

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ESTANDARIZACIÓN DEL
COMPOSTAJE PRODUCIDO A PARTIR DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS Y
DE PODA GENERADOS EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD ECCI
UBICADA EN BOGOTÁ, AUTOPISTA NORTE, CALLE 170.**

TANIA DANIELA RINCON ROZO

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
PROGRAMA TECNOLOGIA EN DESARROLLO AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.
2021**

Elaboro:

Fecha:

Reviso:

Fecha:

Aprobó:

Fecha:

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ESTANDARIZACIÓN DEL
COMPOSTAJE PRODUCIDO A PARTIR DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS Y
DE PODA GENERADOS EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD ECCI
UBICADA EN LA 170.**

TANIA DANIELA RINCON ROZO

Proyecto de Investigación

FRANK GARCIA
Ingeniero Agrícola
Director Proyecto de Investigación

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
PROGRAMA INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.

2021

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 6 |
| 1.1 Descripción del problema | 6 |
| 1.2 Formulación del problema | 7 |
| 2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 7 |
| 2.1. Objetivo general | 7 |
| 2.2. Objetivos específicos | 7 |
| 3. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 8 |
| 3.1. Justificación | 8 |
| 3.2. Delimitación | 9 |
| 4. UBICACIÓN | 11 |
| 5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN | 12 |
| 5.1. Marco teórico | 12 |
| 5.2 Marco conceptual | 16 |
| 5.3 Marco Legal | 18 |
| 5.4. Marco Histórico | 19 |
| 6. TIPO DE INVESTIGACIÓN | 21 |
| 7. DISEÑO METODOLÓGICO | 22 |
| 8. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN | 38 |
| 8.1. Fuentes primarias | 38 |
| 8.2. Fuentes Secundarias | 38 |
| 9. RECURSOS | 39 |
| 10. CRONOGRAMA | 42 |
| 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 44 |
| 11.1 Primera caracterización | 44 |
| 11.2 Estandarización | 48 |
| 11.3 Segunda Caracterización | 50 |
| 11.4 Tercera caracterización | 56 |
| 11.5. Diagrama de procesos | 61 |
| 11.6 Observaciones | 62 |
| 12. CONCLUSIONES | 67 |
| 13. RECOMENDACIONES | 68 |
| 14. REFERENCIAS (BIBLIOGRAFIA) | 69 |

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

TABLA DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| ILUSTRACIÓN 1.MAPA DE BOGOTÁ, UNIVERSIDAD ECCI CAMPUS 170.. | 11 |
| ILUSTRACIÓN 2. DISEÑO METODOLÓGICO DEL PROYECTO, CARACTERIZACIÓN DEL COMPOST PRODUCIDO EN LA PLANTA DE COMPOSTAJE DE LA UNIVERSIDAD ECCI EN LA 170..... | 22 |
| ILUSTRACIÓN 3.HUMEDAD..... | 25 |
| ILUSTRACIÓN 4. TEMPERATURA..... | 26 |
| ILUSTRACIÓN 5. PH..... | 26 |
| ILUSTRACIÓN 6. MATERIA ORGÁNICA..... | 27 |
| ILUSTRACIÓN 7. CARBONO ORGÁNICO..... | 28 |
| ILUSTRACIÓN 8. NITRÓGENO..... | 29 |
| ILUSTRACIÓN 9. DENSIDAD REAL..... | 30 |
| ILUSTRACIÓN 10. DENSIDAD APARENTE..... | 30 |
| ILUSTRACIÓN 11. CA Y MG..... | 31 |
| ILUSTRACIÓN 12. FOSFORO..... | 32 |
| ILUSTRACIÓN 13. CA Y MG..... | 33 |
| ILUSTRACIÓN 14. AZUFRE..... | 34 |
| ILUSTRACIÓN 15. ALUMINIO INTERCAMBIABLE..... | 34 |
| ILUSTRACIÓN 16. NITRÓGENO AMONIACAL..... | 35 |
| ILUSTRACIÓN 17. COBRE..... | 36 |
| ILUSTRACIÓN 18. KIT ANÁLISIS DE SUELOS..... | 37 |
| ILUSTRACIÓN 19. PRIMERA CARACTERIZACIÓN, MUESTRA 1..... | 47 |
| ILUSTRACIÓN 20. PRIMERA CARACTERIZACIÓN, MUESTRA 2..... | 47 |
| ILUSTRACIÓN 21. ESTANDARIZACIÓN, MUESTRA 1..... | 49 |
| ILUSTRACIÓN 22. ESTANDARIZACIÓN, MUESTRA 2..... | 49 |
| ILUSTRACIÓN 23. SEGUNDA CARACTERIZACIÓN, MUESTRA 1..... | 53 |
| ILUSTRACIÓN 24. SEGUNDA CARACTERIZACIÓN, MUESTRA 2..... | 53 |
| ILUSTRACIÓN 25. PRIMERA CARACTERIZACIÓN VS SEGUNDA CARACTERIZACIÓN, MUESTRA 1..... | 54 |
| ILUSTRACIÓN 26. PRIMERA CARACTERIZACIÓN VS SEGUNDA CARACTERIZACIÓN, MUESTRA 2..... | 55 |
| ILUSTRACIÓN 27. TERCERA CARACTERIZACIÓN, MUESTRA 1..... | 58 |
| ILUSTRACIÓN 28. TERCERA CARACTERIZACIÓN, MUESTRA 2..... | 58 |
| ILUSTRACIÓN 29. COMPARACIÓN DE LAS TRES CARACTERIZACIONES, MUESTRA 1..... | 59 |

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

| | |
|---|----|
| ILUSTRACIÓN 30.COMPARACIÓN DE LAS TRES CARACTERIZACIONES, MUESTRA 2..... | 60 |
| ILUSTRACIÓN 31.DIAGRAMA DE PROCESOS COMPOSTAJE Y ESTANDARIZACIÓN, UNIVERSIDAD ECCI CAMPUS 170..... | 62 |
| ILUSTRACIÓN 32. COMPARACIÓN MUESTRAS FINALES.. | 65 |

TABLA DE TABLAS.

| | |
|---|--------------------------------------|
| TABLA 1. MARCO LEGAL | 18 |
| TABLA 2. DISEÑO METODOLÓGICO..... | 23 |
| TABLA 3. MÉTODOS Y CLASIFICACIÓN, PARA CARACTERIZACIÓN..... | 25 |
| TABLA 4. RECURSOS HUMANOS..... | 39 |
| TABLA 5. RECURSOS FÍSICOS | 39 |
| TABLA 6. RECURSOS ECONÓMICOS..... | 40 |
| TABLA 7. PRIMERA CARACTERIZACIÓN | 46 |
| TABLA 8. ESTANDARIZACIÓN..... | 49 |
| TABLA 9.SEGUNDA CARACTERIZACIÓN | 52 |
| TABLA 10. TERCERA CARACTERIZACIÓN..... | ¡Error! Marcador no definido. |

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ESTANDARIZACIÓN DEL COMPOSTAJE PRODUCIDO A PARTIR DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS Y DE PODA GENERADOS EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD ECCI UBICADA EN LA 170.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.Descripción del problema

En el campus de la universidad ECCI ubicado en la autopista norte con calle 170, se desarrolla el proyecto de implementación de una planta de compostaje, estructurando un nuevo enfoque de funcionamiento, ya que allí se generan gran cantidad de residuos lignocelulósicos, procedentes de corta de césped y poda de árboles, los cuales se deben desechar de manera adecuada, buscando contribuir al medio ambiente con diversas estrategias, en la realización de una gestión eficiente de los residuos orgánicos.

Por ello en la planta actual de compostaje se reunían en forma de pila, pero no se realizaba un control del producto final, de acuerdo con ello un proceso de compost realizado de forma adecuada con este tipo de residuos se puede llegar a un producto que aporte fertilidad al suelo, potenciando la calidad de los mismos. De acuerdo a lo anterior, se debe tener claridad sobre los parámetros físico químicos presentes en el material orgánico y cómo éste, va variando hasta llegar a su descomposición final; de esta manera comprábamos la calidad del producto.

Sin embargo, no se tiene claridad sobre la calidad del abono orgánico producido, ya que, no se ha realizado una debida caracterización, la cual permita evaluar y tener una idea clara sobre sus posibles saturaciones o déficit de los deferentes componentes tanto físicos, como químicos, por ello se busca establecer una curva de estas propiedades que nos permita comprender su calidad y posible uso del abono orgánico aprovechable en el campus.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

1.2. Formulación del problema

¿Las características fisicoquímicas actuales del compost que se produce en el campus de la universidad ECCI, ubicado en la autopista norte 170, de Bogotá cumplen con las condiciones óptimas para su posible uso como abono orgánico?

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Objetivo general

Realizar caracterización fisicoquímica y estandarización, para evaluar si el compostaje producido en el campus de la Universidad ECCI sede norte, autopista 170, de Bogotá, presenta las condiciones aptas permitiendo un aprovechamiento como abono orgánico de estos residuos en los procesos agrícolas.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar el grado de deficiencia o suficiencia de los nutrientes asociados al compostaje producido a partir de residuos lignocelulósicos.
Estandarizar las variables y el proceso de producción del compostaje para cumplir con los criterios requeridos para uso como abono orgánico, en procesos de fertilización para huerta y producción en vivero.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

3. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Justificación

La pérdida de suelos fértiles es un problema que ha afectado gravemente la producción natural de los diferentes alimentos que consumimos, debiéndose en parte a la calidad del suelo y a las falencias nutritivas que éste presenta a la hora de la siembra. Haciéndose entonces necesaria una evaluación más consiente de la propiedad y la materia en la que se está produciendo alimento, de acuerdo a esto, a diario se desecha una gran cantidad de residuos orgánicos, per cápita, sin darles un uso adecuado y aprovechamiento eficiente, devolviendo desde luego este material al suelo, como parte de su materia orgánica necesaria.

Residuos que son producidos naturalmente como la hojarasca o en actividades cotidianas como lo es la corta de césped; contienen un aporte interesante de componentes húmicos que mezclados con los residuos orgánicos resultan generando nutrientes que pueden contribuir a mejorar las condiciones de fertilidad del suelo; por tanto, este tipo de productos como el abono orgánico posee unas características especiales, que deben ser analizadas por medio de parámetros fisicoquímicos.

El campus de la Universidad ECCI, genera y recolecta este tipo de residuos orgánicos por medio de pilas: sin embargo, no se está realizando una caracterización debida, de acuerdo a los componentes que están aportando al proceso compostaje; y así conocer la eficiencia real del abono orgánico que se produce y sus posibles usos y aprovechamientos en los procesos agrícolas del campus.

Realizando este tipo de investigación se logra conocer los factores actuales y las condiciones que deben ser modificadas para alcanzar la calidad del compost, consecuente con esto, la caracterización permitirá tener cimientos claros que nos permitan conocer que parámetros fisicoquímicos son necesarios y qué se puede mejorar u optimizar de los procesos actuales,

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

en la elaboración y producción de compost, aprovechando al máximo los residuos orgánicos disponibles en el allí, en pro del ambiente.

3.2.Delimitación

- El proyecto está planificado en un lapso de 4 meses, iniciando en el mes de julio y terminando en el mes de noviembre.
- El estudio abarca plenamente la evaluación de las características fisicoquímicas adecuadas para el uso del compost como abono orgánico, en huerta y vivero.
- De acuerdo con los usos previamente establecidos del compost y con forma o el manual de compostaje de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), se determina que los parámetros más relevantes en el proceso de caracterización, producción y uso del compost son:

| | |
|---|--|
| A. Humedad (%) | Laboratorio ECCI – método gravimétrico, horno eléctrico 105°C |
| B. Temperatura (°C) | Laboratorio ECCI - equipo Hanna 210 |
| C. pH (potencial de hidrogeno) | Laboratorio ECCI - equipo Hanna 210 |
| D. Contenido de materia orgánica | Laboratorio ECCI - método calcinación y cuantificación gravimétrica, horno 540°C |
| E. Carbono Orgánico (C) | Laboratorio ECCI - método Walkley - Black |
| F. Nitrógeno (N) | Laboratorio ECCI – método por carbono orgánico. |
| G. Relación (C: N) | Laboratorio ECCI – método proporciones Carbono / Nitrógeno |
| H. Densidad real y aparente (kg/m³) | Laboratorio EXTERNO – sugerencia, método picnómetro y terrón parafinado. |

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Del mismo modo y de acuerdo con la materia prima a usar (hojarasca y residuos de la corta de césped), se determinó necesaria la caracterización los siguientes parámetros.

| | |
|-------------------------|--|
| I. Calcio (Ca) | Laboratorio ECCI - kit de análisis de suelos; indirecta conductividad |
| J. Potasio (K) | Laboratorio ECCI - kit de análisis de suelos |
| K. Fosforo (P) | Laboratorio ECCI - kit de análisis de suelos |
| L. Sodio (Na) | Laboratorio EXTERNO – sugerencia, indirecta conductividad |
| M. Magnesio (Mg) | Laboratorio EXTERNO - método cuantificación por complejométrica, indirecta conductividad |
| N. Azufre (S) | Laboratorio EXTERNO - método cuantificación turbidimetría, indirecta conductividad |

Adicional a esto se determinaron componentes que deben estar controlados en el abono:

| | |
|-----------------------------------|--|
| O. Aluminio Intercambiable | Laboratorio ECCI – método por titulación |
| P. Nitrógeno amoniacal | Laboratorio ECCI - kit de análisis de suelos |
| Q. Cobre (Cu) | Laboratorio EXTERNO – sugerencia, método cuantificación por extracción atómica |

Con los ítems anteriores, establecen 17 parámetros totales, de los cuales se efectúa la medición de 12 parámetros, adicional un parámetro el cual es la conductividad para generalizar y tener una base de medición de los componentes que generan sales solubles como sodio, magnesio y azufre, de los cuales 5 se sugieren para posibles pruebas de laboratorio externo, revisar metodologías completas en Tabla 3. Métodos y clasificación, para caracterización.

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

4. UBICACIÓN

- La presente investigación aplica para el compost producido en el campus de la Universidad ECCI ubicado en la 170.



Ilustración 1. Mapa de Bogotá, Universidad ECCI Campus 170.
Fuente: Google Earth, 2020.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

5.MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Marco teórico

El compostaje es un proceso complejo el cual requiere la descomposición de desechos orgánicos el inicia al momento en que los éstos son generados, para posteriormente adecuarlos a condiciones naturales los microorganismos y macroorganismos, los inician el rompimiento el material orgánico en partículas de menor tamaño, elevando la temperatura para generar un producto final estable, libre de patógenos, de este modo el producto del proceso puede ser aprovechado de forma benéfica al suelo para generar características fertilizantes. (Chen, de Haro Marti, Moore, & Falen, 2011).

Existen varios parámetros fisicoquímicos que se pueden controlar en una pila de compost dentro de los más importantes se encuentran: “el tamaño del material a compostar: ideal entre 1 y 5 cm, relación entre carbono y nitrógeno (C: N), aireación, humedad: entre un 40 y un 60%, temperatura: entre 35 y 65°, esto dependiendo de la fase en que se encuentre, Demanda Química de Oxígeno (DQO),” para conocer el oxígeno que están usando los microorganismos.

Del mismo modo los nutrientes en el suelo se dividen en macro- y micro- nutrientes, en función de las cantidades que la planta requiere, estableciendo parámetros estándar, en este caso los macronutrientes primarios son Nitrógeno, Fósforo y Potasio, y los secundarios son Magnesio, Azufre y Calcio. Los micronutrientes son requeridos en cantidades muy pequeñas, pero generalmente son importantes para el metabolismo vegetal y animal. (Ricardo, M. 2004).

El proceso de compostaje tarda aproximadamente entre cuatro a seis meses, en las cuales se desarrollan las siguientes fases:

Fase de latencia y crecimiento: Se trata de un lapso de tiempo en que los microorganismos se aclimatan a su nuevo medio, para poder desarrollar, el inicio de su multiplicación y colonización

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

en los residuos a descomponer, de este modo se comienza a calentar la pila de residuos y se observa la emanación de vapor de agua en la parte superior de la materia vegetal.

Fase termófila: Posterior a la fase de latencia y como consecuencia de la intensa actividad de las bacterias y el aumento de la temperatura alcanzado en la pila de residuos, se genera una descomposición más eficiente y la aparición de organismos termófilos (bacterias y hongos); produciendo una rápida degradación de la materia orgánica presente, así con el paso del tiempo disminuye la actividad biológica y se estabiliza la pila.

Fase de maduración: De acuerdo a lo anterior, en este punto la pila ya ha sido degradada en gran medida por lo tanto se entra a un período de fermentación lenta en el que la parte menos biodegradable (el material más resistente) de la materia orgánica se va degradando y paralelo a ello, la temperatura de la pila va disminuyendo lentamente al igual que la actividad de las bacterias. (Sancho, 2008).

En efecto el compostaje es un proceso complejo el cual necesita el control de diferentes parámetros; adicional a un monitoreo prudente que permita asegurar factores como la aireación que permitir la respiración de los microorganismos, Así mismo, la humedad y temperatura son parámetros estrechamente vinculados a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y la temperatura para su desarrollo, de este modo también se logra controlar que el material se compacte o se encharque (Román P., Martínez M., Pantoja A., 2013).

Del mismo modo factores como el pH definen las etapas y avance del proceso de descomposición, así mismo “la relación carbono nitrógeno permite garantizar la nutrición del organismo descomponedores ya que estos utilizan el carbono para conseguir energía y el nitrógeno” para la síntesis de proteínas, de allí la importancia de mantenerlos en las proporciones adecuadas para mantener un buen proceso de composteo. (González & Olvera, 2014).

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Desde una perspectiva general es esencial determinar la relevancia de algunos agentes químicos esenciales en la producción de abono orgánico, ya que como se venía mencionando permite el buen funcionamiento del compostaje, los nutrientes en el suelo, por ejemplo, se dividen en macro- y micro- nutrientes, los cuales absorbe la planta en función a las cantidades que requiera para su crecimiento.

Los principales nutrientes que se pueden encontrar son los “macronutrientes primarios Nitrógeno, Fósforo y Potasio, y los secundarios son Magnesio, Azufre y Calcio.” Los micronutrientes son requeridos en cantidades muy pequeñas, pero generalmente son importantes para el metabolismo vegetal y animal, del mismo modo se requieren mantener dentro de los rangos necesarios para no saturar la planta y causar su muerte, estos son el hierro, el zinc, el manganeso, el boro, el cobre, el molibdeno y el cloro. (Román P., Martínez M., & Pantoja A., 2013).

En proporción con esto “la producción de composta y su aplicación cuenta con ventajas económicas y ambientales por lo que se recomienda extender su aplicación en la agricultura”, además de promover y contribuir a la conservación de áreas verdes y la conservación de suelos en el territorio. (González & Olvera, 2014).

SISTEMAS DE COMPOST

Cerrados:

- El sistema de compostaje en reactores.

Este tipo de sistema consiste principalmente en un proceso de fermentación aerobia controlada, dentro de un contenedor cerrado sin mover la pila de material orgánico, sin embargo, también requiere de un monitoreo constante.

Abiertos:

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

- Sistema de pilas dinámicas ventiladas

Para este proyecto se espera realizar este tipo de proceso, ya que este adquiere los desechos de materia orgánica y se disponen en grandes pilas que las cuales requieren un proceso de volteo regular, esto para asegurar que sean oxigenadas, (con palas excavadoras o, mejor, con volteadoras especializadas), de este modo se asegura la estabilidad del proceso aerobio, además de evitar encharcamientos y malos olores por exceso de humedad.

Las pilas deben tener sección triangular o trapezoidal. Sus dimensiones vienen dadas principalmente por la superficie disponible en el lugar de tratamiento y el volumen de desechos producidos a procesar, sin embargo, deben ser adecuadas para garantizar una buena conservación del calor generado durante el proceso. (Centro tecnologico nacional de la conserva y alimentación., 2018).

- Sistema de pilas estáticas ventiladas

Este sistema es similar al anterior sin embargo su gran diferencia con el sistema de pilas dinámicas ventiladas se encuentra en que en este sistema primero hay un movimiento del residuo para airearlo, sin embargo en el sistema estático la ventilación se realiza haciendo pasar aire por su interior mediante una bomba y una red de tuberías, en la pila lo que requiere menos mano de obra ya que este proceso se realiza sin mover la pila del material orgánico, por lo tanto en casos en que no se cuente con un monitoreo constante es aconsejable usar este tipo de sistema. (Centro tecnologico nacional de la conserva y alimentación., 2018).

Según Román, Martínez, & Pantoja, 2013; se puede realizar mejoras al compost por medio de diferentes procesos como lo son:

Mejora las propiedades físicas:

- Ya que facilita el manejo del suelo para las labores de arado o siembra.
- Aumenta la capacidad de retención de la humedad del suelo.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

- Contribuye a reduciendo el riesgo de erosión en los suelos.
- Ayudan a regular la temperatura del suelo (temperatura edáfica).
- Reduce la evaporación del agua, además de regular la humedad.

Mejora las propiedades químicas:

- Ya que aporta macronutrientes y micronutrientes.
- Mejora la capacidad de intercambio de catiónico.

5.2 Marco conceptual

Compostaje: es un proceso de biooxidación aerobia de materiales orgánicos que conduce a una etapa de maduración o estabilización, en la cual se convierten en un recurso orgánico estable y seguro para ser utilizado en la agricultura.

Carbono orgánico: carbono presente en los en materiales ya sean de origen animal o vegetal.

Compost: producto obtenido a partir de diferentes materiales de origen orgánico, generando el producto final del proceso de compostaje.

Fertilizante compuesto: termino dado a los fertilizantes con un contenido de al menos dos de los nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, que además pueden estar en fase líquida y pueden contener elementos secundarios o micronutrientes.

Fertilizante complejo: nombre dado a los fertilizantes que garantizan al menos dos de los nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, extraído mediante una reacción química o por mezcla en fase líquida y puede contener elementos secundarios o micronutrientes.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Fertilizante mezclado: se llama así a los fertilizantes obtenidos mediante mezcla en seco, con un contenido de al menos dos de los nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, que también puede tener elementos secundarios o micronutrientes.

Fertilizante simple: nombre dado a los fertilizantes con un contenido ya sea de nitrógeno o fósforo o potasio, además de poder contener elementos secundarios o micronutrientes.

Materia prima: sustancia o material utilizado en la producción o formulación comercial de diferentes productos finales como, fertilizantes, acondicionadores del suelo y productos afines.

Nutriente: elemento químico considerado relevante para generar el crecimiento y desarrollo de los vegetales.

Residuos sólidos municipales (RSM): desechos de origen orgánico procedentes de hogares y plazas de mercado, seleccionados desde la fuente y libres de materiales contaminantes.

Sustrato: son los componentes o soportes de cultivo, distintos de los suelos in situ en que se cultivan las plantas.

Terminología tomada de: NORMA TÉCNICA COLOMBIANA., No. 1927. (2003).

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

5.3 Marco Legal

Tabla 1. Marco Legal

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Norma Técnica Colombiana NTC 5167. | <p>“Por la cual se establecen los requisitos que se deben cumplir y los respectivos ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos en el mercado de la industria agrícola, productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo. Además de reglamentar los límites establecidos para el uso de materiales orgánicos, los parámetros físico químicos para los análisis de las muestras de materia orgánica, adicional a los límites máximos de metales y enuncia parámetros para los análisis microbiológicos.”</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Resolución ICA No. 0015021 enero 2003. | <p>“Por la cual se adopta el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia.”</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Resolución 698 Del 04 de febrero de 2011. | <p>“Por medio de la cual se establecen los requerimientos para el registro de departamentos técnicos de ensayos de eficacia, productores e importadores de Bioinsumos de uso agrícola y se dictan otras disposiciones.”</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Resolución No. 150 de 2003, INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO – I.C.A. | <p>“Por la cual se adopta el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia.”</p> |

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

5.4. Marco Histórico

La carencia de materia orgánica en los suelos la cual va en aumento con el paso de los años, ha alterado el ciclo natural de regeneración, haciendo desaparecer los macros y micro organismos llamados descomponedores, aquellos que juegan un gran papel en la naturaleza ya que demuelen y degradan la materia orgánica para convertirla en humus. (Ricardo, 2004)

Por ello surge el proceso de compostaje el cual se ha presentado a lo largo de los años una trayectoria pendular; en los últimos tiempos ha vuelto un proceso de gran importancia, siendo una de las opciones más viable y con interés, debido a la acumulación de residuos orgánicos, así como la nueva normatividad que demanda la reducción de M.O que llega a los vertederos, además de aportar a la protección del suelo y el control de las emisiones relacionadas con el cambio climático. (Soliva, 2008)

En el pasado el interés por el compostaje se desarrolló de forma espontánea debido a la necesidad de disponer de materia orgánica estabilizada y de los nutrientes que podía aportar, en la actualidad sigue siendo esta una necesidad, sin embargo, la obtención de compost de alta calidad se da con la finalidad de mantener la fertilidad de los suelos y evitar los problemas de erosión y desertización debido a los procesos de industrialización actuales, quedado relegada a un segundo plano. (Soliva, 2008).

Por lo tanto se ha establecido grandes beneficios del compost en el suelo, entro los cuales se encuentran los mas relevantes que son:

- Estimula la diversidad de macro y micro organismos, junto con actividad microbiana en el suelo.
- Mejora la estructucturalmente del suelo.
- Mejora la porosidad total de los suelos, favoreciendo la penetración del agua, los movimientos de nutrientes del suelo y el crecimiento de las raíces.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

- El incremento de temperatura y la actividad de los organismos presentes en el compost reduce la población de posibles patógenos en las plantas como los nemátodos.
- Se genera la recirculación de muchos macro y micronutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.
- “Provoca la formación de humus, producto más estable de la materia orgánica que se encuentra sólo en el suelo y es el responsable de su fertilidad natural.” (Borrero, 2020).

Del mismo modo se ha analizado que el abonamiento consiste en un proceso en el cual se aplican sustancias principalmente minerales u orgánicas al suelo, con el objetivo esencial de mejorar su capacidad nutritiva, por medio de esta práctica se distribuye en el terreno los elementos nutritivos extraídos para mejorar las condiciones de los cultivos, buscando así mantener una renovación constante de los nutrientes en el suelo. “El uso de los abonos orgánicos se recomienda especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica, ya que su relación C:N también disminuye y se degrada por el efecto de la erosión, pero su aplicación puede mejorar y optimizar la calidad de la producción de cultivos en cualquier tipo de suelo.” (Borrero, 2020).

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto está enfocado en un tipo de investigación Experimental, ya que busca caracterizar los parámetros fisicoquímicos de las pilas de compost que se van a producir, en este caso se recomienda un sistema de pilas dinámicas ventiladas o el sistema de pilas estáticas ventiladas, en este caso es mejor el segundo, ya que requiere menor vigilancia y aireación, ya que se desean establecer pilas de 1 m de altura en el campus de la universidad ECCI, del mismo modo se busca analizar el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes sobre una o varias dependientes, en busca de las características del fenómeno a estudiar.

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

7. DISEÑO METODOLÓGICO

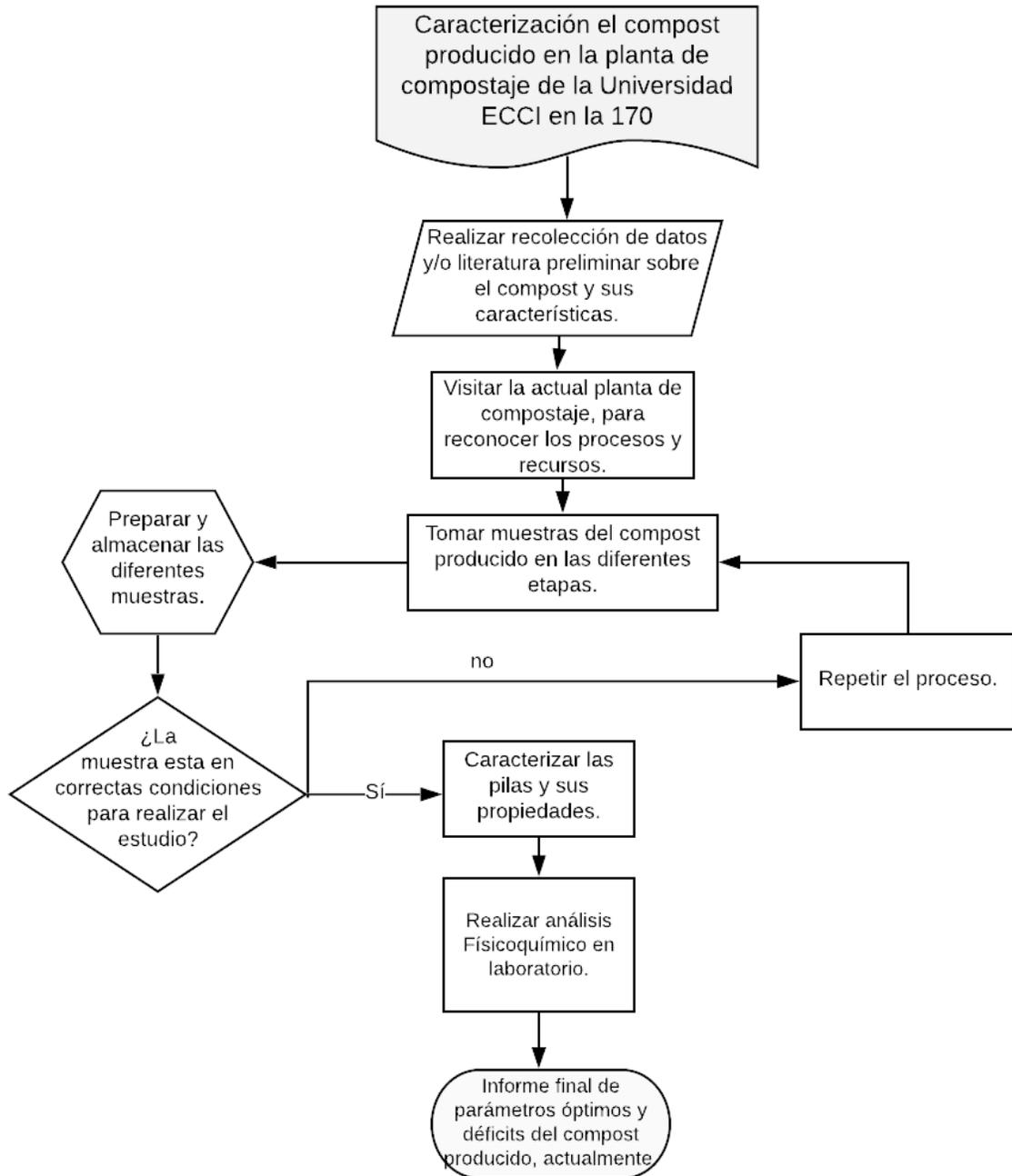


Ilustración 2. Diseño metodológico del proyecto, caracterización del compost producido en la planta de compostaje de la universidad ECCI en la 170.

Fuente: Autor.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Tabla 2. Diseño metodológico.

| No | PROCESO | METODOLOGIA |
|----|---|---|
| 1. | Realizar recolección de datos y/o literatura preliminar sobre el compost y sus características. | Realizar una investigación por medio de fuentes secundarias, encaminadas a lograr los objetivos propuestos, de acuerdo con los diferentes parámetros fisicoquímicos que sean más relevantes en un modelo de compostaje óptimo. |
| 2. | Visitar la actual planta de compostaje, para reconocer los procesos y recursos. | Realizar una visita a el campus de la universidad ECCI, en la 170, para comprender los actuales procesos y recursos disponibles para el posterior análisis de las pilas, de este modo se tendrá una visión más amplia del material a compostar y se podrá establecer el momento prudente para realizar el muestreo fisicoquímico. |
| 3. | Tomar muestras del compost producido en las diferentes etapas. | Tomar muestras de las pilas, en su etapa intermedia y madura, para establecer la curva de propiedades de estas, verificando sus características fisicoquímicas. |
| 4. | Preparar y almacenar las diferentes muestras. | Recolectar las muestras de las diferentes pilas, para muestreo in situ o para posterior |

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

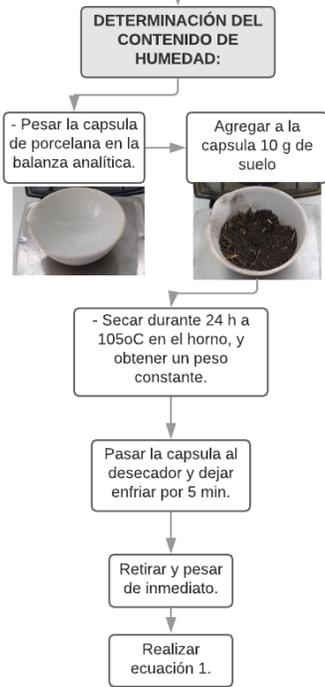
| | | |
|----|--|---|
| | | almacenamiento, preservación y transporte a laboratorio. |
| 5. | Realizar análisis Físicoquímico en laboratorio. | Realizar el traslado de las muestras a el laboratorio de la universidad ECCI, para ejecución de caracterización físicoquímica de las pilas de compost y sus respectivas propiedades. |
| 6. | Informe final de parámetros óptimos y déficits del compost producido, actualmente. | Realizar informe final, con las respectivas curvas de parámetros físicoquímicos y reconocimiento de sus déficits como abono orgánico, de acuerdo con la investigación realizada, análisis in situ, análisis en laboratorio y resultados adquiridos. |

Fuente: Autor.

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Los parámetros fisicoquímicos serán caracterizados de acuerdo con los siguientes métodos:

Tabla 3. Métodos y clasificación, para caracterización

| PARAMETRO, CLASIFICACIÓN Y ECUACIÓN | MÉTODO | | | | | | | | |
|--|--------------------|----|----------------------------------|--------------------|----------------------|-----------|-------------------|------------|--|
| <p>Humedad (%)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Lectura</th> <th style="text-align: center;">%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Baja</td> <td style="text-align: center;"><40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Medio (ideal)</td> <td style="text-align: center;">30-60</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Alta</td> <td style="text-align: center;">> 60</td> </tr> </tbody> </table> $pw(\%) = \frac{(Pmh - Pc) - (Pms - Pc) * 100}{(Pms - Pc)}$ <p>Ecuación 1. Fuente: IGAC (2006).</p> | Lectura | % | Baja | <40 | Medio (ideal) | 30-60 | Alta | > 60 | <p>Método gravimétrico.</p>  <p>Ilustración 3.Humedad. Fuente: Autor, Adaptado del IGAC (2006).</p> |
| Lectura | % | | | | | | | | |
| Baja | <40 | | | | | | | | |
| Medio (ideal) | 30-60 | | | | | | | | |
| Alta | > 60 | | | | | | | | |
| <p>Temperatura (°C)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Lectura</th> <th style="text-align: center;">°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Mesofílica o de latencia.</td> <td style="text-align: center;">T° Amb. Hasta 40°C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Termófila</td> <td style="text-align: center;">40 a 70°C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Maduración</td> <td style="text-align: center;">18 a 22 °C</td> </tr> </tbody> </table> | Lectura | °C | Mesofílica o de latencia. | T° Amb. Hasta 40°C | Termófila | 40 a 70°C | Maduración | 18 a 22 °C | <p>Medición con termómetro de mercurio.</p> |
| Lectura | °C | | | | | | | | |
| Mesofílica o de latencia. | T° Amb. Hasta 40°C | | | | | | | | |
| Termófila | 40 a 70°C | | | | | | | | |
| Maduración | 18 a 22 °C | | | | | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

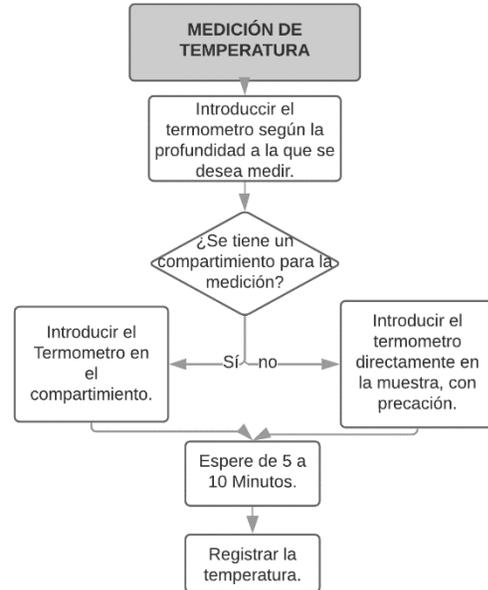


Ilustración 4. Temperatura
Fuente: Autor, Adaptado del IGAC (2006).

pH (potencial de hidrogeno)

| pH | Clase de acidez |
|-----------|--------------------------|
| 1,0 - 3,5 | Ultra ácido |
| 3,5 - 4,5 | Extremadamente ácido |
| 5,0 - 4,5 | Muy fuertemente ácido |
| 5,5 - 5,0 | Fuertemente ácido |
| 6,0 - 5,5 | Moderadamente ácido |
| 6,5 - 6,0 | Ligeramente ácido |
| 7,5 - 6,5 | Neutro |
| 7,5 - 8,0 | Ligeramente alcalino |
| 8,0 - 8,5 | Moderadamente alcalino |
| 8,5 - 9,0 | Fuertemente alcalino |
| 9,0 -14,0 | Muy fuertemente alcalino |

Método estándar de pH con H₂O

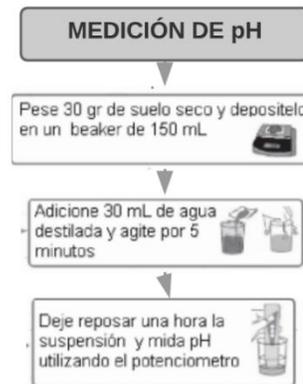


Ilustración 5. pH
Fuente: Autor, Adaptado del IGAC (2006).

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Contenido de materia orgánica

Para compost intermedio o maduro.

| Lectura | % |
|--|-------|
| Ideal (Fase de maduración) | >20 |
| Ideal (Fase mesófila y termófila) | 30-60 |

$$Materia\ Organica\ BH = (Pms - Pc)$$

$$MO\% = \frac{(MO\ BH * 100)}{Pms}$$

$$MO\% = \%C.O * 1,724$$

Ecuación 2. Fuente: IGAC (2006).

Método: Calcínación y cuantificación gravimétrica.



Ilustración 6. Materia Orgánica
Fuente: Autor, Adaptado del IGAC (2006).

Carbono Orgánico (C)

| Lectura | % |
|---------|-------|
| Bajo | <20 |
| Medio | 20-25 |
| Alto | > 25 |

%C. O

$$= \frac{(Bp - M) * N * 0,003 * (100 + pw)}{pm}$$

Ecuación 3. Fuente: IGAC (2006).

Método de (Walkley - Black)

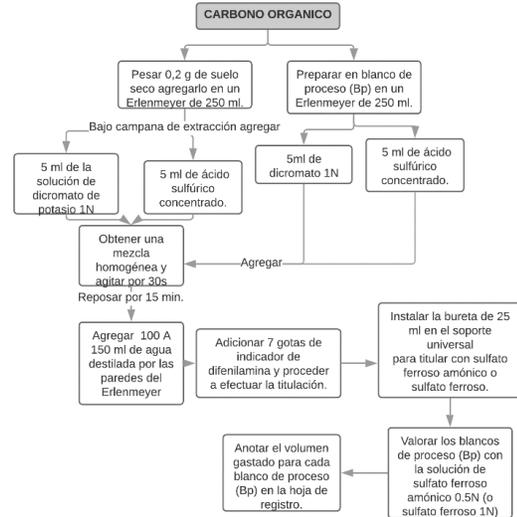


Ilustración 7. Carbono Orgánico
Fuente: Autor, Adaptado del IGAC (2006).

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Nitrógeno (N)

| Lectura | % |
|----------------------|---------|
| Bajo | <1,0 |
| Medio (ideal) | 1,0-2,5 |
| Alto | >2,5 |

$$\%Nt = \frac{(Vm - VBp) * N * 0,014 * (1000 * pw)}{pm}$$

Ecuación 4. Fuente: IGAC (2006).

Método de Kjeldahi modificado. *

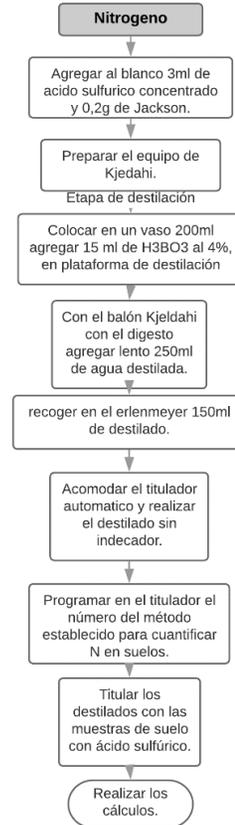


Ilustración 8. Nitrógeno
Fuente: Autor, Adaptado del IGAC (2006).

Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)

| Lectura | ppm |
|----------------------|-------------|
| Alto | >20:1 |
| Medio (ideal) | 10:1 – 20:1 |
| Bajo | <10:1 |

*

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Densidad

| Lectura | % |
|---------|-------|
| Bajo | <35 |
| Medio | 50-59 |
| Alto | > 60 |

$$D_a = \frac{PSS\ 105^{\circ}C}{V_d - \frac{|PSSP - PSS|}{0,9}}$$

Ecuación 5. Fuente: IGAC (2006).

Densidad Real: Método de picnómetro.

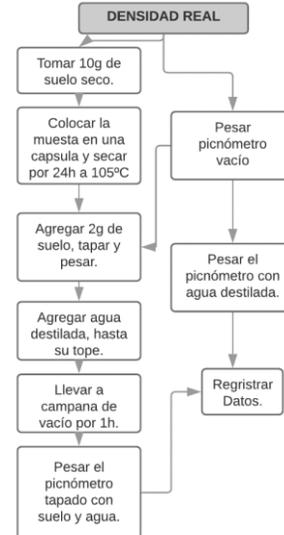


Ilustración 9. Densidad Real

Fuente: Autor, *Adaptado* del IGAC (2006).

Densidad Aparente: Método de Terrón parafinado.

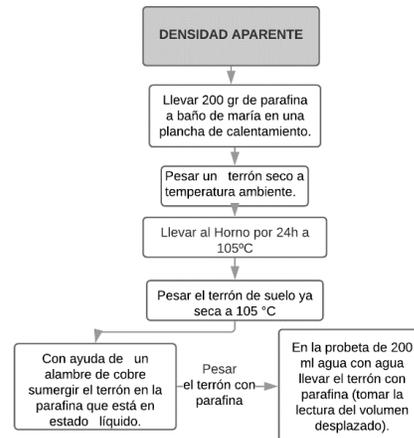


Ilustración 10. Densidad aparente

Fuente: Autor, *Adaptado* del IGAC (2006).

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Calcio (Ca)

| Lectura | ppm |
|----------|------|
| Muy Bajo | 75 |
| Bajo | 175 |
| Medio | 350 |
| | 500 |
| Alto | 700 |
| Muy Alto | 1400 |

$$Ca \frac{meq}{L} = \frac{mL * N}{V (mL)}$$

Ecuación 6. Fuente: IGAC (2006).

Método de cuantificación por complejométrica*

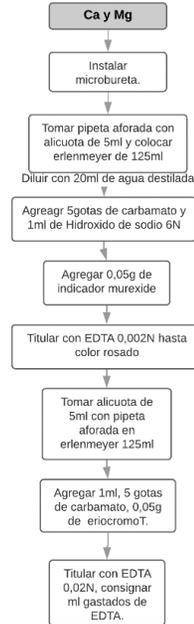


Ilustración 11. Ca y Mg
 Fuente: Autor, Adaptado del IGAC (2006).

Potasio (K)

| Lectura | ppm |
|----------|-----|
| Muy Bajo | 50 |
| | 60 |
| Bajo | 70 |
| Medio | 80 |
| | 90 |
| Alto | 110 |
| Muy Alto | 150 |
| | 200 |

*

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Fosforo (P)

| Lectura | ppm |
|----------|------|
| Muy bajo | 5 |
| | 12,5 |
| Bajo | 25 |
| Medio | 37,5 |
| Alto | 50 |
| | 75 |
| Muy alto | 75 |
| | 100 |

$$P = \left[(Lm * fd) - LBp \frac{* 20}{2.85} * \frac{(100 * pw)}{100} \right]$$

Ecuación 7. Fuente: IGAC (2006).

Bray- Modificado *

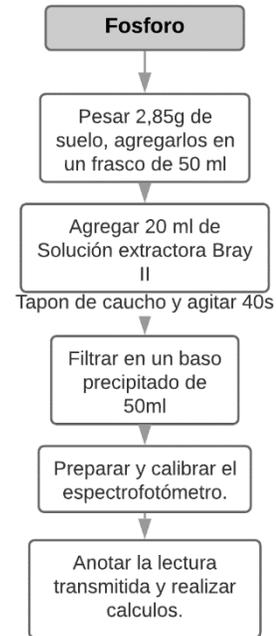


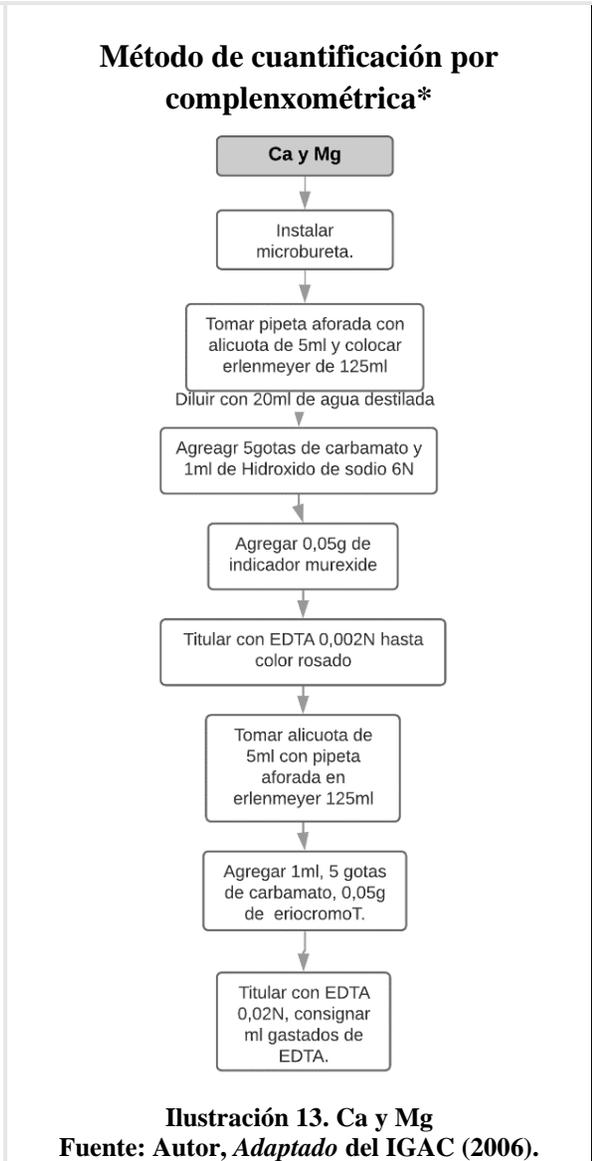
Ilustración 12. Fosforo
 Fuente: Autor, *Adaptado* del IGAC (2006).

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

| | |
|----------------------|------------|
| Magnesio (Mg) | |
| Lectura | ppm |
| Bajo | <5 |
| Medio | 12 |
| Alto | 25 |
| Muy Alto | >40 |

$$Ca \frac{meq}{L} = \frac{mL * N}{V (mL)}$$

Ecuación 6. Fuente: IGAC (2006).



| | |
|-------------------|------------|
| Azufre (S) | |
| Lectura | ppm |
| Muy Bajo | < 3 |
| Bajo | 3-6 |
| Medio | 6-12 |
| Alto | 12-15 |
| Muy Alto | >15 |

Monofosfato de calcio 0,008m y cuantificación turbidimetría*

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

$$S = \left[(Lm * fd) - LBp \frac{20}{2.85} * \frac{(100 * pw)}{100} \right]$$

Ecuación 8. Fuente: IGAC (2006).

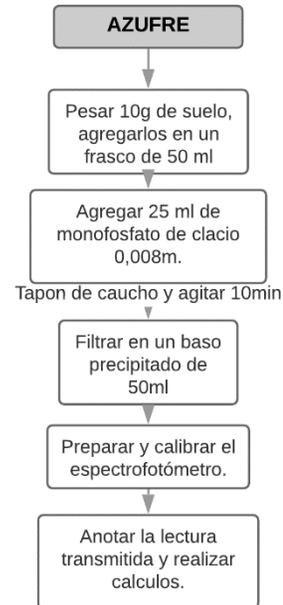


Ilustración 14. Azufre
 Fuente: Autor, *Adaptado* del IGAC (2006).

Aluminio (Al)

| Lectura | ppm |
|----------|------|
| Muy Bajo | < 5 |
| Bajo | 10 |
| Medio | 30 |
| Alto | 80 |
| Muy Alto | >125 |

$$Al = \frac{V2 * N * (100 + pw)}{pm}$$

Ecuación 9. Fuente: IGAC (2006).

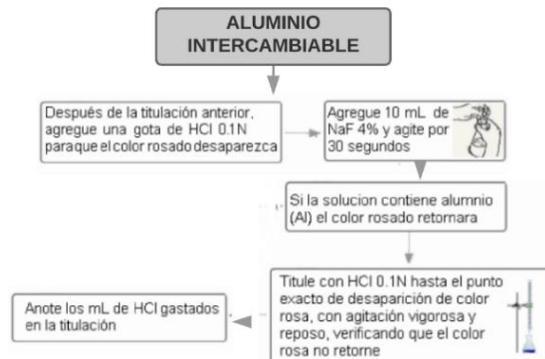
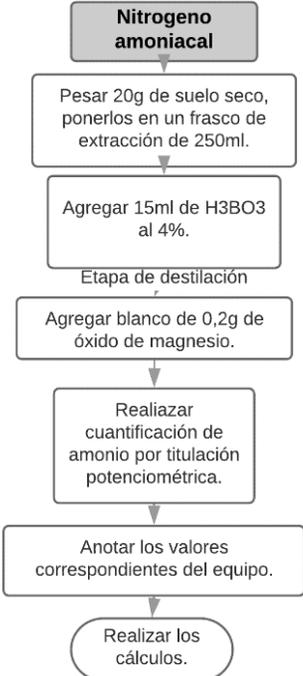


Ilustración 15. Aluminio intercambiable
 Fuente: Autor, *Adaptado* del IGAC (2006).

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

| <p style="text-align: center;">Nitrógeno amoniacal (NH₄)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Lectura</th> <th style="text-align: left;">ppm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy Bajo</td> <td>< 5</td> </tr> <tr> <td>Bajo</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Muy Alto</td> <td>150 ></td> </tr> </tbody> </table> <p><i>N</i></p> $- NH_4 = \frac{(Vm - VBI) * NH_2SO_4 * 14000 *}{pm * V \text{ alícuota} * 1}$ <p style="text-align: center;">Ecuación 10. Fuente: IGAC (2006).</p> | Lectura | ppm | Muy Bajo | < 5 | Bajo | 10 | Medio | 40 | Alto | 100 | Muy Alto | 150 > | <p style="text-align: center;">Cuantificación potencimetría. *</p>  <pre> graph TD A[Nitrogeno amoniacal] --> B[Pesar 20g de suelo seco, ponerlos en un frasco de extracción de 250ml.] B --> C[Agregar 15ml de H3BO3 al 4%.] C --> D[Etapa de destilación] D --> E[Agregar blanco de 0,2g de óxido de magnesio.] E --> F[Realizar cuantificación de amonio por titulación potenciométrica.] F --> G[Anotar los valores correspondientes del equipo.] G --> H(Realizar los cálculos.) </pre> <p style="text-align: center;">Ilustración 16. Nitrógeno Amoniacal Fuente: Autor, Adaptado del IGAC (2006).</p> |
|---|---------|-----|-----------------|-----|-------------|----|--------------|----|-------------|-----|-----------------|-------|--|
| Lectura | ppm | | | | | | | | | | | | |
| Muy Bajo | < 5 | | | | | | | | | | | | |
| Bajo | 10 | | | | | | | | | | | | |
| Medio | 40 | | | | | | | | | | | | |
| Alto | 100 | | | | | | | | | | | | |
| Muy Alto | 150 > | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Cobre (Cu)

| Lectura | ppm |
|----------|-------|
| Muy Bajo | < 0,5 |
| Bajo | 0,5-1 |
| Medio | 1-3 |
| Alto | 3-5 |
| Muy Alto | 5 > |

$$Cu = [(Lm * fd) - LBp] * \frac{40}{20} * \frac{(100 + pw)}{100}$$

Ecuación 10. Fuente: IGAC (2006).

Método extracción por DTPA y cuantificación por extracción atómica*

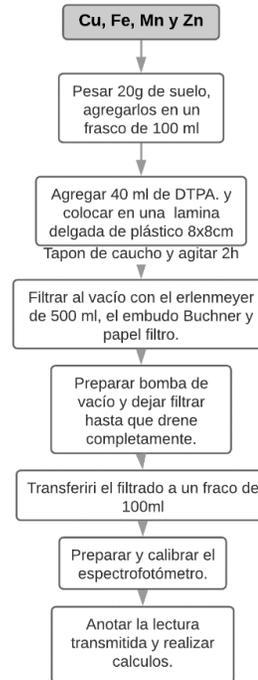


Ilustración 17. Cobre
 Fuente: Autor, *Adaptado* del IGAC (2006).

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

NOTA: Para realizar todos los métodos se debe usar un tamizador de 2mm; los parámetros con * son parámetros que se pueden medir en el laboratorio ECCI con el kit químico de análisis de suelo, por medio de las instrucciones de cada prueba para la determinación de los macro y micronutrientes presentes en el suelo. Basado en los métodos de análisis de suelo Morgan y procedimientos de extracción de extracción Mehlich I, sin embargo, el método no es 100% confiable, por lo tanto, se recomienda la medición de estos parámetros en la etapa de maduración del compost por medio de un laboratorio externo que tenga disponible los diferentes métodos expuestos tomados del IGAC, para tener una mayor calidad de los parámetros en su última fase.

A continuación se muestra la metodología base para realizar las pruebas con el kit químico de análisis de suelo.

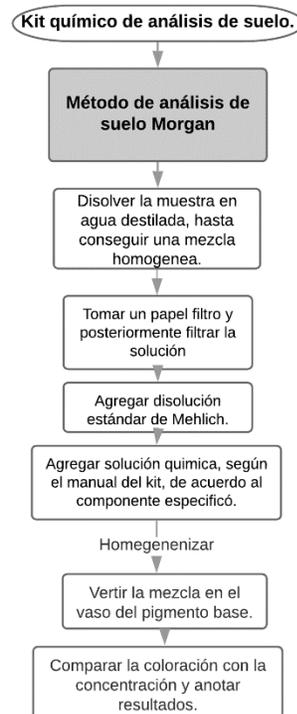


Ilustración 18. Kit análisis de suelos.

Fuente: Metodología kit de análisis de suelo, *adaptado por autor.*

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

8. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

8.1. Fuentes primarias

Las principales fuentes de información primarias serán dadas los análisis de laboratorio a realizar, adicional a esto los testimonios de los trabajadores encargados o cercanos a la planta de compostaje, adicional a esto los docentes que han tenido acercamientos con el proceso realizado actualmente y pueden brindar una opinión más clara sobre los procesos técnicos que se realizan y como evidencian sus déficits.

8.2. Fuentes Secundarias

En cuanto a las fuentes secundarias, se busca hacer uso de las diferentes herramientas disponibles, como lo son libros, artículos, proyectos, revistas, artículos e investigaciones previas relacionadas con el tema, ya sean de forma física o virtual que permitan el desarrollo de hipótesis y estructuras claras sobre el proceso a realizar, encaminando el proyecto de manera adecuada, disminuyendo cualquier margen de error, con textos congruentes.

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

9.RECURSOS

Tabla 4. Recursos Humanos.

| N.º | Nombres y apellidos | Profesión Básica | Función dentro del proyecto | Dedicación humana | Duración (Meses) |
|-----|---------------------------|------------------|---|-------------------|------------------|
| 1. | Jose Gregorio | Jardinero | Podar el césped y recoger la hojarasca. | Semanal | Continua |
| 2. | José Gregorio | Jardinero | Revisión de las pilas y volteo. | Diario | Continua |
| 3. | Frank Jimmy García. | Docente | Acompañamiento, direccionamiento del proyecto. | Semanal | 8 meses |
| 4. | Tania Daniela Rincón Roza | Estudiante | Realizar la investigación, muestreo, análisis de laboratorio e informe final. | Diaria | 8 meses |

Fuente: Autor.

Nota: La anterior tabla especifica los recursos humanos necesarios en el proyecto dispuesto en la planta de compostaje de la universidad ECCI en la 170.

Tabla 5. Recursos físicos

| N.º | Descripción del equipo | Propósito del equipo en el proyecto | Actividad en la cual se considera primordial |
|-----|---|--|---|
| 1. | Laboratorio de química de la universidad ECCI. | Permitir realizar las pruebas necesarias, tanto físicas como químicas de las muestras recolectada. | Caracterización de las pilas de compost. |
| 2. | Kit de análisis de suelos. | Permitir realizar las pruebas necesarias, tanto físicas como químicas de las muestras recolectada. | Caracterización en laboratorio de las pilas de compost. |
| 3. | Reactivos de colorimetría o potenciómetro para determinación de pH. | Realización pruebas de pH | Caracterización en laboratorio de las pilas de compost. |

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

| | | | |
|-----|---|--|---|
| 4. | Reactivos necesarios para cada metodología establecida. | Realización de pruebas químicas. | Caracterización en laboratorio de las pilas de compost. |
| 5. | Balanza analítica, horno y capsulas. | Realización de las pruebas físicas de humedad y contenido de materia orgánica. | Caracterización de las pilas de compost. |
| 6. | Termómetro de mercurio. | Realización de pruebas de temperatura. | Caracterización de las pilas de compost. |
| 8. | Parafina y balanza analítica. | Determinación de densidad aparente. | Caracterización de las pilas de compost. |
| 9. | Tamizador | Separación de partículas, más grandes. | Caracterización de las pilas de compost. |
| 10. | Campus universidad ECCI en la 170. | Recolección de las muestras del compost producido actualmente. | Muestreo de las pilas para su caracterización. |
| 11. | Kit portátil para análisis de suelos universidad ECCI. | Permitir realizar las pruebas necesarias, tanto físicas como químicas de las muestras recolectada. | Caracterización en campo de las pilas de compost. |

Fuente: Autor.

Nota: La anterior tabla especifica los recursos físicos necesarios en el proyecto dispuesto en la planta de compostaje de la universidad ECCI en la 170.

Tabla 6. Recursos económicos.

| N o | Descripción | Propósito del equipo en el proyecto | Costo | Canti dad | Contribución | |
|--------|-------------|--|-------|--------------|--------------|------|
| | | | | | Propia | ECCI |
| 1 | Portátil | Elaboración de la investigación e informe final. | N/A | 1 | X | |

| | | | | |
|---|---|--|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 | |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 | |

| | | | | | | |
|----|---|--|---------|---------------|---|---|
| 2 | Internet | Investigación, desarrollo del proyecto e informe final. | N/A | 1 | X | |
| 3 | Materiales de laboratorio | - Materiales de pruebas químicas. - Equipos de pruebas físicas. | --- | 1 | | X |
| 4 | Transportes | Traslado hacia el campus de la universidad ECCI, 170. | 2.600 | --- | X | |
| 5 | Bolsas ziploc | Toma de muestras del compost. | 7.800 | 1 paquete x20 | | X |
| 6 | Pala de jardinería | Toma de muestras del compost. | 20.000 | 1 | | X |
| 7 | Guantes de jardinería | Manipulación del compost. | 12.900 | 1 | X | |
| 8 | Guantes de nitrilo | Manipulación y caracterización de las muestras en laboratorio. | 30.000 | Caja x50 | X | |
| 9 | Análisis de laboratorio de suelos externo, cotización del IGAC. | Caracterización de parámetros químicos. | 205.000 | 1 | | X |
| 10 | Tubos de Draeger para la prueba de CO2 | Caracterización de parámetros químicos, prueba CO2. | | 2 | | X |

Fuente: Autor.

Nota: La anterior tabla especifica los recursos financieros necesarios en el proyecto dispuesto en la planta de compostaje de la universidad ECCI en la 170.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | | | Código: IN-IN-001 Versión:01 | | | | | | |
| | Proceso: Investigación | | | | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | | | | Fecha de versión: 22-Nov-2009 | | |

10.CRONOGRAMA

| Tiempo | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Enero | | | | Febrero | | | | |
|--|---------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|---|---|---|--|
| | Semanas | | | | Semana | | | | Semanas | | | | Semanas | | | | Semana | | | | Semanas | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Realizar una recopilación de datos y /o literatura, encaminado las bases teóricas del proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Procesar e almacenar datos relevantes y congruentes, estructurando el anteproyecto. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Visita a la planta de compost, para reconocer procesos y recursos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Realizar toma y almacenamiento de muestras. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ejecutar pruebas, análisis y caracterización fisicoquímica de las | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se realiza la recolección de dos muestras clasificadas como muestra 1.1 (Productos lignocelulósicos sin triturar) y Muestra 2.1 (Productos lignocelulósicos triturados), la composición de las dos pilas presentan las mismas características de tiempo, concorde con ello se realizó la respectiva caracterización en diferentes lapsos de tiempo, en el laboratorio de la universidad ECCI, logrando la medición de 11 parámetros totales los cuales son humedad, materia orgánica, pH, temperatura, conductividad, carbono orgánico, aluminio e hidrogeno intercambiable, nitrógeno amoniacal, nitrógeno, fosforo y potasio, de lo cual se logró obtener los siguientes resultados.

11.1 Primera caracterización

Se realizan dos muestras de las pilas actuales, en el mes de octubre sin realizar ninguna intervención y se procede a analizarlas en laboratorio, caracterizando un total de 11 parámetros.

Humedad

Muestra 1.1.

$$\frac{((92,3 - 82,3) - (91,3 - 82,3)) * 100}{(91,3 - 82,3)} = 11,11\%$$

Muestra 2.1.

$$\frac{((102,1 - 92,1) - (101,3 - 92,1)) * 100}{(101,3 - 92,1)} = 8,70\%$$

Materia Orgánica

Muestra 1.1.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

$P_c = (\text{Peso cenizas en el crisol } 100,6) - (\text{Peso crisol } 97,1) = \text{Peso cenizas } 3,50$

$M.O \text{ BH} = 11,11 - 3,50 = 7,61$

$$\frac{7,61 * 100}{11,11} = 68,5\%$$

Muestra 2.1.

$P_c = (\text{Peso cenizas en el crisol } 94,6) - (\text{Peso crisol } 91,7) = \text{Peso cenizas } 2,90$

$M.O \text{ BH} = 8,70 - 2,90 = 5,80$

$$\frac{5,80 * 100}{8,70} = 66,7\%$$

pH y Temperatura (Equipo Hanna 210).

Conductividad (Equipo Hanna HI 98192).

Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno, Fosforo, Potasio (Kit de análisis de suelos LaMotte).

Conversión de unidades en el Fosforo = Muestra 1. (200 L/acres / 2 = 100 ppm).

Muestra 2. (150 L/acres / 2 = 75 ppm).

Conversión de unidades en el Fosforo = Muestra 1. (300 L/acres / 2 = 150 ppm).

Muestra 2. (200 L/acres / 2 = 100 ppm).

Nitrógeno Total (%):

Muestra 1.1. $\frac{68,50}{20} = 3,42\%$

Muestra 2.1. $\frac{66,65}{20} = 3,33\%$

Relación C: N

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Muestra 1.1. $\frac{17,86\%}{3,42\%} = 5,22\%$

Muestra 2.1. $\frac{21,84\%}{3,33\%} = 6,55\%$

Tabla 7. Primera Caracterización

| | Muestra 1.1 | | | | Muestra 2.1 | | | | | |
|-------------------------|--------------------|----------------|-------------|--------------|--------------------|----------------|----|--------------|-------------|----------|
| pH | 4,6 | Hanna 210 | | | 4,8 | Hanna 210 | | | | |
| Temperatura | 22,6 | °C | | | 23,1 | °C | | | | |
| Humedad | Pmh | 92,3 | 11,1 | % | Pmh | 102,1 | % | Ecuación 1 | | |
| | Pms | 91,3 | | | Pms | 101,3 | | | 8,70 | |
| | Pc | 82,3 | | | Pc | 92,1 | | | n 1 | |
| Materia Orgánica (Pw %) | Pc | 3,50 | 68,5 | % | Pc | 2,90 | % | Ecuación 2 | | |
| | MO | 7,61 | | | MO | 5,80 | | | 66,6 | |
| | BH | 11,1 | | | 0 | BH | | | | 5 |
| | Pms | 1 | | | Pms | 8,70 | | | n 2 | |
| Carbono Orgánico | Bp | 5,60 | V | 5 | Bp | 5,60 | V | 5 | | |
| | M | 4,40 | N | 0,89 | M | 4,20 | N | 0,89 | | |
| | Pm | 0,02 | Pw | 11,11 | Pm | 0,02 | Pw | 8,70 | | |
| | 17,86 | | | % Ecuación 3 | 21,84 | | | % Ecuación 3 | | |
| Nitrógeno | 3,42 | | | % | 3,33 | | | % | | |
| Relación C: N | 5,22 | | | % | 6,55 | | | % | | |
| Conductividad | 7,39 mS/m | Hanna HI 98192 | | | 2,62 mS/m | Hanna HI 98192 | | | | |
| Aluminio Intercambiable | No presenta | | | | No presenta | | | | | |

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

| | | | | |
|---------------------|---|----------|--|----------|
| Nitrógeno Amoniacal | <5 ppm | Muy bajo | <5 ppm | Muy bajo |
| Fosforo | 100 ppm | Muy alto | 75 ppm | Muy alto |
| Potasio | 150 ppm | Alto | 100 ppm | Alto |
| Apariencia |  <p style="text-align: center;">Ilustración 19. Primera Caracterización, Muestra 1.</p> | |  <p style="text-align: center;">Ilustración 20. Primera Caracterización, Muestra 2.</p> | |

Fuente: Autor.

Análisis de Tabla

De acuerdo con las pilas caracterizadas muestra 1 (Productos lignocelulósicos sin triturar) y Muestra 2 (Productos lignocelulósicos triturados), las cuales llevan aproximadamente 4 meses cada una, podemos evidenciar que el proceso actual de compostaje no es eficiente, ni controlado, ya que las pilas presentan características de pH acidas y la temperatura oscila en rangos de temperatura ambiente, sin embargo, estos dos parámetros deben tener un registro diario con ello podemos controlar las diferentes fases del compost de acuerdo a sus condiciones y características fisicoquímicas de necesarias en la pila, adicional a ello, las dos muestras presentan niveles bajos de carbono orgánico, que nos indica la materia orgánica que está más fácilmente disponible para los microorganismos presentes en las pilas de compostaje.

La relación C:N y la humedad se encuentran muy por debajo de los rangos óptimos que son del 30-60% lo cual nos indica que la capacidad microbiana es baja ya que ellos necesitan humedad para vivir y realizar los procesos de descomposición, esto podría ser una de las razones por las

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

cuales la pila lleva mucho tiempo preservada sin tener un cambio significativo, del mismo modo, la materia orgánica presente se encuentra en el rango ideal >20% así mismo como los niveles de nutrientes, por lo tanto el compost producido actualmente se encuentra estancado en una fase inicial ya que, cuenta con ciertas características necesarias, pero no presenta las adecuadas para hacer uso del como fertilizante, ya que se encuentra en un proceso muy lento de descomposición.

11.2 Estandarización

De acuerdo con los resultados de este análisis, se procede a realizar el proceso de estandarización en el mes de noviembre, en el cual se busca que las pilas adquieran los componentes fisicoquímicos necesarios, para realizar un aprovechamiento del compost, para ello, se procede a realizar dos tipos de pilas para el proceso experimental siendo clasificadas como Pila 1 (Productos lignocelulósicos sin triturar) y Pila 2 (Productos lignocelulósicos triturados), de acuerdo con ello se procede a realizar la pila de forma homogénea tomando su peso por medio de una balanza y un balde dispuestos en la zona de trabajo.

Se prepara una mezcla fermento con diferentes componentes, para optimizar y estandarizar el proceso de compostaje con el objetivo principal de activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos, además de aportar nutrientes a las pilas, luego de ello se procede a humedecer las pilas previamente armadas homogéneamente.

Posterior a ello se cubren las pilas de compostaje con plástico negro, con el fin de producir las condiciones necesarias para que el compost inicie su proceso y fases de descomposición, del mismo modo, se generan lixiviados los cuales se recuperan para luego aprovecharlos con una recirculación por la pila, con este procedimiento se busca realizar la fase de preparación donde se acondicionan y mezclan los materiales de partida para regular su contenido en humedad, el tamaño de las partículas, eliminar los elementos no transformables y ajustar los nutrientes para lograr una relación adecuada C/N, del mismo modo, el encargado de la planta de compostaje adquiere insumos para realizar una medición diaria, de parámetros como lo son el pH y la

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

temperatura, los cuales nos contribuyen a controlar el proceso de compostaje para mantener las condiciones óptimas de las pilas.

Tabla 8. Estandarización

| | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 |
|---------------------------------|---|--|
| Peso | 100 kg de material orgánico. | 100 kg de material orgánico. |
| Densidad | 0,35 | 0,2 |
| pH | 6,2 | 6,8 |
| Temperatura | 19,1°C | 17,5°C |
| Preparación del fermento. | | |
| Leche | 2,5 L | 2,5 L |
| Levadura | 200g | 200g |
| Yogurt | 200g | 200g |
| Melaza | 2 L | 2 L |
| Agua | 70 L | 50 L |
| pH | 5,3 | 5,3 |
| Muestras con fermento aplicado. | | |
| pH | 6,1 | 5,6 |
| Temperatura | 19,7°C | 18°C |
| Apariencia |  <p style="text-align: center;">Ilustración 21. Estandarización, Muestra 1.</p> |  <p style="text-align: center;">Ilustración 22. Estandarización, Muestra 2.</p> |

Fuente: Autor.

De acuerdo con ello, se logró evidenciar que al aplicar el compuesto, los niveles de temperatura se elevan y los niveles de pH descenden a niveles ácidos, lo cual es lo indicado el inicio del proceso de compostaje en la fase (mesofílica) del compost, se dejan reposar las pilas por el lapso

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

de una mes, para permitir que el fermento actúe, optimizando la degradación de la pila, a los 8 días, de la aplicación se hace una visita en la cual se evidencia, crecimiento de semillas, macroorganismos y microorganismos que del mismo modo generan que las pilas ganen energía calórica, este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos descomponedores (bacterias y hongos) los cuales utilizan el carbono (C) y nitrógeno (N) descomponiéndolo y generando calor.

Sin embargo, el compost también puede estar entrando a fase termofílica, la cual también se llama de higienización ya que el calor generado destruye bacterias patógenas y semillas de malezas, además de evidenciar gran variedad de hongos, pero para lograr afirmar la fase en la que está el compost se debe realizar un monitoreo diario y análisis de laboratorio posterior que indique las condiciones de la pila.

11.3 Segunda Caracterización

Posterior a un mes desde la intervención de las pilas se procede a realizar dos muestras de las pilas armadas, analizando sus componentes en laboratorio, caracterizando un total de 11 parámetros.

Humedad

Muestra 1.2

$$\frac{((48,87 - 38,89) - (44,82 - 38,89)) * 100}{(44,82 - 38,89)} = 68,30\%$$

Muestra 2.2

$$\frac{((61,79 - 51,79) - (58,62 - 51,79)) * 100}{(58,62 - 51,79)} = 8,70\%$$

Materia Orgánica

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Muestra 1.2

$$Pc = (\text{Peso cenizas en el crisol } 45,09) - (\text{Peso crisol } 41,20) = \text{Peso cenizas } 3,89$$

$$M.O \text{ BH} = 68,30 - 3,89 = 64,41$$

$$\frac{64,41 * 100}{68,30} = 94,30$$

Muestra 2.2

$$Pc = (\text{Peso cenizas en el crisol } 61,57) - (\text{Peso crisol } 57,46) = \text{Peso cenizas } 4,11$$

$$M.O \text{ BH} = 46,41 - 4,11 = 42,30$$

$$\frac{42,30 * 100}{46,41} = 91,14$$

pH y Temperatura (Equipo Hanna 210).

Conductividad (Equipo Hanna HI 98192).

Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno, Fosforo, Potasio (Kit de análisis de suelos LaMotte).

Conversión de unidades en el Fosforo = Muestra 1.2 (200 L/acres / 2 = 100 ppm).

Muestra 2.2 (200 L/acres / 2 = 100 ppm).

Conversión de unidades en el Potasio = Muestra 1.2 (400 L/acres / 2 = 200 ppm).

Muestra 2.2 (400 L/acres / 2 = 200 ppm).

Nitrógeno Total (%):

$$\text{Muestra 1.2} \quad \frac{94,30}{20} = 4,71\%$$

$$\text{Muestra 2.2} \quad \frac{91,14}{20} = 4,55\%$$

Relación C: N

$$\text{Muestra 1.2} \quad \frac{56,35\%}{4,71\%} = 12,0\%$$

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Muestra 2.2 $\frac{43,14\%}{4,55\%} = 9,48\%$

Tabla 9.Segunda Caracterización

| Parámetro | Muestra 1 | | | | Muestra 2 | | | |
|-------------------------|---|----------------|--------------|--------------|--|--------------|--------------|--------------|
| pH | 6,2 | Hanna 210 | | | 7,5 | Hanna 210 | | |
| Temperatura | 22 | °C | | | 22 | °C | | |
| Humedad | Pmh | 48,87 | | | Pmh | 61,79 | | |
| | Pms | 44,82 | 68,30 | % Ecuación 1 | Pms | 58,62 | 46,41 | % Ecuación 1 |
| | Pc | 38,89 | | | Pc | 51,79 | | |
| Materia Orgánica (Pw %) | Pc | 3,89 | | | Pc | 4,11 | | |
| | MO BH | 64,41 | 94,30 | % Ecuación 2 | MO BH | 42,30 | 91,14 | % Ecuación 2 |
| | Pms | 68,30 | | | Pms | 46,41 | | |
| Carbono Orgánico | Bp | 5,60 | V | 5 | Bp | 5,60 | V | 5 |
| | M | 3,10 | N | 0,89 | M | 3,40 | N | 0,89 |
| | Pm | 0,02 | Pw | 68,30 | Pm | 0,02 | Pw | 46,41 |
| | | 56,35 | % Ecuación 3 | | | 43,14 | % Ecuación 3 | |
| Nitrógeno | 4,71 | | | 4,55 | | | | |
| Relación C: N | 12,0 | | | 9,48 | | | | |
| Conductividad | 1,0 mS/m | Hanna HI 98192 | | 6,8 mS/m | Hanna HI 98192 | | | |
| Aluminio Intercambiable | No presenta | | | | No presenta | | | |
| Nitrógeno Amoniacal | <5 | ppm | Muy bajo | | <5 | ppm | Muy bajo | |
| Fosforo | 100 | ppm | Muy alto | | 100 | ppm | Muy alto | |
| Potasio | 200 | ppm | Muy alto | | 200 | ppm | Muy alto | |
| Apariencia |  | | | |  | | | |

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

| | | |
|--|--|--|
| | Ilustración 23. Segunda Caracterización, Muestra 1. | Ilustración 24. Segunda Caracterización, Muestra 2. |
|--|--|--|

Fuente: Autor.

Análisis de Tabla

De acuerdo con las fases del compost y sus respectivos requerimientos, la segunda caracterización se evalúa bajo las características de la fase termófila y/o fase mesófila de enfriamiento, esto de acuerdo a los lapsos de tiempo desde que las pilas fueron armadas e intervenidas, consecuente con esto, se logró evidenciar que la altura de la pila empezó a disminuir, lo cual nos puede indicar que su peso también lo está haciendo, tal como se espera en el proceso de descomposición y fase termófila, sin embargo los valores de carbono orgánico están superiores a los ideales, el tiempo del proceso y las altas temperaturas de la fase termófila consiguen una reducción importante en los compuestos.

En esta caracterización la humedad aumento de manera satisfactoria, sin embargo, la muestra 1.1 presenta una humedad de 68,30 fuera del rango ideal de 30-60%, lo cual indica que se debe realizar más frecuentemente el proceso de volteo, debido a que se pueden generar malos olores, teniendo presente esto para la muestra 2.2 la humedad se encuentra en las condiciones ideales, del mismo los niveles de carbono orgánico aumentaron para la segunda caracterización lo cual nos indica que la materia orgánica que está más fácilmente disponible para los microorganismos presentes en las pilas de compostaje, lo cual acelera el proceso de compostaje.

Adicional a ello, los niveles de pH se encuentran en los niveles ideales neutros, en comparación a la primera caracterización en la cual tenían un componente acido, del mismo modo la conductividad se encuentra baja lo cual nos indica la medida de las sales solubles presentes en el compost, lo cual es de gran importancia ya que si se encuentran en valores elevados se puede producir un efecto de deshidratación en las plantas, en cuanto a los nutrientes podemos observar que no se generaron muchas variaciones, sin embargo la mayoría de componentes presentaron

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

un aumento, por otro lado la relación C:N en la muestra 1.2, alcanza los niveles esperados en un proceso de compostaje, indicando efectividad en el proceso.

Primera caracterización vs segunda caracterización

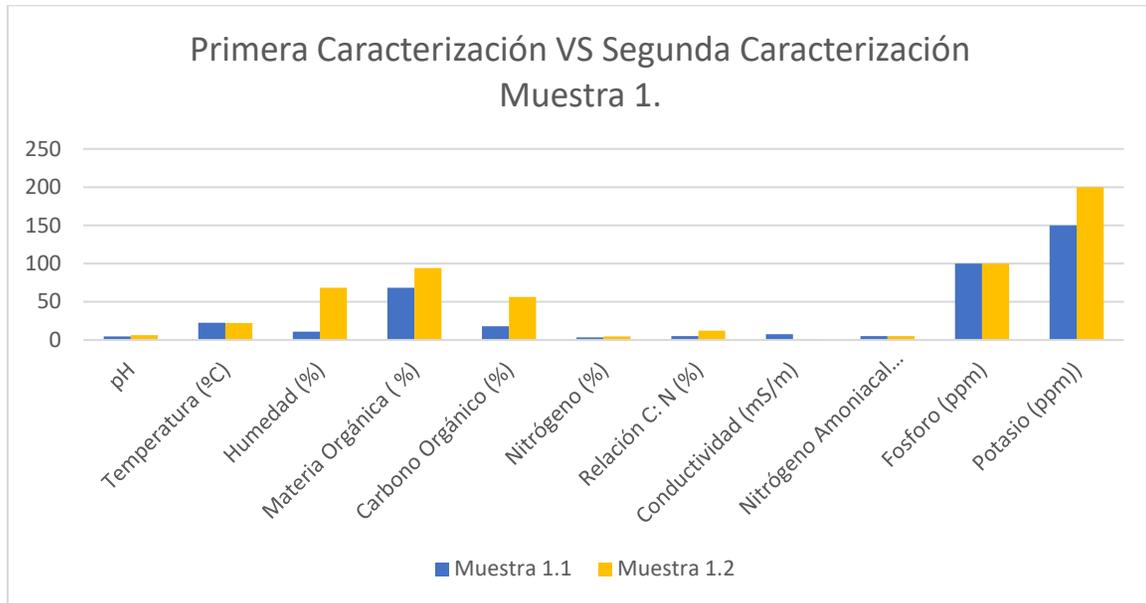


Ilustración 25. Primera Caracterización VS Segunda Caracterización, Muestra 1.
Fuente: Autor.

De acuerdo con la gráfica anterior parámetros como el potasio tuvo un aumento, lo cual nos indica mayor cantidad de nutrientes en la muestra que no está chipeada 1.2, por otro lado, el nitrógeno amoniacal se mantiene estable el cual posteriormente es transformado mediante el proceso de nitrificación en nitrógeno, favoreciendo la relación C: N; la cual aumento en la muestra 1.2 alcanzando los estándares establecidos para un proceso de compostaje, esto gracias a que también se presentó un aumento en el carbono mejorando las condiciones del compost, de acuerdo con los resultados podemos extraer que la muestra 1.2 presentó mejores resultados y aumento en diferentes parámetros, en comparación a la muestra 1.1.

Tal como pasa con la materia orgánica la cual en la primera caracterización estaba en rangos de 60-70 y en la segunda subieron de 90-100 lo cual nos indica el proceso de descomposición más acelerado en comparación a la primera caracterización del mismo modo aumento la temperatura y el pH lo cual nos contribuye a comprender en qué etapa se encuentra el compostaje, de acuerdo

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

con ello podemos analizar la optimización y estandarización que se inició gracias al fermento aplicado, del mismo modo controlando parámetros como lo son el aluminio intercambiable y la conductividad, los cuales pueden presentar riesgos en el proceso de compostaje.

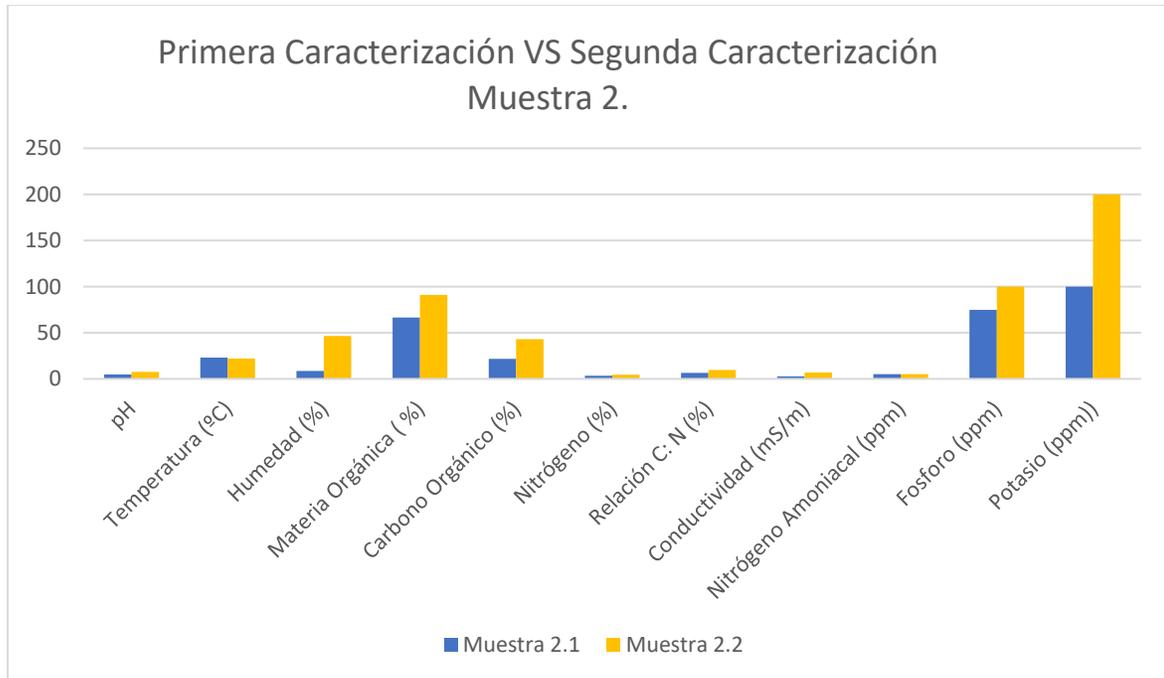


Ilustración 26. Primera Caracterización VS Segunda Caracterización, Muestra 2.

Fuente: Autor.

En la gráfica podemos observar cómo algunos valores como el potasio y el fosforo siguen variando y presentando diferencias respecto a la muestra 2.1 y 2.2. De acuerdo con ello en ninguna caracterización se encontró presencia de aluminio intercambiable, del mismo modo aumentaron el carbono orgánico, materia orgánica, la humedad que es un factor esencial el cual no estaba cumpliendo con las características necesarias, en esta caracterización podemos observar que esa problemática se solucionó, alcanzando los valores óptimos en un proceso de compostaje del mismo modo que la temperatura, siendo la muestra 2.2 la más estable, estándar y optima hasta el momento respecto a los parámetros de un compost óptimo.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

11.4 Tercera caracterización

Humedad

Muestra 1.3

$$\frac{((48,87 - 38,89) - (44,82 - 38,89)) * 100}{(44,82 - 38,89)} = 68,30\%$$

Muestra 2.3

$$\frac{((61,79 - 51,79) - (58,62 - 51,79)) * 100}{(58,62 - 51,79)} = 8,70\%$$

Materia Orgánica

Para la última caracterización no se pudo hacer uso de la mufla del laboratorio de la Universidad ECCI, razón por la cual, se procedió a calcular la materia orgánica por medio de la siguiente Ecuación.

$$MO\% = \% C. O * 1,724$$

Ecuación 2. Fuente: IGAC (2006).

Muestra 1.3

$$MO\% = 38,83 * 1,724 = 56,60$$

Muestra 2.3

$$MO\% = 12,97 * 1,724 = 22,36$$

pH y Temperatura (Equipo Hanna 210).

Conductividad (Equipo Hanna HI 98192).

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno, Fosforo, Potasio (Kit de análisis de suelos LaMotte).

Conversión de unidades en el Fosforo = Muestra 1. (150 L/acres / 2 = 75 ppm).

Muestra 2. (200 L/acres / 2 = 100 ppm).

Conversión de unidades en el Potasio = Muestra 1. (400 L/acres / 2 = 200 ppm).

Muestra 2. (400 L/acres / 2 = 200 ppm).

Nitrógeno Total (%):

Muestra 1. $\frac{56,60}{20} = 2,83\%$

Muestra 2. $\frac{22,36}{20} = 1,12\%$

Relación C: N

Muestra 1.2 $\frac{32,83\%}{2,83\%} = 11,6\%$

Muestra 2.2 $\frac{12,97\%}{1,12\%} = 11,6\%$

Tabla 10. Tercera caracterización.

| Parámetro | Muestra 1 | | | Muestra 2 | | |
|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|-------------------------|
| pH | 6,43 | Hanna 210 | | 7,39 | Hanna 210 | |
| Temperatura | 22 | °C | | 23 | °C | |
| Humedad | Pmh | 74,62 | % | Pmh | 71,88 | % |
| | Pms | 71,14 | 53,21 Ecuación | Pms | 68,08 | 61,39 Ecuación 1 |
| | Pc | 64,6 | 1 | Pc | 61,89 | |
| Materia Orgánica (Pw %) | | | % | | | % |
| | % C. O | 32,83 | 56,60 Ecuación 3 | % C. O | 22,36 | 22,36 Ecuación 3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

| | | | | | | | | |
|-------------------------|--|--------------|----|----------------|---|--------------|----|----------------|
| Carbono Orgánico | Bp | 5,60 | V | 5 | Bp | 5,60 | V | 5 |
| | M | 4,00 | N | 0,89 | M | 5,00 | N | 0,89 |
| | Pm | 0,02 | Pw | 53,21 | Pm | 0,02 | Pw | 61,39 |
| | | 32,83 | | % Ecuación 3 | | 12,97 | | % Ecuación 3 |
| Nitrógeno | | 2,83 | | % | | 1,12% | | % |
| Relación C: N | | 11,6 | | % | | 11,6 | | % |
| Conductividad | | 1,26 mS/m | | Hanna HI 98192 | | 3,81 mS/m | | Hanna HI 98192 |
| Aluminio Intercambiable | No presenta | | | | No presenta | | | |
| Nitrógeno Amoniacal | <5 | ppm | | Muy bajo | <5 | ppm | | Muy bajo |
| Fosforo | 75 | ppm | | Muy alto | 100 | ppm | | Muy alto |
| Potasio | 200 | ppm | | Muy alto | 200 | ppm | | Muy alto |
| Apariencia |  | | | |  | | | |
| | Ilustración 27. Tercera Caracterización, Muestra 1. | | | | Ilustración 28. Tercera Caracterización, Muestra 2. | | | |

Fuente: Autor.

De acuerdo con la tercera caracterización podemos evidenciar que el pH en las diferentes muestras se encuentra en un estado neutral, ideal en el proceso de compostaje, por otro lado, la temperatura se encuentra en condiciones ambiente, adicional a ello, la relación C: N de las dos muestras se encuentra en buenas condiciones contribuyendo a que, el compost cumpla con la mayoría de características necesarias para hacer un buen aprovechamiento del mismo en procesos de fertilización.

De acuerdo con ello parámetros como la materia orgánica que se encontraba muy elevada en la segunda caracterización se ha logrado estabilizar así mismo como la humedad, adicional a ello, el nitrógeno se encuentra dentro de las condiciones estándar a pesar de encontrarse en mayor

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

proporción en la muestra 1.3, indicando que los nutrientes minerales, incluidos el potasio y el fosforo están presentes en el compostaje de manera adecuada, cumpliendo de este modo con los parámetros requeridos en la muestra 2.3. indicándonos un compost maduro y con las características necesarias para realizar un aprovechamiento, además de corroborando la eficacia del fermento y el proceso de compostaje realizado durante la tesis.

Comparación de las tres caracterizaciones

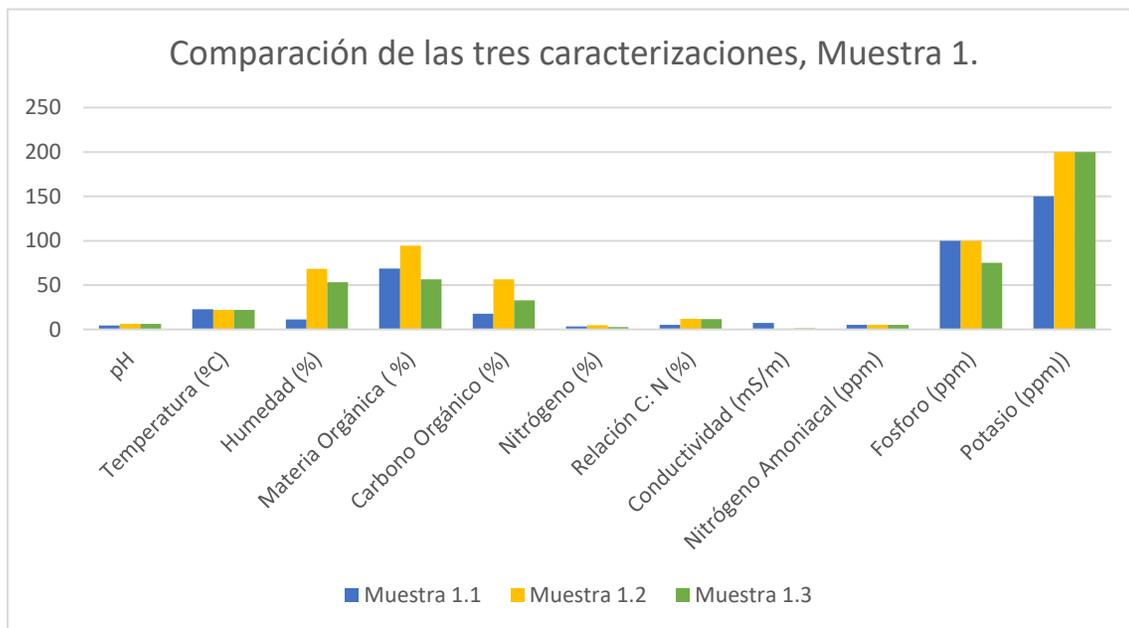


Ilustración 29. Comparación de las tres caracterizaciones, Muestra 1.
Fuente: Autor.

De acuerdo con la ilustración 29. se logra visualizar la evaluación de la respectiva muestra de compost 1. Compuestos lignocelulósicos sin triturar, en la cual podemos observar los 3 puntos de referencia evaluados durante aproximadamente 7 meses, para conocer la evolución del proceso, con ello logramos evidenciar, que el compostaje al inicio del proceso, no contaba con varios parámetros como los son la humedad, materia orgánica, carbonó orgánico y del mismo modo la relación C:N, lo cual no le permitía a las pilas desarrollar la suficiente energía para avanzar en el proceso de descomposición, dicho esto cabe resaltar que no se estaba realizando ningún proceso a estos residuos lignocelulósicos, más que un almacenamiento aproximado de 4 meses, anteriores a la intervención.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

En la segunda caracterización varios de los parámetros previamente mencionados presentaron un aumento significativo, sin embargo algunos aumentaron se encontraban fuera de los requerimientos de un compost maduro, ya que estaban muy superiores, pero ideales en un fase termófila o mesófila, lo cual nos demostró la importancia de controlar y monitorear constantemente durante el proceso, para que la pila pueda realizar una transferencia de energía y la respectiva descomposición, para llegar al producto final que es un compostaje fértil; del mismo modo para la caracterización 1.3 muchos de los parámetros analizados llegaron al punto ideal en un compost maduro, sin embargo existen algunos por fuera de lo ideal como el nitrógeno por 0,3%, sin embargo, los demás parámetros llegaron el objetivo inicial, de estandarización.

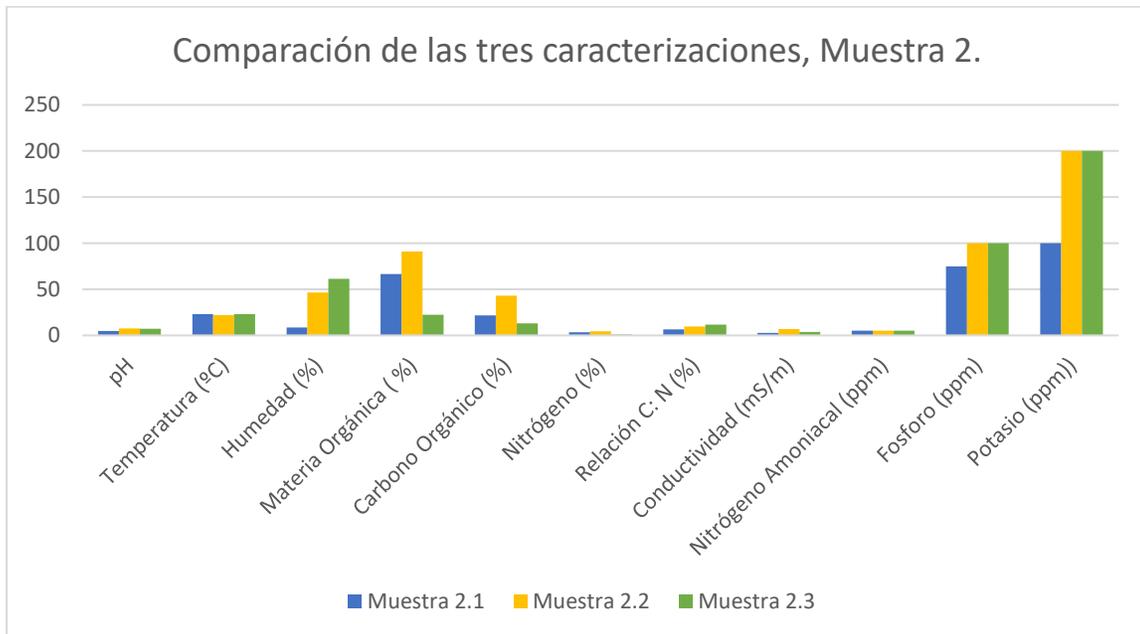


Ilustración 30. Comparación de las tres caracterizaciones, Muestra 2.
Fuente: Autor.

De acuerdo con la ilustración 30. Podemos evidenciar el comportamiento de la muestra dos, desechos lignocelulósicos triturados, en la cual podemos observar los 3 puntos de referencia evaluados durante aproximadamente 7 meses, de acuerdo a la evolución del proceso podemos evidenciar, que el pH se mantuvo estable en la segunda y tercera caracterización, de la misma

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

manera se comportó la temperatura generando homogeneidad, por otro lado la humedad fue en ascenso durante el proceso, siendo en el primer análisis deficiente, en el segundo ideal y en el tercero sobrepasando por 1,39% los valores ideales, sin embargo es una variación poco significativa la cual se puede controlar con un respectivo monitoreo.

En cuanto al carbono orgánico se lograron las condiciones ideales para un compost maduro, hasta la tercera caracterización, del mismo modo los nutrientes minerales no presentan una variabilidad significativa durante la caracterización 2 y 3, sin embargo respecto a la caracterización 1, se pudo evidenciar un gran aumento, en ninguno de los procesos se encontró aluminio intercambiable; en cuanto a la relación C:N se puede ver la variación, y como el parámetro fue aumentando y estabilizándose hasta llegar a los niveles ideales, de este modo podemos concluir que en términos generales el compost se encuentra en una fase madura.

11.5. Diagrama de procesos

De acuerdo a las caracterizaciones se sugiere seguir el siguiente diagrama de flujo para el respectivo proceso de estandarización del compostaje en el campus de la Universidad ECCI, sede 170.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

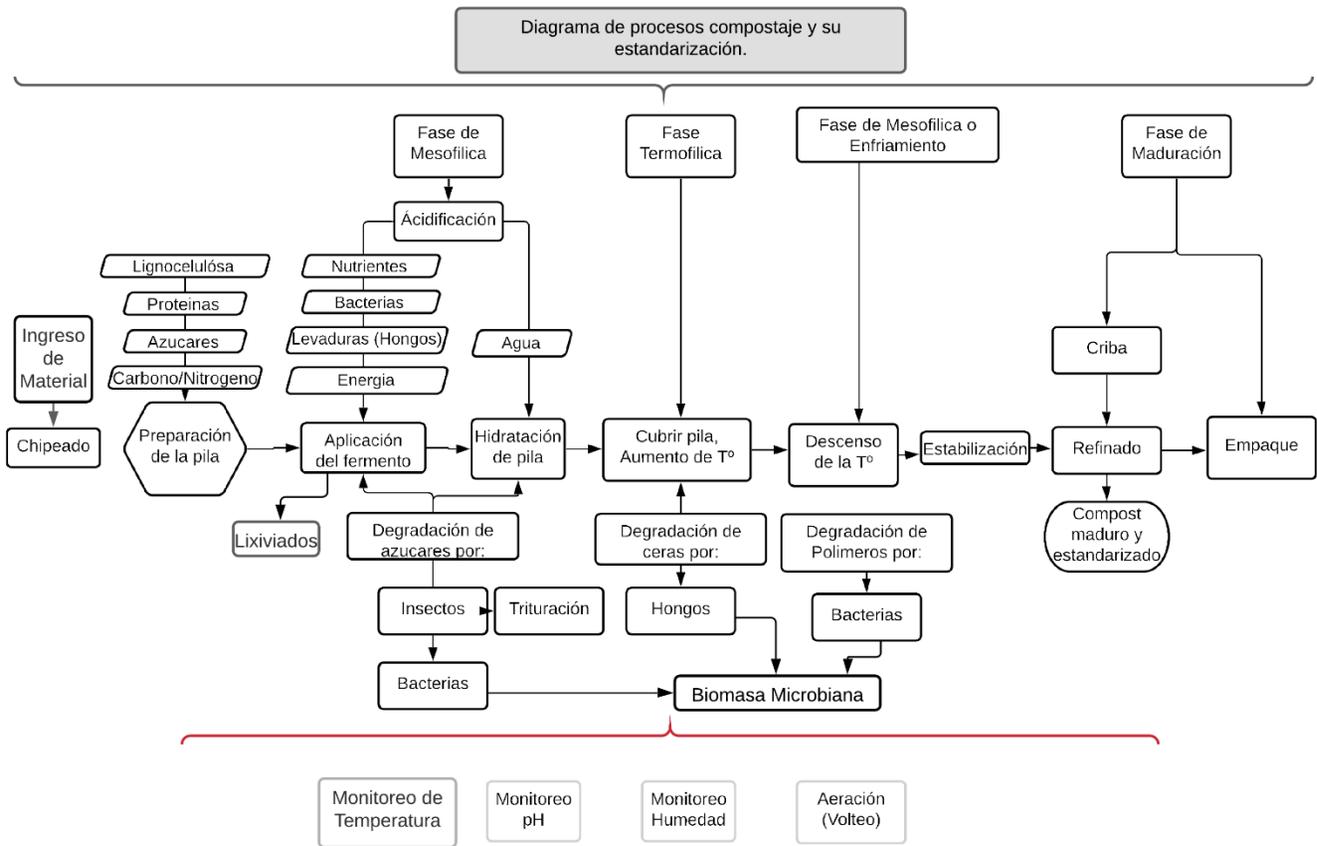


Ilustración 31. Diagrama de procesos compostaje y estandarización, Universidad ECCI Campus 170.

Fuente: Autor.

11.6 Observaciones

- El proceso de compostaje es un proceso que requiere de mantenimiento y monitoreo constante, razón por la cual las muestras difieren, ya que en la primera caracterización el material lignocelulósico solo estaba ubicado, sin tener ningún tipo de procesamiento, en la segunda caracterización el compostaje alcanzó las características ideales y necesarias, sin embargo para la caracterización número 3 los parámetros variaron y se presentaron déficits debido a la carencia de supervisión y procesamiento.

De acuerdo con ello, se ha verificado que es esencial que se realice monitoreo de pH, temperatura y humedad a diario, llevando un registro de datos, lo cual permita identificar

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

en qué fase se encuentra el compost y de este modo regular las características de la pila, concorde a lo que se necesita según su tiempo y proceso de descomposición.

- Cabe considerar que al inicio de la investigación se establecieron los parámetros que necesitan una medición de los cuales solo se realizó la caracterización de 13, con un parámetro adicional que fue la conductividad, a continuación de especifica que parámetros caracterizados y los sugeridos para realizar una medición por medio de un laboratorio externo anualmente.

Parámetros medidos:

- pH
- Temperatura (°C)
- Humedad (%)
- Materia Orgánica (%)
- Carbono Orgánico (%)
- Nitrógeno (%)
- Relación Carbono-Nitrógeno (C: N)
- Conductividad: Parámetro adicional para generalizar los componentes que generan sales solubles.
- Aluminio Intercambiable
- Nitrógeno Amoniacal
- Fosforo
- Potasio

Parámetros sugeridos:

- Dióxido de Carbono (CO₂): Caracterización sugerida por medio de tubos Draeger para la prueba de CO₂.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

- Densidad real y aparente (kg/m^3): Este parámetro se puede medir dentro de las instalaciones de la universidad ECCI, sin embargo, las pilas de compost debían formar un terrón de forma natural para realizar la medición de la densidad de acuerdo a el método establecido, lo cual no sucedió por ello no se mide este parámetro.
- Calcio (Ca): Como se estableció al inicio de la investigación el kit de análisis de suelos, no es muy preciso y el proceso de medición por espectro fotómetro requiere una calibración de acuerdo a cada componente, por lo cual no se realizó, sin embargo, el calcio contribuye a la formación de sales, por lo tanto, tiene relación con conductividad parámetro adicional de medición para suplir este componente.
- Sodio (Na): Como se estableció al inicio de la investigación este parámetro entraba en las sugerencias a realizar en laboratorio externo, sin embargo, el sodio contribuye a la formación de sales solubles, por lo tanto, tiene relación con conductividad parámetro adicional de medición.
- Magnesio (Mg): Como se estableció al inicio de la investigación este parámetro entraba en las sugerencias a realizar en laboratorio externo, sin embargo, el magnesio contribuye a la formación de sales solubles, por lo tanto, tiene relación con conductividad parámetro adicional de medición.
- Azufre (S): Como se estableció al inicio de la investigación este parámetro entraba en las sugerencias a realizar en laboratorio externo, sin embargo, el azufre contribuye a la formación de sales solubles, por lo tanto, tiene relación con conductividad parámetro adicional de medición.
- Cobre (Cu): Como se estableció al inicio de la investigación este parámetro entraba en las sugerencias a realizar en laboratorio externo.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Comparación muestras finales

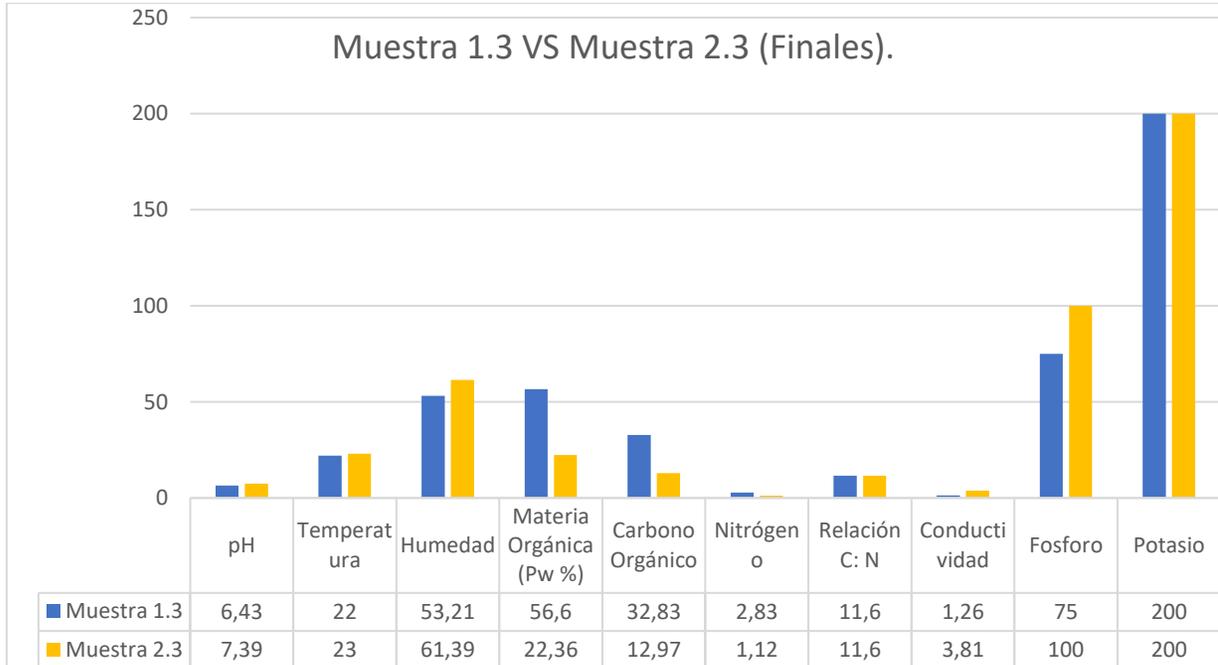


Ilustración 32. Comparación muestras finales.
Fuente: Autor.

La ilustración 32. Nos permite evidenciar si es necesario triturar o no el material lignocelulósico antes de iniciar el proceso de compostaje, ya que en este punto de la investigación las dos muestras se encuentran con la mayor parte de los parámetros de acuerdo a los rangos ideales, para ello es necesario analizar, cada uno de ellos, en primera instancia el pH y la temperatura de las dos muestras no varían en gran medida por lo tanto se encuentran en un rango ideal, la humedad en la muestra 1, cumple con el compost maduro, sin embargo en la segunda, se encuentra superior, sin embargo es por un valor bajo el cual se puede controlar.

En cuanto a la materia orgánica las dos muestras se encuentran en valores ideales, según lo establecido, sin embargo ninguno de los dos están dentro de los rangos, ya que en el carbono orgánico, la muestra 1 está superior y el 2 inferior, sin embargo para las muestras de nitrógeno la muestra 1 está un poco superior, pero la 2 se encuentra en niveles ideales, por otro lado esto compensa la relación C:N, ya que al realizar la respectiva evaluación estas se estabilizan y generan un valor ideal para un compost maduro, por otro lado parámetros como la

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

conductividad, el nitrógeno amoniacal y el aluminio intercambiable, no se presentan de forma significativa en las respectivas muestras indicando un control de estos componentes.

Por ultimo minerales como el fosforo se encuentran en muy alto, en un nivel ideal de nutrientes, consecuente con ello el potasio presenta las mismas condiciones, de acuerdo con ello podemos evidenciar, que las dos muestras presentan variaciones en 2 rangos los cuales no se encuentran en condiciones ideales, sin embargo 9 de ellos si cumplen, con los rangos de un compost maduro, sin embargo se considera necesario realizar un chipeado previo del material a compostar tal como se realizó en la muestra 2, ya que esto acelera la descomposición en un material tan estructurado.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

12. CONCLUSIONES

- ✓ Se logro evidenciar que el fermento preparado y aplicado a las pilas de compostaje funcionó para realizar la optimización y estandarización del proceso, de acuerdo con esto al analizar las dos muestras, la que fue chipeada previamente presento una descomposición más rápida y por lo tanto un mejor producto, por ello se recomienda someter a este proceso todo el material a compostar.
- ✓ Es de gran importancia mantener un monitoreo constante de las pilas de compostaje para conocer en qué fase se encuentra el proceso de este modo, se asegura un buen producto y un control de los parámetros para estabilizar y/u homogenizar las pilas, contribuyendo a que sean eficientes como fertilizantes orgánicos.
- ✓ El compostaje es un proceso que requiere tiempo, además de permitir hacer uso de los residuos orgánicos, en el caso del campus de la 170 de la universidad ECCI, la hojarasca y residuos de poda de césped, se producen de manera continua, contribuyendo al medio ambiente, además de generar una disposición adecuada realizando un aprovechamiento eficiente.
- ✓ Las pilas de compost se deben mantener higienizadas, controladas y potencializadas, para generar las condiciones necesarias para que los microorganismos se mantengan activos y con energía para poder descomponer la materia orgánica de las pilas, además de mantener una buena aireación para la supervivencia y balance de los mismos, aportando a la asimilación de nutrientes.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

13. RECOMENDACIONES

- ✓ En el material lignocelulósico se logra evidenciar gran cantidad de desechos inorgánicos, los cuales generan contaminación en las pilas de compostaje por lo tanto es necesario realizar una separación adecuada de residuos.

- ✓ Es necesario realizar una caracterización de compost producido anualmente, ya que se pueden presentar variaciones o alteraciones en proceso, de esta manera aseguramos que el producto obtenido sea de calidad y cumpla con los requerimientos establecidos en la estandarización.

- ✓ La elaboración de compost es compleja que se deben seguir ciertos parámetros y pasos por un lapso de tiempo extenso, por lo tanto, se sugiere seguir el diagrama de procesos, de este modo se refuerza la obtención de un producto óptimo.

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

14. REFERENCIAS (BIBLIOGRAFIA).

Avendaño, D., Daniella, A., & Bonomelli, C. (2003). El proceso de compostaje. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Fruticultura y Enología. Santiago de Chile.

Agüero, D. R. (Dic. de 2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *cultrop vol.35 no.4* .

Cariello, M. E., Castañeda, L., Riobo, I., & González, J. (2007). Inoculante de microorganismos endógenos para acelerar el proceso compostaje de residuos sólidos urbanos. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 7(3), 26-37.

Centro tecnologico nacional de la conserva y alimentación. (2018). *Compostaje*. AGRO WASTE.

IGAC (2006). Métodos analíticos de laboratorio de suelos. 6ª edición. República de Colombia.

ICONTEC (Ene. De 2003). Norma técnica colombiana (NTC) 1927. FERTILIZANTES Y ACONDICIONADORES DE SUELOS. DEFINICIONES, CLASIFICACIÓN Y FUENTES DE MATERIAS PRIMAS.

LaMotte Company (2001). INSTRUCTION MANUAL MODEL STH SERIES. U.S.A. Code 36070; pags. 1-19.

Luis Anibal Sepúlveda Villada, J. A. (2013). *Manual de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de Sistemas de Compostaje y Lombricultura en el Valle de Aburrá*. Medellín: Litografía Nicolás Aristizabal.

Ricardo, M. (2004). *Manual Básico para hacer Compost*. Madrid: Amigos de la Tierra .

| | | | |
|---|---|--|--|
|  | GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN) | | Código: IN-IN-001 Versión:01 |
| | Proceso: Investigación | Fecha de emisión: 22-Nov-2009 | Fecha de versión: 22-Nov-2009 |

Román P., Martínez M., Pantoja A. (2013). *MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Soliva Montserrat, M. L. (2008). PASADO, PRESENTE Y FUTURO DEL COMPOST . *II INTERNATIONAL CONFERENCE on SOIL and COMPOST ECO-BIOLOGY* , págs. 1-19.

Sancho, J. R. (2008). *Manual de compostaje*. España: Amigos de la tierra.

Román, Juan E, Gardingo, Víctor, & Calderón, Sigrid. (2006). *Aporte de la hojarasca al ciclo biogeoquímico en plantaciones de Eucaliptus intenso, X Región, Chile*. Bosque (Valdivia), 27(2), 115-125.