



**Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la
descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes,
Antioquia. 2023**

Diana Maryory Moncada Carvajal
Natalia Andrea Ramírez Arcila

Trabajo de investigación presentado para optar al título de Administrador Ambiental y Sanitario

Asesoras

Elizabeth Vásquez Bedoya, Doctor (PhD) en Agroecología
Sara María Márquez Girón, Doctor (PhD) en Agroecología

Universidad de Antioquia
Facultad Nacional de Salud Pública Héctor Abad Gómez
Administración Ambiental y Sanitaria
Andes, Antioquia, Colombia

2024

Cita	(Moncada Carvajal & Ramírez Arcila, 2024)
Referencia Estilo APA 7 (2020)	Moncada Carvajal, D.M, & Ramirez Arcila, N. A. (2024). <i>Evaluar la eficiencia de la aplicación de (ME) en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Andes, Colombia.



Biblioteca Salud Pública

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/ : Edwin Rolando González Marulanda

Vicedecana: Mónica Lucía Jaramillo Gallego

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A nuestros padres, hermanos por su amor incondicional, apoyo inquebrantable y sacrificio constante. Su aliento y confianza fueron nuestra mayor motivación para alcanzar las metas académicas.

A mi esposo e hija, por ser mi fuente de inspiración y por alegrar mis días con su cariño y complicidad. Su influencia positiva ha sido fundamental en mi desarrollo personal y académico.

A nuestros profesores y mentores, por su sabiduría, orientación y paciencia. Gracias a su guía y enseñanzas, hemos crecido como estudiantes y como personas.

A nuestros amigos, por su compañía, comprensión y ánimo incondicional. Sus palabras de aliento y momentos compartidos han sido un bálsamo en los momentos difíciles.

A todas las personas que creyeron en nosotras y nos brindaron su apoyo a lo largo de este camino, gracias por ser parte de esta etapa tan importante de nuestras vidas.

Agradecimientos

Quisiéramos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de diversas maneras a la realización de esta investigación.

En primer lugar, deseamos agradecer a Sara María Márquez Girón, Elizabeth Vásquez Bedoya y Daniel Ochoa Londoño, por su orientación experta, su paciencia inquebrantable y su apoyo constante a lo largo de este arduo proceso. Sus consejos sabios y su dedicación fueron fundamentales para llevar este proyecto a buen término.

También queremos expresar nuestra gratitud a las Empresas Públicas de Andes por su invaluable retroalimentación y sus sugerencias constructivas, las cuales contribuyeron significativamente a mejorar la calidad de este trabajo de investigación.

Agradezco sinceramente nuestros profesores Coordinadora de programa Diana Soto Castrillón, compañeros de clase y amigos que brindaron su ayuda y aliento en momentos de duda y dificultad. Su apoyo moral fue fundamental para mantenernos motivadas durante todo el desarrollo de esta investigación.

No podemos dejar de reconocer el apoyo incondicional de nuestras familias. nuestros padres, hermanos y hermanas, esposo e hija, les agradecemos por su amor, comprensión y aliento constante. Su confianza en nosotras fue nuestra mayor fuente de fortaleza.

Al Centro de Investigación de la Facultad Nacional de Salud Pública al seleccionar nuestro proyecto de investigación SIGEP INV 736-23 - Agenda de Investigación y Extensión pregrado 2023-I,

A todos y cada uno de ustedes, nuestro más profundo agradecimiento. Este logro no habría sido posible sin su ayuda y respaldo.

¡Gracias!

Contenido

Lista de tablas	9
Lista de Ilustraciones	10
Introducción.....	18
1. Planteamiento del Problema	20
1.1 Antecedentes	21
1.1.1 Internacional	21
1.1.2. Nacional	22
1.1.3 Locales	23
1.2 Descripción del problema	25
1.3 Pregunta de Investigación.....	25
2 Justificación	26
3 Objetivos	28
3.1 Objetivo general	28
3.2 Objetivos específicos	29
4 Marcos teórico	29
4.1 Marco conceptual	29
4.1.1 El Compostaje	29
4.1.1.2 Etapas del proceso de compostaje.....	30
4.1.1.3 Monitoreo durante el compostaje	32
4.1.1.4 Humedad	33
4.1.1.5 Temperatura	34

4.1.1.6 pH	35
4.1.1.7 Problemáticas asociadas a un mal proceso de compostaje (FAO, 2013)	36
4.1.2 Microorganismos Eficientes ME	37
4.1.2.1 Composición microbiana:	38
4.1.2.2 Preparación de Microorganismos Eficientes ME	39
4.1.2.3 Funcionamiento de los Microorganismos Eficientes	40
4.1.2.4 Coexistencia de los Microorganismos Eficientes ME	41
4.1.2.5 Los Microorganismos Eficientes y el Medio Ambiente	42
4.1.2.6 Los Microorganismos Eficientes y la Agricultura	42
4.1.2.7 Los principales efectos del Microorganismos eficientes ME	43
4.1.2.8 Uso integral de Microorganismos Eficientes ME	43
4.1.2.9 Función de los Microorganismos Eficientes ME en los procesos de compostaje	44
4.1.2.10 Los objetivos del uso de Microorganismos Eficientes ME	44
4.2 Marco territorial	46
4.2.1 La Compostera Regional	46
4.3 Marco normativo y legal	47
4.3.1 Leyes	48
4.3.2 Decretos	49
4.3.3 Normas técnicas colombianas	50
4.3.4 Resoluciones	53
4.4. Marco institucional	54
5 Metodología	56
5.1 Localización y caracterización de la zona donde se tomó la muestra	56
Elaboración de compost con Microorganismos Eficientes	57
5.2 Elaborar Microorganismos eficientes ME	59

5.2.1 Etapa fase sólida	59
5.2.2 Pesaje de los ingredientes:	59
5.2.3 Mezcla de ingredientes:.....	60
5.2.4 Etapa fase líquida	60
5.2.5 Preparación del medio líquido:	61
5.2.6 Renovación de la fase líquida:	61
5.3 Medición de variables e instrumentos de medida.....	63
5.4 Comparación del análisis laboratorio y la respirometría	64
5.4.1 Diseño experimental	65
6 Medición de variables temperatura, humedad y pH	65
6.1 Metodología.....	66
6.2 Resultados y discusión	66
6.2.1 Variable Temperatura	67
6.2.2 Variable Humedad	68
6.2.3 Variable pH.....	69
7. Tiempo de descomposición	71
7.1 Metodología comparar tiempos	73
7.2 Resultados y discusión	74
7.2.1 Peso del compost	74
8. Análisis Propiedades químicas (NPK).....	76
8.1 Procedimientos	76
8.2 Resultados y discusión	76
8.2.1 Nitrógeno N.....	76
8.2.2 El Fósforo P.....	77
8.2.3 Potasio K.....	78

8.3 Contenido nutricional	79
8.3.1 Relación C/N	80
8.3.2 CIC	81
8.3.3 CO	81
8.3.4 CIC/CO.....	82
8.3.5 Cambios en color, olor y apariencia.....	82
9 Conclusiones	84
10 Recomendaciones	85
Referencias.....	85
12 Anexos	92

Lista de tablas

Tabla 1 Parámetros de Humedad óptimos.....	34
Tabla 2 Parámetros de Temperatura óptimos.....	34
Tabla 3 Parámetros de pH óptimos	35
Tabla 4 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable temperatura	67
Tabla 5 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable pH.....	70
Tabla 6 Rendimiento en peso de la producción de compostaje obtenido.	75

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Temperatura, Oxígeno y pH en el proceso de compostaje.....	31
Ilustración 2. Gráfica de cajas y bigotes para temperatura	65
Ilustración 3. Promedio de temperatura	67
Ilustración 4. Promedio de pH.....	70

Anexos:

Anexo: 1 Análisis de Laboratorio . Pila al 75%ME.....	92
Anexo: 2 Análisis de Laboratorio Pila al 25%ME.....	97
Anexo: 3 Análisis de Laboratorio Pila Testigo	102
Anexo: 4 Análisis de Laboratorio Pila comparativa	106
Anexo: 5 cronograma de actividades	110
Anexo: 6 Formato de Campo pila 114	111
Anexo: 7 Formato de Campo pila 115	112
Anexo: 8 Formato de Campo pila Testigo	113

Siglas, acrónimos y abreviaturas (FAO TERM)

Acopio: La acción tendiente a reunir residuos sólidos en un lugar determinado y/o apropiado recolección, tratamiento o disposición final.

Abono orgánico: Sustancia de origen natural procedente de los seres vivos, que aporta al suelo y las plantas nutrientes para su buen desarrollo.

Acondicionamiento de residuos: Operaciones que transforman los residuos a formas adecuadas para su transporte y/o almacenamientos seguros.

Agente biológico-infeccioso: Cualquier microorganismo capaz de producir enfermedades cuando está presente en concentraciones suficientes (inóculo), en un ambiente propicio (Supervivencia), en un hospedero susceptible y en presencia de una vía de entrada.

Almacenamiento o almacenaje: El depósito temporal de los residuos sólidos en contenedores previos a su recolección, tratamiento o disposición final.

Ambiente: Es cualquier espacio de interacción en el que se desarrollan actividades espontáneas entre los seres vivos y los recursos en espacios naturales o antrópicos.

Biodegradable: Sustancia que puede ser descompuesta con cierta rapidez por organismos vivos, los más importantes de los cuales son bacterias aerobias. Sustancia que se descompone o desintegra con relativa rapidez en compuestos simples por alguna forma de vida como: bacterias, hongos, gusanos e insectos.

Bacterias termófilas: Grupo de bacterias que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 40°C a 70°C.

Caracterización de residuos: Estudio y determinación de las propiedades de los residuos de un emplazamiento.

Centro de tratamiento integral de residuos: Lugar donde los residuos se clasifican para su reciclaje, compostaje y eliminación a vertedero.

Compost o abono orgánico: Es el producto resultante del proceso de compostaje.

Compost maduro: Compost que ha finalizado todas las etapas del compostaje.

Compost semimaduro: Compost que no ha terminado la etapa termófila del proceso de compostaje.

Compostaje: Es un proceso de reciclaje completo de la materia orgánica mediante el cual ésta es sometida a fermentación en estado sólido, controlada (aerobia) con el fin de obtener un producto estable, de características definidas y útil para la agricultura.

Comercialización: Operación de venta o transferencia de subproductos y materias o sustancias recuperadas para reincorporarlas al proceso productivo cuando los residuos han sido transformados en subproductos de valor económico.

Contaminación: Alteración reversible o irreversible de los ecosistemas o de alguno de sus componentes producida por la presencia o la actividad de sustancias o energías extrañas a un medio determinado.

Centro de acopio: Lugar al que se llevan los residuos recolectados previamente y así acondicionarlos para su aprovechamiento. En el lugar los residuos se disponen para el reposo, maduración y tratamiento para que cumplan con las características óptimas de aprovechamiento.

Aprovechamiento de residuos orgánicos: Es la suma de actividades que se realizan para obtener un sustrato fuente de alimento para las lombrices (separación en la fuente, recolección, adecuación del material recolectado y alimentación), Potenciar la agricultura ecológica y el aporte de materia orgánica en suelos degradados, disminuir la dependencia y los problemas medio ambientales derivados de los fertilizantes de síntesis, crear empleo en el medio rural, en las actividades de recogida, plantas de compostaje y comercialización del compost.

Eficiencia: La eficiencia es la facultad de lograr un objetivo o de obtener el mejor resultado empleando la menor cantidad de recursos

Generador de residuos: Es todo individuo o población que en consecuencia de sus actividades cotidianas deja como resultado cualquier tipo de residuo ya sea sólido, líquido o gaseoso, orgánico o inorgánico.

Microorganismos eficientes (ME): Es un cultivo mixto de microorganismos benéficos, obtenidos de ecosistemas naturales (Bosque tropical húmedo) y seleccionados por sus efectos positivos en los cultivos. Ejemplo mantillo de bosque

Microorganismos: Organismos vivos microscópicos (hongos, incluyendo levaduras, actino bacterias, protozoos como nemátodos etc.).

Microorganismos mesófilos: Grupo de bacterias, y hongos (levaduras u hongos filamentosos) que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 30°C a 40°C.

Nitrato: Es una forma inorgánica del nitrógeno. Se encuentra oxidado y es soluble en la solución del suelo. Se pierde con más facilidad por lixiviación.

Nitrógeno: Elemento indispensable para las plantas que puede estar en forma orgánica (proteínas y compuestos orgánicos), o inorgánica (nitrato o amonio).

Orgánico: Un compuesto orgánico es una sustancia que contiene carbono e hidrógeno y, habitualmente, otros elementos como nitrógeno, azufre y oxígeno. Los compuestos orgánicos se pueden encontrar en el medio natural o sintetizarse en laboratorio. La expresión sustancia orgánico equivale a sustancia natural. Decir que una sustancia es natural significa que es esencialmente igual que la encontrada en la naturaleza. Sin embargo, orgánico significa que está formado por carbono.

Relación C: N: Cantidad de carbono con respecto a la cantidad de nitrógeno que tiene un material.

Residuos orgánicos domiciliarios: Son aquellos residuos que se generan como resultado de las actividades domésticas cotidianas. Ejemplo: frutas, verduras, legumbres entre otras que en conjunto componen la materia orgánica.

Separación en la fuente: Actividad en la que el generador clasifica los residuos de acuerdo con su categoría e importancia que tienen el proceso, desde el sitio en el que

se generan estos residuos. Es la primera intervención de los residuos ya que se clasifican en el lugar o fuente generadora.

Recolector: aquella persona o grupo encargado de recoger los residuos previamente separados para llevarlos al centro de acopio.

Resumen

En esta investigación se evaluó la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes (ME) en el proceso de compostaje de residuos orgánicos domésticos urbanos para la obtención de abono orgánico, en el Municipio de Andes Antioquia.

Se instalaron 3 pilas, una como testigo solo con residuos orgánicos, otra con aplicación del 25% ME y otra con 75% de (ME), la investigación fue desarrollada en la Compostera Municipal.

La primera fase consistió en conseguir el mantillo del bosque y preparar la fase sólida de los ME, en la segunda fase se procede a la etapa líquida, la cual se debe dejar en fermentación anaeróbica por otros 28 días, en la tercera fase se procede con el montaje de las pilas cada una con una diferencia de 8 días, en la cuarta fase se realiza la aplicación de los (ME) al 25% y 75% y por último se lleva a cabo el monitoreo de variables establecidas en los objetivos, tales como: temperatura, humedad, pH y tiempo de descomposición. El análisis estadístico de los datos se realizó mediante un Diseño Completamente al Azar, (DCA) comparando la prueba de promedios por medio de la prueba de DMS- LDS con una confianza del 95%. Los resultados del análisis del contenido de nutrientes (NPK), fueron los siguientes: para la pila testigo, se registró un 1.57% de nitrógeno, 0.44% de fósforo y 1.2% de potasio; para el tratamiento con un 25% de (ME), se obtuvieron 1.35% de nitrógeno, 0.34% de fósforo y 1.51% de potasio; mientras que para el tratamiento con un 75% de (ME), los valores fueron de 1.58% de nitrógeno, 0.30% de fósforo y 1.3% de potasio. Estos resultados se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normativa correspondiente.

Asimismo, la materia orgánica presentó una descomposición total, de tal manera que el tamaño de partícula se conformó de forma homogénea, presentó textura y color similar al suelo, características que indicaron que el proceso del compostaje se desarrolló en condiciones de temperatura, pH y humedad adecuadas.

PALABRAS CLAVES: (ME), residuos sólidos orgánicos, compostaje, compost

Abstract

In this research, the efficiency of the application of efficient microorganisms (EM) in the composting process of urban domestic organic waste to obtain organic fertilizer was evaluated in the Municipality of Andes Antioquia.

Three piles were installed, one as a control with only organic waste, another with application of 25% ME and another with 75% of (ME), the research was conducted in the Municipal Composter.

The first phase consisted of obtaining the forest mulch and preparing the solid phase of the ME, in the second phase we proceed to the liquid stage, which must be left in anaerobic fermentation for another 28 days, in the third phase we proceed with the assembly of the batteries each with a difference of 8 days, in the fourth phase the application of the (ME) at 25% and 75% is carried out and finally the monitoring of variables established in the objectives is carried out, such as such as: temperature, humidity, pH and decomposition time. The statistical analysis of the data was conducted using a Completely Randomized Design (DCA) comparing the test of averages through the DMS-LDS test with a confidence of 95%. The results of the nutrient content analysis (NPK) were as follows: for the control pile, 1.57% nitrogen, 0.44% phosphorus and 1.2% potassium were recorded; for the treatment with 25% (ME), 1.35% nitrogen, 0.34% phosphorus and 1.51% potassium were obtained; while for the treatment with 75% (ME), the values were 1.58% nitrogen, 0.30% phosphorus and 1.3% potassium. These results are within the parameters proved by the corresponding regulations.

Likewise, the organic matter presented a total decomposition, in such a way that the particle size was formed homogeneously, it presented texture and color like the soil, characteristics that showed that the composting process was developed under conditions of temperature, pH and humidity. suitable.

KEYWORDS: (ME), organic solid waste, composting, compost

Introducción

El aumento de la población humana, los procesos de industrialización, y los hábitos de consumo de los individuos, ocasionan el incremento en la generación de residuos sólidos, quienes a su vez han impactado de una forma negativa al ambiente al ser dispuestos de manera inadecuada. Actualmente, con el fin de dar solución a este problema, se ha implementado la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), el cual está integrado por el proceso de: separación en la fuente (orgánico, reciclaje e inservible), hasta la transformación de aquellos que permiten este proceso o a la disposición final de los que no se pueden reciclar. (Penagos Vargas, 2011)

Desde la separación en la fuente se han buscado usos alternativos- benéficos para el entorno, tal es el caso del proceso del reciclaje para la transformación de los residuos sólidos orgánicos nuevamente en materia prima; es así como por medio del proceso de compostaje de los residuos orgánicos como biofertilizantes y acondicionadores de suelos, la producción de gas, humus, los biocombustibles, entre otros, son técnicas mediante las cuales se puede aprovechar este tipo de residuos. (Penagos Vargas, 2011)

En Colombia se generan aproximadamente 12 millones de toneladas de residuos sólidos al año. De estos cerca del 40% podrían aprovecharse, pero según la Misión de Crecimiento Verde del Departamento Nacional de Planeación (DNP) teniendo en cuenta la meta del actual Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un Nuevo País”, solamente se recicla alrededor de 17%. Además, se estima que, si el consumo de los colombianos se mantiene al ritmo vigente, la generación de residuos aumentará 20% en los próximos 10 años. Gran parte de estos residuos son artículos de un solo uso como plásticos, pitillos, botellas y bolsas que, acogiendo los principios de la economía circular y haciendo una debida disposición y separación en la fuente, podrían reutilizarse para la realización de compostaje. Lo mismo podría hacerse con los desechos orgánicos, ya que en el año se producen alrededor de 32.000 toneladas, en donde se busca

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

maximizar el aprovechamiento de estos residuos y se generen procesos eficientes para tener una disposición final adecuada (Monterrosa Blanco, 2019)

El manejo de los residuos hoy en día se ha vuelto de vital importancia ya que con esto se quiere; en primer lugar, reducir la cantidad de desechos que son llevados a los rellenos sanitarios. En donde, para el caso de Bogotá llegan diariamente alrededor de 6.500 toneladas de residuos que son generados en toda la ciudad, estos proceden a ser enterrados produciendo más contaminación y trayendo con ello problemas ambientales. Por ello se han creado alternativas para disminuir los residuos como lo son: gestión más recomendable y sostenible, como lo es la reducción de la producción de residuos, el reciclaje o la reutilización, y la valoración material o energética. Para así darle un mejor aprovechamiento ya que el 80% de estos desechos podrían reutilizarse y generar fuentes de energía limpia. (Vargas, C. 2021) El Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Corantioquia y la Universidad de Antioquia gestionaron en los últimos siete meses los residuos sólidos en 13 municipios del departamento, permitió el aprovechamiento de 6.950 toneladas, lo que favoreció la mitigación del impacto ambiental y aumentó la vida útil del relleno sanitario La Pradera. (Cruz Lopera, 2022)

De acuerdo con Juan David Palacio Cardona, director del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, comenta que se aprovecha, actualmente, solo el 6 % de esos residuos y lo ideal es que se aproveche el 55 %. *«Es una apuesta que requerimos como institución para garantizar la sostenibilidad y que nuestro relleno sanitario puede alargar su vida útil»*

El propósito del presente estudio es evaluar la eficiencia de la aplicación de ME en la descomposición de residuos orgánicos en la Compostera municipal del Municipio de Andes, Antioquia, además, de realizar un análisis fisicoquímico completo, el monitoreo periódico de las variables: humedad, temperatura y pH con el fin de observar comportamiento del proceso de descomposición y evaluar así la eficiencia de los ME.

1. Planteamiento del Problema

El aumento en la generación de residuos sólidos asociado al crecimiento poblacional y la globalización que genera cultura consumista; ha llevado a la aplicación de tecnologías apropiadas para la disposición final de residuos sólidos que permitan un control racional de los impactos producidos por los residuos, sin que se ponga en alto riesgo el medio ambiente y la salud pública. (Penagos Vargas, 2011)

El más reciente informe del Departamento Nacional de Planeación, DNP, afirma que, si Colombia continúa en la misma dinámica de generación de residuos, sin hallar soluciones para mejorar el aprovechamiento de estos, en el año 2030 el país tendrá emergencias sanitarias en la mayoría de las ciudades y una alta generación de emisiones de gases efecto invernadero, lo que afecta la calidad del aire. (Informes de Gestión - Departamento Nacional de Planeación, 2023)

Un informe reciente del Departamento Nacional de Planeación (DNP) advierte que, si Colombia no implementa soluciones para mejorar el manejo de residuos, el país podría enfrentar emergencias sanitarias y altas emisiones de gases de efecto invernadero en la mayoría de las ciudades para el año 2030, lo cual afectaría la calidad del aire.

La gestión adecuada de los residuos implica el manejo, la gestión y la recuperación de estos, desde su generación hasta su disposición o aprovechamiento final. Esta dinámica contribuye al cuidado del medio ambiente y mejora la calidad de vida de las personas al reconocer que la mayoría de los desechos pueden convertirse en recursos. (Informes de Gestión - Departamento Nacional de Planeación, 2023)

De acuerdo con el Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, (2017): Sistemas de Aseo Urbano. “La academia, los centros de investigación, las corporaciones

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

autónomas regionales, algunas ONG y dependencias ambientales municipales han venido construyendo conocimiento en torno al aprovechamiento, comercialización y utilización de residuos sólidos orgánicos urbanos en Colombia, en aras de contribuir a la racionalización de la gestión integral de estos desechos en el país.”

El Municipio de Andes enfrenta un desafío creciente con la cantidad de residuos orgánicos recolectados, que asciende a 181.085 kg/mes. Este aumento refleja el crecimiento continuo del municipio a lo largo del tiempo, lo que a su vez conlleva a una mayor generación de residuos y problemas asociados a su disposición inadecuada.

Además, el manejo actual de estos residuos en el municipio conlleva a desaprovechar oportunidades significativas de generación de valor. En lugar de simplemente desecharlos, podrían ser aprovechados para la producción de energía y nutrientes beneficiosos para los suelos de la región.

Existen alternativas viables como el compostaje, vermicompostaje, biodigestión, entre otras, que imitan los procesos naturales y ofrecen soluciones sostenibles. Estas prácticas pueden convertir los residuos orgánicos en suelo fértil, alimento para animales, fertilizantes y otros productos útiles, contribuyendo así a la economía local y a la protección del medio ambiente.

1.1 Antecedentes

1.1.1 Internacional

Según el Artículo (Economía Circular de los residuos orgánicos para la ciudad y el campo, 2022) nos dice que en el mundo se generan 2.000 millones de ton/año de residuos, de los cuales el 50% son orgánicos; en América Latina, se generan 200 millones ton/año; en donde 100 millones de ton/años son residuos orgánicos biodegradables; teniendo en cuenta que se pierde o desperdicia el 34 por ciento de su masa comestible disponible, lo cual equivale a 127 millones de toneladas por

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

año. (Manual de Pérdidas y Desperdicios de Alimentos (PDA). (Acuña Reyes, 2018), Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012) estima que nivel mundial 1300 millones de toneladas de alimentos se pierden o desperdician anualmente, lo cual representa un tercio de los alimentos producidos para el consumo humano.

Según el nuevo informe del Banco Mundial (Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050) enfatiza que la gestión de residuos sólidos es crítica para lograr ciudades y comunidades sostenibles, sanas e inclusivas; sin embargo, a menudo esto se pasa por alto, especialmente en los países de bajos ingresos. Si bien más de un tercio de los desechos en los países desarrollados se recupera mediante el reciclaje y el compostaje, en los países en vías de desarrollo solo el 4% de los residuos se recicla. Según el volumen de residuos generados, su composición y la forma en que se gestionan, se estima que se generaron 1.600 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono a partir del tratamiento y eliminación de desechos en 2016, lo que representa alrededor del 5% de emisiones globales.

1.1.2. Nacional

Una manera de contrarrestar la problemática de las basuras es convertir los residuos orgánicos en compostaje. De hecho, la Superintendencia de Servicios Públicos y Domiciliarios (Superservicios) estima que entre 60% y 70% de los residuos sólidos del país se pueden aprovechar de esta manera. Además, esta práctica es útil para los hogares, pues se estima que el 40% de la basura diaria que se genera es materia orgánica. (Monterrosa Blanco, 2019)

En Colombia, de acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, se producen 24,8 millones de toneladas de residuos al año, de los cuales el 47 % provienen de los hogares y se tiene una generación per cápita de 515 kilogramos; la cifra más reciente entregada por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios señala que en 2020 en

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

Colombia se disponían 32.580 toneladas/día de residuos sólidos, aumentando 0.89 % respecto al año 2019. El 45.23 % corresponde a ocho ciudades: Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Cúcuta, Soacha y Soledad. (Planeación, 2022)

Con el fin de aportar a la reducción de generación de residuos orgánicos, se ha encontrado que algunas organizaciones como: Organización 9R sostenible con actividades encaminadas a la transformación y aprovechamiento de residuos, el Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo PNUD, cuyo propósito es ayudar a los países a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la empresa Earthgreen Colombia S.A.S que tiene como misión “Proteger los recursos naturales, con cultura de la separación y aprovechamiento de los residuos orgánicos por medio del compostaje, para recuperar y fortalecer los suelos y la agricultura urbana y rural; han contribuido a la transformación de los residuos orgánicos en compostaje como alternativa para las unidades productivas, ya sean agrícolas, pecuarias o ambientales. (Luna, Feijoo et al, 2016)

1.1.3 Locales

El crecimiento poblacional, asociado a la diversidad de servicios ofrecidos por el sector productivo; han ocasionado directamente el incremento tanto en los volúmenes de generación de residuos sólidos, como en la variedad de los elementos que componen dichos residuos; careciendo de estrategias de planificación que conduzcan a una Gestión Integral de Residuos Sólidos; entendiéndose esta, como el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costo y tratamiento. (Penagos Vargas, 2011)

Los residuos orgánicos son causantes de diversos impactos ambientales asociados a una inadecuada disposición final, tales como la generación de lixiviados, olores, gases de efecto

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

invernadero (principalmente metano), y la proliferación de vectores. Además de estos impactos, el manejo actual que se da a los residuos orgánicos en el país implica un desaprovechamiento de importantes oportunidades de generación de valor, puesto que los residuos que hoy en día se pierden al enterrarlos en rellenos sanitarios y vertederos se podrían utilizar para generar energía y nutrientes para los suelos del país. (Ministerio del Medio Ambiente Chile, 2019)

Es importante resaltar que el Plan de Gestión Integral Residuos Sólidos PGIRS (Mejía Aramburo, 2018), busca concienciar a la comunidad y hacerla participe en el proceso de la gestión integral de los residuos sólidos; ya que, con un buen manejo de estos, se está protegiendo y mejorando la salud humana y el entorno a través de la reducción de la exposición de los seres humanos a lesiones, accidentes, molestias y enfermedades como consecuencia del manejo inadecuado.

En el Municipio de Andes la generación de residuos orgánicos para el año 2023 fue de 1'723.984 kg y en lo corrido del año enero a marzo de 2024 se generaron un total de 460.948 kg de residuos orgánicos domésticos urbanos; los cuales son aprovechados en el Centro de Aprovechamiento y Valorización Regional por Compostaje de Residuos Orgánicos, con la apertura de la planta regional de Andes con capacidad instalada 450 Ton/mes, 15 toneladas / día, Orgánico recolectado 181.085 Kg/mes, Compost producido 180 Ton/mes. (Empresas Públicas de Andes, 2024)

Con la apertura de la planta regional en Andes, la capacidad instalada ha alcanzado las 450 toneladas por mes, lo que equivale a procesar unas 15 toneladas diarias. En este contexto, se destaca que la cantidad de residuos orgánicos recolectados mensualmente alcanza los 181.085 kilogramos. Como resultado de este proceso, la planta ha logrado producir 180 toneladas de compost al mes, según datos proporcionados por Empresas Públicas de Andes en 2022.

1.2 Descripción del problema

La empresa de Servicios Públicos de Andes S.A E.S. P, tiene como función realizar las actividades relacionadas con la operación de los servicios públicos domiciliarios en el municipio de Andes; en la actualidad cuenta con el registro ICA, y ha facilitado resultados de análisis hechos, en los cuales se evidencia problemática con el material final, en donde se presenta pérdida de Nitrógeno, uno de los principales elementos que debería tener, la causa de esto se da por varias circunstancias (aireación, modificación en las condiciones de la compostera, entre otras); otro problema evidenciado es que este producto se está sacando con un pH 9.18 siendo este muy alto y cuando se realiza la comparación con la literatura donde nos indican el rango ideal del pH es de 5,8 a 7,2. de acuerdo a la (FAO, 2013).

Finalmente y con base en lo anterior, se espera que el abono obtenido cumpla con las características idóneas, es decir, altos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales son los tres elementos primordiales que debe cumplir en el campo de la Agricultura; además de condiciones de pH, humedad, compactación, conductividad eléctrica, Relación carbono/ nitrógeno, contenido de materia orgánica y nutrientes son las ideales de un abono orgánico en etapa final (Propiedades que debe cumplir un buen

1.3 Pregunta de Investigación

¿A cuánto tiempo se reduce el proceso de compostaje de los residuos orgánicos domésticos urbanos adicionando (ME) comparado con el tiempo que tarda en descomponerse cuando son sometidos al proceso de descomposición tradicional?

2 Justificación

Una de las técnicas más usadas en Colombia para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos es el compostaje el cuál se define como descomposición de residuos orgánicos por la acción microbiana, cambiando la estructura molecular de los mismos. De acuerdo con el tiempo de degradación, se da el grado de madurez al realizar biotransformación o degradación parcial (descomposición de un compuesto orgánico en otro similar) y mineralización o degradación completa cuando todas las moléculas de dióxido de carbono se descomponen en su totalidad. Estos residuos inorgánicos inertes o minerales se incorporan a la estructura del suelo, de los microorganismos y de las plantas causando beneficios ambientales, sociales, económicos y de salubridad al entorno. Esta alternativa es la más usada debido a que permite tratar cantidades altas de residuos, siendo el caso de la generación de los residuos sólidos urbanos. (Penagos Vargas, 2011)

Actualmente, se cuentan con resultados previos, y uno de los propósitos del presente estudio es realizar un análisis físicoquímico completo en donde se evalué el contenido de nitrógeno y capacidad de intercambio catiónico; así mismo se va a realizar el monitoreo periódico de la humedad, temperatura, pH la medición de las variables es para mirar el comportamiento del proceso de descomposición y al final analizar si son eficientes o no los microorganismos

La idea de emplear (ME), se basa en que estos tienen todas las capacidades para disminuir el tiempo de descomposición, mejorar la degradación de residuos, inocular y activar a los microorganismos benéficos al suelo a través de materia orgánica compostada, reducir el tiempo de compostaje, disminuir la generación de olores ofensivos e insectos nocivos, incrementar la solubilización de nutrientes, generación de sustancias bioactivas como enzimas, hormonas, aminoácidos, renovar la vida útil del vertedero o fosa al acelerar la descomposición de materias orgánicas, mejoramiento de la calidad de lixiviados, obtener un abono orgánico de mayor calidad, práctico y económico a partir de residuos agrícolas. (Luna Feijoo & Mesa Reinaldo, 2016)

El trabajo de investigación busca mejorar el proceso de descomposición de los residuos orgánicos urbanos con la aplicación de los (ME) realizado en la Compostera Regional, ubicada en la vereda la Solita del Municipio de Andes, con el fin de aportar a la comunidad un abono con las

condiciones fisicoquímicas adecuadas para su uso, que permita a su vez proteger y conservar los recursos naturales y su entorno.

El aumento en la generación de residuos sólidos ha ocasionado que estos se dispongan inadecuadamente y sean quemados, enterrados o descargados en cuerpos de agua, botaderos a cielo abierto o en rellenos sanitarios, donde no hay control de la emisión de gases a la atmósfera y líquidos al subsuelo; se refiere a residuos sólidos cuando se habla de todo material en estado sólido o semisólido que ha sido desechado tras cumplir su vida útil lo cual carece de un valor económico. La gestión de estos residuos requiere por lo tanto una visión integral, es decir, no solo disponer adecuadamente de ellos, sino también hacer una buena separación desde la fuente y uso de aquellos que pueden ser aprovechados para prevenir que lleguen a los sitios de disposición final y con ello posibilidad de convertirlos en nuevos productos básicos (Rondón Toro, 2016)

La atenta observación de los procesos naturales de degradación y transformación de la materia orgánica y la constante experimentación, han permitido conocer la dinámica, los elementos y los procesos que intervienen en el compostaje. A lo largo del tiempo se han desarrollado varias técnicas que imitan ese proceso natural, mucho más lento. En la tranquilidad de los bosques lleva años de lenta transformación, pero podemos reproducirlo en condiciones controladas y acelerarlo para que se realice en apenas unos meses (Bueno, 2003).

El Centro de Aprovechamiento y Valorización Regional por Compostaje de Residuos Orgánicos, Compostera regional del municipio de Andes se ha fijado entre sus metas recibir residuos orgánicos de sus corregimientos al igual que de otros municipios que pertenecen a la Cuenta del San Juan, en la actualidad solo lo ha dispuesto recibir del municipio de Jardín.

Se debe destacar que con la aplicación de la dosis adecuada de los (ME), como alternativa para mejorar la eficiencia en el proceso de descomposición de los residuos orgánicos urbanos domésticos, su calidad final y acortar el tiempo en la obtención del abono y logrando calidad en su contenido nutricional permite acelerar el proceso, ya que se tiene un mercado y a futuro habrá más demanda cuyo fin es suplir las necesidades del consumidor

Se destaca la importancia de aplicar la dosis adecuada de (ME) como una alternativa para mejorar el proceso de descomposición de los residuos orgánicos urbanos domésticos. Esta medida no solo mejora la calidad final del compost obtenido, sino que también acorta el tiempo necesario para obtener abono de alta calidad, enriquecido con nutrientes esenciales. Esta aceleración del proceso es crucial, especialmente considerando la existencia de un mercado establecido y la previsión de una mayor demanda en el futuro. El objetivo último es satisfacer las necesidades del consumidor con un producto de calidad.

Como investigadoras se estaría aportando un método eficiente en la disminución del tiempo en la descomposición adecuada de los residuos orgánicos, en este caso se obtendría un abono orgánico con las características fisicoquímicas adecuadas, cumpliendo los parámetros técnicos indicados por el ICA para su comercialización, los cuales son reglamentados desde la Norma Técnica Colombiana 5167 de 2011.

Además, a la comunidad se le estaría brindando un abono sin tratamientos químicos, lo cual permite reemplazar muchos insumos, permitiendo la recuperación del suelo siendo usados en las diferentes unidades productivas, ya sean agrícolas, pecuarias o ambientales.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia de la aplicación de (ME) en el proceso de compostaje de los residuos orgánicos domésticos urbanos para la obtención de abono orgánico.

3.2 Objetivos específicos

- Describir el comportamiento de las variables temperatura, humedad y pH en el proceso de descomposición de residuos orgánicos urbanos a través de la adición de microorganismos eficientes ME.
- Comparar el tiempo de descomposición del material de residuos orgánicos urbanos con el uso de los (ME).
- Analizar el cambio en la composición de las propiedades químicas (NPK) y posterior comparación de resultados obtenidos por la empresa anteriormente.

4 Marcos teórico

4.1 Marco conceptual

4.1.1 El Compostaje

La FAO (2013) define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes, así el compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola. Éste es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno), con la adecuada humedad y temperatura para asegurar una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas.

En el compostaje se dan una serie de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable. Al

descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. (FAO, 2013)

El compostaje es un proceso en donde el material orgánico se descompondrá a través de la intervención de microorganismos de manera controlada, por lo que se requiere manejar adecuadamente los parámetros y variables de la estructura inicial de la compostera, así como de los componentes que se agregaran al mismo, igualmente importante es la relación C/N que se establecerá para resultados favorables (F. Rojas y Zeledón, 2007),

Las pautas emitidas por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA y el Instituto de Estrategias Ambientales Globales (IGES) muestran que la práctica del compostaje es una de las mejores opciones para manejar los desechos orgánicos y al mismo tiempo reducir los impactos ambientales.

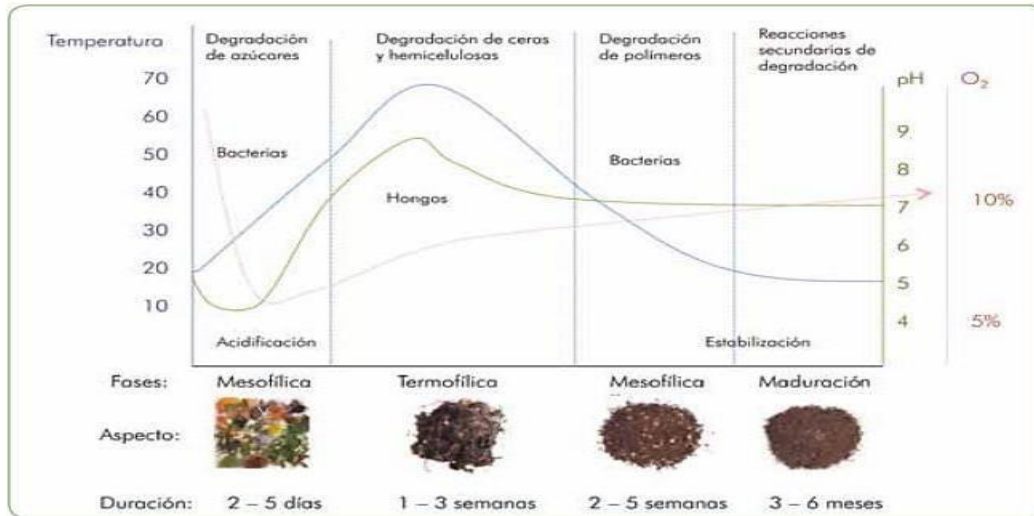
El compostaje adecuado de los desechos orgánicos que generamos en nuestra vida diaria (alimentos no comestibles o no utilizados) puede reducir la dependencia de fertilizantes químicos, ayudar a recuperar la fertilidad del suelo y mejorar la retención de agua y la llegada de nutrientes a las plantas. (CCET guideline series on intermediate municipal solid waste treatment technologies, 2020)

El compostaje domiciliario, ha demostrado ser una alternativa sencilla y eficiente y la mejor alternativa ambiental en comparación con el relleno sanitario, brindando la posibilidad de obtener 30 kg de abono cada 100 kg de residuos, evitando además la emisión de 120 kg de CO₂ equivalente (Silbert Voldman et al., 2018)

4.1.1.2 Etapas del proceso de compostaje

Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración, que deben cumplirse para obtener compost de calidad. (FAO, 2013) en el Manual de compostaje se relacionan las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura. en:

Ilustración 1 Temperatura, Oxígeno y pH en el proceso de compostaje



Fuente: P. Roman, FAO

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. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).

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.

Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial a partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de

C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores.

Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*

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. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

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.

4.1.1.3 Monitoreo durante el compostaje

Ya que el compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, se deben tener en cuenta los parámetros que afectan su crecimiento y reproducción. Estos factores incluyen el oxígeno o aireación, la humedad de substrato, temperatura, pH y la relación C: N.

Externamente, el proceso de compostaje dependerá en gran medida de las condiciones ambientales, el método utilizado, las materias primas empleadas, y otros elementos, por lo que algunos parámetros pueden variar. No obstante, éstos deben estar bajo vigilancia constante para que siempre estén dentro de un rango óptimo.

4.1.1.4 Humedad

La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. (FAO, 2013)

Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material. En procesos en que los principales componentes sean sustratos tales como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, la necesidad de riego durante el compostaje es mayor que en los materiales más húmedos, como residuos de cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped. El rango óptimo de humedad para compostaje es del 45% al 60% de agua en peso de material base. (FAO, 2013)

De acuerdo con el Manual del Compostaje (FAO, 2013), una manera sencilla de monitorear la humedad del compost es aplicar la “técnica del puño”, que consiste en introducir la mano en la pila, sacar un puñado de material y abrir la mano. El material debe quedar apelmazado, pero sin escurrir agua. Si corre agua, se debe voltear y/o añadir material secante (aserrín o paja). Si el material queda suelto en la mano, entonces se debe añadir agua y/o añadir material fresco (restos de hortalizas o césped).

A continuación, en la Tabla 1, encontramos los parámetros de Humedad óptimos que debemos tener en cuenta en el monitoreo del compostaje.

Tabla 1 Parámetros de Humedad óptimos

Porcentaje de 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 (resto de fruta y verduras, césped, purines u otros)
45% - 60% Rango Ideal			
> 60%	Oxígeno Insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno pueda desplazado. Pueda dar lugar a zonas anaerobias	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono como serrines, paja y hojas secas

4.1.1.5 Temperatura

La temperatura tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso. El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente. Es deseable que la temperatura no decaiga demasiado rápido, ya que, a mayor temperatura y tiempo, mayores la velocidad de descomposición y mayor higienización. (FAO, 2013) en la Tabla 2 se relacionan los parámetros de temperaturas óptimos.

Tabla 2 Parámetros de Temperatura óptimos

Temperatura (°C)	Causas asociadas		Soluciones
Bajas	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 lo tanto, la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otros)
Temperaturas (T° -			
Ambiente < 35°C	Material	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que el alcance una	Añadir más material a la pila de Compostaje

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

	Insuficiente	temperatura adecuada.	
	Déficit de nitrógeno o baja C: N	El material tiene una alta relación: 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 más de una semana.	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T° ambiente > 70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Pueda dar lugar a zonas anaerobias	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono de lenta degradación (madera, o pasto seco) para que ralentice el proceso.

4.1.1.6 pH

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 amoníaco, 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. (FAO, 2013). en la Tabla 3 se muestran las diferentes causas y soluciones que se pueden presentar en el proceso de compostaje.

Tabla 3 Parámetros de pH óptimos

pH	Causas Asociadas		Soluciones
< 4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C: N
4,5 – 8,5 Rango Ideal			

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

<p>> 8,5</p>	<p>Exceso de nitrógeno</p>	<p>Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C: N, asociado a humedad y altas temperaturas se produce amoníaco alcalinizando el medio</p>	<p>Adición de material seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)</p>
-----------------	----------------------------	---	---

Fuente: (FAO, 2013)

4.1.1.7 Problemáticas asociadas a un mal proceso de compostaje (FAO, 2013)

La utilización de un material que no haya finalizado correctamente el proceso de compostaje puede acarrear riesgos como:

Fitotoxicidad: En un material que no haya terminado el proceso de compostaje correctamente, el nitrógeno está más en forma de amonio en lugar de nitrato. El amonio en condiciones de calor y humedad se transforma en amoníaco, 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.

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.

Reducción de oxígeno radicular: Cuando se aplica al suelo un material que aún está en fase de descomposición, los microorganismos utilizarán el oxígeno presente en el suelo para continuar con el proceso, agotándolo y no dejándolo disponible para las plantas.

Exceso de amonio y nitratos en las plantas y contaminación de fuentes de agua: Un material con exceso de nitrógeno en forma de amonio, tiende a perderlo por infiltración en el suelo

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co

o volatilización y contribuye a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Igualmente, puede ser extraído por las plantas del cultivo, generando una acumulación excesiva de nitratos, con consecuencias negativas sobre la calidad del fruto.

4.1.2 Microorganismos Eficientes ME

Es un cultivo mixto de microorganismos benéficos, obtenidos de ecosistemas naturales (Bosque tropical húmedo) y seleccionados por sus efectos positivos en los cultivos. Ejemplo mantillo de bosque. Fueron obtenidos en la Universidad de Kyu en Okinawa, Japón, a comienzos de los años ochenta, por el profesor Terugo Higa, quién desarrolló una mezcla de microorganismos para mejorar la productividad de los sistemas de producción orgánica. (Luna Feijoo & Mesa Reinaldo, 2016)

De acuerdo con lo encontrado en el Instructivo activación de Microorganismos eficientes (Rios, 2017) Los resultados fueron notables y el proceso de expansión de esta tecnología, ahora conocida comúnmente como Microorganismos eficientes EM, comenzó en 1.989. El uso de Microorganismos eficientes EM en agricultura tiene efectos positivos, como:

- Promueve la germinación, crecimiento, florecimiento, fructificación y maduración de las plantas cultivadas.
- Realza la capacidad fotosintética de las plantas.
- Incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante.
- Desarrolla resistencia de las plantas a plagas y enfermedades.
- Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Suprime patógenos y plagas del suelo.

Según el Instructivo Activación de Microorganismos Eficientes (Rios, 2017) debido a las ventajas mencionadas, (EM) mejora los rendimientos de los cultivos bajo sistemas de producción orgánica y presenta los siguientes beneficios económicos:

La necesidad de usar (EM) disminuye con el tiempo, porque los microorganismos se propagan por sí solos; la microflora del suelo se vuelve abundante, desarrollando un sistema microbiano balanceado. Cuando las condiciones facilitan la propagación de los microorganismos, las aspersiones serán ocasionales, para mantener las poblaciones.

- Su uso requiere menores aplicaciones de materia orgánica, porque la proveniente de los residuos de cosecha, plantas arvenses y vegetación circundante, es suficiente para mantener un suelo fértil.
- Se evita el uso de fertilizantes químicos para la nutrición de plantas.
- Una vez incorporado al suelo, Microorganismos Eficientes EM descompone la materia orgánica rápidamente.
- Facilita la liberación de mayores cantidades de nutrientes a las plantas.
- Desarrolla inmunidad en las plantas.
- En suelos donde ha sido aplicado, Microorganismos Eficientes EM forma una simbiosis con las raíces de las plantas, donde éstas últimas, secretan sustancias como carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos y enzimas activas, mientras los microbios de Microorganismos Eficientes EM usan estos compuestos para su crecimiento, produciendo también, aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas y hormonas para las plantas.

4.1.2.1 Composición microbiana:

Los principales tipos de microorganismos presentes en el Microorganismos Eficientes EM comprenden:

Bacterias fotosintéticas (Rhodospseudomona spp) Son un grupo de microorganismos que sintetizan sustancias útiles (aminoácidos, ácidos nucleicos, compuestos bioactivos y azúcares), a partir de las secreciones de las raíces y la materia orgánica, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Son consideradas el eje central de la actividad del EM, pues dan sostén a

otros microorganismos. Por ejemplo, las poblaciones de micorrizas de la raíz se incrementan por la disponibilidad de aminoácidos que segregan las bacterias fotosintéticas. Las micorrizas, mejoran la solubilidad de los fosfatos, supliendo de esta forma el fósforo a las plantas; también coexisten con *Azotobacter* y *Rhizobium*, que fijan nitrógeno atmosférico.

Bacterias ácido lácticas (Lactobacillus spp) Originan ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos, producidos por las bacterias fotosintéticas y levaduras. El ácido láctico, es un compuesto que controla microorganismos nocivos y mejora la descomposición de la materia orgánica. Los *Lactobacillus* promueven la fermentación y desdoblamiento de lignina y celulosa, permitiendo una más rápida descomposición de los materiales vegetales. También, tienen la habilidad de suprimir microorganismos causantes de enfermedades, como los hongos del género *Fusarium*, que debilitan las plantas, exponiéndolas al ataque de otras enfermedades y plagas. (EM Research Organization Inc (Japón), 2014)

Levaduras (Saccharomyces spp) Sintetizan tanto sustancias antimicrobiales, como compuestos útiles para el crecimiento de las plantas, partiendo de aminoácidos y azúcares (secretados por las bacterias fotosintéticas), así como de materia orgánica. Los elementos producidos por las levaduras (hormonas y enzimas), promueven la división activa de células, siendo también, sustratos útiles para las bacterias acidolácticas y los actinomicetos.

4.1.2.2 Preparación de Microorganismos Eficientes ME

En la finca Peña Bonita, cuentan con el *Instructivo activación de (ME)*. Rios, L. (2017). En el cual nos enfatizan los pasos para la creación de (ME) en sus diferentes etapas.

Microorganismos eficientes (ME): Es un cultivo mixto de microorganismos benéficos, obtenidos de ecosistemas naturales (Bosque tropical húmedo) y seleccionados por sus efectos positivos en los cultivos. Fueron obtenidos en la Universidad de Ryu Kyu en Okinawa, Japón, a comienzos de los años ochenta, por el profesor Teruo Higa, quién desarrolló una mezcla de microorganismos para mejorar la productividad de los sistemas de producción orgánica.

Etapa fase sólida Recolección de los (ME): • Se procede a ir a un lugar cercano a fuentes de agua, donde a haya humedad alta y materia orgánica en descomposición (hojarasca, madera). • Se remueve la hojarasca, con el fin de buscar los hongos. • Estos deben ser totalmente blancos más no color hueso o beige. • No se debe recolectar hojas verdes

Pesaje de los ingredientes: Luego de disminuir el tamaño de partícula de los ME, se realiza el pesaje de todos los materiales en la misma proporción (1:1:1), se puede utilizar un balde plástico para hacer la mezcla. • Los materiales o ingredientes utilizados son: Sémola de maíz, melaza y los ME recolectados, ejemplo si se pesa 1kg de ME, se debe pesar 1kg de melaza y un kg de sémola de maíz.

Mezcla de ingredientes: se mezcla primero los ME, con la sémola y se le va agregando la melaza, la idea es incorporar los materiales, a tal punto que en la mezcla no se diferencien, la mezcla debe ser homogénea.

Compactación de mezcla o torta: Al tener ya los ingredientes mezclados, se procede a compactar la mezcla o torta, con el fin de quitarle todo el aire (oxígeno presente, recordar que la fermentación es anaerobia). • Se coloca un costal o base para en ella voltear el balde y poder desprender la mezcla o la torta. Esta torta, se embolsa, para llegar a ello, se coloca una bolsa, con la boca al frente de la torta, ésta se va deslizando del costal a la bolsa, se le saca todo el aire y se cierra, se deja en fermentación anaerobia por 28 días.

4.1.2.3 Funcionamiento de los Microorganismos Eficientes

El principio biológico que determina la actuación de este consorcio de bacterias se basa, entre otras propiedades, en su carácter antioxidante. Además, cuando estos microorganismos entran en contacto con la materia orgánica secretan sustancias benéficas como vitaminas, ácidos orgánicos y minerales. Así mismo, prosperan por exclusión competitiva, tanto en nichos contaminados como en descomposición, para luego morir cuando las condiciones son limpias, por lo cual no existe riesgo de contaminación secundaria. (Cerón, 2005).

Los (ME), debido a la presencia de bacterias fotosintéticas en su composición, tienen la propiedad de neutralizar los malos olores y prevenirlos. Las bacterias fotosintéticas transforman las sustancias que producen olores desagradables (metano, mercaptano, ácido sulfhídrico, amoníaco, etc.) en ácidos orgánicos que no producen mal olor y que no son nocivos para el hombre. En ese sentido se puede emplear los ME en graseras, baños, cocinas, habitaciones con olor a humedad o a humo de tabaco, zapatos, ropas y en lugares ocupados por animales domésticos, perros u otros animales, etc. (Banco Interamericano Desarrollo, 2009)

Así mismo los Lacto bacilos o bacterias ácido-lácticas producen sustancias que aceleran la descomposición de la materia orgánica, por lo cual los (ME) permiten reducir el período de compostaje, esto porque induce a que la materia orgánica se descomponga rápidamente por la vía de la fermentación y no de la putrefacción; dado que las moscas prefieren esta última para desarrollarse, el empleo de los (ME) reduce la población de moscas. Estos microorganismos además producen sustancias que ayudan a controlar algunos patógenos que atacan a las plantas. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2009)

Las levaduras por su parte producen sustancias que actúan como hormonas naturales y que promueven el crecimiento y el desarrollo de las plantas. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2009)

4.1.2.4 Coexistencia de los Microorganismos Eficientes ME

Las diferentes especies de los microorganismos eficientes (Bacterias fototrópicas, ácido lácticas y levaduras) tienen sus respectivas funciones, Sin embargo, las bacterias fototrópicas se pueden considerar como el núcleo de la actividad de los (ME), estas bacterias fototrópicas refuerzan las actividades de otros microorganismos; a este fenómeno se le denomina “coexistencia y coprosperidad”. (Higa & Parr, 2013)

El aumento de poblaciones de (ME) en los suelos promueve el desarrollo de microorganismos benéficos existentes en el suelo, ya que la microflora del suelo se torna

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

abundante, y por ello el suelo desarrolla un sistema microbial bien balanceado. En este proceso microbios específicos (especialmente los patógenos) son suprimidos. (Higa & Parra, 2013)

En suelos desarrollados, los (ME) mantienen un proceso simbiótico con las raíces de las plantas junto a la rizosfera. Las raíces de las plantas también secretan sustancias como carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos y enzimas activas. Los (ME) utilizan estas secreciones para su crecimiento. En el transcurso de este proceso los (ME) también secreta y provee aminoácidos, ácidos nucleicos, una gran variedad de vitaminas y hormonas a las plantas. Esto significa que los (ME) en la rizosfera coexiste con las plantas. Por ello, en suelos dominados por el (ME) las plantas crecen excepcionalmente bien. (Higa & Parra, 2013)

4.1.2.5 Los Microorganismos Eficientes y el Medio Ambiente

"Los (ME) tienen una amplia gama de aplicaciones para solucionar problemas ambientales que van desde el tratamiento de aguas residuales, uso en baños secos, tratamiento de los residuos sólidos orgánicos hasta su aplicación en los vertederos de residuos sólidos urbanos." (Banco Interamericano de Desarrollo, 2009)

Estos microorganismos son una buena alternativa dentro del saneamiento ambiental, su utilización como herramienta biológica permite transformar desechos para ser usados como nutrientes; pueden aplicarse en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales y en residuos sólidos con lo cual se pueden producir fertilizantes y evitar la proliferación de insectos y vectores. (Higa & Parra, 2013)

4.1.2.6 Los Microorganismos Eficientes y la Agricultura

El uso de la Tecnología de los Microorganismos Efectivos proporciona amplios beneficios a la agricultura permitiendo mejorar las condiciones de los suelos, aumentar la producción y prevenir o disminuir el ataque de varias plagas y enfermedades; suprimir la putrefacción y mejorar la eficacia del uso de materia orgánica por las plantas. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2009)

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co

4.1.2.7 Los principales efectos del Microorganismos eficientes ME

En área agrícola son los siguientes:

- Incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante mejora las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos, tanto por aplicación directa de (ME), a través de la incorporación de compost.
- Solubiliza nutrientes en el suelo
- Acelera la descomposición natural de los residuos de cosecha dejados en el campo
- Promueve el crecimiento de las raíces y el desarrollo de las plantas
- Mejora la capacidad fotosintética de las plantas
- Ayuda a las plantas a desarrollar resistencia a plagas y enfermedades
- Suprime algunos patógenos que habitan en el suelo

(Higa & Parra, 2013)

4.1.2.8 Uso integral de Microorganismos Eficientes ME

Lo ideal es comenzar incorporando (ME) al suelo. Tratar con (ME) la semilla y luego continuar pulverizando con (ME) la planta durante todo el ciclo del cultivo, para finalizar después de la cosecha con un tratamiento a los rastrojos que favorezca su descomposición. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2009)

Cuando se emplea (ME), en el suelo, en un cultivo o en cualquier otro medio, los microorganismos efectivos entran en competencia con otros microbios autóctonos del medio, por lo cual a medida que reforzamos su aplicación, a través de un uso integral y repetido del (ME), vamos a lograr mejores resultados ya que vamos a contar con una población mayor de microorganismos benéficos actuando. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2009)

Debe tenerse en cuenta también que la función del (ME) previniendo el ataque de enfermedades y plagas en las plantas es preventiva, por lo cual debe comenzarse a utilizar (ME) desde el comienzo del cultivo, antes de que aparezcan los problemas. Esto marca una diferencia importante con los agroquímicos, muchos de los cuales se utilizan una vez que los problemas de plagas y enfermedades se presentan. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2009)

Otra diferencia de los (ME) con los agroquímicos es que en con los (ME) se puede ir disminuyendo las dosis con el tiempo, ya que los microorganismos comienzan a colonizar el medio y con menores cantidades pueden causar el mismo efecto. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2009)

4.1.2.9 Función de los Microorganismos Eficientes ME en los procesos de compostaje

El compostaje es un material orgánico que sirve como enmienda para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2009)

Los microorganismos eficientes, al ser un producto orgánico sin manipulación genética, son bien aceptados en toda clase de unidades productivas, ya sean agrícolas, pecuarias o ambientales. Con la aplicación de la tecnología (ME) se hace posible la transformación de los residuos orgánicos en abonos de excelente calidad, utilizados en programas de producción limpia. (Luna Feijoo & Mesa Reinaldo, 2016)

4.1.2.10 Los objetivos del uso de Microorganismos Eficientes ME

Los (ME) para compost son:

- Inocular y activar a los microorganismos benéficos al suelo a través de materia orgánica compostada.

- Reducir el tiempo de compostaje
- Disminuir la generación de olores ofensivos e insectos nocivos
- Incrementar la solubilización de nutrientes
- Generación de sustancias bioactivas como enzimas, hormonas, aminoácidos.
- Renovar la vida útil del vertedero o fosa al acelerar la descomposición de materias orgánicas.
- Mejoramiento de la calidad de lixiviados.
- Obtener un abono orgánico de mayor calidad, práctico y económico a partir de residuos agrícolas

(Luna Feijoo & Mesa Reinaldo, 2016)

Implementar las aspersiones de (ME) a la pila de compostaje, busca establecer las poblaciones de microorganismos en la materia orgánica, impidiendo la proliferación de otros microorganismos que la pudren. De esta manera, los (ME) por fermentación del material reducen la generación de malos olores y la presencia de insectos plaga, ayudan al proceso de descomposición de materiales orgánicos y durante la fermentación producen ácidos orgánicos que normalmente no están disponibles como: ácidos lácticos, ácidos acéticos, aminoácidos y ácidos málicos, sustancias bioactivas y vitaminas. Un ingrediente primordial en este proceso es la materia orgánica que es suministrada por el reciclado de residuos de los cultivos, materia verde y deshechos animales. Asimismo, este proceso lleva a un incremento de humus en el suelo. (Moreira, 2014)

El seguimiento de la temperatura permite controlar la aireación de la pila de compostaje, variable importante para que el proceso se de en el tiempo indicado y con la calidad esperada. El manejo de la temperatura de la pila recomendable entre 45°C y 65°C. Así mismo la humedad debe monitorearse, pues si ésta baja, los microorganismos no se desarrollan por no tener el agua suficiente para su metabolismo, disminuyendo la actividad microbiana esencial en este tipo de proceso. Y si, por el contrario, es muy alta, desplaza el aire saturando de agua los intersticios dejados por el material, presentándose circunstancias propicias para el desarrollo de condiciones anaerobias. Se estima que para un proceso de compostación aeróbica eficiente se requiere un rango de humedad entre 40 y 60 %. Incluso un mismo contenido de humedad puede reflejar situaciones

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

distintas dependiendo de las características físicas y químicas de los materiales orgánicos utilizados, especialmente en cuanto a porosidad y capacidad de absorción se refiere. (Uribe Soto, Estrada, Córdoba, Hernández, & Bedoya, 2001)

4.2 Marco territorial

4.2.1 La Compostera Regional

Se trata del Centro de Aprovechamiento y Valorización Regional por Compostaje de Residuos Orgánicos, donde está brindando un nuevo desarrollo para la localidad, siendo así uno en los referentes a nivel de Colombia y el mundo debido al aprovechamiento de residuos orgánicos municipales.

La Compostera Regional se llevó a cabo a través de una alianza con la Gerencia de Servicios Públicos de la gobernación de Antioquia y la alcaldía de Andes, siendo así la obra más importante desde el punto de vista ambiental para la provincia de San Juan. (Barbarán, 2020)

¿Qué es?

Es un megaproyecto que cuenta con un sistema de aireación forzada donde se pueden obtener abonos que resultan de gran utilidad para devolver la fertilidad al suelo.

Tiene una capacidad instalada de 450 toneladas por mes y cuenta con 100 kg de residuos procesado, obteniendo así 30 kilogramos de compost. Esto beneficiara alrededor de 127.000 personas facilitando la recuperación de territorios y espacios degradados.

El medio ambiente es uno de los más favorecidos con esta obra, pues contribuye al calentamiento global evitando la contaminación de suelos y los olores fuertes por la descomposición que llega de los rellenos sanitarios. También reduce la emisión de gases de efecto invernadero y disminuyéndola producción de lixiviados.

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co

Además, facilita la obtención de alimentos sanos que no contienen agroquímicos, recuperando los productos orgánicos que son cultivados en la misma naturaleza, permitiendo tener un cultivo orgánico de plantas, reutilizando y valorizando los materiales orgánicos que producen las familias.

4.3 Marco normativo y legal

La normatividad en materia de residuos sólidos es amplia debido a que abarca leyes, políticas, decretos y resoluciones, entre otros, tendientes a reglamentar la Gestión Integral de los Residuos Sólidos en Colombia, los cuales se sustentan en los principios constitucionales de protección del medio ambiente, solidaridad, responsabilidad colectiva, competencias de las autoridades ambientales y participación ciudadana. Estos principios guían la formulación de políticas y la implementación de acciones para garantizar una gestión integral de los residuos sólidos que contribuya al desarrollo sostenible del país.

En nuestra Constitución encontramos varios Artículos entre ellos:

Artículo 49. La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud.

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con

4.3.1 Leyes

Ley 99 de diciembre 22 de 1993. Elaborada por el Congreso de la República de Colombia. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. Una de las funciones del Ministerio es regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deteriorantes o destructivas del entorno o del patrimonio natural.

Ley 142 de 1994. Elaborada por el Congreso de la República de Colombia. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios donde se incluye el servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones.

Política Nacional para la gestión Integral de Residuos, 1997. Elaborada por el Ministerio del Medio Ambiente. Contiene el diagnóstico de la situación de los residuos, los principios específicos (Gestión integrada de residuos sólidos, análisis del ciclo del producto, gestión diferenciada de residuos aprovechables y basuras, responsabilidad, planificación y gradualidad), los objetivos y metas, las estrategias y el plan de acción. Plantea como principio la reducción en el origen, aprovechamiento y valorización, el tratamiento y transformación y la disposición final controlada, cuyo objetivo fundamental es "impedir o minimizar" de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, y en especial minimizar la cantidad o la peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico.

4.3.2 Decretos

Decreto 1076 de 2015: expedido por la Presidencia de la República. Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

Decreto 2202 de 1968: expedido por la Presidencia de la República. Por el cual se reglamenta la industria y comercio de los abonos o fertilizantes químicos simples, químicos compuestos, orgánicos naturales, orgánicos reforzados, enmiendas y acondicionadores del suelo, y se derogan unas disposiciones.

Decreto 605 de 1996. Por medio del cual se establecen los lineamientos para la adecuada prestación de un servicio de aseo desde su generación, almacenamiento, recolección y transporte, transferencia hasta su disposición final y las prohibiciones y sanciones en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo (Capítulo I del título IV).

Decreto 1505 del 4 de junio de 2003. Elaborado por la Presidencia de la República de Colombia. Por el cual se modifica parcialmente Decreto 1713 de 2002 en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.

Decreto 005 de enero 7 de 2003. Elaborado por el Municipio de Medellín. Por medio del cual se establecen medidas de cultura ciudadana y de manejo ambiental para prevenir y evitar estados de emergencia sanitaria en la ciudad, obligando a los domicilios de Medellín a separar las basuras en recipientes que contengan diferencialmente los materiales orgánicos de los inorgánicos, a partir de enero 15 del 2003 y dentro de los próximos 70 días.

Decreto 838 de 2005. Elaborado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos, consideraciones ambientales sobre rellenos sanitarios, fomento a la regionalización de los rellenos sanitarios y se dictan otras disposiciones.

Documentos de referencia sobre residuos sólidos referenciados en la Política para la gestión Integral de Residuos y en la guía metodológica para la elaboración del plan de gestión integral de residuos sólidos del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial en el 2003 son los siguientes:

Contaminación Industrial en Colombia” editado en 1994, en su artículo: el estado del ambiente en Colombia” realizado por Ernesto Sánchez y Carlos Herrera. Información fue procesada en 1992.

Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales, UNICEF-SENA-Min Desarrollo-Min ambiente - SSPD-CRA-IDEA- Embajada de Holanda, medio magnético, 2001.

Guía Ambiental para la selección de tecnologías de Manejo Integral de Residuos Sólidos, Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

Proyectos de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Guía Práctica de Formulación, Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

4.3.3 Normas técnicas colombianas

GTC 24: 09-05-20. Guía para la separación en la fuente. Establece directrices para realizar la separación de residuos en las diferentes fuentes generadoras: doméstica, industrial, comercial, institucional y de servicios con el fin de facilitar su posterior aprovechamiento.

GTC 35: 14-16-07. Guía para la recolección selectiva de residuos sólidos. Suministra pautas para efectuar una recolección selectiva como parte fundamental en el proceso que permite mantener la calidad de los materiales aprovechables.

NTC 2581. 89-06-21. Abonos o fertilizantes. Determinación de carbonatos totales y proporciones aproximadas de carbonatos de calcio y magnesio en calizas y calizas dolomíticas. Establece ensayos.

NTC 3795. 95-08-23. Fertilizantes sólidos. Derivación de un plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande.

NTC-ISO 8633. 95-08-23. Fertilizantes sólidos. Método de muestreo simple para lotes pequeños. Define un plan de muestreo para el control de las cantidades de fertilizante sólido de máximo 250t y presenta el método a emplear. Se aplica a todos los fertilizantes sólidos a granel o empacados.

NTC-ISO 8634. 95-08-23. Fertilizantes sólidos. Plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande. Fertilizantes sólidos. Plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande.

NTC 234. 96-11-27. Abonos o fertilizantes. Método de ensayo para la determinación cuantitativa del fósforo. Contiene definiciones, requisitos, métodos de ensayo e informe.

NTC 4150. 97-06-25. Abonos o fertilizantes. Método cuantitativo para la determinación del nitrógeno amoniacal por titulación previo tratamiento con formaldehído. Establece un método cuantitativo para determinar el contenido de nitrógeno amoniacal en abonos o fertilizantes.

NTC 4173. 97-06-25. Fertilizantes sólidos y acondicionadores del suelo. Ensayo de tamizado. Especifica un método para la determinación, mediante ensayos de tamizado, la distribución del tamaño de partículas de los fertilizantes sólidos y los acondicionadores de suelos.

NTC 4175. 22-18-05 Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químicos y físicos. Especifica los métodos para la preparación de las muestras o porciones de muestras

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

requeridas para los ensayos químicos o físicos de fertilizantes sólidos. Contiene definiciones, aparatos, rotulado y reporte de preparación de muestra.

NTC 370. 97-08-27. Abonos o fertilizantes. Determinación del nitrógeno total. Establece el método para determinar el contenido de nitrógeno total en abonos o fertilizantes. Contiene definiciones y ensayos.

NTC 35. 98-03-18. Abonos y fertilizantes. Determinación de la humedad. Del agua libre y del agua total. Establece los métodos para determinar el contenido de humedad, agua libre y agua total en abonos o fertilizantes. Contiene definiciones y ensayos.

NTC 202. 01-08-01. Métodos cuantitativos para la determinación de potasio soluble en agua, en abonos o fertilizantes y fuentes de materias para su fabricación. Establece los métodos cuantitativos para la determinación del contenido de potasio soluble en agua, en abonos o fertilizantes y fuentes. De materias primas, para su fabricación.

NTC 1927. 19-11-12. Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones. Clasificación y fuentes de materias primas. Define los términos relacionados con fertilizantes, acondicionadores del suelo, de materias primas, y sus clasificaciones.

NTC 40. 2017-21-06. Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Etiquetado. Establece los requisitos que debe cumplir el etiquetado de los envases y embalajes destinados para fertilizantes y acondicionadores de suelos.

NTC 5167. 2011-03--23. Productos para la industria agrícola. Materiales orgánicos usados como fertilizantes y acondicionadores del suelo. Establece requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como fertilizantes o como acondicionadores del suelo. Reglamenta los limitantes actuales para el uso de materiales orgánicos, los parámetros fisicoquímicos de los análisis de las muestras de materia orgánica, los límites máximos de metales y enuncia algunos parámetros para los análisis microbiológicos

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co

4.3.4 Resoluciones

Resolución 330 de 2017. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y se derogan las Resoluciones números 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009

Resolución 201 de 2001. Expedida por la comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico. Por la cual se establecen las condiciones para la elaboración, actualización y evaluación de los planes de gestión y resultados.

Resolución 074 de 2002: Elaborada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Por la cual se establece el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaclado, etiquetado, Almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos. El prefijo BIO únicamente puede ser utilizado en acondicionadores orgánicos registrados para agricultura ecológica, que involucren microorganismos en su composición.

Resolución 1045 del 26 de septiembre de 2003. Elaborada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 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.

Resolución ICA No. 00150 del 21 de enero de 2003. Expedida por el Instituto Colombiano Agropecuario. Por el cual se adopta el reglamento técnico de fertilización y acondicionadores de suelos para Colombia.

Resolución 008 de 2004. Expedida por el Área Metropolitana del Valle de Aburra. Por la se adoptó el Plan Maestro para La Gestión Integral de Residuos para el Valle de Aburra.

Resolución Metropolitana 879 de 2007. Expedida por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Por medio de la cual se adopta el Manual para el Manejo Integral de Residuos en el Valle de Aburrá como instrumento de autogestión y autorregulación.

4.4. Marco institucional

MISIÓN: La Empresa de Servicios Públicos de Andes S.A E.S.P. busca aportar al mejoramiento y desarrollo de la calidad de vida de los habitantes del Municipio de Andes, mediante la prestación directa de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo, preservando la salud y el cuidado del medio ambiente, utilizando una apropiada tecnología, valorando adecuadamente el talento y esfuerzo de sus colaboradores y procurando la sostenibilidad, con procesos estandarizados basados en principios de calidad y eficiencia para satisfacer las necesidades de sus usuarios.

VISIÓN: La Empresa de Servicios Públicos de Andes S.A. E.S.P. en el 2025 seguirá siendo una entidad que se fundamente en el desarrollo sostenible, con un mayor reconocimiento por su calidad y liderazgo subregional que, a través del talento humano, incremente la productividad, sea flexible al cambio y propenda al mejoramiento continuo, en lo referente a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo, en el municipio de Andes

La EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE ANDES S.A. E.S.P., es una entidad oficial descentralizada del Orden Municipal, dotada de patrimonio propio, autonomía administrativa, jurídica, técnica y financiera, la cual fue creada mediante Escritura Pública N° 758 del 02 de agosto de 2012, aclarada mediante Escritura Pública N° 007 del 09 de enero de 2014, ambas de la Notaría única de Andes, y debidamente matriculada ante la Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia. Tiene definido dentro de su objeto social “La ejecución de todas las actividades relacionadas con la operación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo, en el territorio nacional, incluidas las de asesoría, gestión, interventoría y consultoría

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

relacionada con los mismos”, a los que hace alusión la ley 142 de 1994 y las que la modifiquen o sustituyan, en jurisdicción de Municipio de Andes . (Empresas Públicas de Andes, 2017).

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co

5 Metodología

Es una investigación donde procesaron los datos de manera cuantitativa con el fin de evaluar la eficiencia de aplicación de los ME en la descomposición de residuos orgánicos. Este estudio se llevó a cabo en la compostera municipal de Andes, Antioquia con el alcance de producir un compost que cumpla con las características generales establecidas por la norma.

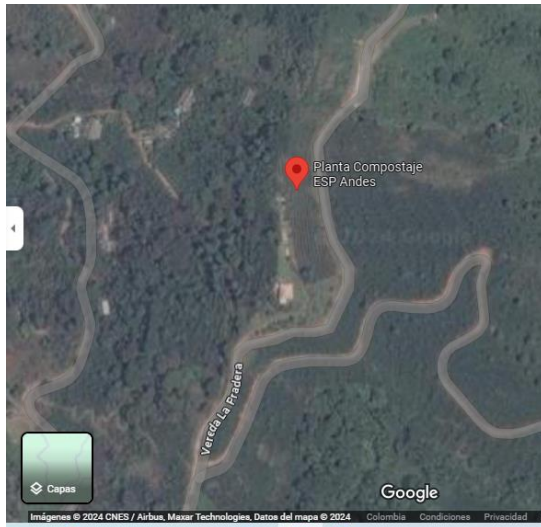
5.1 Localización y caracterización de la zona donde se tomó la muestra

El Centro de aprovechamiento y valoración regional por compostaje de residuos orgánicos - compostera regional creada por la empresa Earthgreen Colombia S.A.S. Se encuentra ubicada en el Departamento de Antioquia, Municipio de Andes en el suroeste antioqueño en la vereda Alto del Rayo, 5°40'04.4"N 75°52'38,5"W Altitud: 1231msnm.

Vereda perteneciente al corregimiento de Taparto ubicado en la región suroeste de Antioquia, en la zona montañosa de la cordillera central, con un clima templado, sin embargo, al estar en una región montañosa, es común que el clima sea fresco y húmedo; con una temperatura entre 18 °C a 24 °C. (<https://corregimientos.antioquia.gov.co/>)

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

Ilustración I: Foto: instalaciones de la Compostera regional (zona de experimentación)



Fuente: <https://www.google.com/maps/search/compostera+regional+andes+antioquia/@5.6863525,-75.8934893,905m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4?authuser=0&entry=ttu>

La Compostera nació de la Alianza entre la Gerencia de Servicios Públicos de la Gobernación de Antioquia, la alcaldía de Andes y la empresa de Servicios Públicos de Andes EPA, es un referente a nivel de Colombia y el mundo debido al aprovechamiento de residuos orgánicos municipales. La Compostera cuenta con un sistema de aireación forzada donde se puede obtener abonos que resultan de gran utilidad para devolver la fertilidad al suelo.

Tiene una capacidad instalada de 450 Ton/ mes y el Orgánico recolectado en el Municipio es de 181.085 kg/mes en promedio, obteniendo 180 ton/mes de compost producido aproximadamente.

Elaboración de compost con Microorganismos Eficientes

Teniendo en cuenta lo abordado por el Banco Interamericano de Desarrollo, (2009) El compostaje con (ME) se prepara de forma similar al compostaje tradicional, es decir apilando materiales orgánicos: restos de cultivo, paja, cama de animales, estiércol, residuos de cocina, etc.

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co

El procedimiento de elaboración de abono orgánico tipo compost adicionando (ME), involucran lo siguiente:

Las instalaciones mínimas recomendadas para iniciar un proceso de compostaje son:

- Techo o cubierta, evitando el exceso de agua y calor sobre el material compostado.
- Piso duro, preferiblemente de concreto, esto porque los lixiviados producidos tienen alto contenido de nutrientes, por lo que puede usarse como abono líquido, razón que hace necesario un sistema de captar a los lixiviados.
- Los residuos sólidos orgánicos que van a ser compostados pueden ser de origen animal o vegetal, derivados de cosecha, postcosecha, procesamiento de alimentos o cría de animales.

Una vez determinados los desechos que van a compostarse, se debe homogenizar el tamaño de sus partículas picando los materiales, esto con el objeto de facilitar el intercambio de oxígeno al interior de la pila e incrementar la superficie de contacto de materia con (ME). Si las partículas son muy grandes, se disminuye la superficie de contacto y si son muy pequeñas se compacta el material impidiendo un adecuado intercambio de aire.

Una vez caracterizados los materiales y homogenizado el tamaño de los residuos orgánicos, se inicia el armado de la pila. La humedad inicial que deben tener los residuos para iniciar el proceso de compostaje es del 80%.

Primero se coloca una cama de una capa de material seco (aserrín, viruta, o un material similar) en la base de la pila con el objetivo de captar los lixiviados (líquidos) que se generan para involucrarlos nuevamente en la pila de compostaje. Esos lixiviados transportan los nutrientes solubilizados, sustancias bioactivas producidas y los microorganismos que están siendo inoculados.

Sobre la cama de aserrín, se colocan los materiales a compostar en capas de 20 cm de alto, inoculándolas con la dilución de (ME): 2 litros de (ME) en 18 litros de agua usualmente.

La formación de compost es un proceso de fermentación aeróbica y para que la misma sea homogénea es necesario revolver o voltear la pila cada 7 días. En cada volteo se volverá a aplicar la solución de (ME) con el objetivo de homogenizar la presencia de microorganismos en toda la masa orgánica, controlar eficientemente la generación de olores e insectos nocivos y generar sustancias bioactivas y liberación de nutrientes.

El proceso de compostaje puede durar 1 a 2 meses dependiendo de la materia prima utilizada y si durante el proceso aparecen malos olores o moscas, eso una señal de proceso de putrefacción, por lo que se recomienda aplicar (ME) en dilución más concentrada. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2009)

5.2 Elaborar Microorganismos eficientes ME

Se toma la metodología diseñada por la finca Peña Bonita, el *Instructivo activación de (ME)*. Rios, L. (2017). En el cual nos enfatizan los pasos para la creación de (ME) en sus diferentes etapas como se puede observar a continuación.

5.2.1 Etapa fase sólida

Recolección de los microorganismos eficientes Mantillo de bosque. Se procede a ir a un lugar cercano a fuentes de agua, donde haya humedad alta y materia orgánica en descomposición (hojarasca, madera).

Se remueve la hojarasca, con el fin de buscar los hongos, estos deben ser totalmente blancos más no color hueso o beige. No se debe recolectar hojas verdes, después de recolectar los microorganismos, se procede a retirar el material grueso, las piedras, las hojas verdes y convertir lo recolectado en trozos pequeños.

5.2.2 Pesaje de los ingredientes:

Al disminuir el tamaño de partícula de los ME, se realiza el pesaje de todos los materiales en la misma proporción (1:1:1), se puede utilizar un balde plástico para hacer la mezcla.

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co

Los materiales o ingredientes utilizados son: Sémola de maíz, melaza y los ME recolectados, ejemplo si se pesa 1kg de (ME), se debe pesar 1kg de melaza y un kg de sémola de maíz.

5.2.3 Mezcla de ingredientes:

Se mezcla primero los (ME), con la sémola y se le va agregando la melaza, la idea es incorporar los materiales, a tal punto que en la mezcla no se diferencien, la mezcla debe ser homogénea.

Compactación de mezcla o torta: Al tener ya los ingredientes mezclados, se procede a compactar la mezcla o torta, con el fin de quitarle todo el aire (oxígeno presente, recordar la fermentación anaerobia). (Yaniris Lorenzo A, 2014)

Se coloca un costal o base para en ella voltear el balde y poder desprender la mezcla o la torta.

Esta torta, se embolsa, para llegar a ello, se coloca una bolsa, con la boca al frente de la torta, esta se va deslizando del costal a la bolsa, se le saca todo el aire y se cierra, luego se deja en fermentación por 28 días.

Nota: Es importante utilizar un material (sémola, maíz molido, cuchuco, entre otros), con un tamaño de partícula tipo harina, ya que entre más grueso sea, menos facilidad de unir los materiales y de compactarlos. Se sugiere utilizar doble bolsa, para evitar entradas de aire a la mezcla o torta.

5.2.4 Etapa fase líquida

Adecuación del recipiente: se utiliza una caneca de 200 litros, con tapa hermética, ya que seguimos con el mismo proceso de fermentación anaeróbica, por tanto, es necesario adecuar la caneca con una trampa de agua, ya que esta fermentación produce CO₂, gas carbónico o dióxido de carbono, obligándonos a liberar este gas, para evitar daño en los recipientes o explosiones.

Cambio de medio: luego de esperar 28 días, para obtener la fermentación anaeróbica de la mezcla, pasamosla torta de la bolsa plástica a un costal de fibra, sujeta con una pita o cabuya, con el fin de hacer tipo infusión dentro de un recipiente con agua y melaza.

5.2.5 Preparación del medio líquido:

Una caneca de 200 lt, la llenamos aproximadamente con 180 lt de agua y el peso de la torta en melaza, ejemplo, si se mezcló, 3kg de melaza, con 3kg de sémola, con 3 kg de ME, la torta pesaría 9 kg, esta es la cantidad que se agrega de melaza por 60 lt de agua. Debido a que vamos a utilizar 180 lt de agua, deberíamos agregar 3kg de melaza * 3= sería 13,5 kg de melaza por 180 lt de agua. Vale aclarar que no hay una única receta, por lo cual se puede rebajas las cantidades de melaza y revisar la eficiencia de activación de los microorganismos.

Tiempo de fermentación fase líquida: Se deja de 28 días a un mes, cuando se destape la caneca, se debe desprender un olor a fermento parecido a cerveza y el color de la solución debe ser de color naranjado o ámbar, si el olor es a podrido u otro, se debe descartar la activación.

Utilización de los (ME): Se coge la solución “naranjada” y se diluye con agua, la utilización y dilución, es a criterio de cada productor o proceso, ya sea agrícola o pecuario, la idea es revisar, cómo reacciona, cada proceso con la dosis suministrada

5.2.6 Renovación de la fase líquida:

Cada que se acabe la solución (líquido naranjado) vuelve y se hace el mismo procedimiento. Preparación del medio líquido, incorporando la melaza dependiendo del peso de la torta y la cantidad de agua que se desea preparar.

A continuación, se inicia la metodología de la investigación aplicada, en la cual se procederá a la aplicación de los (ME) en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes; donde se evaluará el tiempo de descomposición del material, se medirán las variables temperatura, humedad y pH y se analizará el cambio en la composición de las propiedades químicas Nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) y posterior comparación de resultados obtenidos del proceso evaluado en la compostera

Se procederá a tener 3 pilas, en las siguientes condiciones:

Testigo: Pila residuos sometida a un proceso de descomposición tradicional.

Para el Testigo se someterá a un proceso de descomposición sin ninguna intervención, se usarán entre 25 a 30 toneladas, se realizarán volteos cada 8 días con el fin de proporcionarle las condiciones adecuadas para un correcto proceso de descomposición y se le medirán las variables (Temperatura, Humedad y pH) antes y después de cada volteo, y para la obtención de datos realizaremos la toma de muestra así: 1 semana - 3 muestras (mañana, medio día y tarde), en la 2 semana 2 muestras (mañana y tarde). Las muestras se tomarán por 3 meses de octubre a enero.

Tratamiento uno: Compostaje + 75% (ME).

Para el tratamiento uno que requirió 75% ME, lo que equivale a 15LME + 5L agua.

Para una bomba de 20 litros, utilizaremos 15 litros de (ME) x 5 litros de agua. Se usarán entre 25 a 30 toneladas de orgánico, la cual se llevará a cabo de la siguiente manera: se inicia una capa de residuos orgánicos, otra capa de aspersión de (ME), hasta terminar con toda la pila; al final se hace aspersión de (ME) en toda la pila.

Se realizarán volteos cada 8 días con el fin de proporcionarle las condiciones adecuadas para un correcto proceso de descomposición y se le medirán las variables (Temperatura, Humedad y pH) antes y después de cada volteo, y para la obtención de datos realizaremos la toma de muestra: 1

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

semana - 3 muestras (mañana, medio día y tarde), en la 2 semana 2 muestras (mañana y tarde). Las muestras se tomarán por 3 meses de octubre a enero.

Tratamiento dos: Compostaje + (ME). al 25%

Para el Tratamiento uno que requirió 25%ME, 5LME + 15L agua

Para una bomba de 20 litros, utilizaremos 5 litros de (ME) x 15 litros de agua. Se usarán 25 a 30 toneladas de orgánico, la cual se llevará a cabo de la siguiente manera: se inicia una capa de residuos orgánicos, otra capa de aspersión de (ME), hasta terminar con toda la pila; al final se hace aspersión de (ME) en toda la pila.

Se realizarán volteos cada 8 días con el fin de proporcionarle las condiciones adecuadas para un correcto proceso de descomposición y se le medirán las variables (Temperatura, Humedad y pH) antes y después de cada volteo, y para la obtención de datos realizaremos la toma de muestra: 1 semana - 3 muestras (mañana, medio día y tarde), en la 2 semana 2 muestras (mañana y tarde). Las muestras se tomarán por 3 meses de octubre a enero.

5.3 Medición de variables e instrumentos de medida

Se le medirán las variables (Temperatura, Humedad y pH) antes y después de cada volteo, y para la obtención de datos realizaremos la toma de muestra: 1 semana - 3 muestras (mañana, medio día y tarde), en la 2 semana, 2 muestras (mañana y tarde). Las muestras se tomarán por 3 meses de octubre a enero.

Los equipos para realizar las mediciones fueron aportados por las Empresas Públicas de Andes, los cuales fueron entregados calibrados por el proveedor

5.3.1 Temperatura

Para la medición de la variable temperatura se empleará un Termómetro Digital De Compost - Reotemp, sonda de alta precisión que monitorea y controla la temperatura dentro de las pilas de compost, esta unidad digital tiene una precisión 0.53 °C a 55 °C. La medición se tomará en 6 puntos de la pila.

5.3.2 Humedad

Para la medición de la variable humedad se usará el método gravimétrico con el equipo Medidores de Humedad de Abono Reotemp

5.3.3 pH

Para la medición de la variable pH se empleará un Medidor electrónico Sonda de recambio extra de pH/oC para el pHmetro HI99121. **Precisión(@20°C) pH \pm 0.02 pH**

5.4 Comparación del análisis laboratorio y la respirometría

Se cuenta con análisis previos de la compostera, facilitados por la empresa, lo cuales muestran unas problemáticas con el material final, se encuentra pérdida de nitrógeno, siendo este uno de los principales elementos que debería tener el producto final.

Se tienen unos resultados previos, los cuales servirán de guía para análisis de laboratorio, con el fin de evaluar el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio; y así poder determinar si los (ME) están ayudando de manera eficiente en el proceso de descomposición de los residuos y que no se cambien las concentraciones de estos elementos en el producto final.

5.4.1 Diseño experimental

La sistematización de los datos se ejecutará mediante el software R Project, donde se procesarán los datos cuantitativos tomados de las variables; pH, temperatura y humedad relativa, mientras que el análisis se elaborará mediante un Diseño Completamente al Azar, (DCA) comparando la prueba de promedios por medio de la prueba de DMS- LDS con una confianza del 95%,

Ilustración 2. Gráfica de cajas y bigotes para temperatura

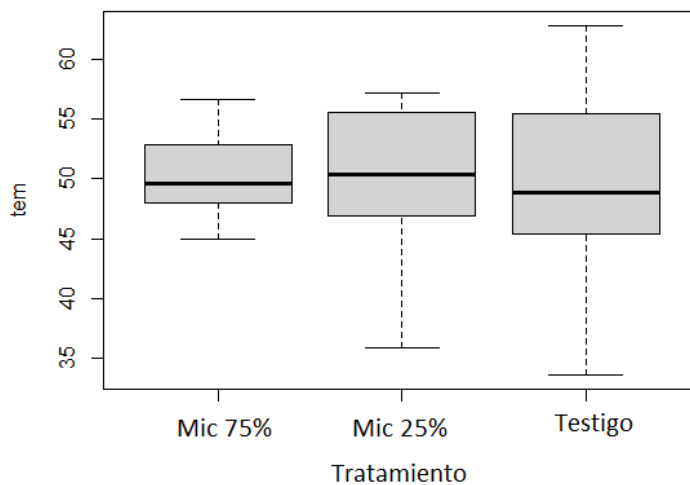


Ilustración 2: Promedio de temperatura de cada tratamiento, Mic 75% (Tratamiento con adición de microorganismos eficientes en una concentración del 75%); Mic 25% (Tratamiento con adición de microorganismos eficientes en una concentración del 25%); y Testigo (Tratamiento con ausencia de microorganismos eficientes).

6 Medición de variables temperatura, humedad y pH

A lo largo de la investigación, se realizó visita a la Compostera, donde se hizo un reconocimiento general de los procesos a ejecutar en la zona de estudio, se llevaron a cabo 27

visitas para la toma de muestras y observando el comportamiento de la Temperatura, pH y Humedad.

En el proceso de compostaje, la medición precisa del pH, la humedad y la temperatura es esencial para garantizar la eficacia de la descomposición de la materia orgánica y la actividad microbiana óptima. Como señala Emilio Rodríguez Cerezo, reconocido experto en agricultura sostenible, en su artículo 'Compostaje: Un enfoque integral para la gestión de residuos orgánicos': 'El pH, la humedad y la temperatura son parámetros críticos que influyen en la diversidad y actividad de los (ME) implicados en el proceso de compostaje. Un pH adecuado favorece la actividad enzimática y la descomposición de los materiales orgánicos, mientras que niveles inadecuados pueden inhibir la actividad microbiana. La humedad óptima proporciona un ambiente favorable para el crecimiento y reproducción de los microorganismos, mientras que la temperatura adecuada acelera la descomposición de la materia orgánica. La monitorización constante de estos parámetros es fundamental para garantizar un compostaje eficiente y la obtención de un producto final de alta calidad.'"

6.1 Metodología

La temperatura del compost se evaluó semanalmente en seis puntos distintos, así como antes y después de cada volteo realizado cada 15 días. Para estas mediciones, se utilizó un Termómetro de punzón metálico con un rango de -10°C a 110°C . La humedad del compost se determinó mediante el método gravimétrico, utilizando el equipo Moisture Meter, con mediciones realizadas semanalmente. Por último, el pH del compost se midió semanalmente utilizando un Medidor electrónico con Sonda de Recambio Extra de pH/oC para el pHmetro HI99121.

6.2 Resultados y discusión

Durante el proceso de compostaje, que se extendió por tres meses y 10 días, se llevó a cabo un seguimiento de las variables de temperatura, humedad y pH. Se observó que, en las dos últimas semanas del proceso, los datos registrados fueron constantes, lo que sugiere la estabilización del

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

material. Este fenómeno es consistente con lo reportado en la investigación realizada por Imbacuan y Valencia (2021).

6.2.1 Variable Temperatura

Al disponer el material para el compostaje en pilas, se crean condiciones propicias para el inicio de la actividad microbiana. En esta etapa inicial, todo el material presenta una temperatura uniforme. La temperatura es considerada un parámetro crucial en el seguimiento del proceso de compostaje, ya que está estrechamente relacionada con la actividad microbiana.

Tabla 4 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable temperatura

```
> summary(anova)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
tratamiento	2	0,500	0,250	0,007	0,993
Residuals	72	2689,800	37,360		

Tabla 4. Df: Grados de libertad, Sum Sq: Sumatoria de cuadrados, Mean Sq: Cuadrado medio, F. value; Evaluación de tabla y Pr(>F): Significancia.

Ilustración 3. Promedio de temperatura

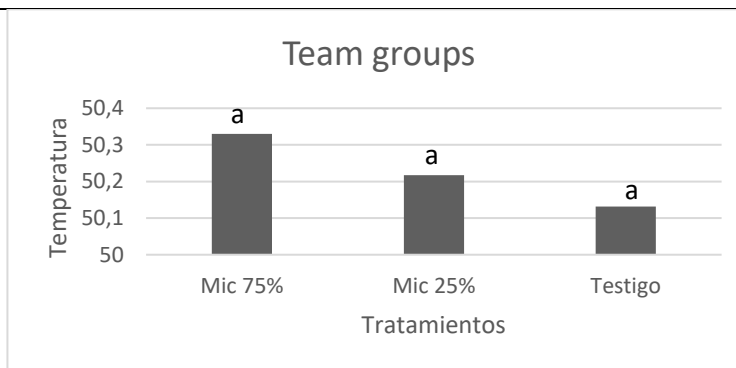


Ilustración 3: Promedio de temperatura de cada tratamiento, Mic 75% (Tratamiento con adición de microorganismos eficientes en una concentración del 75%); Mic 25% (Tratamiento con adición de microorganismos eficientes en una concentración del 25%); y Testigo (Tratamiento con ausencia de microorganismos eficientes). Las letras que se presentan iguales (a), indican que no hay diferencia entre tratamientos con una confianza del 95%.

En el análisis de varianza el $Pr(>F)$ es >0.05 nos indica que no hay diferencia significativa, en este caso, lo que quiere decir es que la temperatura no presenta diferencia con los demás tratamientos, la temperatura se comportó de manera igual.

Como resultado se encontró que no hay diferencia significativa entre las temperaturas (50.32°, 50.21° y 50.13°) El síntoma más claro de la actividad microbiana es el incremento de la temperatura de la masa que está compostando, por lo que la temperatura ha sido considerada tradicionalmente como una variable fundamental en el control del compostaje, según (Liang y col. 2003; Miyatake y col., 2006).

6.2.2 Variable Humedad

Lamentablemente, durante el desarrollo de nuestro proyecto de investigación se presentó un contratiempo significativo que afectó el funcionamiento del equipo de medición de humedad. Después de realizar varias pruebas, se descubrió que el equipo no estaba arrojando medidas coherentes, lo que comprometió su precisión y confiabilidad.

El mal funcionamiento del equipo de humedad impidió obtener mediciones precisas y confiables durante el proceso experimental. A pesar de los esfuerzos por solucionar el problema y encontrar alternativas se informó a la empresa, y esta a su vez al proveedor quienes quedaron de calibrar el equipo, acción que hasta el momento no se ha efectuado por tanto no se tomaron las mediciones como se planteó en la metodología obteniéndose resultados al final del periodo de estudio por el laboratorio.

Respecto a los resultados obtenidos a la humedad en el laboratorio Grupo Interdisciplinario de estudios moleculares GIEM de la Universidad de Antioquia, se registró para la pila testigo una humedad de 40,2 %; para el tratamiento con microorganismos eficientes ME al 25% un valor de 26.7%, y para la pila con microorganismos eficientes ME al 75% un valor 38.5%; no encontrándose dentro del rango establecido; Según Román et al.(2013) el rango ideal de humedad de un abono

orgánico es de 45% a 60%, ya que una humedad $< 45\%$ representa falta de agua para microorganismos, y una Humedad $> 60\%$ representa una falta de oxígeno.

Uno de los factores encontrados de no tener el rango óptimo en humedad está relacionada que la compostera no tiene estandarizado el proceso de aireación, es decir, maneja aireación forzada, llevando a que se pierda humedad en los tratamientos al 25% y 75% ME afectando la actividad microbiana de los microorganismos, de acuerdo al Manual del compostaje La aireación forzada es un proceso que implica la introducción controlada de aire en la pila de compost mediante la utilización de sistemas de ventilación o aireación mecánica. Esto se hace para promover la circulación de oxígeno dentro de la pila, lo que estimula el crecimiento de microorganismos aeróbicos responsables de descomponer la materia orgánica.

Siendo el compostaje un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos, ya que es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células y de los productos de deshecho de las reacciones que tienen lugar durante dicho proceso. Algunos autores (Haug, 1993; Madejón y col, 2002; Jeris y col, 1973) consideran que la humedad de los materiales es la variable más importante en el compostaje y ha sido calificada como un importante criterio para la optimización del compostaje.

6.2.3 Variable pH

El pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. En muchos trabajos se usa esta variable para estudiar la evolución del compostaje. 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 con lo señalado por la FAO., (2013):

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

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.

Tabla 5 Análisis de varianza (ANOVA) para la variable pH

> summary(anova)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
tratamiento	2	3,070	1,536	0,538	0,586
Residuals	72	205,360	2,852		

Tabla 5. Df: Grados de Libertad, Sum Sq: Sumatoria de cuadrados, Mean Sq: Cuadrado medio, F. value; Evaluación de tabla y Pr(>F): Significancia.

Ilustración 4. Promedio de pH

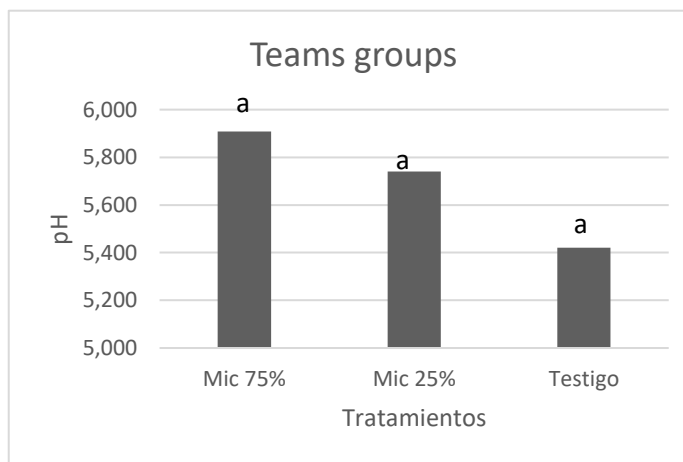


Ilustración 4 Promedio de pH de cada tratamiento, Mic 75% (Tratamiento con adición de microorganismos eficientes en una concentración del 75%); Mic 25% (Tratamiento con adición de microorganismos eficientes en una concentración del 25%); y Testigo (Tratamiento con ausencia de microorganismos eficientes). Las letras que se presentan iguales (a), indican que no hay diferencia entre tratamientos con una confianza del 95%.

Para que exista una diferencia significativa entre los pH (5.90°, 5.74° y 5.42°). el $Pr(>F)$ es >0.05 quiere decir que el nivel de confianza equivale a un 95%; el resultado obtenido en la investigación fue superior a 0.05, en donde no hay diferencia significativa, como se nota en el análisis de varianza.

En el proceso de compostaje, el pH del medio juega un papel crucial en la actividad microbiana y, por ende, en la eficiencia de la descomposición de los residuos orgánicos. Un pH alto o bajo puede afectar significativamente la composición y la velocidad de descomposición de la materia orgánica. Suler y col (1977) establecieron una relación entre los cambios de pH y la aireación de la mezcla, concluyendo que un compostaje con la aireación adecuada conduce a productos finales con un pH entre 7 y 8; valores más bajos del pH son indicativos de fenómenos anaeróbicos y de que el material aún no está maduro. Posteriormente estos mismos autores estudiaron las relaciones pH aireación-microorganismos existentes en el proceso, y dedujeron que la degradación orgánica se inhibe a pH bajos, por lo que si el pH se mantiene por encima de 7,5 durante el proceso es síntoma de una buena descomposición. Por lo tanto, es crucial mantener un pH dentro del rango adecuado para promover una descomposición eficiente de los residuos orgánicos y obtener un compost de alta calidad.

7. Tiempo de descomposición

Los tiempos de descomposición de residuos orgánicos pueden variar significativamente dependiendo de varios factores, incluyendo la composición del material orgánico, las condiciones ambientales y la actividad microbiana presente en el proceso de compostaje.

Como se destaca en el estudio "Effects of microbial inoculation on composting of household organic waste using passive aeration bin", la introducción de microorganismos eficientes en el compostaje puede acelerar considerablemente los tiempos de descomposición de residuos orgánicos. Estos microorganismos, tales como bacterias termofílicas y hongos celulolíticos, son

capaces de descomponer rápidamente los componentes orgánicos de los residuos, acelerando así el proceso de compostaje.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que factores como la relación carbono: nitrógeno (C:N), la humedad y la temperatura también influyen en la velocidad de descomposición. En general, un adecuado equilibrio de estos factores, junto con la presencia de microorganismos eficientes, puede resultar en tiempos de descomposición más cortos y en la producción de compost de alta calidad."

Teniendo en cuenta que la compostera regional tiene capacidad en función del manejo de las pilas en planta, variando así el volumen de estas, su forma, la disposición y el espacio entre ellas.

El objetivo principal de la inoculación de (ME) en la compostera es reducir el tiempo de elaboración y obtención de abono orgánico que pueda ser aprovechado en diferentes procesos del sector agropecuario. En la búsqueda de brindar al proceso de compostaje alternativas que permitan mejorar su calidad y que sean accesibles para el productor, se ha incluido la incorporación de (ME) que traen consigo múltiples beneficios como la disminución del tiempo de descomposición, ya que mediante sus procesos metabólicos permiten la degradación rápida de los componentes que hacen parte del compost, y el mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del producto final que al ser reincorporado al suelo también contribuye con el enriquecimiento de nutrientes y el equilibrio microbiológico de este (Meléndrez & Sánchez, 2019).

Cortez (2008) menciona con la aplicación de dosis de microorganismos eficientes se disminuye el tiempo de obtención del compost y mejorando la calidad de este. Se ha demostrado que la inoculación de (ME) con el compostaje contribuye en el aumento de la tasa de descomposición de la materia orgánica, reduce el tiempo de maduración del compost y contribuye a mejorar la calidad del producto que se obtiene (Wei *et al.*, 2007; Sharma *et al.*, 2017).

Naranjo (2013) realizó estudios en aplicación de microorganismos eficientes para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost en Ecuador, con el objetivo de "evaluar el

efecto de los microorganismos eficientes (bacterias fototróficas, bacterias ácido lácticas, actinomicetos, hongos, levaduras, algas) capturados en la zona de estudio y del compost treet y determinar la dosis de los productos en estudio y el tiempo requerido para la transformación de compost”, empleó (DBCA) con arreglo factorial $2 \times 3 + 1$ testigo y 3 repeticiones, con 7 tratamientos y 1 testigo. El resultado fue al utilizar compost treet en la dosis de 30 cc/10 por 1 de agua, se obtuvo en menor tiempo (83,00 días), con mayor número de colonias, contenido de fósforo 432,67 ppm. La aireación es fundamental para el proceso de compostaje aeróbico, ya que proporciona oxígeno a los microorganismos descomponedores. El oxígeno es necesario para que las bacterias aeróbicas realicen la descomposición de manera eficiente y eviten la formación de olores desagradables asociados con el compostaje anaeróbico.

7.1 Metodología comparar tiempos

Para comparar el tiempo de descomposición utilizando (ME), se lleva a cabo un estudio experimental en el que se dividen los residuos orgánicos en 3 pilas: uno el Testigo, otra con el 25%ME y la otra con el 75%ME, que servirá como grupo de control. Las pilas se colocan en condiciones ambientales similares y se monitorean regularmente durante el proceso de compostaje. Se registran datos como temperatura, humedad y pH. Al finalizar el proceso, se compara el tiempo necesario para que los residuos se descompongan completamente en cada grupo, evaluando la eficacia de los (ME) en acelerar el proceso de descomposición. Este enfoque permite determinar si la inoculación de microorganismos específicos puede mejorar significativamente la velocidad de descomposición de los residuos orgánicos en comparación con el proceso natural.

Cabe destacar que al llevar a cabo la recolección de los residuos orgánicos se encuentra una significativa diferencia en estos, ya que dependiendo de la época del año se tiene mayor o menor ingreso de los residuos orgánicos, muy influenciado con las dinámicas de las diferentes cosechas (chócolo, aguacate, naranjas frutales), Festividades (semana santa, navidad, vacaciones); la compostera regional tiene la ruta de recolección de residuos orgánicos programada para los días viernes y lunes, por lo tanto, la cantidad de orgánico en cada pila es diferente, en nuestro caso, el testigo se inició con una cantidad de 27.470 kgs, tratamiento con 25% ME con 12.670 kg y tratamiento del 75% ME con 21.450 kg.

7.2 Resultados y discusión

La investigación tuvo como propósito aprovechar los residuos orgánicos recolectados en la compostera regional mediante la aplicación de (ME), para disminuir su tiempo de descomposición, mejorando la calidad del compost.

El tiempo estipulado que tiene la compostera para el proceso de generar compost oscila entre 4 a 6 meses, en la investigación realizada el tiempo de demora de cada pila fue: La Testigo es 3 meses 15 días, la pila con 25%ME 3 meses 10 días y la pila 75% ME 3 meses 13 días; Los resultados obtenidos muestran que las pilas con aplicación de (ME), redujeron el tiempo de obtención del compost en comparación de las pilas compostadas que demoraron más tiempo. La interrelación (ME) -compost promueve la rápida degradación aerobia de los subproductos con los que se lleve a cabo el proceso, y disminuyen el tiempo de compostaje lo cual puede resultar beneficioso para el productor (García, 2018).

7.2.1 Peso del compost

El material orgánico que se llevó a compostaje se distribuyó en tres (3) pilas o camas con una cubierta de polisombra para obtener condiciones óptimas de temperatura, de tal modo que se desarrollara el proceso de fermentación aerobio adecuado, además permitiera registrar la temperatura de las pilas en sus diferentes etapas durante los tres (3) meses y 15 días de estudio.

El rendimiento del compost se determinó considerando la relación residuos Vs compost obtenido; de acuerdo con la tabla 7 Rendimiento en peso de la producción de compostaje obtenido.

Tabla 6 Rendimiento en peso de la producción de compostaje obtenido.

Pila	Cantidad de Material KG	Producción KG	Tiempo de descomposición	Producción Orgánica	Rendimiento %
114 75% ME	21.450	4.000	3 meses 13 días	6.435	62,16
115 25% ME	12.670	2.300	3 meses 10 días	3.801	60,51
116 Testigo	27.470	4.800	3 meses 15 días	8.241	58,25

Analizando los resultados obtenidos en el peso del compost, se demuestra que los tratamientos con ME al 75% genera un producto de (4.000 kgs), el testigo de (4.800 kgs), en comparación con el 25% que solo generó (2.300 kgs). El rendimiento en la aplicación del 75% de microorganismos eficientes (ME) se calcula en un 62,16%, lo que sugiere un aumento significativo en el rendimiento en peso de la producción de compost. Esto respalda la idea de que el uso de microorganismos eficientes en el proceso de compostaje puede ser altamente beneficioso. Elaine R. Ingham, en su libro "The Compost Tea Brewing Manual", resalta que los microorganismos eficientes, como bacterias y hongos beneficiosos, pueden descomponer la materia orgánica de manera más rápida y completa que los microorganismos comunes presentes en el medio ambiente.

Esta capacidad resulta en una descomposición más eficiente de los materiales orgánicos, lo que se traduce en una mayor cantidad de compost producido por unidad de residuo orgánico introducido en el proceso. Además, los microorganismos eficientes también contribuyen a mejorar la calidad del compost al aumentar la disponibilidad de nutrientes y promover una mejor estructura del suelo.

Por lo tanto, la utilización de microorganismos eficientes puede justificar un rendimiento en peso superior en la producción de compostaje, lo que resulta en una gestión más eficaz de los residuos orgánicos y en la obtención de un producto final de mayor calidad.

8. Análisis Propiedades químicas (NPK)

La calidad del compost se puede interpretar a través del contenido de elementos mayores que presenta cada tratamiento en cada una de las unidades experimentales. Los elementos esenciales y primarios (N, P y K) que requieren los microorganismos durante el proceso de compostaje, son imprescindibles en suelos fértiles, por lo que un compost rico en estos nutrientes significa que su uso será eficiente al momento de acondicionar los suelos de cultivo, ya que las plantas necesitan también de estos elementos esenciales (Uribe et al., 2001).

8.1 Procedimientos

Después de la culminación del proceso de compostaje, se llevó a cabo el tamizaje y se tomaron muestras de 1 kilogramo de cada tratamiento. Estas muestras fueron enviadas al Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM) de la Universidad de Antioquia para su análisis. En el GIEM, se realizaron pruebas para determinar los elementos nutricionales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), siguiendo las normas NTC370, NTC5167 y NTC234 respectivamente.

Los microorganismos eficientes en el compostaje brindan una serie de propiedades beneficiosas para el procesamiento de la materia orgánica. Estos microorganismos son capaces de descomponer la materia orgánica de manera más eficiente, lo que resulta en la producción de compost de mayor calidad. El análisis de los elementos nutricionales en las muestras proporcionará información crucial sobre el contenido de nutrientes en el compost producido con y sin la aplicación de microorganismos eficientes, lo que permitirá evaluar su efectividad en la mejora de la calidad del compost.

8.2 Resultados y discusión

8.2.1 Nitrógeno N

Durante el proceso el resultado obtenido del nitrógeno para los tres tratamientos fue de 1.57% (testigo), 1.35% (25% ME) y 1.58% (75% ME) de acuerdo con la normativa se encuentran en los rangos establecidos, como lo dice (Jacob, 1961, Martínez, 2013) quienes indican los valores óptimos para un buen compost el cual se encuentran en los rangos de 0.3%-1.5% (3g a 15g por kg de compost). Esta tendencia creciente en el nitrógeno total a medida que transcurre el proceso de compostaje también fue reportada por Suzuki et al (2004) y Campitelli y Ceppi (2008). Los contenidos de nitrógeno encontrados en este ensayo se encuentran dentro del rango adecuado por diferentes autores. Altamirano y Cabrera (2006) citan valores en el rango de 0.6 y 1.0%.

Considerando los hallazgos de Cifuentes, de León y Porres (2011), quienes informan sobre rangos de contenido de Nitrógeno entre el 1% y el 4%, podemos observar que la Compostera Regional se sitúa dentro de este rango, con un valor de 2.19%. Esto sugiere que cumple con los estándares establecidos en términos de contenido de nitrógeno

La mayor o menor cantidad de nitrógeno es posiblemente el factor que determina una mayor o menor población microbiana responsable por la descomposición de residuos, según García & Monge (1999). T

8.2.2 El Fósforo P

El porcentaje de fósforo presente en las plantas es muy importante al momento de transferir energía, es decir, juega un rol importante en la fotosíntesis (FAO, 2013), y al ser escaso en la mayoría de los suelos agrícolas o naturales, es importante su presencia.

Una buena relación entre los principales nutrientes provoca una adecuada capacidad para la proliferación microbiana, al tener todos los nutrientes principales en unas cantidades óptimas y en la forma más disponible para la síntesis microbiana. Singh y Amberger (1990)

Hace parte de los nutrientes más importantes que debe contener el compost, de acuerdo a (Jacob, 1961, Martínez, 2013) quienes indican los valores óptimos para un buen compost el cual se encuentran en los rangos de 0.1%-1.0% (1g a 10g por kg de compost). Se observó en los dos tratamientos (25% y 75% (ME).), que los resultados obtenidos son muy similares (0.34 para el 25% y 0.30 con el 75%) de (ME), en cuanto al testigo 0.44 tenemos una diferencia relativa, el cual nos indica que el fósforo cumple con lo establecido en la norma, en comparación con resultados anteriores con la Compostera regional tienen datos de 0.14 de fósforo cumpliendo con la norma

Podríamos decir que una posible razón de la diferencia en los resultados obtenidos entre la investigación y la compostera regional con respecto al fósforo podría ser los residuos orgánicos con altos contenidos, tales como: arroz (11%), maíz (15%), papa (17%), yuca (17%), tomate (13%), y cebolla (21%), según lo indicado por el Comité Consultivo de la Industria de Fertilizantes (FIAC).

A diferencia de otros estudios, como el realizado por Azurduy et al. (2016), donde el 100% de los tratamientos con ME producen compost de calidad, con porcentajes que oscilan entre el 1% y el 1.6%, o estudios que emplearon distintas dosificaciones de ME y obtuvieron porcentajes de fósforo entre el 0.6% y el 0.7% (Suaña, 2013), se observa que el contenido de fósforo en el compost varía significativamente. Este fenómeno está influenciado por el tipo de residuos orgánicos utilizados en el proceso de descomposición, como señala la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013).

8.2.3 Potasio K

El potasio es un elemento (macronutriente) esencial en el desarrollo de las plantas, ya que se involucra en los procesos de síntesis de proteínas y carbohidratos. Además, regulariza el régimen hídrico de las plantas, aumentando su tolerancia frente a sequías y salinidad (FAO, 2013).

Los tratamientos con Microorganismos eficientes y Testigo se encuentran entre los rangos indicados por (Jacob, 1961, Martínez, 2013) de 0.3%g a 1.0% (3g a 10g por Kg de compost), El

potasio es un elemento (macronutriente) esencial en el desarrollo de las plantas, ya que se involucra en los procesos de síntesis de proteínas y carbohidratos. Además, regulariza el régimen hídrico de las plantas, aumentando su tolerancia frente a sequías y salinidad (FAO, 2013).

Durante la investigación, se observó que el tratamiento con el 25% de ME fue el más significativo con un 1.5%, seguido del tratamiento del 75% de ME con un 1.3%, terminado con el testigo con un 1.2%.

Los valores de potasio obtenidos se encuentran dentro del rango reportado por otros autores. Por ejemplo, Suzuki et al. (2004) menciona valores de 1.6%, mientras que Altamirano y Cabrera (2006) reportan valores en el rango entre 1.8% y 1.5%.

La investigación arroja que los valores de potasio se encuentran en los rangos establecidos en la norma, sin embargo, al compararlo con el 2.44% de estudio anterior de la Compostera regional, el contenido de potasio es mayor al establecido por la NTC 5167 (1%), de acuerdo con Fajardo (2002) debe estar entre 1 y 1.5%

Según la investigación llevada a cabo por Machaca (2017), se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con y sin (ME). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos que utilizaron (ME). Por otro lado, de acuerdo con Soriano (2016), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con y sin microorganismos eficientes. Esta discrepancia podría atribuirse al tipo de residuos utilizados en los diferentes estudios, lo que sugiere que el tipo de material orgánico puede influir en los resultados obtenidos.

8.3 Contenido nutricional

La característica química más importante de los sustratos es su composición elemental. La utilidad agronómica de los residuos con posibilidad de ser compostados está en función de la disponibilidad de los elementos nutritivos que posean (Kiehl, 1985). Los microorganismos sólo pueden aprovechar compuestos simples, por lo que las moléculas más complejas se rompen en otras más sencillas (por ejemplo, las proteínas en aminoácidos y estos en amoníaco) para poder ser

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

asimiladas (Castaldi y col, 2005). Además, el conocimiento del contenido de los composts en materia orgánica es fundamental, pues se considera como el principal factor para determinar su calidad agronómica (Kiehl, 1985).

Un compostaje que pretenda la obtención de un producto final útil como fertilizante (material orgánico estabilizado) no se puede dejar transcurrir espontáneamente, sino que en él han de controlarse las variables necesarias para garantizar la total terminación del proceso en un tiempo corto y con unos costes mínimos (Hedegaard y col, 1996; De Bertoldi y col, 1985; Körner y col, 2003). A continuación, se presentan los parámetros encontrados en la investigación de acuerdo con la tabla 6 Nutrientes principales en cantidades óptimas.

Tabla 6 Nutrientes principales en cantidades óptimas

Parámetro	Expresado	Método y/o extractante/Técnica/Norma	Unid.	Resultado (base seca)		
				Pila 116 Testigo	Pila 115 ME 25%	Pila 114 ME 75%
C/N	N.A	Cálculo matemático	-	28,6	34,6	25.6
CIC	N.A	Acetato de amonio pH 7.0/Volumetría/NTC 5167	meq/100 g	30,4	36,0	39.6
CO	N.A	Oxidante/Titulométrica/NTC 5167	%	44,7	46,6	40.6
CIC/CO	N.A	Cálculo matemático	meq/100 g CO	68,0	77,2	97.6

Fuente: propia

8.3.1 Relación C/N

Otro factor importante para determinar la calidad del compost es la relación carbono nitrógeno (C/N) que presenta cada tratamiento en cada una de las unidades experimentales. Esta relación se usa para medir la biomasa y la transformación de la materia orgánica en los estudios de fertilidad del suelo. La relación C/N, es importante debido a la necesidad de carbono que requieren los microorganismos como fuente de energía, en lo que respecta al nitrógeno, dicho requerimiento es porque es un elemento básico para la formación de proteínas (Uribe et al., 2001).

El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una relación C/N baja no afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado (Pérez, 2003).

Al igual que (Jhorar y col, 1991) para un correcto compostaje en el que se aproveche y retenga la mayor parte del C y del N, la relación C/N del material de partida debe ser la adecuada. Los microorganismos utilizan generalmente 30 partes de C por cada una de N; por esta razón se considera que el intervalo de C/N teóricamente óptimo para el compostaje de un producto es de 25-35.

8.3.2 CIC

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) hace referencia a la capacidad que tiene un material para retener cationes, y es equivalente a la carga negativa desarrollada en las superficies coloidales (Jaramillo, 2002). Los valores de CIC encontrados estuvieron entre 35.5 y 44 cmol (+) kg⁻¹ para todos los tratamientos los cuales estuvieron por encima del valor recomendado por la norma (> 30%). Durante el compostaje, la CIC se incrementa debido posiblemente a la humificación que se presenta durante la descomposición de materia orgánica de los sustratos.

8.3.3 CO

Otro de los parámetros importantes dentro de los análisis realizados al compost es el carbono orgánico oxidable total, el cual indica la cantidad de materia orgánica que está disponible para los microorganismos presentes en las pilas de compostaje. Entonces, cuando el contenido es mayor también lo será la actividad enzimática durante el proceso. Normalmente, el contenido de carbono orgánico está en mayor concentración al iniciar el compostaje y va disminuyendo con el

tiempo, producto del metabolismo de los microorganismos. Según la NTC (Norma Técnica Colombiana) 5167, un compost de calidad debe tener un porcentaje de carbono orgánico oxidable total entre el 14 y el 30% (Bohórquez et al., 2014).

8.3.4 CIC/CO

Los métodos de análisis fisicoquímico de un abono orgánico se basan en metodologías para análisis de suelos y material vegetal debido a que dichos materiales, o bien son de aplicación directa al suelo, o bien son de uso como sustratos para siembra directa; es por esto por lo que los resultados son comparables con los de suelos específicamente en lo relacionado con los aspectos de salinidad y de comportamiento del material orgánico. (NTC 5167, 2004).

La norma técnica colombiana NTC 5167 de 2004 es un documento escrito por El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación “ICONTEC” que rige los parámetros óptimos bajo los cuales, de acuerdo con su procedencia, se obtienen productos para la industria agrícola de buena calidad, tales como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo. Esta norma tiene como objetivo establecer los requisitos que deben cumplir los productos orgánicos y los ensayos a los cuales deben ser sometidos como soporte de su calidad y aporte al cuidado ambiental, allí radica su importancia. Al concluir, se procedió a comparar los parámetros fisicoquímicos establecidos por la NTC 5167 con las muestras finales, con el propósito de analizar el proceso llevado a cabo por la empresa y evaluar las potenciales áreas de mejora.

8.3.5 Cambios en color, olor y apariencia

Los materiales de todas las camas tuvieron cambios físicos con el transcurso del tiempo, los cambios que más se pudieron identificar fue la textura, apariencia, tamaño de partículas, color y olor. Estos cambios se dan por la actividad microbiana que descomponen los materiales orgánicos. El proceso de descomposición de los materiales orgánicos surgió hasta llegar a presentar

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

una textura similar al suelo vegetal, donde se hace difícil distinguir los residuos iniciales, así mismo el compost presento cambios en el color, llego a tener una apariencia similar al color 29 del suelo; café oscuro. De igual manera hubo cambios en el olor del compostaje ya que en los primeros días presento olores de pudrición, con el transcurso del tiempo presento olor a barro debido al exceso de humedad en la cama, y al final del producto presento olor a vino muy agradable, lo anterior se pudo constatar por medio de la observación como también la información recibida de los diferentes operarios de la compostera al comparar el compost generado por ellos y esta investigación.

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co

9 Conclusiones

El empleo de (ME) en la descomposición de residuos orgánicos emerge como una estrategia altamente prometedora y sostenible. Estos microorganismos ofrecen una solución natural y eficaz para acelerar el proceso de descomposición, transformando los residuos orgánicos en compost de alta calidad en un período de tiempo más corto.

Asimismo, la materia orgánica presentó una descomposición total, de tal manera que el tamaño de partícula se conformó homogéneo, presentó textura y color similar al suelo, características que indicaron que el proceso del compostaje se desarrolló en condiciones de temperatura, pH y humedad adecuadas.

La inclusión de (ME) en el proceso de descomposición de residuos orgánicos ha demostrado ser altamente beneficiosa, como se evidencia en los resultados obtenidos para los elementos nutricionales nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), es crucial para la producción de compost de alta calidad, ya que estos nutrientes son esenciales para el crecimiento saludable de las plantas.

Además de su capacidad para descomponer los residuos de manera efectiva, los (ME) también contribuyen a mejorar la salud del suelo, aumentar la disponibilidad de nutrientes para las plantas y reducir la necesidad de fertilizantes químicos.

Esta tecnología no solo promueve la sostenibilidad ambiental al reducir la cantidad de residuos que terminan en vertederos, sino que también ofrece beneficios económicos y agrícolas al mejorar la productividad y la salud de los suelos. El uso de microorganismos eficientes en la descomposición de residuos orgánicos representa un enfoque integral y respetuoso con el medio ambiente para la gestión de residuos.

10 Recomendaciones

Esta investigación permitió demostrar la mejora en textura, color y olor del compost obtenido al utilizar los microorganismos eficaces (ME) al adicionarlos al proceso de compostaje. Por la acción de las bacterias fototrópicas, las bacterias ácido-lácticas y las levaduras, se acelera la descomposición y se neutralizan los malos olores generados en el proceso. Por lo tanto, al aplicar al suelo el material obtenido (abono orgánico), se estaría haciendo una inoculación de microorganismos beneficiosos."

Se sugiere dar a conocer al productor los beneficios del insumo orgánico disponible, con buenas condiciones nutricionales para su cultivo en menor tiempo, y poder ser aplicado eficientemente.

En el método de aireación forzada que actualmente tiene la compostera regional, la forma es rectangular, y la ubicación de los residuos orgánicos es en pirámide. Esto no permite que la aireación circule correctamente a todo el material dispuesto en la pila, teniendo menor aireación en la parte superior y mayor aireación en los extremos. Por lo tanto, se sugiere que, al tener la aireación en forma rectangular, la cantidad de residuos debe ser mínima, con una altura de un metro, y distribuido de forma homogénea en la cama.

Mejora de la aireación: Al voltear las pilas de residuos, se introduce aire fresco en el interior de la pila. Esto promueve la actividad aeróbica de los microorganismos descomponedores, lo que acelera la descomposición de la materia orgánica y ayuda a mantener condiciones aeróbicas óptimas en el compost. Además, ayuda a distribuir de manera equitativa los microorganismos, nutrientes y otros factores necesarios para el proceso de compostaje en toda la pila, lo que resulta en una descomposición más completa y eficiente de los materiales

Referencias

Acuña Reyes, D. (2018). *Manual de Pérdidas y Desperdicios de Alimentos*. Obtenido de Manual de Pérdidas y Desperdicios de Alimentos: [Http://5aldia.cl](http://5aldia.cl)

Altamirano, María y Cabrera, Carlos. Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. En: Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG. 2006. vol. 9. No. 17 p.75-84

APROLAB, (2007). [Base de datos en línea]. Perú: Instructivo No. 001-2007. [Fecha de acceso 27 de setiembre del 2018]. URL disponible en: <http://www.Manual/para/elaboración/de/compost.Html>.

Azurduy, S., Azero, M. y Ortuño, N. (2016). Evaluación de activadores naturales para acelerar el proceso de compostaje de residuos orgánicos en el Municipio de Quillacollo. Acta Nova, 7(4), 369-388. Recuperado en 16 de noviembre de 2020, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892016000200002&lng=es&tlng=es.

Barbarán Ingrid | ago. 8, 2020 | Andes, Suroeste, Antioquia crítica

Banco Interamericano Desarrollo. (2009). Manual Practica Usos de Microorganismos eficientes ME. Obtenido de https://www.emuruaguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf

Bohórquez A, Puentes YJ, Menjivar JC. Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar, Corpoica Cienc y Tecnol Agropecu, 15: 73,2015.

Bueno, M. 2003. Manual para horticultores ecológicos. Barcelona, España. P. 41.

Castaldi P., Alberti G., Merella R., Melis P. 2005. Study of the organic matter evolution during municipal solid waste composting aimed at identifying suitable parameters for the evaluation of compost maturity. Waste Manag., 25: 209-213.

Castillo, L. (2020). Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Continental, Huancayo, Perú.

Cerón, R. 2005. Purificación de Aguas Residuales con Microorganismos. Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

CIFUENTES, Rolando; de LEON, Roberto y PORRES, Carlos. Producción de abono orgánico a partir de cachaza y tallos de caña de azúcar recuperados de las carreteras.

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

En: Revista de la Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala, agosto, 2011. No. 23. p. 8–17.

Cruz Lopera, J. (05 de 11 de 2022). 6950 toneladas de residuos orgánicos, aprovechadas en convenio operado por la UdeA. Obtenido de <https://udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/udea-noticias>

De Bertoldi, M.; Vallini, G., Pera, A. 1985. Technological Aspects of composting including Modelling and Microbiology. En: J.K.R. Gasser (Ed.). Composting of Agricultural and other wastes, pp: 27-40. Elsevier Applied Science Publishers, Bruselas,

Economía Circular de los residuos orgánicos para la ciudad y el campo. (2022). One Planet.

Empresas Públicas de Andes, E. (2022). Relación Orgánico Andes año 2021 -2022. Andes, Antioquia.

Fajardo, V. Manual Agropecuario. 1ª ed. Limerín. Bogotá. 2002. Pag 481-502

FAO. (2012). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo -Alcance, causas y prevención. Roma. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf>

FAO. (2013). Manual De Compostaje Del Agricultor, Experiencias en América Latina. Santiago de Chile. Recuperado el 02 de 08 de 2019, de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

FAOTERM – Organic Agriculture <http://termportal.fao.org/faooa/main/start.do>

García, G, J; Monge, N, J. 1999. Agricultura orgánica. Primera edición. Editorial Universidad Nacional a Distancia. San José, Costa Rica. 457pp

Hedegaard, M., Krüger, I. 1996. Composting of agricultural wastes in Denmark in respect of potential, industrial process technology and environmental considerations. En. De Bertoldi, M.; Sequi, P.; Lemmes, B., Papi, T. (Eds.). The Science of Composting, Vol I, pp. 691-697. Blackie Academic & Professional, London.

Higa, T., & Parr, J. (2013). MICROORGANISMOS BENÉFICOS Y EFECTIVOS PARA UNA AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE SOSTENIBLE. Maryland, Estados Unidos: Beltsville, Departamento de agricultura de los Estados Unidos. Recuperado el 11 de 07 de 2019, de <http://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2018/10/MICROORGANISMOS-DEL-SUELO-PARA-LA-AGRICULTURA.pdf>

IMBACUAN, Estefanía y VALENCIA, Lesvia. Alternativas para el Manejo del Residuo de Pulpa de café Mediante Proceso de compostaje en la Vereda el Bosque - Municipio Yotoco. [En línea]. Proyecto aplicado para optar el título de Ingenieras ambientales. Palmira-Valle del Cauca: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD-CEAD. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. 2021. 71

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

p. [Consultado: 17, junio, 2022]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/40282/eimbacuari.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ingham, E. R. (2005). "The Compost Tea Brewing Manual." Soil Foodweb Incorporated.
- Jacob, A., Uexkull, H. 1961. Fertilización. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Internationales Handelmaatschappij voor Meststoffen, Amsterdam.
- Jaramillo, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Medellín
- Jhorar, B.S.; Phogat, V., Malik E. 1991. Kinetics of composting rice straw with glue waste at different C/N ratios in a semiarid environment. *Arid Soil Rest. Rehabil.*, 5: 297-306.
- Kawai, K., Liu, C., & Gamaralalage, P. J. D. (August 2020). "CCET Guideline Series on Intermediate Municipal Solid Waste Treatment Technologies: Composting." National Institute for Environmental Studies (NIES).
- Körner I., Braukmeier J., Herrenklage J., Leikam K., Ritzkowski M., Schlegelmilch M., Stegmann R. 2003. Investigation and optimization of composting processes-test systems and practical examples. *Waste Manag.*, 23: 17–26
- Martinez M., Gutierrez V., Novo R. 2011. Microbiología aplicada al manejo sustentable de suelos y cultivos. Ed. USM. Universidad Federico Santa María, Chile. 235p.
- MONTERROSA BLANCO, H. (10 de 01 de 2019). LR La República. Obtenido de Colombia podría aprovechar 40% de las toneladas de residuos que genera anualmente: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/colombia-podria-aprovechar-cerca-de-40-de-los-11-6-millones-de-toneladas-de-residuos-que-genera-al-ano-2813141#:~:text=Actualmente%2C%20en%20Colombia%20se%20generan,se%20recicla%20alrededor%20de%2017%25.>
- Liang C., Das K.C., McClendon R.W. 2003. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Biores. Technol.*, 86 131–137
- Liang C., Das K.C., McClendon R.W. 2003. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Biores. Technol.*, 86 131–137
- Informes de Gestión - Departamento Nacional de Planeación. (2020). Obtenido de Informe de gestión: <http://dnp.gov.co>
- Kiehl, E.J. (1985). Fertilizantes orgánicos. Sao Paulo. Ed. Agron. Ceres. 492p.

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

Luna Feijoo, I. M. A., & Mesa Reinaldo, M. J. R. (2017). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2), 31-40. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/84>

Machaca, J. (2017). Influencia del uso de microorganismos eficientes en el tiempo de elaboración del compost a partir de residuos sólidos orgánicos en Tacna, 2016. (Tesis de grado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1519>.

Mejía Aramburo, J. (2018). Municipio de Andes, Antioquia. Obtenido de Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2018 – 2029, Municipio de Andes.

Ministerio del Medio Ambiente Chile. (2019). Obtenido de Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos Chile 2040: <https://economiecirculaire.mma.gob.cl/residuos-organicos/>

Monterrosa Blanco, H. (10 de 01 de 2019). LR La República. Obtenido de Colombia podría aprovechar 40% de las toneladas de residuos que genera anualmente: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/colombia-podria-aprovechar-cerca-de-40-de-los-11-6-millones-de-toneladas-de-residuos-que-genera-al-ano-2813141#:~:text=Actualmente%2C%20en%20Colombia%20se%20generan,se%20recicla%20alrededor%20de%2017%25.>

Moreira, E. E. (2014). Incidencia de los microorganismos eficientes en el tiempo de descomposición de abonos de origen animal. *Revista La Técnica*, 18-25. Recuperado el 11 de 07 de 2019, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6087634>

Pauta Riera, J. (2022). Aplicación De Microorganismos Benéficos En Compostaje De Residuos Orgánicos, Caso De Estudio: Cdla. Laguna Del Sol y Planta de Compostaje del Valle Tesis Para Trabajo De Titulación Previo A La Obtención Del Título De Ingeniero Ambiental, Universidad Católica De Cuenca Comunidad Educativa Al Servicio Del Pueblo Unidad Académica De Ingeniería, Industria Y Construcción, Cuenca Ecuador

Penagos Vargas, J. (24 de 10 de 2011). Reducción de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia. Obtenido de Reduction of Organic Waste in Colombia Through the Liquid Compost: <https://dialnet.unirioja.es/>

Pérez, N. (2003). Compostaje vs Residuos Orgánicos. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos46/compostaje/compostaje2.shtml>

Propiedades que debe cumplir un buen abono orgánico. (13 de 02 de 2014). Obtenido de Propiedades que debe cumplir un buen abono orgánico: <https://controlbio.es>

Ramos, P. (2015). Evaluación de diferentes sustratos de materias orgánicas y con microorganismos eficientes en la preparación de compost, en la zona de Pangoa -

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co

- Perú, (tesis de pregrado) Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Agrarias, Satipo- Perú.
- Rios, L. (2017). Instructivo activación de microorganismos eficientes ME.
- Rodríguez Cerezo, E. (2022). "Compostaje: Un enfoque integral para la gestión de residuos orgánicos"
- Rojas, F., y Zeledón, E. (2007). Efecto de diferentes residuos de origen vegetal y animal en algunas características física, química y biológica del compost. Hacienda las Mercedes, Managua. 2005. Universidad Nacional Agraria, 1–50. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnq02r741.pdf> https://www.academia.edu/35605609/UNIVERSIDAD_NACIONAL_AGRARIA_FACULTAD_DE_AGRONOMIA_DE_PARTAMENTO_DE_PRODUCCION_VEGETAL_TEXTO_BASICCO_DE_AGROECOLOGIA_III_AÑO_DE_INGENIERIA_AGRONOMICA_GENERALISTA_PREPARADO_POR
- Rondón Toro, E. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios... En M. d. 2, Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios... Chile.
- Singh, C.P., Amberger, A. 1990. Humic substances in straw compost with rock phosphate. *Biol. Wastes*, 31: 165-174.
- Soriano J, (2016). Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces- Concepción (tesis de pregrado) Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente, Huancayo-Perú.
- Suler, D.J., Finstein, S. 1977. Effect of Temperature, Aeration, and Moisture on CO₂ Formation in Bench-Scale, continuously Thermophilic Composting of Solid Waste. *Appl. Environ. Microbiol.*, 33 (2): 345-350.
- Suaña, Q. M. E (2013). Compostaje de residuos orgánicos y de lenteja de agua (*Lemna* sp) con aplicación de microorganismos eficaces. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/446/EPG429-00429-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SUZUKI, Takeshi; IKUMI, Yoshio; OKAMOTO, Syo-taro; KATANABE, Ikuo; FUJITAKE, Nobujide and OTSUKA, Hiroo. Aerobic composting of chips from clear-cut trees with various co-materials. In: *Bioresource Technology*. 2004. Vol. 95 p.121–128
- Torres, C (2017). Microorganismos eficientes y frecuencia de volteos en la descomposición y calidad de compost de pulpa de café en la comunidad nativa Villa San Martín – 31 Pichanaki-Perú. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Facultad de Ciencias Agrarias- Satipo- Perú.

Uribe, J., Estrada, M., Córdoba, S., Hernández, L. y Bedoya, D. (2001). Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 14 (2), 164-172. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3243655>.

Uribe Soto, J. F., Estrada, M., Córdoba, S., Hernández, L., & Bedoya, D. (2001). Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 164-172. Recuperado el 11 de 07 de 2019, de <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/rccp/article/>

What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. (20 de 9 de 2018). Obtenido de Informe del Banco Mundial: [http: ://bancomundial.org](http://://bancomundial.org)

Yaniris Lorenzo A, Ma Cristina Obaya A. La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar [revista en internet]* 2005 [acceso 02 marzo 2014]; 39(1). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120659006>. [Links]

12 Anexos

Anexo: 1 Análisis de Laboratorio . Pila al 75%ME

	REPORTE DE RESULTADOS	
	CORPORACION ACADÉMICA PARA EL ESTUDIO DE PATOLOGÍAS TROPICALES – CAEPT GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	

1-DESCRIPCION FISICA DE LA MUESTRA		CODIGO INTERNO: 26ene2401					
Fecha de toma de muestra:	Responsable muestreo:	Fecha recibe - GIEM	Responsable Recibe:				
25/01/2024	Cliente o usuario	26/01/2024	Coordinador Tecnico y de Servicios				
Rotulado	Tipo de Muestra	Color	Estado				
Compost Pila 114 lote: 220923 cosecha 100124 microorganismos 75%	Abono	Cafe	Solida				
			Homogénea				
2. INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO							
Nombre Usuario o Empresa	Solicitante servicio	Correo electrónico:	Teléfono celular:				
Universidad de Antioquia (Sede Andes)	Diana Maryory Moncada Carvajal	diana.moncada@udea.edu.co	3103809197				
Dirección Física	NIT o Cédula	Correo electrónico para facturación:	Teléfono fijo				
Seccional Suroeste – Universidad de Antioquia	890.980.040-8		6042198332 ext 2820				
3. NOTAS ACLARATORIAS							
1- El Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares - GIEM está registrado como laboratorio de Control de calidad de fertilizantes, acondicionadores de suelo y/o reguladores fisiológicos ante el Instituto Colombiano Agropecuario ICA con el número de registro LB0000152021. 2- El presente reporte está basado en el análisis de la(s) muestra(s) entregada(s) por el usuario. Los resultados sólo afectan al material suministrado y por lo tanto no avalan ninguna tecnología o producto comercial. 3- El usuario dispone de 10 días hábiles a partir de la recepción del resultado para hacer reclamos o solicitar repetición del ensayo “solo si aplica”, el cual se hará sobre la submuestra seca y molida guardada por el laboratorio. Si el nuevo resultado corresponde al anterior, considerando la desviación estándar del método, el usuario asume nuevamente el costo del ensayo.							
4- ANALISIS FISICOQUIMICOS							
4A- CONVENCIONES PARA LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS							
Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
CO	Carbono orgánico oxidable total	CRA	Capacidad de Retención de Humedad	CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC/CO	CIC en términos de CO
U pH	Unidades de pH	ml	mililitros	ND	No Detectado	NC	No cuantificable
SD	Desviación estándar	C/N	Carbono/Nitrógeno	g	gramos	meq	miliequivalentes
dS/m	Decisimens/metro	C.E.	Conductividad eléctrica	cm3	Centímetro cubico	LD	Límite de detección
NTC	Norma Técnica Colombiana	N-NH3	Nitrógeno amoniacal	N-Org. total	Nitrógeno orgánico total	AOAC	Association of Official Analytical Chemists
CAH	Carbono de ácidos húmicos	CAF	Carbono de ácidos fúlvicos	CEHT	Carbono del extracto húmico total	%	Porcentaje
ST	Sólidos totales	SF	Sólidos fijos	SV	Sólidos volátiles	MAR	Mineralización en agua regia
FDN	Fibra detergente neutra	FDA	Fibra detergente ácida	LDA	Lignina detergente ácida	Hem	Hemicelulosa
Cel	Celulosa	Lig	Lignina				

-Fin de la hoja-

PT-FO-02

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2–230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín



PÁGINA 1 DE 5

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803	REPORTE DE RESULTADOS	 Universidad de Antioquia Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares
	CORPORACION ACADÉMICA PARA EL ESTUDIO DE PATOLOGÍAS TROPICALES – CAEPT GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 05/03/2024

4B -RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS				
Parámetro	Expresado como	Método y/o extractante/Técnica/Norma	Resultado (base seca)	Unid.
Humedad	N.A	Calentamiento 100 °C/Gravimetría/NTC 5167	38.5	%
CIC	N.A	Acetato de amonio pH 7.0/Volumetría/NTC 5167	39.6	meq/100 g
CO	N.A	Oxidante/Titulométrica/NTC 5167	40.6	%
CIC/CO	N.A	Cálculo matemático	97.6	meq/100 g CO
CRA	N.A	Pasta de saturación/Gravimetría/NTC 5167	170.6	%
Densidad real	N.A	Muestra seca y molida/Gravimetría/NTC 5167	0.42	g/cm ³
pH	N.A	Pasta de saturación/Potenciometría/NTC 5167	7.17	U pH
N-Org. total	N	Kjeldahl/ Titulométrica/NTC 370	1.58	%
C/N	N.A	Cálculo matemático	25.6	-
Fósforo total	P ₂ O ₅	MAR/Espectrofotometría/NTC 234	0.30	%

4C. RESPONSABLES RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICOS			
Analista Físicoquímico	Aprobación Coordinador técnico y de servicios	Aprobación Coordinador Científico GIEM	Fecha de aprobación
			20/03/2024
OBSERVACIONES SOBRE COMPORTAMIENTO EN LA CARTA DE CONTROL			

-Fin de la hoja-

PT-FO-02

PÁGINA 2 DE 5

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56
 Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230
 Email: grupogiem@udea.edu.co

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA <small>1803</small>	REPORTE DE RESULTADOS	 <small>Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares</small>
	CORPORACION ACADÉMICA PARA EL ESTUDIO DE PATOLOGÍAS TROPICALES – CAEPT GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 05/03/2024

5- ANALISIS INSTRUMENTALES							
5A- CONVENCIONES PARA LOS ANALISIS INSTRUMENTALES							
Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
A.A.	Absorción Atómica	ND	No Detectado	NC	No cuantificable	ppm	partes por millón (mg/kg)
EC	Electroforesis capilar	LD	Límite de detección	LC	Límite de cuantificación	%	Porcentaje
NTC	Norma Técnica Colombiana	MAR	Mineralización agua regia	MAO	Mineralizaciones agentes oxidantes	C.P.R.AG	Composición Porcentual Relativa del Ácido Graso
C.G	Cromatografía Gaseosa	THC	Delta 9 Tetra hidrocannabinol	CBD	Canabidiol	CBN	Cannabiol
UNODC	Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito						

5B -RESULTADOS DE ANÁLISIS INSTRUMENTALES				
Parámetro	Expresado como	Extractante/Técnica/Norma	Resultado	Unid.
Potasio total	K ₂ O	MAR/A.A/NTC 5167	1.329	%

5C. RESPONSABLES POR LOS RESULTADOS DE ANALISIS INSTRUMENTALES			
Analista Instrumental	Aprobación Coordinador técnico y de servicios	Aprobación Coordinador Científico GIEM	Fecha de aprobación
<i>Amilvia Janett Ortiz</i>	<i>Alider</i>	<i>Carlos Pelaez</i>	18/03/2024

OBSERVACIONES SOBRE COMPORTAMIENTO EN LA CARTA DE CONTROL

-Fin de la hoja-



PT-FO-02

PÁGINA 3 DE 5

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56
 Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230
 Email: grupogiem@udea.edu.co

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1893	REPORTE DE RESULTADOS	 GEM Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares
	CORPORACION ACADÉMICA PARA EL ESTUDIO DE PATOLOGÍAS TROPICALES – CAEPT GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 05/03/2024

6-ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

6A- CONVENCIONES PARA ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

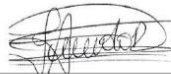
Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
ufc	unidades formadoras de colonias.	NMP	número más probable	g	gramo	-	-	-	-

6B - RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

NMP Coliformes totales / g	NMP Coliformes fecales / g	Huevos de Helminthos viables / 4 g	Salmonella / 25 g	
>2400	>2400	0	Ausente	-

6C. RESPONSABLES POR LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Analista Microbiología	Aprobación Coordinador técnico y de servicios	Aprobación Coordinador Científico GIEM	Fecha de aprobación
------------------------	---	--	---------------------





30/01/2024

OBSERVACIONES SOBRE COMPORTAMIENTO EN LA CARTA DE CONTROL



-Fin de la hoja-

PT-FO-02

PÁGINA 4 DE 5

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56
 Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230
 Email: grupogiem@udea.edu.co

	REPORTE DE RESULTADOS	
	CORPORACION ACADÉMICA PARA EL ESTUDIO DE PATOLOGÍAS TROPICALES – CAEPT GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 05/03/2024

7-ENSAYOS RESPIROMETRICOS									
7A- CONVENCIONES PARA ENSAYOS FITOTÓXICOS Y RESPIROMETRICOS									
Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
P/V	Peso/Volumen	Mta	Muestra	N.A	No aplica	mg	miligramos	g	gramos

7C-ENSAYOS RESPIROMETRICOS				
Parámetro	Expresado como	Modelo/Técnica/Norma	Resultado	Unidades
Respirometría 24 horas	N.A	Producción de CO ₂ /Titulométrica/Método GIEM	2.28	mg (CO ₂)/g

7D. RESPONSABLES POR LOS RESULTADOS DE FITOTÓXICOS Y RESPIROMETRICOS			
Analista Bioensayos	Aprobación Coordinador técnico y de servicios	Aprobación Coordinador Científico GIEM	Fecha de aprobación
			2/02/2024

OBSERVACIONES SOBRE COMPORTAMIENTO EN LA CARTA DE CONTROL

8. INFORMACION SOBRE EL TIPO DE INFORME ENTREGADO AL USUARIO		
Tipo de Informe	Fecha de envió al Usuario	Medio de envió
Reporte completo	05/03/2024	email
Fecha de envió de la corrección a un informe "cuando aplique"	Justificación para reemplazar un reporte sobre la misma muestra enviado en fecha anterior	

09/04/2024

Al informe emitido el 03/03/2024 se le anexo los datos de P y K

-Fin del reporte-

PT-FO-02

PÁGINA 5 DE 5

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56
Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230
Email: grupogiem@udea.edu.co

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

Anexo: 2 Análisis de Laboratorio Pila al 25%ME

	REPORTE DE RESULTADOS	
	CORPORACION ACADÉMICA PARA EL ESTUDIO DE PATOLOGÍAS TROPICALES – CAEPT GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 05/03/2024

1-DESCRIPCION FISICA DE LA MUESTRA		CODIGO INTERNO: 26ene2402	
Fecha de toma de muestra:	Responsable muestreo:	Fecha recibe - GIEM	Responsable Recibe:

25/01/2024	Cliente o usuario	26/01/2024	Coordinador Tecnico y de Servicios
Rotulado	Tipo de Muestra	Color	Estado
Compost Pila 115 lote: 290923 cosecha 120124 microorganismos 25%	Abono	Cafe	Solida
			Homogénea

2. INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO			
Nombre Usuario o Empresa	Solicitante servicio	Correo electrónico:	Teléfono celular:
Universidad de Antioquia (Sede Andes)	Diana Maryory Moncada Carvajal	diana.moncada@udea.edu.co	3103809197
Dirección Física	NIT o Cédula	Correo electrónico para facturación:	Teléfono fijo
Seccional Suroeste – Universidad de Antioquia	890.980.040-8		6042198332 ext 2820

3. NOTAS ACLARATORIAS

1- El Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares - GIEM está registrado como laboratorio de Control de calidad de fertilizantes, acondicionadores de suelo y/o reguladores fisiológicos ante el Instituto Colombiano Agropecuario ICA con el número de registro LB0000152021.

2- El presente reporte está basado en el análisis de la(s) muestra(s) entregada(s) por el usuario. Los resultados sólo afectan al material suministrado y por lo tanto no avalan ninguna tecnología o producto comercial.

3- El usuario dispone de 10 días hábiles a partir de la recepción del resultado para hacer reclamos o solicitar repetición del ensayo "solo si aplica", el cual se hará sobre la submuestra seca y molida guardada por el laboratorio. Si el nuevo resultado corresponde al anterior, considerando la desviación estándar del método, el usuario asume nuevamente el costo del ensayo.

4- ANALISIS FISICOQUIMICOS							
4A- CONVENCIONES PARA LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS							
Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
CO	Carbono orgánico oxidable total	CRA	Capacidad de Retención de Humedad	CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC/CO	CIC en términos de CO
U pH	Unidades de pH	ml	mililitros	ND	No Detectado	NC	No cuantificable
SD	Desviación estándar	C/N	Carbono/Nitrógeno	g	gramos	meq	miliequivalentes
dS/m	Decisimetros/metro	C.E.	Conductividad eléctrica	cm3	Centimetro cubico	LD	Limite de detección
NTC	Norma Técnica Colombiana	N-NH3	Nitrógeno amoniacal	N-Org. total	Nitrógeno orgánico total	AOAC	Association of Oficial Analytical Chemists
CAH	Carbono de ácidos húmicos	CAF	Carbono de ácidos fúlvicos	CEHT	Carbono del extracto húmico total	%	Porcentaje
ST	Sólidos totales	SF	Sólidos fijos	SV	Sólidos volátiles	MAR	Mineralización en agua regia
FDN	Fibra detergente neutra	FDA	Fibra detergente ácida	LDA	Lignina detergente ácida	Hem	Hemicelulosa
Cel	Celulosa	Lig	Lignina				



-Fin de la hoja-

PT-FO-02

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

PÁGINA 1 DE 5

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA <small>1803</small>	REPORTE DE RESULTADOS	 <small>Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares</small>
	CORPORACION ACADÉMICA PARA EL ESTUDIO DE PATOLOGÍAS TROPICALES – CAEPT GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 05/03/2024

6-ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS									
6A- CONVENCIONES PARA ANALISIS MICROBIOLÓGICOS									
Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
ufc	unidades formadoras de colonias.	NMP	número más probable	g	gramo	-	-	-	-

6B -RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS				
NMP Coliformes totales / g	NMP Coliformes fecales / g	Huevos de Helminetos viables / 4 g	Salmonella / 25 g	
>2400	>2400	0	Ausente	-

6C. RESPONSABLES POR LOS RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICOS			
Analista Microbiología	Aprobación Coordinador técnico y de servicios	Aprobación Coordinador Científico GIEM	Fecha de aprobación
			30/01/2024

OBSERVACIONES SOBRE COMPORTAMIENTO EN LA CARTA DE CONTROL


-Fin de la hoja-

PT-FO-02

PÁGINA 4 DE 5

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56
 Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230
 Email: grupogiem@udea.edu.co

	REPORTE DE RESULTADOS	
	CORPORACION ACADÉMICA PARA EL ESTUDIO DE PATOLOGÍAS TROPICALES – CAEPT GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 05/03/2024

7-ENSAYOS RESPIROMETRICOS									
7A- CONVENCIONES PARA ENSAYOS FITOTÓXICOS Y RESPIROMETRICOS									
Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
P/V	Peso/Volumen	Mta	Muestra	N.A	No aplica	mg	miligramos	g	gramos

7C-ENSAYOS RESPIROMETRICOS				
Parámetro	Expresado como	Modelo/Técnica/Norma	Resultado	Unidades
Respirometría 24 horas	N.A	Producción de CO ₂ /Titulométrica/Método GIEM	2.19	mg (CO ₂)/g

7D. RESPONSABLES POR LOS RESULTADOS DE FITOTÓXICOS Y RESPIROMETRICOS			
Analista Bioensayos	Aprobación Coordinador técnico y de servicios	Aprobación Coordinador Científico GIEM	Fecha de aprobación
			2/02/2024

OBSERVACIONES SOBRE COMPORTAMIENTO EN LA CARTA DE CONTROL

8. INFORMACION SOBRE EL TIPO DE INFORME ENTREGADO AL USUARIO		
Tipo de Informe	Fecha de envió al Usuario	Medio de envió
Reporte completo	05/03/2024	email
Fecha de envió de la corrección a un informe "cuando aplique"	Justificación para reemplazar un reporte sobre la misma muestra enviado en fecha anterior	

09/04/2024

Al informe emitido el 03/03/2024 se le anexo los datos de P y K

-Fin del reporte-


PT-FO-02

PÁGINA 5 DE 5

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56
Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230
Email: grupogiem@udea.edu.co

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803	REPORTE DE RESULTADOS	 <small>Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares</small>
	CORPORACION ACADÉMICA PARA EL ESTUDIO DE PATOLOGÍAS TROPICALES – CAEPT GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 05/03/2024

4B -RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS				
Parámetro	Expresado como	Método y/o extractante/Técnica/Norma	Resultado (base seca)	Unid.
Humedad	N.A	Calentamiento 100 °C/Gravimetría/NTC 5167	26.7	%
CIC	N.A	Acetato de amonio pH 7.0/Volumetría/NTC 5167	36.0	meq/100 g
CO	N.A	Oxidante/Titulométrica/NTC 5167	46.6	%
CIC/CO	N.A	Cálculo matemático	77.2	meq/100 g CO
CRA	N.A	Pasta de saturación/Gravimetría/NTC 5167	168	%
Densidad real	N.A	Muestra seca y molida/Gravimetría/NTC 5167	0.49	g/cm ³
pH	N.A	Pasta de saturación/Potenciometría/NTC 5167	7.68	U pH
N-Org. total	N	Kjeldahl/ Titulométrica/NTC 370	1.35	%
C/N	N.A	Cálculo matemático	34.6	-
Fósforo total	P ₂ O ₅	MAR/Espectrofotometría/NTC 234	0.34	%

4C. RESPONSABLES RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICOS			
Analista Físicoquímico	Aprobación Coordinador técnico y de servicios	Aprobación Coordinador Científico GIEM	Fecha de aprobación
			20/03/2024
OBSERVACIONES SOBRE COMPORTAMIENTO EN LA CARTA DE CONTROL			


-Fin de la hoja-

PT-FO-02

PÁGINA 2 DE 5

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56
 Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230
 Email: grupogiem@udea.edu.co

	REPORTE DE RESULTADOS	
	CORPORACION ACADÉMICA PARA EL ESTUDIO DE PATOLOGÍAS TROPICALES – CAEPT GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 05/03/2024

5- ANALISIS INSTRUMENTALES							
5A- CONVENCIONES PARA LOS ANALISIS INSTRUMENTALES							
Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
A.A.	Absorción Atómica	ND	No Detectado	NC	No cuantificable	ppm	partes por millón (mg/kg)
EC	Electroforesis capilar	LD	Límite de detección	LC	Límite de cuantificación	%	Porcentaje
NTC	Norma Técnica Colombiana	MAR	Mineralización agua regia	MAO	Mineralizaciones agentes oxidantes	C.P.R.AG	Composición Porcentual Relativa del Ácido Graso
C.G	Cromatografía Gaseosa	THC	Delta 9 Tetra hidrocannabinol	CBD	Canabidiol	CBN	Cannabinol
UNODC	Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito						

5B -RESULTADOS DE ANÁLISIS INSTRUMENTALES				
Parámetro	Expresado como	Extractante/Técnica/Norma	Resultado	Unid.
Potasio total	K ₂ O	MAR/A.A./NTC 5167	1.5136	%


5C. RESPONSABLES POR LOS RESULTADOS DE ANALISIS INSTRUMENTALES			
Analista Instrumental	Aprobación Coordinador técnico y de servicios	Aprobación Coordinador Científico GIEM	Fecha de aprobación
<i>Amelia Yanett Ortiz</i>	<i>Aldo</i>	<i>Carlos Pelaez</i>	18/03/2024

OBSERVACIONES SOBRE COMPORTAMIENTO EN LA CARTA DE CONTROL

-Fin de la hoja-

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

Anexo: 3 Análisis de Laboratorio Pila Testigo

	REPORTE DE RESULTADOS	
	CORPORACION ACADÉMICA PARA EL ESTUDIO DE PATOLOGÍAS TROPICALES – CAEPT GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	

1-DESCRIPCION FISICA DE LA MUESTRA		CODIGO INTERNO: 26ene2403	
Fecha de toma de muestra:	Responsable muestreo:	Fecha recibe - GIEM	Responsable Recibe:
25/01/2024	Cliente o usuario	26/01/2024	Coordinador Tecnico y de Servicios
Rotulado	Tipo de Muestra	Color	Estado
Compost Pila 116 lote: 061023 cosecha 170124 sin microorganismos	Abono	Cafe	Solida
			Textura/Aspecto
			Homogénea

2. INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO			
Nombre Usuario o Empresa	Solicitante servicio	Correo electrónico:	Teléfono celular:
Universidad de Antioquia (Sede Andes)	Diana Maryory Moncada Carvajal	diana.moncada@udea.edu.co	3103809197
Dirección Física	NIT o Cédula	Correo electrónico para facturación:	Teléfono fijo
Seccional Suroeste – Universidad de Antioquia	890.980.040-8		6042198332 ext 2820

3. NOTAS ACLARATORIAS

1- El Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares - GIEM está registrado como laboratorio de Control de calidad de fertilizantes, acondicionadores de suelo y/o reguladores fisiológicos ante el Instituto Colombiano Agropecuario ICA con el número de registro LB0000152021.

2- El presente reporte está basado en el análisis de la(s) muestra(s) entregada(s) por el usuario. Los resultados sólo afectan al material suministrado y por lo tanto no avalan ninguna tecnología o producto comercial.

3- El usuario dispone de 10 días hábiles a partir de la recepción del resultado para hacer reclamos o solicitar repetición del ensayo "solo si aplica", el cual se hará sobre la submuestra seca y molida guardada por el laboratorio. Si el nuevo resultado corresponde al anterior, considerando la desviación estándar del método, el usuario asume nuevamente el costo del ensayo.

4- ANALISIS FISICOQUIMICOS							
4A- CONVENCIONES PARA LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS							
Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
CO	Carbono orgánico oxidable total	CRA	Capacidad de Retención de Humedad	CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC/CO	CIC en términos de CO
U pH	Unidades de pH	ml	mililitros	ND	No Detectado	NC	No cuantificable
SD	Desviación estándar	C/N	Carbono/Nitrógeno	g	gramos	meq	miliequivalentes
dS/m	Decisimenes/metro	C.E.	Conductividad eléctrica	cm3	Centímetro cubico	LD	Límite de detección
NTC	Norma Técnica Colombiana	N-NH3	Nitrógeno amoniacal	N-Org. total	Nitrógeno orgánico total	AOAC	Association of Official Analytical Chemists
CAH	Carbono de ácidos húmicos	CAF	Carbono de ácidos fúlvicos	CEHT	Carbono del extracto húmico total	%	Porcentaje
ST	Sólidos totales	SF	Sólidos fijos	SV	Sólidos volátiles	MAR	Mineralización en agua regia
FDN	Fibra detergente neutra	FDA	Fibra detergente ácida	LDA	Lignina detergente ácida	Hem	Hemicelulosa
Cel	Celulosa	Lig	Lignina				

-Fin de la hoja-

PT-FO-02

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

PÁGINA 1 DE 5

	REPORTE DE RESULTADOS	
	CORPORACION ACADÉMICA PARA EL ESTUDIO DE PATOLOGÍAS TROPICALES – CAEPT GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 05/03/2024

5- ANALISIS INSTRUMENTALES							
5A- CONVENCIONES PARA LOS ANALISIS INSTRUMENTALES							
Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
A.A.	Absorción Atómica	ND	No Detectado	NC	No cuantificable	ppm	partes por millón (mg/kg)
EC	Electroforesis capilar	LD	Límite de detección	LC	Límite de cuantificación	%	Porcentaje
NTC	Norma Técnica Colombiana	MAR	Mineralización agua regia	MAO	Mineralizaciones agentes oxidantes	C.P.R.AG	Composición Porcentual Relativa del Ácido Graso
C.G	Cromatografía Gaseosa	THC	Delta 9 Tetra hidrocannabinol	CBD	Canabidiol	CBN	Cannabiol
UNODC	Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito						



5B -RESULTADOS DE ANÁLISIS INSTRUMENTALES				
Parámetro	Expresado como	Extractante/Técnica/Norma	Resultado	Unid.
Potasio total	K ₂ O	MAR/A.A/NTC 5167	1.263	%

5C. RESPONSABLES POR LOS RESULTADOS DE ANALISIS INSTRUMENTALES			
Analista Instrumental	Aprobación Coordinador técnico y de servicios	Aprobación Coordinador Científico GIEM	Fecha de aprobación
<i>Amilvia Janett Ortiz</i>	<i>Alider</i>	<i>Carlos Pelaez</i>	18/03/2024

OBSERVACIONES SOBRE COMPORTAMIENTO EN LA CARTA DE CONTROL

-Fin de la hoja-

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	REPORTE DE RESULTADOS	
	CORPORACION ACADÉMICA PARA EL ESTUDIO DE PATOLOGÍAS TROPICALES – CAEPT GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 05/03/2024

6-ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS									
6A- CONVENCIONES PARA ANALISIS MICROBIOLÓGICOS									
Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
ufc	unidades formadoras de colonias.	NMP	número más probable	g	gramo	-	-	-	-

6B -RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS				
NMP Coliformes totales / g	NMP Coliformes fecales / g	Huevos de Helmintos viables / 4 g	Salmonella / 25 g	
< 3	< 3	0	Ausente	-

6C. RESPONSABLES POR LOS RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICOS			
Analista Microbiología	Aprobación Coordinador técnico y de servicios	Aprobación Coordinador Científico GIEM	Fecha de aprobación
			30/01/2024

OBSERVACIONES SOBRE COMPORTAMIENTO EN LA CARTA DE CONTROL



-Fin de la hoja-

PT-FO-02

PÁGINA 4 DE 5

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56
Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230
Email: grupogiem@udea.edu.co

	REPORTE DE RESULTADOS	
	CORPORACION ACADÉMICA PARA EL ESTUDIO DE PATOLOGÍAS TROPICALES – CAEPT GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 05/03/2024

7-ENSAYOS RESPIROMETRICOS									
7A- CONVENCIONES PARA ENSAYOS FITOTÓXICOS Y RESPIROMETRICOS									
Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
P/V	Peso/Volumen	Mta	Muestra	N.A	No aplica	mg	miligramos	g	gramos

7C-ENSAYOS RESPIROMETRICOS				
Parámetro	Expresado como	Modelo/Técnica/Norma	Resultado	Unidades
Respirometría 24 horas	N.A	Producción de CO ₂ /Titulométrica/Método GIEM	3.46	mg (CO ₂)/g

7D. RESPONSABLES POR LOS RESULTADOS DE FITOTÓXICOS Y RESPIROMETRICOS			
Analista Bioensayos	Aprobación Coordinador técnico y de servicios	Aprobación Coordinador Científico GIEM	Fecha de aprobación
			2/02/2024

OBSERVACIONES SOBRE COMPORTAMIENTO EN LA CARTA DE CONTROL

8. INFORMACION SOBRE EL TIPO DE INFORME ENTREGADO AL USUARIO		
Tipo de Informe	Fecha de envió al Usuario	Medio de envió
Reporte completo	05/03/2024	email
Fecha de envió de la corrección a un informe "cuando aplique"	Justificación para reemplazar un reporte sobre la misma muestra enviado en fecha anterior	

09/04/2024

Al informe emitido el 03/03/2024 se le anexo los datos de P y K

-Fin del reporte-

PT-FO-02



PÁGINA 5 DE 5

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56
Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230
Email: grupogiem@udea.edu.co

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

Anexo: 4 Análisis de Laboratorio Pila comparativa

	REPORTE DE RESULTADOS	
	CORPORACION DE PATOLOGIAS TROPICALES "PT" GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	

1- DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA MUESTRA		CODIGO INTERNO: 03ago2301	
Fecha de toma de muestra:	Responsable muestreo:	Fecha recibe - GIEM	Responsable Recibe:
2/08/2023	Cliente o usuario	3/08/2023	Coordinador Técnico y de Servicios
Rotulado	Tipo de Muestra	Color	Estado
Compost Lote: 77 pila 2 Maduración: (28-01-2023)	Abono	Cafe	Solida
			Textura/Aspecto
			Homogénea

2. INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO			
Nombre Usuario o Empresa	Solicitante servicio	Correo electrónico:	Teléfono celular:
Empresa de Servicios Públicos de andes S.A.E.S.P		archivo@epandes.gov.co	6048418447 ext. 112
Dirección Física	NIT o Cédula	Correo electrónico para facturación:	Teléfono fijo
Calle 51 # 53 – 03 Andes	900.691.110-0		

3. NOTAS ACLARATORIAS

1- El Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares - GIEM está registrado como laboratorio de Control de calidad de fertilizantes, acondicionadores de suelo y/o reguladores fisiológicos ante el Instituto Colombiano Agropecuario ICA con el número de registro LB0000152021.

2- El presente reporte está basado en el análisis de la(s) muestra(s) entregada(s) por el usuario. Los resultados sólo afectan al material suministrado y por lo tanto no avalan ninguna tecnología o producto comercial.

3- El usuario dispone de 10 días hábiles a partir de la recepción del resultado para hacer reclamos o solicitar repetición del ensayo "solo si aplica", el cual se hará sobre la submuestra seca y molida guardada por el laboratorio. Si el nuevo resultado corresponde al anterior, considerando la desviación estándar del método, el usuario asume nuevamente el costo del ensayo.

4- ANALISIS FISICOQUIMICOS							
4A- CONVENCIONES PARA LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS							
Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
CO	Carbono orgánico oxidable total	CRA	Capacidad de Retención de Humedad	CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico	CIC/CO	CIC en términos de CO
U pH	Unidades de pH	ml	mililitros	ND	No Detectado	NC	No cuantificable
SD	Desviación estándar	C/N	Carbono/Nitrógeno	g	gramos	meq	miliequivalentes
dS/m	Decisimens/metro	C.E.	Conductividad eléctrica	cm ³	Centímetro cubico	LD	Límite de detección
NTC	Norma Técnica Colombiana	N-NH ₃	Nitrógeno amoniacal	N-Org. total	Nitrógeno orgánico total	AOAC	Association of Official Analytical Chemists
CAH	Carbono de ácidos húmicos	CAF	Carbono de ácidos fúlvicos	CEHT	Carbono del extracto húmico total	%	Porcentaje
ST	Sólidos totales	SF	Sólidos fijos	SV	Sólidos volátiles	MAR	Mineralización en agua regia
FDN	Fibra detergente neutra	FDA	Fibra detergente ácida	LDA	Lignina detergente ácida	Hem	Hemicelulosa
Cel	Celulosa	Lig	Lignina				



-Fin de la hoja-

PT-FO-02

PÁGINA 1 DE 5

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

	REPORTE DE RESULTADOS	
	CORPORACION DE PATOLOGIAS TROPICALES "PT" GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 21/09/2023

4B -RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS				
Parámetro	Expresado como	Método y/o extractante/Técnica/Norma	Resultado (base seca)	Unid.
Humedad	N.A	Calentamiento 100 °C/Gravimetría/NTC 5167	13.6	%
Cenizas	N.A	Calcinación a 650 °C/Gravimetría/NTC 5167	30.0	%
Pérdida por volatilización	N.A	Calcinación a 650 °C/Gravimetría/NTC 5167	70.0	%
CIC	N.A	Acetato de amonio pH 7.0/Volumetría/NTC 5167	74.2	meq/100 g
CO	N.A	Oxidante/Titulométrica/NTC 5167	36.4	%
CIC/CO	N.A	Cálculo matemático	204.0	meq/100 g CO
CRA	N.A	Pasta de saturación/Gravimetría/NTC 5167	149.7	%
Densidad real	N.A	Muestra seca y molida/Gravimetría/NTC 5167	0.53	g/cm ³
pH	N.A	Pasta de saturación/Potenciometría/NTC 5167	7.85	U pH
C.E	N.A	Solución 1:100/Potenciometría/NTC 5167	0.25	dS/m
N-Org. total	N	Kjeldahl/ Titulométrica/NTC 370	2.19	%
C/N	N.A	Cálculo matemático	16.6	-
Fósforo total	P ₂ O ₅	MAR /Espectrofotometría/NTC 234	0.14	%
Silicio total	SiO ₂	Lavado cenizas con HBr /Gravimetría/ Aplicativo FIWE Raw Fiber extractors Velp Scientifica	13.7	%

4C. RESPONSABLES RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICOS			
Analista Físicoquímico	Aprobación Coordinador técnico y de servicios	Aprobación Coordinador Científico GIEM	Fecha de aprobación
			17/08/2023

OBSERVACIONES SOBRE COMPORTAMIENTO EN LA CARTA DE CONTROL

-Fin de la hoja-



PT-FO-02

PÁGINA 2 DE 5

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56
Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230
Email: grupogiem@udea.edu.co

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

	REPORTE DE RESULTADOS	
	CORPORACION DE PATOLOGIAS TROPICALES "PT" GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 21/09/2023

5- ANALISIS INSTRUMENTALES							
5A- CONVENCIONES PARA LOS ANALISIS INSTRUMENTALES							
Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
A.A.	Absorción Atómica	ND	No Detectado	NC	No cuantificable	ppm	partes por millón (mg/kg)
EC	Electroforesis capilar	LD	Límite de detección	LC	Límite de cuantificación	%	Porcentaje
NTC	Norma Técnica Colombiana	MAR	Mineralización agua regia	MAO	Mineralizaciones agentes oxidantes	C.P.R.AG	Composición Porcentual Relativa del Ácido Graso
C.G	Cromatografía Gaseosa	THC	Delta 9 Tetra hidrocannabinol	CBD	Canabidiol	CBN	Cannabinoil
UNODC	Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito						

5B -RESULTADOS DE ANÁLISIS INSTRUMENTALES				
Parámetro	Expresado como	Extractante/Técnica/Norma	Resultado	Unid.
Sodio total	Na	MAR/A.A/NTC 5167	0.709	%
Zinc total	Zn	MAR/A.A/NTC 5167	0.02592	%
Potasio total	K ₂ O	MAR/A.A/NTC 5167	2.44	%
Calcio total	CaO	MAR/A.A/NTC 5167	11.71	%
Magnesio total	MgO	MAR/A.A/NTC 5167	0.738	%
Cromo total	Cr	MAR/A.A/NTC 5167	< 1.0	ppm
Cadmio total	Cd	MAR/A.A/NTC 5167	< 0.1	ppm
Plomo total	Pb	MAR/A.A/NTC 5167	< 0.5	ppm
Níquel total	Ni	MAR/A.A/NTC 5167	15.5	ppm
Mercurio total	Hg	MAO/A.A vapor frío/NTC 5167	N.D	ppm
Arsénico total	As	MAO/A.A generador de hidruros/NTC 5167	2.45	ppm

5C. RESPONSABLES POR LOS RESULTADOS DE ANALISIS INSTRUMENTALES			
Analista Instrumental	Aprobación Coordinador técnico y de servicios	Aprobación Coordinador Científico GIEM	Fecha de aprobación
<i>Amelia Yanett Ortiz</i>	<i>Aldo</i>	<i>Carlos Pelaez</i>	17/08/2023

OBSERVACIONES SOBRE COMPORTAMIENTO EN LA CARTA DE CONTROL

-Fin de la hoja-



PT-FO-02

PÁGINA 3 DE 5

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56
 Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230
 Email: grupogiem@udea.edu.co

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

	REPORTE DE RESULTADOS	
	CORPORACION DE PATOLOGIAS TROPICALES "PT" GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM Registro ICA N° LB0000152021.	Fecha inicio de elaboración reporte de resultados 21/09/2023




6-ANALISIS MICROBIOLÓGICOS
6A- CONVENCIONES PARA ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado	Conv	Significado
ufc	unidades formadoras de colonias.	NMP	número más probable	g	gramo	-	-	-	-

6B -RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

NMP Coliformes totales / g	NMP Coliformes fecales / g	Huevos de Helminthos viables / 4 g	Salmonella / 25 g	Enterobacterias u.f.c / g
< 3	< 3	0	Ausente	0,0E+00
Mesófilos u.f.c / g	Termófilos u.f.c / g	Mohos u.f.c / g	Levaduras u.f.c / g	
2,0E+05	1,2E+05	0,0E+00	0,0E+00	-

6C. RESPONSABLES POR LOS RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

Analista Microbiología	Aprobación Coordinador técnico y de servicios	Aprobación Coordinador Científico GIEM	Fecha de aprobación
			4/08/2023

OBSERVACIONES SOBRE COMPORTAMIENTO EN LA CARTA DE CONTROL

-Fin de la hoja-

PT-FO-02

PÁGINA 4 DE 5

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2-230-Email: serviciosgiem@udea.edu.co AA 1226 de Medellín

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56
Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230
Email: grupogiem@udea.edu.co

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

Anexo: 5 Cronograma de actividades

Actividades	Meses																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Elaboración ME Microorganismos eficientes - Fase Sólida	■																							
Elaboración ME Microorganismos eficientes - Fase Líquida		■																						
Disposición de los residuos en la compostera			■	■																				
Aplicación de ME Microorganismos eficientes en las Pilas					■																			
Medición de Variables					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Volteos					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Obtención de Resultados																								■
Análisis de Resultados																								■
Presentación de la investigación																								■
Escritura de artículo y someter a publicación																								■

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

Anexo: 6 Formato de Campo pila 114

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023										
Lugar:	Compostera Regional									
Pila Nro.	114									
Lote:	220923									
Peso Orgánico	21.450 kg									
Fecha	HORA	Temperatura en la pila							pH	Humedad
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Promedio Muestras		
3-oct	11:44	43,2	43,2	44,8	48,1	47,9	47,0	45,70	4	
4-oct	7:51	46,9	44,1	46,1	48,1	50,7	47,1	47,17	3,89	
6-oct	11:15	42,1	43,1	44,1	45,6	49,6	46,8	45,22	3,88	
9-oct	8:43	47,1	47,3	46,7	50,6	50,6	49,2	48,58	4,23	
10-oct	2:26	46,5	45,0	46,1	48,5	49,7	49,5	47,55	4,44	
13-oct	2:40	46,2	47,4	47,0	51,3	51,9	49,8	48,93	4,28	
16-oct	8:49	46,8	46,3	47,0	52,1	52,4	50,3	49,15	7,7	
19-oct	2:02	47,3	47,1	47,9	57,4	52,2	51,9	50,63	4,2	
23-oct	10:52	47,7	48,7	49,1	55,4	54,5	52,4	51,30	4,25	
25-oct	9:14	45,3	45,2	44,8	45,8	48,2	40,7	45,00	4,28	
30-oct	8:46	47,8	51,3	53,0	52,3	53,3	58,0	52,62	4,5	
6-nov	8:59	48,4	48,7	49,0	48,3	48,4	47,8	48,43	5	
10-nov	8:50	44,2	42,1	46,6	46	46,1	46,3	45,22	6,16	
13-nov	9:38	48,7	45,8	47,8	47,3	49,2	49,0	47,97	6,33	
16-nov	9:10	51,1	48,2	48,4	46,5	49,5	49,3	48,83	6,7	
20-nov	8:54	54,5	51,7	52,1	47,1	51,7	50,5	51,27	7,2	
4-dic	11:26	55,1	52,2	55,5	50,7	51,0	52,4	52,82	8,03	
5-dic	7:46	55,5	55,9	52,1	55,9	57,4	55,5	55,38	7,84	
18-dic	7:36	55,7	51,2	53,4	50,0	52,4	53,4	52,68	8,16	
23-dic	7:50	37,1	48,9	48,1	57,9	53,0	52,5	49,58	4,87	
29-dic	7:34	45,6	56,1	58,8	50,1	55,4	56,2	53,70	7,28	
30-dic	7:17	46,1	57,7	54,4	50,2	56,4	57,5	53,72	7,64	
2-ene	11:40	50,3	55,4	51,5	54,7	56,0	56,4	54,05	7,06	
5-ene	7:49	55,8	54,4	56,3	55,4	56,2	58,6	56,12	7,9	
10-ene	7:46	61,6	56,7	57,0	54,0	54,4	56,0	56,62	7,9	
Observaciones:										

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

Anexo: 7 Formato de Campo pila 115

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del											
Lugar:	Compostera Regional										
Pila Nro.	115										
Lote:	290923										
Peso Orgánico	12.670 kg										
Fecha	HORA	Temperatura en la pila								pH	Humedad
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Promedio Muestras			
3-oct	11:44	30,1	29,0	29,3	41,4	42,1	43,5	35,90	3,77		
4-oct	11:00	33,9	34,4	34,3	40,2	43,2	43,3	38,22	3,88		
6-oct	11:05	40,6	41,2	39,2	43,1	44,3	44,1	42,08	4,18		
9-oct	8:49	45,1	46,0	46,6	46,7	48,7	48,4	46,92	4,34		
10-oct	2:31	46,1	45,4	46,1	47,2	45,9	47,4	46,35	4,23		
13-oct	2:44	47,0	46,8	46,8	47,5	48,9	49,0	47,67	4,28		
16-oct	8:42	47,3	46,1	46,8	48,3	50,1	49,6	48,03	3,87		
19-oct	2:08	46,9	47,3	47,5	50,4	52,1	51,8	49,33	4,2		
23-oct	10:57	48,5	49,1	49,0	51,6	52,0	52,6	50,47	4,25		
25-oct	9:09	44,0	44,1	44,2	44,1	43,9	46,7	44,50	4,7		
30-oct	8:41	49,9	50,5	50,2	52,6	51,9	51,7	51,13	4,28		
6-nov	8:54	48,7	52,1	57,7	50,6	50,5	54,0	52,27	4,5		
10-nov	8:45	46,7	44,3	46,6	47,7	48,5	45,6	46,57	4,97		
13-nov	9:33	51,6	49,6	49,8	49,3	50,8	49,6	50,12	6,25		
16-nov	9:15	49,9	49,7	48,2	50	51,2	49	49,67	6,33		
20-nov	8:48	50,1	51,8	51,8	48,2	50,7	49,6	50,37	7,05		
4-dic	11:20	55,1	53,9	55,2	56,8	57,2	55,1	55,55	7,2		
5-dic	7:35	51,5	56,6	57,1	55,5	56,6	56	55,55	8,22		
18-dic	7:33	53,8	56,2	55,7	53,9	53,6	50,4	53,93	5,23		
23-dic	7:50	58,1	58,4	55,5	56,1	57,1	57,3	57,08	7,81		
29-dic	7:39	60,3	52,6	53,6	56,4	56	57,5	56,07	8,43		
30-dic	7:15	60,2	54,8	57,2	56,4	56,8	57,5	57,15	7,91		
2-ene	11:44	60,7	55,7	53,4	53	55,8	58,5	56,18	7,82		
5-ene	7:49	61,0	53,3	55,3	54,9	54,5	56,6	55,93	7,9		
10-ene	7:46	56,2	54,5	55,1	55,8	56,8	56,6	55,83	7,9		
Observaciones:											

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023

Anexo: 8 Formato de Campo pila Testigo

Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del										
Lugar:	Compostera Regional									
Pila Nro.	Testigo									
Lote:	61023									
Peso Orgánico	27.470 kg									
Fecha	HORA	Temperatura en la pila							pH	Humedad
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Promedio Muestras		
3-oct	11:44	28,3	28,5	32,3	32,7	32,6	47,3	33,6	3,5	
4-oct	11:00	36,3	43,1	35,4	34,9	31,8	33,9	35,9	3,66	
6-oct	11:05	35,6	46,6	38,5	39,2	34,2	35,2	38,22	3,79	
9-oct	8:49	44,2	43,2	44,7	35,5	42,6	42,3	42,08	3,8	
10-oct	2:31	46,2	47,5	48,1	48,3	45,9	47,4	42,45	3,82	
13-oct	2:44	48,6	48,6	49,1	49,3	48,9	49,0	45,4	3,94	
16-oct	8:42	51,8	55,2	51,3	51,3	50,1	49,6	43,2	4,2	
19-oct	2:08	51,5	54,3	52,7	51,8	52,1	51,8	47,45	4,25	
23-oct	10:57	54,3	56,4	55,3	56,1	52,0	52,6	48,9	4,2	
25-oct	9:09	54,2	54,4	53,7	54,3	43,9	46,7	48,9	4,28	
30-oct	8:41	55	57,7	53,3	54,3	51,9	51,7	52,4	4,31	
6-nov	8:54	50,7	57,2	55	54	50,5	54,0	52,58	4,35	
10-nov	8:45	41,4	48,6	49,7	47,8	48,5	45,6	55,53	4,86	
13-nov	9:33	46,1	49,6	49,7	47,8	50,8	49,6	54,15	4,97	
16-nov	9:15	45,6	45,9	48,9	46,8	51,2	49	55,08	5	
20-nov	8:48	56,1	56,3	56,3	53,2	50,7	49,6	54,23	4,54	
4-dic	11:20	54,3	60,1	64,4	61,4	57,2	55,1	46,88	6,33	
5-dic	7:35	61,6	62,5	63,6	63,6	56,6	56	48,3	7,5	
18-dic	7:33	63,5	61,3	63,3	62,9	53,6	50,4	46,8	7,8	
23-dic	7:50	60,3	62,4	63,6	60,1	57,1	57,3	55,48	7	
29-dic	7:39	60,8	58,9	57,3	57,1	56	57,5	60,05	7,6	
30-dic	7:15	60,2	54,8	57,2	56,4	56,8	57,5	62,83	7,8	
2-ene	11:44	60,7	55,7	53,4	53	55,8	58,5	62,75	7,8	
5-ene	7:49	61,0	53,3	55,3	54,9	54,5	56,6	61,6	8,11	
10-ene	7:46	56,2	54,5	55,1	55,8	56,8	56,6	58,53	8,11	
Observaciones:										

Teléfonos: 219 56 52, 219 56 09, 219 56

Calle 67 No. 53 -108 Ciudad Universitaria, Bloque 2 - 230

Email: grupogiem@udea.edu.co