



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

“Técnicas del compostaje para la elaboración de biofermentos de
origen sólido”.

AUTORA:

Ana Gabriel Romero Barco.

TUTOR:

Ing. Agrop. Álvaro Pazmiño Pérez, MSc.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2022

RESUMEN

El presente documento trata sobre las técnicas del compostaje para la elaboración de biofermentos de origen sólido. La técnica de compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. El producto de esta degradación recibe el nombre de Compost, el cual resulta de la degradación aeróbica de material o desechos de origen orgánico. Las conclusiones determinan que la mineralización y la recuperación del nitrógeno es más elevado en el compostaje aerobio con respecto al compostaje anaerobio; la composición de residuos sólidos urbanos para la elaboración de compost contuvo material degradable que incluían desperdicios de cocina, desperdicios de mercado, hojas, ramitas, pasto, papel, ropa, algodón, maderas, aserrín y otros desechos y las técnicas de compostaje con pilas estáticas y fosas de suelo para determinar el mejor método de manejo de residuos sólidos urbanos. El compostaje de fosas de suelo es el método de compostaje menos eficiente con respecto al compostaje de pilas estáticas.

Palabras claves: compostaje, microorganismos, compost.

SUMMARY

This document deals with composting techniques for the production of bioferments of solid origin. The composting technique can be defined as a biotechnique where it is possible to exercise control over the biodegradation processes of organic matter. The product of this degradation is called Compost, which results from the aerobic degradation of material or waste of organic origin. The conclusions determine that the mineralization and recovery of nitrogen is higher in aerobic composting compared to anaerobic composting; the composition of urban solid waste for composting contained degradable material that included kitchen waste, market waste, leaves, twigs, grass, paper, clothing, cotton, wood, sawdust and other waste and composting techniques with static piles and soil pits to determine the best method of handling urban solid waste. Soil pit composting is the least efficient composting method compared to static pile composting.

Keywords: composting, microorganisms, compost.

CONTENIDO

RESUMEN	ii
SUMMARY	iii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. Definición del tema caso de estudio.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.5. Fundamentación teórica.....	4
1.5.1. Generalidades del compostaje.....	4
1.5.2. Técnicas de compostaje	11
1.6. Hipótesis	22
1.7. Metodología de la investigación	22
CAPÍTULO II.....	22
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
2.1. Desarrollo del caso	22
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo).....	23
2.3. Soluciones planteadas	23
2.4. Conclusiones	24
2.5. Recomendaciones	24
BIBLIOGRAFÍA.....	25

INTRODUCCIÓN

La agricultura orgánica es un sistema de producción que propende por la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas, fundamentada en los procesos ecológicos y la biodiversidad adaptados a las condiciones locales, en lugar del uso de insumos con efectos adversos. Combina la tradición, innovación y la ciencia para beneficio del ambiente y la promoción de relaciones justas y una buena calidad de vida para todos aquellos que la practiquen (Luengas *et al.* 2017).

Los biofermentos son sustancias líquidas que ayudan a la nutrición de la planta, juegan un papel importante disminuyendo incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos, los microorganismos presentes colonizan la superficie de las plantas (Proaño 2015).

Es necesario destacar que los biofermentos son el producto de un proceso de fermentación de materiales orgánicos, que se origina a partir de la intensa actividad de microorganismos que se encuentran en la naturaleza de manera libre.

Dentro de este tipo de abonos, los caldos microbianos, biofermentos o bioles, se definen como mezclas fermentadas de diferentes materiales tales como estiércol vacuno, melaza, restos vegetales y sulfatos de elementos menores e incluso, en algunos casos se les adiciona cepas de determinados microorganismos con el fin de lograr su multiplicación. Dichos organismos, especialmente bacterias, una vez son incorporados a los suelos a través de los abonos, favorecen tanto la descomposición de la materia orgánica presente en el suelo, como la solubilización de elementos de la fracción mineral del mismo, haciéndolos más accesibles para ser tomados por las plantas (Luengas *et al.* 2017).

El compostaje se basa en la acción de diversos microorganismos aerobios, que actúan de manera sucesiva sobre la materia orgánica original, en función de

la influencia de determinados factores, produciendo elevadas temperaturas, reduciendo el volumen y el peso de los residuos y provocando su humificación y oscurecimiento (Nakasaki, 2005). Durante este proceso se han de controlar los distintos factores que aseguren la correcta proliferación microbiana y, por consiguiente, una adecuada mineralización de la materia orgánica (Moreno y Moral 2008).

Por lo expuesto, el presente documento trató de identificar las técnicas del compostaje para la elaboración de biofermentos de origen sólido.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento trata sobre las técnicas del compostaje para la elaboración de biofermentos de origen sólido.

El compostaje es un proceso de transformación natural de los residuos orgánicos mediante un proceso biológico de oxidación que los convierte en abono rico en nutrientes y sirve para fertilizar la tierra.

1.2. Planteamiento del problema

La mayoría de los agricultores utilizan productos químicos (fertilizantes sintéticos) para sus cultivos, lo que genera contaminación ambiental. Su uso indiscriminado, ligado a las malas prácticas agrícolas es muy grave, ocasionando de manera permanente la degradación de suelos, altos costos de producción y a su vez afecta la economía de los productores, provocando efectos negativos en los rendimientos.

Según lo detallado anteriormente y teniendo en cuenta dicha problemática, es necesario evaluar las diferentes técnicas del compostaje para la elaboración de biofermentos de origen sólido.

1.3. Justificación

Los biofermentos pueden variar en ingredientes, preparación, nutrientes que aportan al suelo y su función en éste, sin embargo, en todos ocurre el mismo proceso de transformación presentando una etapa de fermentación (oxidación),

caracterizada por ser el proceso más activo. Este es el que determina el avance en las posteriores etapas que se dan a largo plazo con la materia orgánica: descomposición, humificación y mineralización (Luengas *et al.* 2017).

En los cultivos, los biofermentos, además de nutrientes aportan vitaminas, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, antibióticos y una gran riqueza microbiana que contribuye a equilibrar dinámicamente el suelo y las plantas, haciéndose resistentes a plagas y enfermedades.

Por lo expuesto se justifica la presente investigación sobre las técnicas del compostaje para la elaboración de biofermentos de origen sólido.

1.4. Objetivos

General

Realizar el estudio de las técnicas del compostaje para la elaboración de biofermentos de origen sólido.

Específicos

- Identificar las diferentes técnicas del compostaje.
- Establecer qué tipo de biofermento sólido permite la mayor producción.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Generalidades del compostaje

“El compostaje es una técnica que genera enmiendas para mejorar la calidad de los suelos, también puede ser usado para degradar contaminantes del

suelo” (Gamboa y Montero 2021).

El compostaje lo define como la transformación biológica controlada de residuos orgánicos en condiciones aeróbicas, en otras palabras, en presencia de microorganismos como bacterias, hongos, actinomicetos y levaduras, además de la presencia de oxígeno. También la degradación de la materia orgánica conduce a la liberación de CO_2 , H_2O , calor, producción de minerales, biomasa y humus disponible para las plantas (Bermeo 2021).

Vallejo (2021) argumenta que la elaboración de compostaje se emplean varios tipos de residuos sólidos, como alimentos principalmente crudos y de origen vegetal siendo estas, pieles de patata, plátanos, frutas y verduras generando cambios en la humedad, temperatura y la relación carbono/nitrógeno. Existen otros tipos de residuos sólidos como el plástico.

“Los residuos sólidos explican que la situación en los países en desarrollo es preocupante porque tienen problemas para realizar una gestión adecuada y sus políticas no están orientadas a su rehusó o conversión en nuevos insumos como la elaboración de compost” (Gamboa y Montero 2021).

La mejora del compostaje de residuos sólidos por diferentes tipos para el crecimiento de hortalizas y reducción de los riesgos para la salud de cadmio y plomo, se examinó los efectos de los tipos de compostaje aerobio y anaerobio sobre el rendimiento vegetal, la mineralización, degradación de la materia orgánica a través del cultivo de hortalizas en un suelo arenoso durante 85 y 95 días. Concluyen que la mineralización y la recuperación del nitrógeno es más elevado en el compostaje aerobio con respecto al compostaje anaerobio (Bermeo 2021).

Son muchos los microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje; bacterias, hongos, actinomicetos, etc., las poblaciones se

sucedan durante la estabilización de la materia orgánica en función de la temperatura y el pH. Además, estos residuos contienen cantidades considerables de nitrógeno y fósforo que son mineralizables por los microorganismos. Así, el compost que se genera en el procesado de estos residuos suele tener un alto contenido en microorganismos y su aporte al suelo favorece su fertilidad al actuar sobre la eficiencia de los ciclos biológicos (ciclo del C, N, P y otros) y favorecer la movilidad de macro y micronutrientes (Pérez 2009).

El empleo como material para elaborar compost, a partir de desechos domésticos y a través de reacciones químicas se obtiene la poliamida (en el ámbito natural es la seda y lana) y el policarbonato, mientras que la composición de residuos sólidos para la elaboración de compost contuvo material degradable que incluían desperdicios de cocina, desperdicios de mercado, hojas, ramitas, pasto, papel, ropa, algodón, maderas, aserrín y otros desechos, entre el material no degradable incluía el plástico, caucho, ladrillos, vidrio, metales, baterías, huesos, cabellos, entre otros, tiene como efecto variaciones que se encuentran dentro de los parámetros óptimos establecidos en las propiedades físicas y químicas (Vallejo 2021).

“La transformación de la fracción orgánica de los residuos a través de técnicas de compostaje constituye un adecuado procedimiento de valorización de estos residuos, preferido frente a otras formas de gestión por eliminación como el vertido a vertedero y la incineración” (Pérez 2009).

Existe una variedad de nuevas aplicaciones en las técnicas de compostaje a partir de residuos sólidos que abarca el compostaje desde el análisis del tipo orgánico e inorgánico, sus condiciones operativas del tipo aerobio y anaerobio, los microorganismos que emplean para poder inocular el compostaje, además de las propiedades químicas, físicas y microbiológicas que se emplean durante el proceso de compostaje (Bermeo 2021).

El compostaje comienza cuando los restos orgánicos de animales y plantas se descomponen por la acción de los microorganismos que utilizan los azúcares, los hidratos de carbono y las proteínas de rápida asimilación. Debido a estas reacciones y a la cantidad de materia orgánica apilada, es mayor el calor que se genera que el que se pierde y por lo tanto la temperatura de la masa en compostaje aumenta. Se trata de un proceso aeróbico, porque, aunque están descritos procesos de degradación de la materia orgánica en estado sólido de forma anaerobia, la presencia de oxígeno es aconsejable para poder alcanzar temperaturas más altas, acelerar el proceso, eliminar olores y a la mayoría de agentes patógenos o parásitos molestos (Pérez 2009).

Gamboa y Montero (2021) comentan que el material biodegradable, compuesto principalmente por desechos de alimentos representa el 40% y el 70% de los residuos sólidos. En cambio, en Europa la situación es distinta, se emplea aproximadamente 200 instalaciones para la elaboración de compostaje, utilizando tecnologías que destinan 27% de sus residuos netamente a la producción del compostaje.

La mayoría de los residuos orgánicos biodegradables cuentan con suficientes microorganismos y variedad para su correcta fermentación, por lo que no es necesaria la inoculación para el caso de los lodos de depuradora y el de la materia orgánica procedente de la recogida selectiva de Residuos Sólidos. Además, estos residuos contienen cantidades considerables de nitrógeno y fósforo que son mineralizables por los microorganismos, los cuales actúan como nutrientes en la aplicación al suelo lo que, unido a tener un alto contenido en microorganismos, favorece su fertilidad, al actuar sobre la eficiencia de los ciclos biológicos (ciclo del C, N, del P, etc.) y la movilidad de macro y micronutrientes (Pérez 2009).

Se emplearon las técnicas de compostaje con pilas estáticas y fosas de

suelo para determinar el mejor método de manejo de residuos sólidos. El compostaje de fosas de suelo es el método de compostaje menos eficiente con respecto al compostaje de pilas estáticas (Bermeo 2021).

Vallejo (2021) considera que el compostaje aerobio necesita oxígeno para la descomposición de la materia orgánica además para el proceso rápido de crianza de los microbios emplean hongos termófilos como *Aspergillus*, *Mucor*, *Chaetomium*, *Humicola*, *Absidia*, *Sporotrichum*, *Torula* (levadura) y *Thermoascus*, además de bacterias termófilas (*Bacillus* y *Thermus*) y pocos actinomicetos como el *Streptomyces*, *Micropolyspora*, *Thermoactinomyces* *Thermomonospora*, en cambio el proceso de compostaje anaerobio se lleva a cabo sin la participación del oxígeno, para la descomposición de moléculas se emplearon como bacterias *Clostridium aceticum*, *Acetobacter woodii* y *Clostridium thermoautotrophicum*.

Una investigación tuvo como objetivo principal el evaluar las propiedades fisicoquímicas y la fitotoxicidad del compost elaborado a partir de diferentes materiales de desecho orgánicos procedentes de mercados locales, la metodología empleada fue del compostaje en pila con desechos de aserrín, paja de arroz y estiércol de cerdo en cuatro diferentes distribuciones, utilizaron como parámetros la temperatura, pH, nitrógeno, fósforo, potasio y la concentración de metales pesados, para su monitoreo fue a través de la prueba de germinación con extractos de agua de compost para evaluar la fitotoxicidad. Concluyeron que la elaboración de compostaje de residuos sólidos urbanos es una estrategia viable de gestión de residuos sólidos orgánicos promoviendo el cultivo de hortalizas para la seguridad alimentaria (Bermeo 2021).

Pérez (2009) destaca que el compostaje es un proceso microbiológico, aeróbico y termófilo de descomposición de residuos orgánicos en fase sólida y en condiciones controladas que consigue la transformación de un

residuo orgánico en un producto estable en mayor o menor grado, aplicable a los suelos como abono. Aunque en algunos casos se ha definido como un método para estabilizar residuos, en general es más correcto hablar de descomposición porque no siempre se puede asegurar que esta estabilización sea total.

Compost es enriquecer los suelos agrícolas con nutrientes, mejorar las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, es decir utilizarlo como mejorador de los suelos. En suelos cultivables, las adiciones de enmiendas orgánicas se utilizan para mejorar la fertilidad y propiedades del suelo como la agregación, capacidad de retención de agua y efecto residual de herbicidas y productos fitosanitarios. Por su parte, la mejora de condiciones físicas y químicas del suelo promueve un incremento de desarrollo de microorganismos que forman asociaciones simbióticas con diversas plantas, las que aumentan la eficiencia de absorción radical como el nitrógeno (Gamboa y Montero 2021).

Gamboa y Montero (2021) determinan que el manejo del proceso es importante para obtener un buen compost, por lo tanto, es necesario generar condiciones para que los microorganismos tengan un medio óptimo donde desarrollarse. Las condiciones que favorecen el desarrollo de microorganismos aeróbicos están dadas por la presencia de oxígeno, agua, temperatura y una nutrición balanceada. Hay otros factores como el pH, fuentes energéticas de fácil solubilización y la superficie de contacto, que también favorecen la proliferación de los microorganismos.

Los diferentes sistemas de compostaje de residuos pretenden conseguir en todos los casos una aireación óptima y llegar a las temperaturas termófilas, pero difieren en el grado en que consiguen sus objetivos. Un aspecto que no hay que olvidar es la eliminación de los microorganismos patógenos durante el proceso, ya que muchos de los residuos a compostar pueden

contenerlos, por lo que se considera un sistema efectivo aquel que además de transformar toda la materia, la ha sometido durante un tiempo suficiente a las condiciones consideradas como letales para los citados microorganismos. Si el compostaje es aeróbico y se realiza correctamente, las temperaturas que se alcanzan, junto con la competencia por los nutrientes, el antagonismo microbiano y los antibióticos producidos por algunos microorganismos favorecen la eliminación de la mayor parte de microorganismos patógenos presentes durante el proceso (Pérez 2009).

El compostaje es un proceso biológico aeróbico o anaeróbico, en el cual se utiliza microorganismos que ayudan con la descomposición de desechos orgánicos, el resultado de este proceso es un humus o abono orgánico que contribuye con la mejora de la calidad del suelo (Espinoza 2017).

La misma fuente indica que en las operaciones agrícolas tradicionales de pequeña escala, la mayor parte de los desechos orgánicos se descomponen y reciclan como fertilizante. El compost implica simplemente una aceleración de procesos naturales de mineralización de la materia orgánica (Espinoza 2017).

El compostaje, además de ser un método muy sencillo, tiene ventajas económicas y ecológicas Espinoza 2017 ..

Ventajas económicas:

- Reduce la cantidad de los desechos.
- Mejora las características físicas de estos y facilita su manipulación.
- La aplicación individual o a gran escala.
- La venta o uso del abono.
- Menor utilización de espacio.

Ventajas ecológicas:

- La mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo.

- Limita la demanda biológica de oxígeno de los desechos.
- El incremento de la actividad biológica.
- La disminución de cantidad de basura.
- La producción de abono orgánico que mejora la calidad del suelo.
- Reduce los agentes patógenos³⁰ de humanos, animales y plantas, eliminando las semillas de malas hierbas.

1.5.2. Técnicas de compostaje

Hay diferentes técnicas para compostar. Cada cual debe elegirla según el tipo de restos orgánicos de los que dispone, de la cantidad y de la relación entre esta y el tiempo que tarda en producirse.

La técnica de compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. El producto de esta degradación recibe el nombre de Compost, el cual resulta de la degradación aeróbica de material o desechos de origen orgánico (Gamboa y Montero 2021).

Las técnicas respirométricas SOUR y DRI están basadas en la medida e interpretación del consumo biológico de oxígeno, debido a la respiración aerobia, de una población microbiana bajo unas condiciones determinadas. Estas técnicas se empezaron a usar a mediados de los años sesenta como una medida alternativa a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en los tratamientos de aguas residuales, ya que las técnicas analíticas de DBO₅ y DBO₂₀ requieren demasiado tiempo. En los años setenta se empezó a utilizar en el control de procesos y, actualmente, son técnicas muy utilizadas para la caracterización de la biomasa, ya que permiten relacionar la velocidad de consumo de oxígeno con los parámetros cinéticos del crecimiento microbiano (Pérez 2009).

Campitelli *et al.* (2018) indica que el compostaje es una técnica que imita a la naturaleza para transformar -de forma más acelerada- todo tipo de restos orgánicos, en lo que se denomina compost o mantillo, que tras su aplicación en la superficie de nuestra tierra se ira asociando al humus, que es la esencia del buen vivir de un suelo saludable, fértil y equilibrado en la naturaleza.

Esta técnica se basa en un proceso biológico (lleno de vida), que se realiza en condiciones de fermentación aerobia (con aire), con suficiente humedad y que asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un alimento homogéneo y altamente asimilable por nuestros suelos. En este proceso biológico intervienen la población microbiana como son las Bacterias, Actomicetos, y Hongos que son los responsables del 95% de la actividad del compostaje y también las algas, protozoos y cianofíceas. Además, en la fase final de este proceso intervienen también macroorganismos como colémbolos, ácaros, lombrices y otros de otras muchas especies (Van Konijnenburg y Matarrese 2017).

Pérez (2009) estima que un respirómetro es un instrumento que consiste en un pequeño reactor biológico que sirve para medir velocidades de respiración aerobia de una población microbiana en unas determinadas condiciones. El respirómetro determina la cantidad de oxígeno consumida por unidad de tiempo y de volumen.

La comunidad científica europea considera a las técnicas respirométricas como una de las mejoras formas para la validación de la estabilidad de un compost o de una matriz orgánica sujeta a un tratamiento biológico. Los métodos respirométricos son normalmente utilizados en muchos estados europeos (Italia, Dinamarca, Reino Unido y Austria) y en Estados Unidos. Recientemente en Italia, se ha aprobado el método dinámico (UNI/TS 11184:2006) como norma oficial nacional y lleva varios años siendo

utilizado como referencia en algunas normativas regionales, por lo que goza de buenas expectativas a nivel para ser considerada como norma europea (Pérez 2009).

ATG

Junto con las técnicas respirométricas, entre las técnicas utilizadas, las determinaciones termogravimétricas son las más novedosas. Se han elegido los picos a 240 °C y 410 °C como los más característicos en los que ocurre pérdida de peso con mayor velocidad en la materia orgánica por diversos procesos (deshidratación del agua de constitución y calcinación del carbono) (Barrera *et al.* 2021).

El proceso de compostaje se divide tradicionalmente en dos fases: la fase activa y la fase de curado o maduración. La primera se caracteriza por una intensa actividad microbiológica provocando la descomposición de la mayoría del material biodegradable, la más fácilmente putrescible, en esta fase se producen los mayores consumos de oxígeno, también viene denominada como fase de bioxidación acelerada o fase ACT (Active Composting Time). La segunda fase, (etapa de humificación), está caracterizada por una ralentización del proceso metabólico y por la conversión de la materia orgánica remanente hasta sustancias húmicas (Pérez 2009).

Estudios demuestran que la técnica de la SOUR corrobora los resultados arrojados por el test de autocalentamiento. La diferente estabilización de estos sustratos depende del primero, el compost A, al tratarse de un compost sin periodo de maduración, tiene una máxima velocidad específica de consumo de oxígeno que se encuentra por encima de 6 mg O₂·gSV⁻¹·h⁻¹, lo que supone una biodegradabilidad claramente mayor, que el segundo inóculo ensayado, el compost tipo B, cuyo máximo valor de velocidad

específica de consumo de oxígeno se encuentra en torno a 1 mg O₂-gSV-1·h-1, con lo que el material se considera completamente estable (Jiménez *et al.* 2018).

DRI

La técnica del DRI (*Dynamic Respiration Index*) recrea el proceso a escala semiindustrial, y sus resultados pueden extrapolarse a escala completa al trabajar con grandes cantidades. En la Figura 168 se representa una comparativa del resultado respirométrico entre los dos compost ensayados y un detalle del ensayo para el compost con mayor actividad (el tipo A), en el que pueden observarse la evolución de las variables temperatura, oxígeno y caudal de aire. Este método corrobora, una vez más, la diferente estabilidad de los compost A y B (Iglesias 2016).

OUR

“Las diferencias de estabilidad para el compost A y el B, puestas de manifiesto con el método SOUR y DRI, se reproducen, aunque no tan acusadamente, al aplicar el método de la OUR en fase sólida” (Flores y Carranza 2016).

FORSU

“La inoculación sobre la FORSU durante un máximo de 24 horas no tuvo efecto apreciable sobre la humedad, materia orgánica total, pH y conductividad; por contra, afectó significativamente a los valores de Carbono orgánico total disuelto, amonio y alcalinidad” (Tixe y Ruiz 2018).

La FORSU presenta la mayor pérdida de peso a los 240°C y poca a los 410°C. Sin embargo, a medida que avanza el proceso de compostaje y la

estabilización del producto, la velocidad y cantidad de pérdida de peso es más parecida en ambos rangos de temperatura. La diferencia entre las velocidades de pérdida de peso a 240°C y 410°C podría ser un buen indicador del grado de estabilización, tendiendo a cero para los sustratos más estabilizados (Barrera *et al.* 2021).

Perdigón (2014) explica que se ha desarrollado un nuevo método para la determinación de forma simultánea de la capacidad de mineralización del carbono y del nitrógeno contenido en la materia orgánica por medio de una incubación aerobia de la suspensión que contiene dicha fuente orgánica. El método propuesto está basado en la determinación del consumo de oxígeno, monitorizado indirectamente a través de la caída de presión, método OUR, mientras que la determinación para conocer la mineralización del nitrógeno fue a través de la medida periódica del $\text{NH}_4^+ \text{-N}$, de la suspensión. La suspensión fue estandarizada respecto a la composición de nutrientes y pH y la incubación controlada bajo las condiciones deseadas.

Una vez más, se ha comprobado la eficacia de los métodos SOUR, OUR, y DRI, y del Test de Autocalentamiento, en este caso, para caracterizar el grado de estabilización de diferentes materiales y compost. Se ha ensayado una nueva técnica, termogravimetría ATG, que parece que también podría ser un buen indicador del grado de estabilización de un material. - La inoculación sobre FORSU durante un máximo de 24 horas de dos inóculos de diferente grado de estabilidad, no tuvo efecto apreciable sobre la humedad, materia orgánica total, pH y conductividad; por contra, afectó significativamente a los valores de Carbono orgánico total disuelto, amonio y alcalinidad. Este efecto fue directamente proporcional al tiempo de incubación de las muestras (Pérez 2009).

Compostaje aerobio

Se descomponen sustratos orgánicos en presencia de oxígeno. Los principales productos de la biodegradación son dióxido de carbono, agua y calor (Arce 2017).

Compostaje anaerobio

Arce (2017) expresa que la descomposición de sustratos orgánicos en la ausencia de oxígeno, por lo cual la producción de energía es mucho menor por masa de materia orgánica que en el compostaje aerobio. Los principales productos de la biodegradación son: metano, dióxido de carbono y numerosos productos intermedios de bajo peso molecular como ácidos y alcoholes, los cuales pueden producir malos olores.

Compost en superficie

Consiste en esparcir sobre el terreno (nunca enterrar, ni envolver), una delgada capa de material orgánico (de menos de 10 cm.), dejándolo descomponerse y penetrar poco a poco en el suelo. Según se va dando el proceso natural de incorporación al suelo se esparcen nuevos restos en un proceso continuo. Cuanto más desmenuzado esté más rápida será la absorción, pero también más rápidamente se perderán algunos nutrientes (Mendoza y Jerez 2021).

En zonas como las nuestra y en épocas no muy calurosas se puede depositar sin ningún tipo de protección. En situaciones de menor humedad ambiental y precipitaciones o altas temperaturas es mejor cubrirlos con una delgada capa de paja picada, hierba, coníferas, etc (Mendoza y Jerez 2021).

Para Mendoza y Jerez (2021) relata este compostaje se emplea fundamentalmente en los huertos y sirve de acolchado de la tierra que a su

vez impide la evaporación de humedad y el nacimiento de hierbas no deseadas e incluso protege de heladas en épocas frías. Los organismos vivos del suelo son los que irán dando buena cuenta de los restos esparcidos y se encargarán de incorporarlos en los diferentes niveles del suelo.

El compostaje en superficie tiene sus limitaciones de uso en huertos, pues algunos cultivos como las judías y las zanahorias no admiten bien este tipo de fermentación. Aun así, esta dificultad se puede superar con una adecuada distribución de las plantas y de este tipo de compostaje en el huerto (Mendoza y Jerez 2021).

Compost en montón

Cuando hay una cantidad abundante y variada de residuos vegetales y orgánicos (sobre 1m³ o superiores), se puede llevar a cabo este tipo de compostaje que a su vez tiene una gran cantidad de variantes y de las que os proponemos algunas (Petro 2016).

Compostaje de podas vegetales

Después de acumular restos vegetales de todo tipo, se trituran estos y se mantienen sumergidos en agua en alguna alberca o bidón, durante 24 o 48 horas –según grosor- Después se agrupan en montón de 2x2x1,5 m. y se mantiene durante 21 días. Posteriormente se deshace este montón y se vuelve a rehacer en forma piramidal de 2,2m de base por 1,6m de altura y la longitud que nos imponga la cantidad de residuos, y se cubre con 2 ó 3 cm. de tierra o arena y a su vez protegido por ramas o pinocha, durante al menos 90 días (Petro 2016).

Compostaje residuos vegetales y estiércol

Se trituran los residuos y se remojan durante 3 días. Se recolectan hierbas

aromáticas en toda la variedad posible y se remojan a su vez durante 24 horas. Después se hace un montón de capas alternas de 15 cm. de residuos vegetales, otra de estiércol de oveja o caballo y una tercera de las hierbas aromáticas. Se suceden esta serie de capas hasta alcanzar una altura de unos dos metros y se deja durante 21 días. Después se deshace y se vuelve a rehacer en forma piramidal de 2,2 m de base por 1,6 m de altura y se deja 90 días (Petro 2016).

Compostaje de coníferas

Se trituran las ramas y junto a las hojas se ponen a remojo durante siete días. Se sacan y se amontonan durante 21 días. Se deshace el montón y se vuelve a rehacer con forma trapezoidal de 2,2 m de base por 1,6 m de alto y 1,1 m de anchura menor, se cubre con una capa fina de tierra y otra superior de ramas y se mantiene durante 90 días. Resulta muy aconsejable regar periódicamente con purín de ortigas para activar la lenta descomposición (Petro 2016).

Compostaje de hojas

Se hace un montón con series de capas que comienzan con de 25 cm. de hojas, otra de dos dedos de ramas trituradas, se le monta otra de residuos de cocina o cortes de césped y después otra de hojas. Siempre la última capa será de hojas. Se cubre el montón con tierra para evitar que se vuelen las hojas y al cabo de un mes lo mezclaremos y airearemos (Petro 2016).

Compost en cajoneras o silos

Muy indicado para cantidades domésticas de residuos orgánicos de alimentos, jardín y pequeños huertos. Se pueden emplear compostadores comercializados de todos los tamaños y materiales o construirlos respetando unas sencillas indicaciones. Hay una variante de este compostaje (lombricultura o vermicompostaje), que se desarrolla con la

ayuda de una especie de lombriz denominada roja de California (*Eisenia foetida*) (Avelino 2013).

La cajonera o silo es muy sencilla de preparar. Un cajón hecho de cualquier tipo de material con un volumen suficiente como para contener todos los residuos orgánicos que vayamos produciendo durante al menos cuatro meses. No tiene fondo ya que es fundamental el contacto directo entre la tierra y los restos; deberá tener orificios de ventilación por todas sus caras. La parte superior la cubriremos para controlar mejor la humedad, aunque también conviene que tenga pequeños orificios de ventilación y entrada de algo de humedad ambiental; Por esta parte se verterán los residuos (Avelino 2013).

Una de sus caras laterales estará preparada para abrirse y poder acceder mejor al montón. En la parte inferior de este lateral incorporaremos una pequeña trampilla por donde poder sacar el compost ya preparado. El compostaje en estas cajoneras o silos puede funcionar de forma continúa respetando las condiciones de humedad y aireación que indicábamos más arriba (Avelino 2013).

El funcionamiento es muy simple. El olor desagradable (no confundirlo con el olor habitual de cada tipo de los restos orgánicos), nos indicará compactación, exceso o falta de humedad y falta de aireación que se resolverá volteando los residuos. Si observamos que comienzan a aparecer una coloración excesivamente blanquecina (presencia de gran cantidad de hongos filamentosos), estaremos ante un defecto de humedad que se resolverá remojando los residuos. Si tenemos cuidado de ir mezclando los residuos más acuosos con los menos acuosos y los más nitrogenados con los menos, nunca nos dará problemas (Avelino 2013).

Es conveniente que antes de asentar el compostador descastemos la vegetación de la base que vaya a ocupar. También al inicio de la actividad

es conveniente que pongamos sobre el suelo que previamente hemos desnudado de vegetación, unas ramas de arbustos delgadas para facilitar la aireación inicial y algo de compost maduro para acelerar la activación de la descomposición (Avelino 2013).

Hay otro tipo de compostaje en cajonera o silo basada en sucesivos volteos de los residuos. En alguno de ellos se utilizan dos o tres espacios en los que se van volteando y rehaciendo los montones de forma progresiva. En este sistema se necesitan residuos de mayor contenido en nitrógeno pues se va perdiendo en los sucesivos volteos Avelino 2013 ..

Composteros

“Existen gran variedad de composteros, desde los más sencillos hasta los más sofisticados. Si estás interesado en realizarlo de forma casera/doméstica, el uso de huacales, macetas o tambos, podrían ser excelentes opciones” (Paterlini *et al.* 2017).

Montículo o Pila

“Consiste en colocar los residuos orgánicos sobre el terreno y formar pilas y/o montículos, generalmente rectangulares” (Paterlini *et al.* 2017).

Hoyo o Fosa

“Se pueden construir fosas u hoyos de 2 a 3 metros de largo por 1.5 metros de profundidad y ancho. La elección del método será de acuerdo al volumen, cantidad y finalidad con la que se produzca la composta” (Paterlini *et al.* 2017).

Método del Agitado

Proceso donde el material de la mezcla a fermentar se mueve periódicamente; esto, con el fin de permitir entrada de oxígeno, controlar la temperatura y homogenizar el material; mientras que, en el método estático, el material permanece quieto y a través del él, se inyecta aire (Palacio *et al.* 2018).

Compostaje en Hilera

Antes de formar las hileras, se pre trata el material orgánico mediante trituración (tamaños entre 10 y 12 mm de largo) y cribación (limpieza a partir de mallas), hasta que se obtiene un tamaño de partícula aproximadamente de 2.5 a 7.5 cm y un contenido de humedad entre 50 a 60%. El ancho y alto de las hileras depende del tipo de equipamiento (manual, semiautomático o automático) a utilizar para voltear los residuos fermentados (Palacio *et al.* 2018).

Un sistema rápido de compostaje en hileras emplea normalmente de 2 m a 2.30 m de altura y 4.5 m a 5 m de ancho por cada una de ellas, el material se voltea hasta dos veces por semana, mientras la temperatura se mantiene aproximadamente a 55°C; la fermentación completa puede obtenerse en tres o cuatro semanas, después del periodo de volteo, se deja el compost para curarse o en su etapa de maduración durante el mismo tiempo sin volteo. En un sistema de mínimo rendimiento se utiliza una pala para voltear la hilera una vez al año, esto podría funcionar, pero tardaría de 3 a 5 años en completarse la descomposición y emitiría olores desagradables, puesto que algunas partes serían anaerobias (Palacio *et al.* 2018).

Pila Estática Aireada

“Este sistema fue originalmente desarrollado para el compostaje aerobio de fangos de aguas residuales; sin embargo, se puede utilizar para fermentar una amplia variedad de residuos orgánicos, incluyendo los de jardín o aquellos sólidos urbanos previamente separados” (Palacio *et al.* 2018).

1.6. Hipótesis

Ho= Técnicas del compostaje para la elaboración de biofermentos de origen sólido.

Ha= Técnicas del compostaje para la elaboración de biofermentos de origen sólido.

1.7. Metodología de la investigación

Para la elaboración del documento se recopiló información de textos actualizados, revistas, bibliotecas virtuales y artículos científicos que contribuyeron al desarrollo del presente documento que sirvió como componente práctico del trabajo de titulación.

La información obtenida fue parafraseada, resumida y analizada a fin de obtener información relevante de las técnicas del compostaje para la elaboración de biofermentos de origen sólido.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El presente documento trata sobre las técnicas del compostaje para la elaboración de biofermentos de origen sólido.

La técnica de compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. El producto de esta degradación recibe el nombre de Compost, el cual resulta de la degradación aeróbica de material o desechos de origen orgánico

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

Los residuos sólidos explican que la situación en los países en desarrollo es preocupante porque tienen problemas para realizar una gestión adecuada y sus políticas no están orientadas a su rehusó o conversión en nuevos insumos como la elaboración de compost

El método OUR sólo genera una velocidad media de consumo de oxígeno. El método del DRI se puede utilizar para evaluar las necesidades de aire en una planta de compostaje para compostar un material con un IRD conocido. Esta estimación aplicada a dos casos reales ha sido contrastada, prediciéndose el déficit de aire encontrado y el exceso de aireación utilizado (en este caso impuesto para bajar artificialmente la temperatura de fermentación).

2.3. Soluciones planteadas

El compost con sus respectivas técnicas permite enriquecer los suelos agrícolas con nutrientes, mejorar las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, para utilizarlo como mejorador de los suelos.

Buscar alternativas que promuevan técnicas económicamente rentables, que permitan obtener el compost en menor tiempo y con múltiples beneficios para los agricultores.

2.4. Conclusiones

Como conclusión tenemos que la mineralización y la recuperación del nitrógeno es más elevado en el compostaje aerobio con respecto al compostaje anaerobio.

La composición de residuos sólidos para la elaboración de compost contuvo material degradable que incluían desperdicios de cocina, desperdicios de mercado, hojas, ramitas, pasto, papel, algodón, maderas, aserrín, paja de arroz y estiércol de cerdo y otros desechos.

El compostaje anaerobio es la técnica de compostaje más adecuada para la elaboración de biofermentos, debido a que la descomposición de sustratos orgánicos en la ausencia de oxígeno y se requiere de una temperatura de 50 y 70°C.

Las técnicas de compostaje con pilas estáticas sirven para determinar el mejor método de manejo de residuos sólidos. El compostaje de fosas de suelo es el método de compostaje menos eficiente con respecto al compostaje de pilas estáticas.

2.5. Recomendaciones

Por eso se recomienda lo siguiente:

Fomentar sobre nuevas aplicaciones de técnicas de compostaje, para mejorar la calidad de productos en el sector agrícola.

Detallar otra documentación bibliográfica referente al compostaje anaerobio como método de biofermentos.

Promover para que se identifique una técnica que permita ser económica y eficiente y beneficie a los agricultores.

BIBLIOGRAFÍA

- Arce, T. S. 2017. Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos. *Revista de Investigación Universitaria*, 3(2).
- Avelino Carhuaricra, CG 2013. Uso del compost para el mejoramiento de las propiedades físicoquímicas de los suelos de cultivo en Jicamarca-SJL.
- Barrera-Calva, E., González, F., Hernández-Pérez, C. D., Martínez, G., Huerta-Arcos, L., Rosas-Cedillo, R., Rentería-Tapia, V. 2021. Maderas de zonas áridas de México, poder calorífico por ATG-ATD y mediante bomba calorimétrica. *Madera y Bosques*, 27(3).
- Bermeo García, C. I. 2021. Aplicaciones actuales en las técnicas del compostaje a partir de residuos sólidos urbanos. Revisión sistemática 2021.
- Bermeo García, C. I. 2021. Aplicaciones actuales en las técnicas del compostaje a partir de residuos sólidos urbanos. Revisión sistemática 2021.
- Campitelli, P. A., Ceppi, S. B., Velasco, M. I., & Rubenacker, A. I. 2018. Manual práctico de compostaje.
- Espinoza Gracia, I. F. 2017. *Identificación, reproducción e inoculación de hongos del suelo del Parque Metropolitano Guanguiltagua en eucalipto Utilizando técnicas de compostaje* (Doctoral dissertation, Universidad Internacional SEK).
- Flores, MA y Carranza, CC 2006. Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. *Revista del Instituto de investigación de la*

- Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas* , 9 (17), 75-84.
- Gamboa, R. E. A., & Montero, J. C. B. 2021. Elaboración de abonos orgánicos mediante dos técnicas de compostaje en mercados del cantón La Troncal. *SATHIRI*, 16(1), 144-154.
- Gamboa, R. E. A., & Montero, J. C. B. 2021. Elaboración de abonos orgánicos mediante dos técnicas de compostaje en mercados del cantón La Troncal. *SATHIRI*, 16(1), 144-154.
- Iglesias Jiménez, E. 2016. Métodos y parámetros para evaluar la madurez del compost.
- Jiménez, El, Silva, MTB y Egea, FCM 2018. 11. Indicadores de la estabilidad y madurez del compost. *Compostaje* , 243.
- Luengas, A. P; Trujillo, M. M. P; Zambrano, I. C. C; Gómez, L. C. A. 2017. Evaluación de un biofermento de preparación local para el abonamiento orgánico del tomillo (*Thymus vulgaris*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y orégano (*Origanum vulgare*). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 7(1), 10-31.
- Mendoza Carvajal, C. E., & Jerez Rueda, S. F. 2021. Transformación de residuos de palma africana en compost joven mediante la técnica de compostaje con catalizadores enzimáticos para disponer en superficie del cultivo.
- Moreno Casco, J; Moral Herrero, R. 2008. *Compostaje*. Mundi-Prensa Libros.
- Palacio, F., Vergara, P. A., & Giraldo, S. 2018. Estrategia productiva para uso alternativo del compost en la Escuela de Aviación Policial. *Ciencias Agropecuarias*, 4(2), 46-46.
- Paterlini, H., González, M. V., & Piconi, L. 2017. Comparación de técnicas para compostar cama de pollo. *Ciencia del suelo*, 35(2), 385-394.
- Perdigón, L. A. R. 2014. *Viabilidad técnica para producción de biogás a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos–FORSU* (Bachelor's thesis, Universidad EAN).
- Pérez, M. 2009. *Estudio y desarrollo de técnicas respirométricas para el control de la estabilidad del compost*. Universidad de Córdoba, Servicio de Publicaciones.

- Petro, A. S. 2016. La compostación de los residuos sólidos orgánicos. *Revista Ambiental ÉOLO*, 5(10), 4-4.
- Proaño, A. V. 2015. Evaluación del uso de biofermento de harinas con aplicación foliar y al suelo en tres tipos de lechuga.
- Tixe Paucar, M. V., & Ruiz Tandazo, B. J. 2018. *Efecto del porcentaje de poda sobre el proceso de compostaje de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU) del Relleno Sanitario de Porlón* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Vallejo Muñoz, C. F. 2021. *Diseño e implementación de un proceso de tratamiento de residuos orgánicos mediante técnicas de compostaje en la Universidad San Francisco de Quito* (Bachelor's thesis, Quito).
- Van Konijnenburg, AA y Matarrese, TAC 2017. Agricultura orgánica El compost. *Material didáctico del INTA* .