 es exceso de nitrógeno se debe adicionar material con mayor contenido de carbono. Siendo el rango ideal 15:1 – 35:1.

Tabla 3. *Parámetros de la relación carbono / nitrógeno*

C: N		Causas Asociadas	Soluciones
>35:1	Exceso de Carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C: N.
15:1 – 35:1 Rango ideal			
<15:1	Exceso de Nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoníaco liberado.	Adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Nota. Tomado de FAO, (2013).

Degradación Química

Siendo los microorganismos uno de los componentes fundamentales del proceso de descomposición se hace necesario potencializarlos mediante la aplicación de melazas a las pilas de compost para facilitar la multiplicación de los microorganismos aumentando la acción energética y agilizando la descomposición de los residuos orgánicos como lo señala Trautmann y Krasny., (1997):

Las bacterias y los hongos secretan enzimas que descomponen compuestos orgánicos complejos, y luego absorben los compuestos más simples; las enzimas catalizan reacciones en las que los azúcares, almidones, proteínas y otros compuestos orgánicos se oxidan, en última instancia produciendo dióxido de carbono, agua, energía, y compuestos

resistentes a mayor descomposición. Las enzimas son especializadas, como la celulasa para descomponer la celulosa, la amilasa para los almidones y la proteasa para las proteínas.

La Lignina, grandes polímeros que cementan las células, pierden fibras juntas en la madera, se encuentran entre los compuestos más lentos para descomponerse porque su estructura compleja es altamente resistente; en el compostaje termofílico, los azúcares solubles en la mezcla original son absorbidos casi de inmediato por bacterias y otros microorganismos; el crecimiento microbiano explosivo resultante hace que la temperatura aumente. Los microbios tolerantes al calor degradan las proteínas, grasas y celulosa. Finalmente, estos compuestos se agotan, la temperatura desciende, y comienza el largo proceso de maduración; durante esta fase final, los polímeros continúan descomponiéndose lentamente, Trautmann y Krasny., (1997).

Para facilitar la acción de los microorganismos se requiere unas condiciones mínimas de aireación, en la tabla 4, presenta el porcentaje de aire siendo el rango ideal de 5 – 15 %, pero menor de <5% nos indica que hay baja aireación siendo necesario el volteo del material y adición de materia estructurante, en una condición de >15%, señala que hay exceso de aire, aplicar material picado y regular la humedad.

Tabla 4. *Parámetro de Aireación*

Porcentaje de aireación		Problema	Soluciones
<5%	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/o adición de materia estructurante que permita la aireación.
		5% - 15% Rango ideal	
>15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua.	Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)

Nota. Tomado de FAO, (2013).

Se puede expresar que en el sistema de compost todos sus componentes deben mantenerse en equilibrio sin salirse de los parámetros óptimos que generan el desarrollo normal del proceso de degradación hasta el final, para un compost maduro apto para las plantas, de acuerdo a las observaciones Trautmann y Krasny., (1997):

La condición física del compost proporciona ambientes adecuados para los organismos termofílicos implica una serie de actos de equilibrio entre varias propiedades físicas de la composición, la pila debe ser lo suficientemente grande para retener el calor y la humedad, pero lo suficientemente pequeña para permitir una buena circulación de aireación. El abono debe estar lo suficientemente húmedo para soportar crecimiento de microbios, pero no tan húmedo que se vuelva anaeróbico, además el tamaño de partícula

de los materiales orgánicos debe ser lo suficientemente grandes para mantener una mezcla porosa pero no tan grande que se inhibe la descomposición.

En la tabla 5, analizamos los parámetros óptimos de la humedad si muestra un <45% la humedad es insuficiente, añadir material fresco con mayor contenido de agua. Si muestra un >60% es insuficiente el oxígeno se debe voltear el material y aplicar material seco bajo en humedad, se considera un rango ideal de 45 – 60% de humedad.

Tabla 5. *Parámetros de Humedad Óptimos*

% humedad		Problema	Soluciones
<45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)
45% - 60% Rango ideal			
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como serrines, paja u hojas secas.

Nota. Tomado de FAO, (2013).

Dióxido de Carbono (CO₂)

En las veredas Marayal y San Miguel se presentan fincas de grandes extensiones de terreno que permiten la elaboración del compostaje sin que se genere riesgo alguno por contaminación de CO₂ ya que presenta una buena cantidad de vegetación para su captura, acorde a lo establecido por la FAO., (2013):

Durante el compostaje, el CO₂ se libera por acción de la respiración de los microorganismos y, por tanto, la concentración varía con la actividad microbiana y con la

materia prima utilizada como sustrato; pueden generarse 2 a 3 kilos de CO₂ por cada tonelada, diariamente. El CO₂ producido durante el proceso de compostaje, es considerado de bajo impacto ambiental, por cuanto es capturado por las plantas para realizar fotosíntesis.

En relación con la tabla 6, que señala los parámetros óptimos de temperatura relacionando 2 factores, 1. Baja temperatura con <35°C presentando 3 causas asociada, 1. Humedad insuficiente, siendo necesario humedecer y añadir material fresco, 2. Material Insuficiente, añadir material a la pila, 3. Déficit de nitrógeno o baja C: N. adicionar material con nitrógeno. El segundo factor altas temperaturas >70°C y relaciona insuficiente ventilación humedad se recomienda voltear el material y adicionar material seco de alto contenido de carbono.

Tabla 6. *Parámetros de Temperatura Óptimos*

Temperatura(°C)	Causas asociadas	Soluciones
Bajas temperaturas (T° ambiente < 35°C)	Humedad insuficiente.	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por tanto, la temperatura baja. Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otros).
	Material Insuficiente.	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada. Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o baja C:N.	El material tiene una alta relación C:N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura mas de una semana. Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T ambiente > 70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene Volteo y verificación de la humedad (55-60%).

Temperatura(°C)	Causas asociadas	Soluciones
>70°C)	actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofilicos y facilitar la terminación del proceso.	Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera, o pasto seco) para que ralentice el proceso.

Nota. Tomado de (FAO, 2013)

PH

Acorde a los materiales a compostar se tendrá la variación del pH lo cual afecta la actividad de los microorganismos en el proceso de descomposición de acuerdo a lo señalado por la FAO., (2013):

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5); en los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro; el pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación, la mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0-7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2.

Tamaño de Partícula

El tamaño de las partículas de los residuos a compostar afecta el tiempo que lleva el compostaje para su degradación, por tanto, en algunos casos es necesario cortar el material en tamaños menores que faciliten la descomposición y el volteo, como lo menciona la FAO., (2013):

El tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm; la densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente 150 -250 kg/m³, conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y, por tanto, la densidad aumenta, 600-700 kg/m³.

Relación C: N de Algunos Materiales Usados en el Compostaje

Para la determinación de los materiales a utilizar en el proceso de compost es necesario identificar la relación C/N lo cual afecta directamente la calidad nutricional del compost obtenido, en el documento Adaptado de PNUD-INFAT (2002) establece la Relación C: N de algunos materiales usados en el compostaje, como se señala en la tabla 7, la cual muestra la relación carbono nitrógeno C: N de algunos materiales utilizados en sistemas de compost, presentado en 3 variables. Primero, nivel alto de nitrógeno 1:1 – 24:1. Segunda C/N equilibrado con 25:1 – 40:1. Tercera nivel alto de carbono 41:1 – 1000:1.

Tabla 7. *Relación C: N de algunos materiales usados en el compostaje*

Nivel alto de nitrógeno		C:N equilibrado		Nivel alto de carbono	
1:1 – 24:1		25:1 – 40:1		41:1 – 1000:1	
Material	C:N	Material	C:N	Material	C:N
Purines frescos	5:1	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

Nota. Adaptado de PNUD-INFAT (2002)

Acorde a los materiales relacionados en la tabla anterior en las veredas Marayal y San Miguel para el proceso de compostaje podemos encontrar residuos vegetales como pulpa de café, hierva cortada, ramas de árboles, residuos de cosecha de maíz, aserrín, restos de hortaliza, bagazo de caña, residuo de cocina. En cuanto a los materiales de origen animal se consiguen los estiércoles de bovino, equino, porcino y gallinaza.

Se puede sintetizar del marco conceptual y teórico los impactos negativos que presenta el medio natural que conlleva a focos de contaminación, como es proliferación de plagas y enfermedades, debido a la acumulación y el acceso de residuos orgánico, asociado al uso inadecuado y la disposición final, subproductos generados en la realización de actividades de producción agropecuaria; condición que ha obligado al hombre a buscar alternativas de solución, en actividades realizadas desde mucho tiempo por nuestros ancestros como es la elaboración de

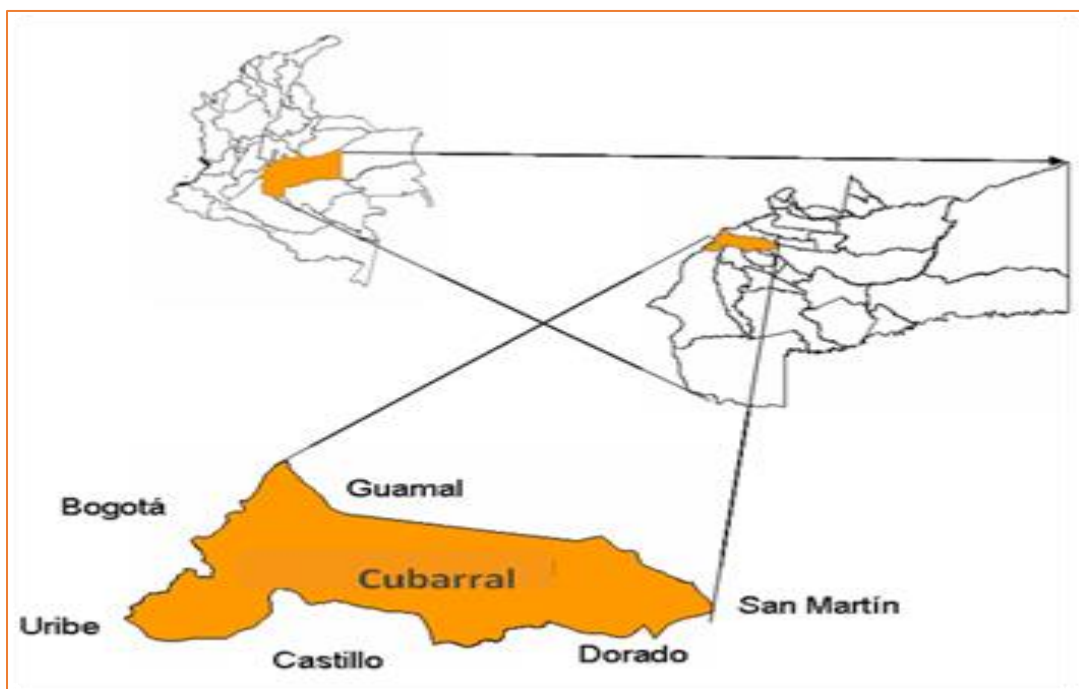
abonos orgánicos. Alternativa natural, viable para implementarlas en las fincas, de bajo costo, suministra nutrición a cultivos, sostenible debido a recuperación de recursos eco-sistémicos agua, suelo, flora y fauna.

Evaluación Preliminar para la Implementación de Compostaje en las Veredas Maraya y San Miguel del Municipio de Cubarral -Meta.

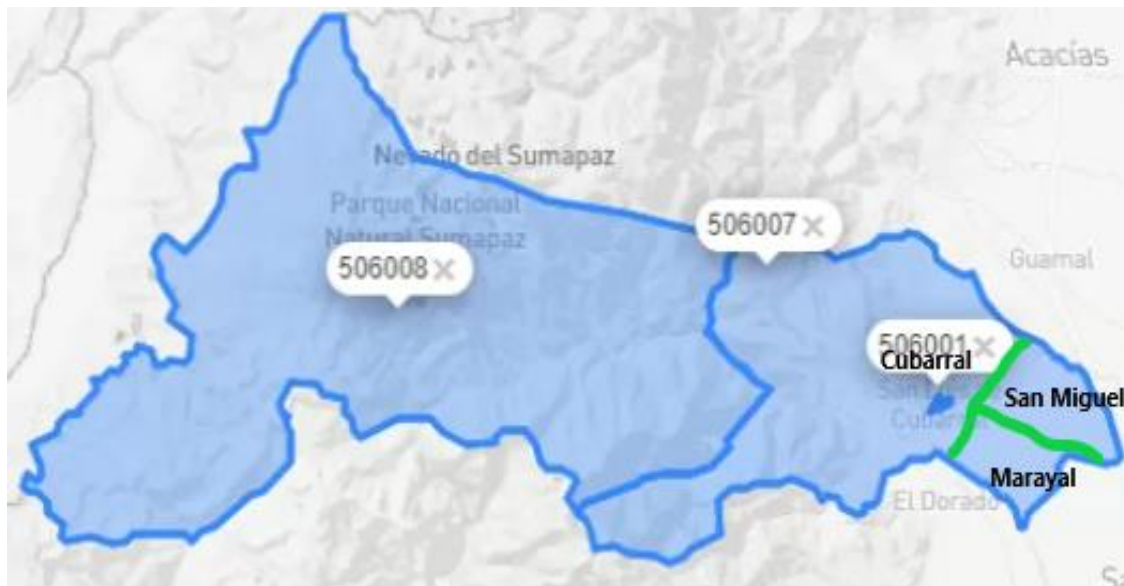
Ubicación Geográfica

A continuación, la figura 3 y 4, da la ubicación del departamento del Meta en Colombia, municipio de Cubarral en el departamento y de las veredas en el municipio.

Figura 3. *Ubicación Geográfica del Proyecto*



Nota. Tomado de Reserva natural las palmeras. Cubarral Meta 2016 Paraíso de biodiversidad del piedemonte llanero.

Figura 4. *Ubicación de las veredas en el municipio*

Nota. Adaptado de: Código Postal. (2016-2022). Código Postal de Cubarral, Meta. Web: <https://codigo-postal.co/colombia/meta/cubarral/>

La presente información Extractada del plan de desarrollo municipal de Cubarral 2019 (PDM., 2019) se puede identificar las condiciones geográficas donde se ejecuta el proyecto:

Cubarral está ubicado en las estribaciones de la cordillera oriental, parte Andina, Subandina del Piedemonte Llanero. Se encuentra en el sur occidente del Meta en los 3° 46'45" Latitud Norte (N) y 73° 51'50" Longitud Oeste (W). La distancia con la capital departamental es de 60 kilómetros, cruzando los municipios de Acacias y Guamal; elevación 534 msnm casco urbano. Limita con el municipio de Guamal al norte, al occidente con el Departamento de Cundinamarca, al sur con los municipios de El Dorado, Uribe, El Castillo y Lejanías y al oriente con el Municipio de San Martín de los Llanos Su temperatura promedio es de 26°C y presenta precipitaciones de los 2600 mm anuales aproximadamente. Tiene una extensión de 1.159 Km², lo que representa el 1,4% del área departamental. La densidad poblacional por Km² es de 5,13 habitantes.

Diagnóstico, Oportunidades y Desafíos

La tabla 8, permite una descripción del diagnóstico, oportunidades y desafíos mediante análisis Dofa, utilizando como primer ingrediente el objetivo y las variables de fortalezas (F), debilidades (D), oportunidades (O) y amenaza (A) complementado cada una según relación, con algunas estrategias.

Tabla 8. *Diagnóstico, Oportunidades y Desafíos Mediante Análisis DOFA*

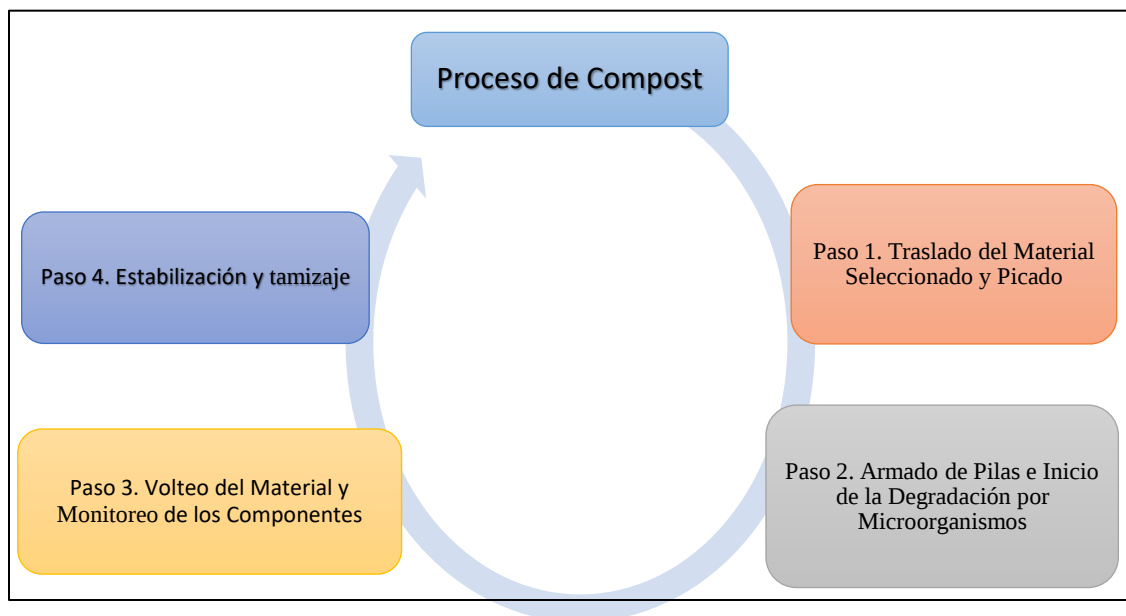
OBJETIVO	FORTALEZAS (F)	DEBILIDADES (D)
Proponer un sistema de compostaje para residuos orgánicos generados en las veredas Marayal y San Miguel, municipio de Cubarral, departamento del Meta, a partir de la información recopilada en una revisión bibliográfica.	F1. Producción de residuos orgánicos agropecuario en las fincas. F2. Disponibilidad de recursos humanos en las fincas (mano de obra). F3. Disposición física (infraestructura, herramientas y área en las fincas).	D1. Falta de institucionalizar programas en abonos orgánicos y de comunicación a productores. D2. Exceso de residuos orgánicos producidos en las actividades de producción agropecuaria. D3. Costumbres y cultura negativa en la implementación de prácticas agronómica y fertilizantes químicos. D4. Falta de conocimiento sobre el tema en abonos orgánicos (compost). D5. Manejo inadecuado de los residuos orgánicos y disposición final.
OPORTUNIDADES (O)	ESTRATEGIA (FO)	ESTRATEGIA (DO)
O1. Gozar de un ambiente sano. O2. Control en la proliferación de plagas y enfermedades en el medio natural. O3. Recuperación de recursos eco sistémicos (suelo, agua, flora y fauna). O4. Calidad de vida	Aprovechamientos de los recursos físicos, humanos y de los residuos orgánicos agropecuarios de las fincas, dándole un manejo y disposición final adecuada para la	Institucionalizar la Divulgación de Programas en Formación a los productores en procesos de transformación de residuos orgánicos agropecuarios mediante el proceso de compost y mejores prácticas agronómicas amigables con el medio natural.

O5. Ingresos económicos (abono orgánico) y productos de calidad.	producción de abono orgánico.	
AMENAZAS (A)	ESTRATEGIA (FA)	ESTRATEGIA (DA)
A1. Implementación masiva de agroquímicos.	Actividades de Recuperación del medio natural	Capacitación a los productores en aprovechamiento de residuos orgánicos, producción de compost y comercialización.
A2. Pérdida de recursos eco sistémicos en (suelo, agua, flora y fauna), por la contaminación.	mediante la Aplicación del material compostado a los cultivos y demás actividades agrícolas y forestales.	
A3. Presencia de plagas y enfermedades en el medio natural.		
A4. Mala calidad de vida,		
A5. Mayor costo en la producción (masificación de agroquímicos e inadecuadas prácticas agronómica).		
Nota. <i>Elaboración propia, (2022)</i>		

Propuesta Metodológica

El proceso del compost se podría implementar en una primera fase a mediana o a pequeña escala, que nos funcionará como piloto para posteriormente ser replicada en las demás fincas de las veredas. Para nuestro caso el material orgánico a procesar es de aproximadamente 1000 kilogramos, se tiene previsto en el año realizar dos compost, aunque las cantidades y la forma de preparación del compost no es rígida y se ajusta a la necesidad y material que se produce en las fincas, es de señalar que el mayor tiempo a la hora de ejecutar este proyecto lo marcamos en la primera semana teniendo en cuenta que es donde se hace las adecuaciones del suelo e instalaciones, labor que se realiza por única vez y servirá para varios procesos de compost en el futuro.

Para la obtención de abono orgánico se señala en la siguiente grafica 5 los cuatro pasos a seguir en el proceso de compost.

Figura 5. Sistema de Compostaje para Desechos Orgánicos

Nota. Elaboración propia., (2022)

Paso 1. Traslado del Material Seleccionado y Picado; para el proceso de compostaje manual se calcula en promedio unos 1000 kilogramos, estos residuos los hay en cantidad y calidad suficiente, subproducto de las diferentes actividades de producción que se realiza en la finca por lo que su costo para producir abono orgánico resulta económico. El material seleccionado es el siguiente:

- ✓ Subproductos de cosecha (maíz, cacao, café, yuca, plátano, frijol).
- ✓ Residuos de madera (viruta, aserrín), Residuos de cocina, podas, suelo de bosque.
- ✓ Estiércoles de (bovinos, porcinos, gallinaza, equinos).
- ✓ Miel de purga, miel de caña, Melaza, vinaza, mieles de café guarapo, melote y cachaza.
- ✓ Cal agrícola, sulfatos, roca fosfórica, cal dolomita.

Pasó 2. Armado de Pilas e Inicio de la Degradación por Microorganismos; para esta labor se propone establecer un espacio de 30 m² con cubierta, tamaño que se puede modificar de

acuerdo a la necesidad y cantidad de residuos orgánicos que se vaya a procesar, limpiar el suelo y realizar una zanja de 20 cm ancho x10 cm de fondo alrededor de la enramada. A continuación, en la figura 6, se observa las Pilas de material a compostar, está relacionada con la cantidad de material a procesar, pero se puede considerar agrupar pilas en espacio y volumen de 5 mts. de largo por 2.5 mts. de ancho y una altura promedio de 1.5 mts y tapar con un plástico si queremos generar mayores temperaturas.

Figura 6. Instalaciones y Pilas de Material a Compostar



Nota. Adaptado de Nacho Godino. (2017). Visita al cobertizo para elaboración de compost.

Web: <https://twitter.com/ngodino14/status/886123775137284096>

Paso 3. Volteo del Material y Monitoreo de los Componentes; se recomienda monitorear y voltear el material una vez a la semana, se espera que transcurrido un periodo superior de tres meses se obtenga un material maduro apto para aplicar a las plantas.

En el proceso de compostaje se presenta tres etapas, en la cuales se deben considerar algunos parámetros que son relevantes, para lograr el control y manejo óptimo de las características fisicoquímicas como la relación C:N, humedad, Concentración de Oxígeno, Tamaño de la partícula, pH y Temperatura, parámetros señalados por la FAO, (2013). En la

siguiente tabla 9, se hace una descripción de los componentes que intervienen en el proceso en cada uno de los estados inicial, medio y final.

Tabla 9. Parámetros Óptimos Durante el Proceso

Componente	Inicial	Medio	Final
C: N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50 - 60%	45-55%	30 - 40%
Concentración de oxígeno	10%	10%	10%
Tamaño de partícula	10%	15 cm	<1,6 cm
pH	6,5 – 8,0	6,0-8,5	6,5 – 8,5
Temperatura	45 – 60°C	>45°C	Temperatura ambiente

Nota. Tomado de FAO., (2013)

Costos del Proceso de Compost.

Para la realizar el presupuesto de este proyecto de compostaje en la siguiente tabla 10, se realiza una descripción mediante cuatro variantes principales insumos, herramientas, mano de obra y dotación con su respectiva caracterización, cantidad, valor unitario y valor total.

Tabla 10. Presupuesto

Insumos	Cantidad	V/unitario	V/total
Kilogramos de Subproductos de cosecha vegetal, residuos de cocina, estiércoles de animal de la finca.	1.000	0	0
Unidades Madera redonda y guadua de la finca.	12	0	0
Teja Zinc Ondulada 3.048x0.80mt Cal 35 0.17mm.	18	32.900	592.200
Amarre Teja Tapa Metálica 26cm Cal 18 100un.	1	25.000	25.000
Libra Puntilla 3pul.	1	6.000	6.000
Alambre negro chipa x 1 kilo.	1	11.000	11.000
Lonas de polipropileno.	20	2.000	40.000
Melaza bulto x 30 kg.	1	35.700	35.700
Cal agrícola bulto x 50 kg.	1	35.700	35.700
Metros Plástico negro cal. 5.	10	850	8.500
		Subtotal	754.100

Herramientas	Cantidad	V/unitario	V/total
Pala.	1	15.000	15.000
Azadón.	1	18.000	18.000
Pica.	1	16.000	16.000
Rastrillo.	1	12.000	12.000
Machete Rula Pulida Cacha Solida Bellota 24 Pulgadas.	1	17.400	17.400
Carretilla de tolva de 6 ft, material de la tolva plástica, rin metálico, ruda anti pinchazo.	1	239.900	239.900
Termo-higrómetro Digital Sonda Temperatura Humedad.	1	35.600	35.600
Tanque Bajito 250 Litros.	1	261.700	261.700
		Subtotal	615.600
Mano de obra	Cantidad	V/unitario	V/total
Semana 1 Operario x horas	60	6250	375.000
Semana 2 Operario x horas	3	6250	18.750
Semana 3 Operario x horas	3	6250	18.750
Semana 4 Operario x horas	3	6250	18.750
Semana 5 Operario x horas	3	6250	18.750
Semana 6 Operario x horas	3	6250	18.750
Semana 7 Operario x horas	3	6250	18.750
Semana 8 Operario x horas	3	6250	18.750
Semana 9 Operario x horas	3	6250	18.750
Semana 10 Operario x horas	3	6250	18.750
Semana 11 Operario x horas	3	6250	18.750
Semana 12 Operario x horas	3	6250	18.750
Semana 13 Operario x horas	3	6250	18.750
Semana 14 Operario x horas	3	6250	18.750
		Subtotal	618.750
Dotación	Cantidad	V/unitario	V/total
Overol Enterizo Manga Corta.	1	56.900	56.900
Par Botas Caucho Pantaneras Cerro Caña Alta Punta De Acero.	1	45.000	45.000
Par Guantes.	1	15.000	15.000
Gafas.	1	15.000	15.000
Tapabocas.	1	5.000	5.000
		Subtotal	136.900
		Total	2.125.350

Nota. Elaboración propia, (2022)

Resultado y Conclusión

Es viable desarrollar procesos de compostaje en estas veredas debido a las condiciones agroclimáticas, utilización de subproductos agropecuarios, recursos humanos y físicos de la región, que genera condiciones de oportunidad y mejoramiento de la calidad de vida de las familias. Permite la masificación de los sistemas de compostaje y a la vez la solución generada por el exceso de residuos orgánicos producto de las actividades agropecuarias.

En el marco de la revisión bibliográfica se pudo documentar lo relacionado con el proceso de compost, en especial lo relacionado con el costo - beneficio, en el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas, biológicas y de nutrición a los cultivos, debido que son procesos naturales de fácil ejecución y a bajo costo.

Es importante señalar la labor realizada por bacterias y hongos actinomicetos siendo necesario potencializar la actividad, por medio de bioinsumos, mieles y melazas que permiten energizar la actividad microbiana para mejorar la descomposición. Esta biotecnología es sostenible y sustentable.

Se determina como debilidad las políticas institucionales en la implementación de la alternativa de abonos orgánicos y divulgación informativa que no llega a los productores como estrategia agroecológica.

Son estrategias que contribuye a incentivar a los productores, la elaboración del compost, calidad del producto, comercialización y mejores prácticas agroecológicas amigables con el medio natural.

Otra estrategia tiene relación con la aplicación del material compostado a los cultivos y demás actividades agrícolas y forestales, permitiendo una recuperación progresiva y de transición de lo convencional a lo agroecológico.

Se recomienda se debe implementar esta biotecnología como estrategia en la agricultura porque permite la recuperación de suelos acabados por el uso de las malas prácticas agronómicas.

Referencias Bibliográficas

- Andrea, B., (2004)., Manejo ecológico del suelo., Dominicana., Editorial RAP-AL., no. 1, 27 pp.
- Anwar, et al., (2005)., Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, vol. 36, pp. 1737-1746.
- Arrigo, et al., (2005)., Residuos de poda compostados sin compostar: uso potencial como enmienda orgánica en suelo., 23 (1), 87-92.
- Benzing, A., (2001)., Agricultura Orgánica - fundamentos para la región andina., N e c k a r - V e r l a g , V i l l i n g e n - Schwenningen, Alemania., 682 p.
- Cegarra, et al., (1993)., Características, compostaje y uso agrícola de residuos sólidos urbanos., En: *Memorias Jornadas de Recogidas Selectivas en Origen y Reciclaje.*, Córdoba España: Ed Mundi - Prensa 1993. pp. 46-55.
- Chand, et al., (2006)., Influence of long-term application of organic and inorganic fertilizer to build up soil fertility and nutrient uptake in mint-mustard cropping sequence., *Communications in Soil Science and Plant Analysis.*, vol. 37, pp. 63-76. ISSN 1532-2416.
- Chiumenti et al., (2005)., Modern composting technologies, Singapore. *BioCycle Journal of Composting y Organics Recycling*, 12-18.
- Delgado, et al., (2007)., Evaluación de residuos orgánicos de origen animal procedentes de granjas avícolas., *Revista Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente.*, 6, 33-39.
- Epstein, E., (2011)., Industrial composting: environmental engineering and facilities management, 2a ed., EU, CRC, Tailor & Francis Group, Press. Boca Raton, pp. 15-24.

- FAO., (2013)., manual de compostaje del agricultor., experiencias en América Latina., Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura., Oficina Regional para América Latina y el Caribe., Santiago de Chile, 2013.
- Haug, R., T., (1993)., The Practical Handbook of Compost Engineering, Boca Raton, Lewis Publishers, pp. 205-258.
- Hernández, et al., (2013)., caracterización nutricional de cuatro abonos orgánicos., Tierra latinoamericana volumen 31 número 1, 2013., Facultad de ciencias Agrotecnológicas., Universidad autónoma de chihuahua., escorza 900, col. centro., 31000., chihuahua., México.
- Insam, H., de Bertoldi, M., (2007)., Microbiology of Composting Process, en: Diaz L.F., de Bertoldi M., Bidlingmaier W., Stentiford E., Waste Management Series 8, Compost Science and Technology, United Kingdom, Elsevier Ltd., pp. 25-48.
- Krogmann, et al., (2010)., composting: Technology, in Christensen T., Solid Waste Technology & Management, United Kingdom, Blackwell Publishing Ltd., pp. 533-568.
- Medina, et al., (2011)., Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas., Ciencias Hortícolas., vol. 4, no. 1, pp. 109-125. ISSN 2011-2173.
- Matheus, et al., (2007)., Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L)., Agricultura Andina 13, 27-38.
- Morisaki, et al., (1989)., nitrogen transformation during thermophilic composting., J., Ferment Bioeng., 67 (1), 57-61. DOI: 10.1016/0922-338X(89)90087-1
- PDM., (2019)., trabajando juntos por Cubarral., plan de desarrollo municipal Cubarral Meta.

- Paneque y Calaña., (2004)., abonos Orgánicos, conceptos prácticos para su evaluación y aplicación., Folleto Técnico., Asociación Cubana de técnicos Agrícolas y forestales., La Habana, Cuba., 54 p.
- Ramos y Terry (2014)., generalidades de los abonos orgánicos: importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas., Cultivos Tropicales., vol. 35, no. 4, pp. 52-59., Ministerio de Educación Superior., Cuba Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Rodríguez, L., M., (2002)., Influencia del cambio climático global sobre la producción agropecuaria Argentina., Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias., vol. 2, pp. 1-10. ISSN 1853-8665.
- Smårs et al., (2002)., Improvement of the composting time for household waste during an initial low pH phase by mesophilic temperature control. Bioresource Technology, volumen 84 (número 3), 237-241.
- Smith, et al., (2001)., A survey of the production and use of animal manures in England and Wales., Poultry manure., Soil Use Manage., 5, 17-48. DOI: 10.1111/j.1475-2743. 2001. tb00012.x
- Soto, M., (2006)., Renovación de plantaciones bananeras un negocio sostenible mediante el uso de umbrales de productividad fijados por agricultura de precisión., Joinville-Santa Catarina: En: 17a Reunión internacional de la asociación para la cooperación en las investigaciones sobre banano en el Caribe y en la América Tropical., pp. 178-189.
- Stentiford, E., De Bertoldi, M., (2010)., Composting process, en: Christensen T., Solid Waste Technology & Management, 1ra ed., United Kingdom, Blackwell Publishing Ltd., pp 515-532.

Sullivan y Miller., (2001)., compost quality attributes, measurements and variability, en: Stoffella, P., J., Kahn, B., A., Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems, 1ra ed., Estados Unidos, Boca Raton, Lewis Publishers, pp. 95-120.

Trautmann y Krasny., (1997)., Compostaje en el Salón de clases la investigación científica para estudiantes de secundaria., Centro para el Medio Ambiente, Universidad de Cornell., Departamento de Recursos Naturales, Universidad de Cornell.

Víctor y Naidu., (2010)., respuesta del lulo de la Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*) a la aplicación de fermentados aeróbicos tipo bocashi y fertilizante químico., Acta Agronómica., vol. 59, no. 2, pp. 156-157. ISSN 2323-0118.