

**EVALUACIÓN DE DOS METODOS DE COMPOSTAJE CON DESECHO DE
POSCOSECHA DE FEIJOA (*Acca sellowiana*) BAJO LAS CONDICIONES DEL
MUNICIPIO DE LA VEGA EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**

MARIA DEL PILAR CARVAJAL MELO

CODIGO 52.814.337

**TRABAJO DE INVESTIGACION PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERA AGROFORESTAL**

DIEGO ALBERTO DEAZA

DIRECTOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMAS DE INGENIERIA AGROFORESTAL**

BOGOTA, AGOSTO 2016

ii. RESUMEN

El proyecto se desarrolló en la Finca el Cortijo, Ubicada en el Municipio de la Vega, Departamento de Cundinamarca, esta es una finca dedicada a la producción de Feijoa (*A. sellowiana*) y Curuba (*P. mollissima*). Este cultivo se estableció en zona de ladera, donde la escorrentía causada por múltiples precipitaciones ha generado gran pérdida de nutrientes. Como alternativa para dar solución a esta problemática se requiere incorporar un alto contenido de materia orgánica, y debido a que la finca cuenta con el desecho de la poscosecha de feijoa proveniente del centro de acopio de esta y otras fincas, al cual no se le ha dado un manejo adecuado y por consiguiente el proceso de descomposición ha sido muy lento. Se presentó una propuesta para desarrollar dos métodos de compostaje, obtenido mediante la utilización de este desecho. Para el desarrollo del proyecto se escogió el método experimental, con el diseño de bloques completamente al azar, comparando tres tratamientos de mezclas para compostaje de feijoa, tratamiento 1. 80% feijoa y 20% cascarilla de arroz, tratamiento 2. 60% feijoa y 40% cascarilla de arroz, testigo 100% feijoa, y tres bloques, para un total de 9 unidades experimentales con dimensiones de 1.2 m largo x 1.0 m ancho x 0.6 m alto. Como sitio de muestreo se tomó el centro de cada pila de compost. Se evaluaron tres variables de respuesta para analizar el comportamiento de los tratamientos, temperatura, tiempo de obtención de compost, y presencia de fusarium. En cuanto a temperatura los tratamientos y el testigo tuvieron un comportamiento similar, manteniendo el rango entre los 20 y 39° C. Se observó el tiempo de descomposición completa de los residuos de feijoa a partir de los 60 días en los tratamientos 1 y 2. Para determinar la presencia de fusarium se realizó el aislamiento y dio positivo para algunas cepas encontradas en el testigo, y los dos tratamientos.

iii. ABSTRACT

The project was developed at the Cortijo farm, located in the municipality of La Vega, Cundinamarca Department, this is an agricultural farm dedicated to the production of Feijoa (*A. sellowiana*) and Curuba (*P. mollissima*). This crop was established in hillside area, where runoff caused by rainfall multiple has caused great loss of nutrients. As an alternative to solve this problem it is necessary to incorporate a high content of organic matter, and because the farm has feijoa residue of postharvest, from the collection center for this and other properties, which it has not been given proper management and consequently the decomposition process has been very slow. A proposal was made to develop two methods of composting, obtained by using this waste. For the project the experimental method was chosen, with the design of a randomized complete block, comparing three treatments for composting mixtures feijoa, treatment 1. Feijoa 80% 20% rice husks, the treatment 2. Feijoa 60% 40% rice husks, witness feijoa 100% , and three blocks, for a total of 9 experimental units with dimensions of 1.2 m long x 1.0 m wide x 0.6 m high. As sampling site it's took the center of each compost pile. Were evaluated three variables response to analyze the behavior of treatments, temperature, time of production of compost, and presence of *Fusarium* As for temperature, treatments and the witness they had a similar behavior, keeping the range between 20 and 39 ° C. The time of complete decomposition of the feijoa waste was observed after 60 days in treatments 1 and 2. To determine the presence of *Fusarium* isolation was performed and tested positive for some strains found in the witness, and the two treatments.

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCION	1
II.	MARCO TEÓRICO	3
2.1.	SUELO	3
2.1.1.	TEXTURA.....	3
2.1.2.	ESTRUCTURA	4
2.1.3.	COMPLEJO ÓRGANO MINERAL.....	5
2.1.4.	LA MATERIA ORGÁNICA.....	5
2.1.4.1.	FUNCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO.	7
2.1.4.2.	EFFECTO SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS.....	7
2.1.4.3.	EFFECTO SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS	8
2.1.4.4.	EFFECTO SOBRE LA MICROBIOTA DEL SUELO.....	9
2.2.	LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS	9
2.2.1.	COMPOSTAJE.	10
2.2.1.1.	FASES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE.	11
2.2.1.1.1.	FASE MESÓFILA.	11
2.2.1.1.2.	FASE TERMÓFILA O DE HIGIENIZACIÓN.	12
2.2.1.1.3.	FASE DE ENFRIAMIENTO O MESÓFILA II.	12
2.2.1.1.4.	FASE DE MADURACIÓN.....	13
2.2.1.2.	FACTORES A TENER EN CUENTA EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE.....	13
2.2.1.2.1.	VARIABLES RELATIVAS A LA NATURALEZA DEL SUSTRATO:	13
2.2.1.2.2.	VARIABLES DE SEGUIMIENTO.	17
2.2.1.3.	MICROORGANISMOS PATÓGENOS EN EL COMPOSTAJE.....	22
2.2.1.3.1.	BACTERIAS PATÓGENAS	22
2.2.1.3.2.	HONGOS PATÓGENOS.....	23
2.2.2.	OTRAS ENMIENDAS ORGÁNICAS	24
2.2.2.1.	ESTIÉRCOLES.....	24
2.2.2.2.	ABONOS VERDES.....	25
2.2.2.3.	RESIDUOS DE COSECHA.....	26
2.2.2.4.	VERMICOMPOSTAJE	26
2.2.3.	AGENTES FERTILIZANTES ACTIVOS E INOCULANTES DEL SUELO	27
2.2.3.1.	LOS MICROORGANISMOS EFICACES	28
2.3	FEIJOA (<i>A. SELLOWIANA</i> BERG).....	29
2.3.1.	ECOFISIOLOGIA, CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA FEIJOA.....	30
2.3.1.1.	EL FRUTO.....	32
2.3.1.1.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FRUTO	32
2.3.1.1.2.	COMPOSICIÓN FÍSICA DEL FRUTO	33
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	34
IV.	JUSTIFICACION	35
V.	OBJETIVOS	36

5.1.	OBJETIVO GENERAL.....	36
5.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	36
VI.	METODOLOGÍA	37
6.1.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	37
6.2.	MATERIALES Y MÉTODOS	38
6.2.1.	MATERIALES.	38
6.2.2.	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS.	39
6.3.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	40
6.3.1.	MODELO ESTADÍSTICO PARA UN DBCA.....	40
6.3.2.	ANÁLISIS COMPOSTAJE INICIAL.	40
6.3.3.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.	41
6.3.3.1.	MONTAJE DE LOS TRATAMIENTOS.	42
6.3.4.	ANÁLISIS DE VARIANZA.	43
6.3.5.	HIPÓTESIS ESTADÍSTICA	43
6.3.5.1.	VARIABLE TEMPERATURA.	44
6.3.5.2.	VARIABLE PRESENCIA DE <i>FUSARIUM</i>	44
6.3.5.3.	VARIABLE TIEMPO DE COMPOST.	44
6.3.6.	PRUEBAS DE NORMALIDAD.....	45
6.3.7.	VARIABLES EVALUADAS	45
VII.	RESULTADOS	48
7.1.	TEMPERATURA	48
7.2.	PRESENCIA DE <i>FUSARIUM</i>	51
7.3.	TIEMPO DE COMPOST.	54
VIII.	DISCUSION	56
8.1.	VARIABLE TEMPERATURA	56
8.2.	PRESENCIA DE <i>FUSARIUM</i>	58
8.3.	TIEMPO DE COMPOST.....	60
IX.	CONCLUSIONES	62
X.	RECOMENDACIONES	64
XI.	REFERENCIAS	65
XII.	ANEXOS	69

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Composición de algunos materiales compostables</i>	14
<i>Tabla 2. Composición química del fruto de feijoa (contenido en 100 g de peso fresco). Galvis, J., 2003.</i>	32
<i>Tabla 3. Composición morfológica del fruto de la feijoa. Galvis, 2003.</i>	33
<i>Tabla 4. Características físicas de la feijoa (valores promedio). Galvis 2003.</i>	33
Tabla 5: ANAVA B.C.A.	43
<i>Tabla 6. Datos de temperatura. Elaboración propia.</i>	48
Tabla 7. Medidas descriptivas de cada uno de los tratamientos. Programa R versión 3.1.3 software libre.	49
<i>Tabla 8. Anava - Temperatura. Programa R versión 3.1.3 software libre.</i>	50
<i>Tabla 9. Levene test. Programa R versión 3.1.3 software libre.</i>	50
<i>Tabla 10. Incidencia de Fusarium. Elaboración propia.</i>	53
<i>Tabla 11. Cochran's Q test. Programa R versión 3.1.3 software libre.</i>	53
<i>Tabla 12. Probabilidad de presencia del patógeno. Elaboración propia.</i>	53
<i>Tabla 13. Relación tiempo obtención compost. Elaboración propia.</i>	54
<i>Tabla 14. Anava - Tiempo obtención compost. Programa R versión 3.1.3 software libre.</i>	55
<i>Tabla 15. Prueba de Tukey. Programa R versión 3.1.3 software libre.</i>	55

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje. Román P., 2013, p.25.	11
<i>Figura 2.</i> Evolución de la temperatura (—) y el pH (- -) durante las diferentes etapas del compostaje. (Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., 2014, p.44).....	20
<i>Figura 3.</i> Planta de Feijoa (A. Sellowiana) Finca el Cortijo. Quintero, O., 2010.	29
<i>Figura 4.</i> Asociación de feijoa y curuba, finca el Cortijo. Elaboración propia.	37
<i>Figura 5.</i> Desecho poscosecha de feijoa y paca de cascarilla de arroz. Elaboración propia.	41
<i>Figura 6.</i> Montaje de los tratamientos. Elaboración propia.	42
<i>Figura 7.</i> Pilas de Compost, 3 tratamientos con 3 bloques. Elaboración propia.....	42
<i>Figura 8.</i> Temperatura T2. Elaboración propia.	45
<i>Figura 9.</i> Registro temperatura en pila de compost e incorporación de melaza. Elaboración propia.....	45
<i>Figura 10.</i> Toma de muestras para laboratorio. Elaboración propia.....	46
<i>Figura 11.</i> Secuencia para preparación del medio de cultivo. Elaboración propia.	46
<i>Figura 12.</i> Procedimiento dilución muestras de compost. Elaboración propia.	47
<i>Figura 13.</i> Comportamiento de la temperatura en relación con los tratamientos. Programa R versión 3.1.3 software libre.	49
<i>Figura 14.</i> Evidencia de hongo en To R2 y T2 R2 Semana 2. Elaboración propia.	51
<i>Figura 15.</i> Crecimiento de colonia semana 3. Elaboración propia.	51
<i>Figura 16.</i> Imagen microscópica de la estructura de un hongo, existencia de conidias. Elaboración propia.	51
<i>Figura 17.</i> Aislamiento de muestras infectadas. Elaboración propia.	52
<i>Figura 18.</i> Desarrollo del hongo. Elaboración propia.....	52
<i>Figura 19.</i> Vista microscópica de <i>Fusarium</i> . Elaboración propia. Y estructura <i>Fusarium</i> . Carrillo L.	52
<i>Figura 20.</i> Pilas de compost, fase maduración. Elaboración propia.	54
<i>Figura 21.</i> Representación gráfica de temperatura por tratamiento. Programa R versión 3.1.3 software libre. .	56
<i>Figura 22.</i> Grafica Presencia <i>Fusarium</i> . Elaboración propia.....	58
<i>Figura 23.</i> Tiempo obtención compost por tratamiento. Programa R versión 3.1.3 software libre.	60
<i>Figura 24.</i> Resultados análisis de suelos finca el cortijo. Calderón 2014.....	70
<i>Figura 25.</i> Grafica de secuencia nutricional en suelos, Análisis de suelos finca cortijo. Calderón 2014.	70
<i>Figura 26.</i> Análisis compost inicial. Calderón 2014.	71
<i>Figura 27.</i> Gráfica de suficiencia nutricional Compost inicial. Calderón 2014.	71
<i>Figura 28.</i> Análisis compost tratamiento 1. Calderón 20014.	72
<i>Figura 29.</i> Grafica de Suficiencia nutricional Tratamiento 1. Calderón 2014.....	72

I. INTRODUCCION

La Finca el Cortijo, Ubicada en el Municipio de la Vega, Departamento de Cundinamarca, es una finca dedicada a la producción de Feijoa (*Acca sellowiana Berg*) y Curuba (*Passiflora mollissima H.B.K. Bailey*). Este cultivo ha sido establecido en zona de ladera, donde la escorrentía causada por múltiples precipitaciones ha generado gran pérdida de nutrientes. Adicional a esto, aunque la planta de feijoa se desarrolla satisfactoriamente en diversos tipos de suelos, los suelos con texturas livianas francas, influyen en forma directa y positivamente sobre el desarrollo del sistema radical. Se recomienda tomar las debidas precauciones para incrementar el nivel de materia orgánica, con el fin de garantizar una suficiente retención de la humedad del suelo, lo cual repercute en un adecuado tamaño del fruto (Fischer, 2003).

Como alternativa para dar solución a esta problemática se requiere incorporar un alto contenido de materia orgánica, y debido a que la finca cuenta con el desecho de la poscosecha de feijoa. Se presenta una propuesta para desarrollar dos métodos de compostaje, obtenido mediante la utilización de este desecho. De acuerdo a Moreno y Moral (2008) “El compostaje se basa en la acción de diversos microorganismos aerobios, que actúan de manera sucesiva, sobre la materia orgánica original, en función de la influencia de determinados factores, produciendo elevadas temperaturas, reduciendo el volumen y el peso de los residuos y provocando su humificación y oscurecimiento. Durante este proceso se han de controlar los distintos factores que aseguren una correcta proliferación microbiana y, por consiguiente, una adecuada mineralización de la materia orgánica”

Para el desarrollo del proyecto se escogió el método experimental, con el diseño de bloques completamente al azar, comparando tres tratamientos y tres bloques, para un total de 9 unidades experimentales con dimensiones de 1.2 m largo x 1.0 m ancho x 0.6 m alto. Como sitio de muestreo se tomó el centro de cada pila de compost. Se evaluó tres variables de respuesta para analizar el comportamiento de los tratamientos, temperatura, presencia de *Fusarium* y tiempo de obtención de compost. En cuanto a temperatura el montaje del experimento coincidió con época de lluvias, y al no contarse con una instalación que estuviera cubierta, se determinó cubrir cada pila con tela de polietileno y eventualmente con plástico para mitigar el impacto de la lluvia. Pese al esfuerzo, después de dos semanas la temperatura no tuvo el incremento esperado, por esto se aplicó 200 c/c de melaza disuelta en 1 L de microorganismos eficientes a las unidades experimentales para estimular la actividad microbiana.

Se realizó un seguimiento semanal a la variable temperatura para analizar su comportamiento, dando como resultado un comportamiento similar entre los tratamientos y el testigo. Durante el proceso de compostaje el material a compostar se expuso a elevadas temperaturas específicamente en la fase termófila donde son destruidos los microorganismos patógenos; sin embargo después de esta fase se puede volver a contaminar, ya sea por la utilización de herramientas sin la adecuada limpieza o por la adición de material fresco. Es por esto que se realizó evaluación de la presencia de *fusarium* en el compostaje por medio de los análisis fitopatológicos en laboratorio.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Suelo

“El suelo visto desde el enfoque agrícola es considerado como una mezcla de partículas sólidas pulverulentas, de agua y aire que, provista de los elementos nutritivos necesarios para las plantas puede servir como sustentadora de una vegetación.” (Navarro Simón y Navarro Ginés, 2003, p. 15).

2.1.1. Textura

La textura del suelo puede definirse según Suarez, (1979) como:

Las cantidades relativas de partículas de diverso tamaño que contiene el suelo. Las partículas minerales de diámetro menor de 2 mm se denominan separados y se clasifican, de acuerdo con su tamaño, en tres grupos arena, limo y arcilla.

Casi ningún suelo está compuesto exclusivamente de uno de estos separados; lo normal es que exista una mezcla variable de ellos y con base en sus porcentajes relativos se diferencian los diversos tipos de textura, los cuales se denominan arenoso, areno –limoso, franco, franco – limoso, franco-arcilloso, franco-arcillo-limoso y arcilloso, en orden ascendente con su contenido de partículas del menor tamaño. La textura del suelo es una de las características más permanentes y depende de las características del material parental y, de los procesos de formación que sobre este actúan. (p 15.)

2.1.2. Estructura

Gómez P. Susana (2013) afirma:

La estructura del suelo se define como la manera en que las partículas de suelo se agrupan, con la ayuda de agentes cementantes como la arcilla y la materia orgánica, formando agregados. Así, la estructura también determina el espaciamiento entre partículas, especialmente los macroporos.

Según el nivel de observación, se definen la Macroestructura y la microestructura. La Macroestructura permite a simple vista, ver el arreglo de partículas en forma de estructuras mayores y que son las que conocemos como tipos de estructura: Granular, bloques angulares, bloques subangulares, laminar y columnar.

La microestructura solo puede observarse bajo el microscopio. Es la que confiere al suelo agentes agregantes como la materia orgánica, exudados de raíces y microorganismos, hifas de hongos, colonias bacterianas, raíces y raicillas, micorrizas, deposiciones de meso y microfauna. Es de tipo transitorio y se encuentra en permanente formación, pues son seres vivos los que la construyen.

De ella depende en gran parte, la capacidad de Resiliencia de un suelo, es decir la capacidad de soportar y recuperarse de un disturbio y volver al equilibrio. Entre más vida se encuentre en un suelo, mejores serán sus propiedades físicas y mayor será el grado de resistencia al deterioro. (P.58-59).

2.1.3. Complejo órgano mineral

“Una de las características de muchos suelos es la mezcla avanzada de los componentes orgánicos e inorgánicos. Esta mezcla no es solo mecánica sino a través de interacciones entre ambas fracciones resultan enlaces químicos que contribuyen a una gran estabilidad de los complejos formados” (Fassbender, 1969, p.90).

“La materia orgánica y la fracción inorgánica del suelo no actúan independientemente (o sea, sin influir la una sobre la otra), sino que en muchos suelos, por ejemplo los Andosoles, existen mezclas y uniones muy estables entre compuestos inorgánicos y orgánicos. Según Greenland más de la mitad de la materia orgánica en algunos suelos y a veces hasta en un 95% se presenta en complejos organominerales. Estos últimos suelen ser de diferente tamaño y con frecuencia solubles y contribuyen al desplazamiento de los componentes en el suelo” (Fassbender, y Bormemisza, 1987, p.90).

2.1.4. La materia orgánica

Núñez S. Jorge, (1981) define:

La materia orgánica como la fracción orgánica del suelo que incluye los residuos provenientes de plantas y animales que se encuentran en el suelo en diferentes etapas de descomposición, conteniendo residuos frescos, parcialmente descompuestos y totalmente descompuestos (humus), llamándose a todo, en forma genérica, materia orgánica. (...). Los componentes mayoritarios de la materia orgánica generalmente son lignina, hidratos de carbono, proteínas,

péptidos y aminoácidos libres, grasas, ceras y resinas. Otros componentes presentes en la materia orgánica son vitaminas, hormonas, quelatos, ácidos orgánicos, etc.

El humus, que corresponde a la fracción totalmente descompuesta, es de naturaleza coloidal y amorfa. Corresponde a una mezcla heterogénea, compleja y de alto peso molecular, altamente polimerizada. (...) El humus se forma por descomposición de la materia orgánica a través de dos procesos llamados mineralización “producción de iones inorgánicos provenientes de la oxidación de compuestos orgánicos” y humificación “síntesis de los productos de la mineralización por condensación de sustancias fenólicas y quinólicas aromáticas con productos nitrogenados provenientes de la descomposición de las proteínas, los azúcares aminos, las purinas, y las pirimidinas, etc.” La fracción de humus del suelo se clasifica por composición química, en ácidos húmicos (pardos y grises), ácidos himatomelánicos, ácidos fúlvicos y huminas (p.111-115).

Desde otro punto de vista Dalzell H.W., (1991) afirma que: “La materia orgánica del suelo está conformada por sustancias húmicas, animales y plantas muertos. Siempre contiene carbono, oxígeno e hidrógeno, y además varios elementos inorgánicos como nitrógeno, fósforo y potasio. La materia orgánica puede almacenar gran cantidad de agua y atraer hasta diez veces más nutrientes que los minerales de la arcilla.” (p.6).

“Los residuos de las plantas constituyen el material principal originario de la materia orgánica del suelo. Bajo condiciones naturales, todos estos residuos (partes aéreas y raíces de los árboles, arbustos, malas hierbas y otras plantas) aportan anualmente al suelo una gran cantidad de residuos orgánicos. En los suelos cultivados, una gran parte de las plantas son extraídas, pero muchos de sus tallos y raíces son abandonados en el suelo” (Navarro Simón y Navarro Ginés, 2003, p. 53).

2.1.4.1. Función de la materia orgánica en el suelo.

Según los conceptos de numerosos autores, Abadin Josefa (2008) afirma: “La materia orgánica del suelo por su papel en el establecimiento de la estructura física, la fertilidad y la actividad biológica en el ecosistema edáfico es considerada la clave de la sostenibilidad y la productividad, a largo plazo, de los suelos y el indicador más prometedor para la evaluación de la calidad edáfica, por lo que es empleada para evaluar la sostenibilidad de los cultivos, los sistemas de laboreo y sus efectos sobre el medio ambiente” (p.24).

“La materia orgánica altera las propiedades físicas y químicas del suelo y contribuye a la formación de horizontes (procesos pedogenéticos) o en otros procesos formadores de suelos. También es la base de la actividad biológica del suelo, influenciando características de importancia agrícola como el contenido de fosforo, el ciclo del nitrógeno, la estructura del suelo y sus condiciones asociadas de infiltración de agua, permeabilidad y aireación” (Núñez S. Jorge, 1981, p.119).

2.1.4.2. Efecto sobre propiedades físicas.

La materia orgánica juega un papel muy importante en las propiedades físicas del suelo, Benites Jose y Bot Alexandra, (2013) afirman:

La adición continua de residuos de plantas y otra materia orgánica, junto con su transformación por los organismos del suelo, proporciona al suelo una capacidad de auto recuperación de la arquitectura del suelo dañada. (...). La parte viviente del suelo, entonces, es responsable de mantener la disponibilidad de agua y aire, proveer nutrientes de plantas, destruir a los agentes contaminantes y mantener la estructura del suelo. Esto contribuye a la renovación de su porosidad mediante los procesos de excavación de madrigueras y formación

de sustancias pegajosas, asociado con la actividad biológica. Consecuentemente, el suelo puede almacenar más agua y actuar como sumidero de dióxido de carbono.

Los materiales orgánicos como los residuos de las plantas, encima y en la superficie del suelo pueden proporcionar el amortiguamiento físico contra el impacto de las gotas de lluvias y la insolación directa (p, 191-192).

2.1.4.3. Efecto sobre propiedades químicas

Casas F. Raquel (2011), sostiene que la materia orgánica mejora la fertilidad del suelo, porque:

Estabiliza algunos nutrientes en formas orgánicas, la materia orgánica puede absorber agua e iones disueltos, permitiendo la formación de sales húmicas de estos. Mantiene las reservas de nitrógeno. Y ejerce cierto papel depurador del suelo, porque inmoviliza algunos metales pesados.

Mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas, la elevada capacidad de intercambio catiónico del humus (200 meq/100g), permite tener en el suelo un depósito de nutrientes (iones minerales) que pueden ser cedidos a la solución del suelo y ser asimilados así por las plantas. Forma complejos con los metales como el hierro, manganeso, cinc y cobre, contribuyendo además a mejorar la absorción para las plantas, del fósforo, nitrógeno, potasio, calcio y magnesio.

Aporta al suelo elementos esenciales para las plantas, la descomposición de la materia orgánica libera nutrientes, compuestos enzimáticos y compuestos hormonales necesarios para las plantas. También contribuye a la regulación del pH del suelo. (P.28-29).

2.1.4.4 .Efecto sobre la microbiota del suelo

El aumento en la cantidad de materia orgánica favorece poblaciones mayores y más diversas de organismos edáficos y puede, por consiguiente, mejorar el control biológico de plagas y enfermedades en las plantas” (Abadin Josefa, 2008. p.25).

2.2. Las enmiendas orgánicas

“Las enmiendas orgánicas son sustancias orgánicas que se aplican a los suelos con el principal objetivo de mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas (...) También son utilizadas en la recuperación y rehabilitación de suelos degradados y contaminados” (Cabrera, 2007, p.6).

“Existe una gran variedad de enmiendas orgánicas susceptibles de ser utilizadas en la recuperación de suelos degradados, procedentes de diversas fuentes, desde estiércoles (frescos, envejecidos, compostados) a residuos urbanos, lodos de depuradora, sin tratar y tratados (biosólidos), residuos agrícolas y forestales, residuos de la industria conservera, y residuos agroindustriales (Larney y Pan, 2006)” (Cabrera *et al.*, 2014, p.2014).

Según Cabrera Fernando (2007) “La aplicación directa de sustancias orgánicas frescas al suelo puede causar problemas. Su fermentación, puede producir metabolitos fitotóxicos, aumentar la temperatura del suelo, disminuir la concentración del N mineral disponible y producir malos olores. Por estas razones, es aconsejable tratar los residuos antes de añadirlos al suelo, mediante algún proceso de estabilización; el compostaje es uno de los más eficaces y utilizados” (p.6).

2.2.1. Compostaje.

De acuerdo a Moreno, J., y Moral, R., (2008):

El compostaje se basa en la acción de diversos microorganismos aerobios (Haug, 1993), que actúan de manera sucesiva, sobre la materia orgánica original, en función de la influencia de determinados factores, produciendo elevadas temperaturas, reduciendo el volumen y el peso de los residuos y provocando su humificación y oscurecimiento (Nakasaki, 2005). Durante este proceso se han de controlar los distintos factores que aseguren una correcta proliferación microbiana y, por consiguiente, una adecuada mineralización de la materia orgánica (Cronje y col., 2003). El hecho de que el compostaje sea bio-oxidativo exige una condición biológica que lo hace diferente de procesos físicos y químicos, así como de aquellos que no se realicen de forma aeróbica. (Moreno, J., y Moral, R., 2008).

También se ha de diferenciar entre el compostaje, como proceso controlado, de los procesos naturales no controlados que suelen desembocar en anaerobiosis más o menos acusadas. Al estar regidas estas reacciones por los ciclos biológicos de los microorganismos que intervienen en ellas, el compostaje requiere un tiempo mínimo. Por tanto, un compostaje que pretenda la obtención de un producto final útil como fertilizante (material orgánico estabilizado) no se puede dejar transcurrir espontáneamente, sino que en él han de controlarse las variables necesarias para garantizar la total terminación del proceso en un tiempo corto y con unos costes mínimos (Hedegaard y col., 1996; De Bertoldi y col., 1985; Korner y col., 2003). (p.95)

2.2.1.1. Fases del proceso de compostaje.

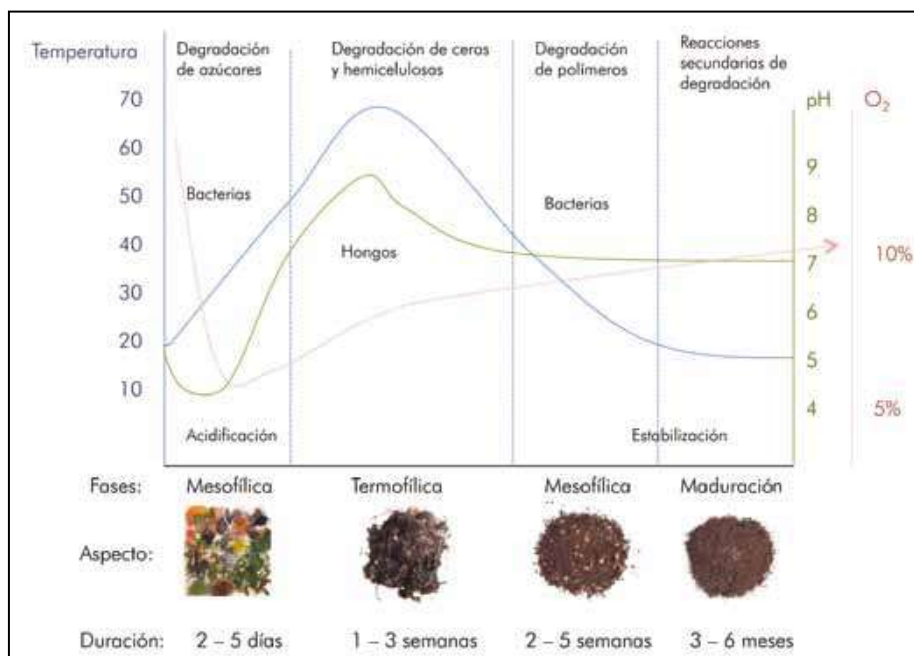


Figura 1. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje. Román P., 2013, p.25.

De acuerdo a Román P., Martínez M., y Pantoja A. (2013), como se puede apreciar en la figura 1, las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura, en fase mesófila, termófila, mesofila II y fase de maduración.

2.2.1.1.1. Fase mesófila.

El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4,0 o 4,5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).

2.2.1.1.2. Fase termófila o de higienización.

Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores.

Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Igualmente, (...) esta fase es importante pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.

2.2.1.1.3. Fase de enfriamiento o mesófila II.

Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

2.2.1.1.4. Fase de Maduración.

Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. (p. 23-25)

2.2.1.2. Factores a tener en cuenta en el proceso de compostaje.

“Las variables más importantes que afectan al compostaje se pueden subdividir en dos grupos: aquellas relativas al seguimiento del proceso y que deben controlarse durante el tiempo del mismo y variables relativas a la naturaleza del sustrato que en general se tienen en cuenta al inicio del proceso” (Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., 2014, p.33).

2.2.1.2.1. Variables relativas a la naturaleza del sustrato:

2.2.1.2.1.1. Tamaño de la partícula.

“El tamaño inicial de las partículas que componen la masa a compostar es una importante variable para la optimización del proceso, ya que cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano por unidad de masa, más rápida y completa será la reacción” (Moreno, J., y Moral, R., 2008, p.101). “El triturado del material facilita el ataque de los microorganismos y aumenta la velocidad del proceso. Pero si el tamaño es demasiado pequeño atenta contra la difusión del oxígeno hacia el interior y de dióxido de carbono hacia el exterior, lo cual restringe la proliferación microbiana, además de generar riesgos de compactación. Un tamaño recomendable estará comprendido entre 1 y 5 cm. El tamaño de partículas es dependiente de los materiales originales utilizados” (Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., 2014, p.34).

2.2.1.2.1.2. Relaciones C/N.

“El Carbono y el Nitrógeno son dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos” (Campitelli, P. 2014, p.35). La relación C/N varía en función del material de partida y se obtiene la relación numérica al dividir el contenido de C (%C total) sobre el contenido de N total (%N total) de los materiales a compostar. Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, desde 35:1 a 15:1” (Román P., Martínez M., y Pantoja A., 2013, p. 29). Los microorganismos utilizan generalmente 30 partes de C por cada una de N; por esta razón se considera que el intervalo de C/N teóricamente óptimo para el compostaje de un proceso es de 25-35 (Jhorar y col, 1991)” (Moreno, J., y Moral, R., 2008, p.101).

Tabla 1. Composición de algunos materiales compostables

Material	% de Nitrogeno	Relacion C/N
Residuos de fruta	0.9 - 2.6	20 - 49
Cáscara de arroz	0 - 0.4	113 - 1120
Residuos vegetales	2.5 - 4	nov-13
Estiercol de gallina	1.6 - 3.9	dic-15
Estiercol de vaca	1.5 - 4.2	nov-30
Estiercol ovino	1.3 - 3.9	13 - 20
Purines	1.9 - 4.3	sep-19
Basura domiciliaria	1.9 - 2.9	14 - 16
Papel	0.2 - 0.25	127 - 178
Heno	0.7 - 3.6	15 - 32
Paja	0.3 - 1.1	48 - 150
Corteza de maderas duras	0.10 - 0.41	116 - 436
Corteza de maderas blancas	0.04 - 0.39	131 - 1285
Aserrin	0.06 - 0.8	200 - 750
Restos de jardineria	2.0 - 6.0	9 - 25
Hojas	0.5 - 1.3	40 - 80
Podas de arboles	3.1	16

Nota Fuente: Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., 2014. Compostaje: Obtención de abonos de calidad para las plantas. (p.35). España: Editorial brujas.

2.2.1.2.1.3. *Nutrientes.*

“La composición elemental del material de partida es fundamental para la correcta actividad de la población microbiana. Los microorganismos descomponen compuestos complejos generando otros más simples que, de esa forma, puede asimilar. (Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., 2014, p.37). “Entre los elementos que componen el sustrato destacan C, N y P, que son macronutrientes fundamentales para el desarrollo microbiano. El carbono es necesario en la síntesis celular para la formación del protoplasma, así como la de los lípidos, grasas y carbohidratos; durante el metabolismo se oxida para producir energía y anhídrido carbónico; es el elemento que debe estar presente en mayor cantidad puesto que constituye el 50% de las células de los microorganismos y el 25% del anhídrido carbónico que se desprende en la respiración” (Moreno, J., y Moral, R., 2008, p.103).

“Por otra parte, el nitrógeno es necesario para la reproducción celular y el fosforo es necesario en la formación de compuestos celulares ricos en energía, siendo fundamental para el metabolismo microbiano. -Los micronutrientes que están presentes en el material de partida, si bien son necesarios en menor cantidad, son fundamentales en la síntesis de enzimas, metabolismo de -los microorganismo y en los mecanismos de transporte intra y extracelular” (Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., 2014, p.37).

2.2.1.2.1.4. Contenido de materia orgánica.

“La cantidad de materia orgánica total contenida en los compost puede oscilar entre un 25 y un 45% sobre peso seco, dependiendo de los materiales de partida. El contenido de carbono, independientemente de los residuos de partida, es lo que hace que se los considere enmiendas orgánicas y es uno de los factores que determinan su calidad agronómica” (Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., 2014, p.37).

De acuerdo a Moreno, J., y Moral, R., (2008):

Durante el compostaje la materia orgánica tiende a descender debido a su mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico; estas pérdidas pueden llegar a representar casi el 20% en peso de la masa compostada (Zucconi y col. 1987). Este descenso de materia orgánica transcurre en dos etapas fundamentalmente. En la primera se produce un rápido decrecimiento de los carbohidratos, transformándose las cadenas carbonadas largas en otras más cortas con la producción de compuestos simples, algunos de los cuales se reagrupan para formar moléculas complejas dando lugar a los compuestos húmicos. En la segunda etapa, una vez consumidos los compuestos lábiles, otros compuestos como las ligninas se van degradando lentamente y/o transformando en compuestos húmicos (Tomati y col., 2000; Castaldi y col., 2005); generalmente este último cambio no finaliza durante el tiempo que dura el compostaje. (...) La velocidad de transformación de materia orgánica depende de su naturaleza física y química, de los microorganismos que intervienen y de las condiciones físico-químicas del proceso (humedad, aireación, temperatura y pH) (Michel y col., 2004)” (p.104).

2.2.1.2.1.5. Conductividad eléctrica.

“La conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones de amonio o nitrato formados durante el proceso (Sánchez – Monedero, 2001)” (Moreno, J., y Moral, R., 2008, p.106). “Los valores de CE que presenta un compost dependen (...) también de la calidad del agua que se utiliza para regarlo. Esta CE tiende a aumentar durante el proceso debido a la mineralización de la MO que aumenta la concentración de nutrientes (iones)” (Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., 2014, p.38).

“La dosis de compost que puede añadirse a un suelo debe ser proporcional a la CE del compost. Un exceso de salinidad en la solución del suelo dificulta la absorción de agua por las raíces de las plantas, de modo que en algunos casos, en esas condiciones, solo prosperan las especies resistentes” (Moreno, J., y Moral, R., 2008, p.106).

2.2.1.2.2. Variables de seguimiento.

2.2.1.2.2.1. Temperatura.

“Al disponerse el material que se va a compostar en pilas, (...) si las condiciones son las adecuadas, comienza la actividad microbiana. Inicialmente todo el material está a la misma temperatura, pero al crecer los microorganismos se genera calor aumentando la temperatura del material. (...). La evolución de la temperatura representa muy bien el proceso de compostaje pues se ha comprobado que pequeñas variaciones de temperatura afectan más a la actividad microbiana que pequeños cambios de la humedad, pH o C/N. (Moreno, J., y Moral, R., 2008, p.96).

Como lo vimos anteriormente el proceso de compostaje se divide en cuatro fases, y tres de estas se relacionan con la temperatura. “La fase mesófila inicial ($T < 45^{\circ}\text{C}$), al final de la cual se producen ácidos orgánicos; fase termófila ($T > 45^{\circ}\text{C}$); y fase mesófila final, considerándose finalizado el proceso cuando se alcanza de nuevo la temperatura inicial. Cada especie de microorganismo tiene un intervalo de temperatura óptima en el que su actividad es mayor y más efectiva: $15\text{-}40^{\circ}\text{C}$ para los microorganismos mesófilos y $40\text{-}70^{\circ}\text{C}$ para los termófilos (Suler y col., 1977)” (Moreno, J., y Moral, R., 2008, p.96).

“Para conseguir la eliminación de bacterias patógenas, huevos de parásitos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida es necesario que el proceso atraviese una etapa de temperaturas elevadas (al menos 55°C durante 3 horas) (...) permitiendo el saneamiento o desinfección del material original” (Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., 2014, p.43). Los microorganismos que resulten beneficiados a una temperatura concreta son los que principalmente descompondrán la materia orgánica del residuo, produciéndose un desprendimiento de calor. Este calor provoca una variación de la temperatura de la pila que dependerá de la adecuación de los demás factores a los intervalos óptimos, del tamaño de la pila (...), de las condiciones ambientales y del tipo de adición de aire a la pila, ya sea con volteos o con aire a presión (Ekinci y col., 2004)” (Moreno, J., y Moral, R., 2008, p.96).

2.2.1.2.2.2. *Humedad.*

Román P., Martínez M., y Pantoja A. (2013), afirman:

La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular.

La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje (...). Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material.

En procesos en que los principales componentes sean substratos tales como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, la necesidad de riego durante el compostaje es mayor que en los materiales más húmedos, como residuos de cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped (p.27).

“El exceso de humedad puede ser reducido aumentando la aireación (Haug, 1993). A su vez, con un buen control de la humedad y de la aireación, puede llevarse a cabo el control de la temperatura. Esto es debido a que durante el proceso de compostaje se debe llegar a un equilibrio entre los huecos entre partículas (de tamaño variable) que pueden llenarse de aire o de agua” (Moreno, J., y Moral, R., 2008, p.98).

“Una forma práctica de determinar su contenido adecuado es empuñando un poco del material; éste no debe producir gotas de escurrimiento entre los dedos y al abrir la mano debe conservar su forma de terrón sin desmoronarse. La humedad excesiva debe manejarse con volteos a la pila y evitando el exceso de agua lluvia; en lo posible deben hacerse las pilas bajo techo para controlar mejor los niveles de humedad; debe evitarse la inundación del sitio de compostaje. (Aldana, A., 2005 p.133).

2.2.1.2.2.3. pH.

“El pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. En muchos trabajos se usa esta variable para estudiar la evolución del compostaje. Sin embargo, su medida, que se realiza en el laboratorio sobre el extracto acuoso de las muestras tomadas en las pilas, es sólo una aproximación del pH *in situ* (Sundberg y col., 2004). Mediante el seguimiento del pH se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla, ya que si en algún momento se crean condiciones anaeróbicas se liberan ácidos orgánicos que provocan el descenso del pH” (Moreno, J., y Moral, R., 2008, p.98).

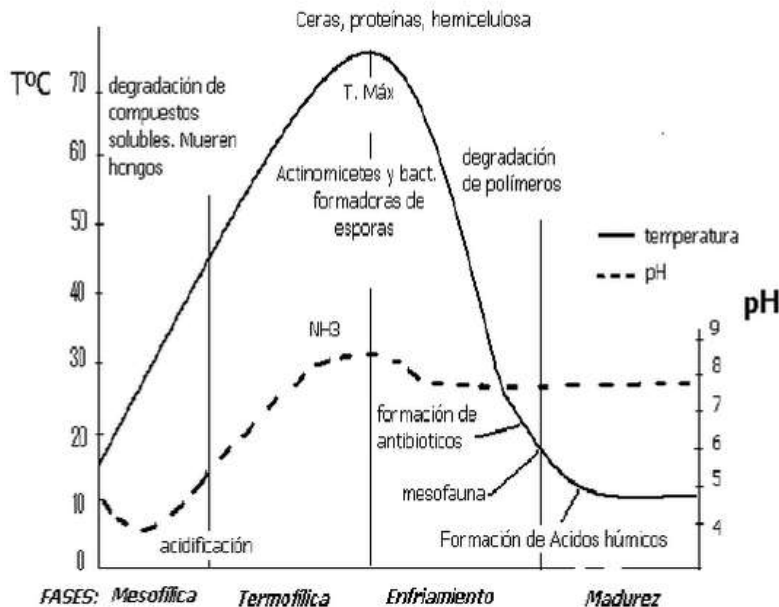


Figura 2. Evolución de la temperatura (—) y el pH (- -) durante las diferentes etapas del compostaje. (Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., 2014, p.44)

“Como se observó en la Figura 2 los valores de pH se modifican durante el proceso de compostaje. El pH tiene una influencia directa sobre el proceso debido a su acción sobre los procesos microbianos” (Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., 2014, p.47).

“Durante la fase mesófila inicial se observa una disminución del pH debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más lábil, produciéndose una liberación de ácidos

orgánicos. Eventualmente, esta bajada inicial del pH puede ser muy pronunciada si existen condiciones anaeróbicas, pues se formará aún más cantidad de ácidos orgánicos. En una segunda fase se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas. Y en la tercera fase el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón” (Moreno, J., y Moral, R., 2008, p.98).

2.2.1.2.2.4. Aireación.

“El proceso de descomposición de la materia orgánica y su transformación en humus es realizada por los microorganismos aeróbicos que requieren oxígeno para su actividad. La aireación depende de factores como el tamaño de la pila de compost, el tamaño de las partículas que la conforman, el tipo de material y la humedad que contiene” (Aldana, A., 2005 p.132).

“Al comienzo del proceso sería conveniente mantener espacios aireados en un rango de un 30-40 %. El contenido de oxígeno óptimo se encuentra entre el 15 y el 20% al finalizar el proceso. (...) Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, siendo máxima durante la etapa termofílica. La garantía de un buen compost es que se produzca en condiciones aeróbicas (Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., 2014, p.39-40). Ya que “la aireación insuficiente provoca una sustitución de microorganismos aerobios por anaerobios, con el consiguiente retardo en la descomposición, la aparición de sulfuro de hidrogeno y la producción de malos olores (...). Durante el proceso de maduración no deben hacerse aportaciones adicionales de oxígeno, ya que una excesiva aireación podría dar lugar al consumo de los compuestos húmicos formados y a una rápida mineralización de los mismos (Tomati y col., 2000)” (Moreno, J., y Moral, R., 2008, p. 99-100).

2.2.1.3. Microorganismos patógenos en el compostaje.

Durante el proceso de compostaje el material a compostar se expone a elevadas temperaturas específicamente en la fase termófila donde son destruidos los microorganismos patógenos; sin embargo después de esta fase se puede volver a contaminar, ya sea por la utilización de herramientas sin la adecuada limpieza o por la adición de material fresco. Algunos de estos patógenos que pueden evidenciarse después de un análisis microbiológico del compost son:

2.2.1.3.1. Bacterias patógenas

Román P., Martínez M., y Pantoja A. (2013), afirman:

En materias primas como los estiércoles pueden encontrarse bacterias patógenas para humanos y animales, siendo de especial interés la presencia de *Salmonella* spp. Este microorganismo es uno de los principales agentes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y puede ser habitante normal del tracto digestivo de animales que incluyen aves (siendo el pollo un importante reservorio), bovinos, porcino entre otros (Carrascal, 2011).

Igualmente es de interés *E. coli* O157:H7, que se ha asociado enfermedades causadas por consumo de frutas y vegetales crudos o sus productos no pasteurizados (Islam, 2005). Tiene como reservorios animales como el ganado vacuno, ciervos y ovejas, y puede sobrevivir hasta 70 días en el estiércol, dependiendo de la concentración y la temperatura. Otros patógenos que se han encontrado en compost y que podrían llegar al hombre por el consumo de alimentos contaminados incluyen: *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* y *Cryptosporidium parvum* (Beuchat 2006) (p.97).

2.2.1.3.2. Hongos patógenos

“Durante el proceso de compostaje la degradación de los sustratos tiene lugar debido a la presencia de varios grupos de microorganismos. Entre los mismos se encuentran los hongos filamentosos, típicamente saprobios, aunque también puede aparecer patógenos a las plantas y/o animales y posibles agentes de control biológico” (Yamika, P., Rebolledo, R., Martínez, J., 2010).

Uno de los hongos patógenos que se puede encontrar en el compost es:

“*Fusarium* spp. Es un hongo filamentoso aislado de plantas y suelo. Se encuentra como microbiota normal en arroz, frijol, soya y otros cultivos. Además de ser un contaminante común y fitopatógeno, las especies de *Fusarium* pueden causar varias infecciones en humanos, como infecciones oportunistas sistémicas (...) e infecciones superficiales como onicomicosis. Este género contiene más de 20 especies de las cuales las más comúnmente aisladas son *F. solani*, *F. oxysporum* y *F. moniliforme*” (Tangarife, 2011).

Al respecto *Fusarium*, Cifuentes, 2006 afirma:

Es un hongo saprofita hiberna en el suelo forma esporas asexuales de pared gruesa forma clamidosporas que se establecen en el terreno de cultivo por tiempo indefinido, se desarrollan sobre raíces, las esporas o esclerocios se propagan a través del agua y el suelo, herramientas, semillas. Las esporas que están en el suelo germinan. Estas se encuentran en forma de clamidosporas, macroconidios y microconidios, al germinar la espora emite un microtubo que penetra a través de las hendiduras de la planta en las raíces forman anillos decolorados en el xilema, el micelio se desarrolla y llega hasta los vasos estos se colapsan, se produce gomosis en los vasos y en los tejidos adyacentes.

Las ramas inferiores de la planta se secan y se marchitan y luego toda la planta se muere. Los conidios se forman en los esporodoquios sobre las hojas que caen al suelo, el micelio es incoloro al comienzo, luego adquiere un color crema y amarillo pálido y luego rosa oscuro sobre la superficie de los tejidos, hojas, tallos (p166-167).

Dentro del género *Fusarium* se agrupan doce secciones con aproximadamente 40 especies ampliamente distribuidas, siendo patógenos especialmente importantes en terrenos cultivados de regiones templadas o tropicales. *Fusarium oxysporum* es el miembro más importante de la sección Elegans. Es un hongo cosmopolita, con múltiples formas especializadas, cuyo ciclo de vida incluye un crecimiento saprofítico y un crecimiento parasitario con distintas fases cada uno de ellos (...)” (Guevara, M., Estévez, P., 2000, p.5).

2.2.2. Otras enmiendas orgánicas

2.2.2.1. Estiércoles.

“El estiércol es una mezcla de las camas de los animales con sus deyecciones, que ha sufrido fermentaciones más o menos avanzadas, pero en el establo y luego en el estercolero. La composición del estiércol es muy variable dependiendo del tipo de animal y de su alimentación, de las condiciones de manejo y almacenamiento. Se caracteriza por un alto contenido de humedad 60-85 % y bajos contenidos en nutrientes (2-5% N, 0,5–2% P y 1-3% K, referidos a peso seco) en comparación con los fertilizantes inorgánicos” Cabrera, 2007, p.8. “El estiércol sólido (...) era antiguamente el abono de granja más importante, y lo es hoy todavía en muchas explotaciones. Por la multiplicidad de sus efectos puede considerarse como un abono “universal”, aunque de características muy variables. El estiércol sólido se compone

principalmente de excrementos y una pequeña parte de orina y paja. Los principales productores son el ganado vacuno, porcino y aviar” (Finck Arnold, 1998, p. 157). Aunque esta es una técnica muy utilizada “la aplicación directa de estiércol fresco provoca muchos problemas. El mal olor y las moscas están relacionados frecuentemente con las aplicaciones directas del estiércol. La pérdida de nitrógeno mediante la amonificación puede ser bastante alta. La lixiviación de nitratos y otros materiales solubles puede ser un problema. Una vez que el estiércol fresco es incorporado al suelo, hay que esperar un tiempo para que se descomponga y estabilice” (Gliessman Stephen R., 2002, p.114). En los estiércoles hay poblaciones de microorganismos, muchos de estos benéficos que facilitan los procesos ecológicos, sin embargo se encuentran algunos patógenos, como en el caso de la gallinaza, Williams Charles M. (s.f.) afirma que “en función de la gestión y las condiciones ambientales, la gallinaza y las camas de aves de corral pueden contener también microorganismos patógenos nocivos para la salud humana”.

2.2.2.2. *Abonos verdes*

El abono verde puede considerarse según Quiros, E., y col., (1998),

Como una planta leguminosa que se siembra para ser dejada sobre el terreno o incorporada, con el propósito principal de proporcionar materia orgánica y nitrógeno al sistema. El nitrógeno debe provenir en buena parte de la atmósfera. En ese sentido, se separan las leguminosas usadas como abonos verdes, de las plantas utilizadas como cobertura. (...) Actualmente se puede considerar abono verde como la utilización de plantas de rotación, relevo y asocio con los cultivos, incorporadas al suelo o dejadas sobre la superficie. Como resultado de esta práctica, se observa una protección superficial, mantenimiento y mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. (p.8 - 9).

2.2.2.3. Residuos de cosecha

Gliessman, S., (2002) afirma:

Una importante fuente de materia orgánica son los residuos de cultivo. Muchos agricultores están evaluando las mejores maneras de retornar al suelo las partes de los cultivos que no están destinadas para uso humano o animal. Sin embargo, deben resolverse diversas controversias para poder desarrollar estrategias de manejo efectivas para los residuos de los cultivos. La más importante concierne en cómo enfrentarse con organismos que pueden ser plagas o enfermedades potenciales, que los residuos pueden portar y pasar a los cultivos subsecuentes. El momento adecuado para la incorporación de los residuos al suelo, la rotación de cultivos y el compostaje de los residuos fuera de los campos y después retornarlos cuando el compost esté terminado, son posibles maneras de resolver estos problemas que, sin embargo necesitan ser evaluados (p.113).

2.2.2.4. Vermicompostaje

El vermicompostaje o lombricompostaje es un proceso de transformación de la materia orgánica a humus, Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., (2014) afirman:

El vermicompostaje es un proceso de estabilización - maduración particular que involucra la adición de ciertas especies de lombrices (*Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*) que llevan a cabo la conversión de los residuos orgánicos, a través de la acción conjunta con microorganismos. Las lombrices utilizadas en el vermicompostaje son anélidos del orden Oligochaeta y de la familia Lumbricidae. Dentro de esta familia se encuentran unas 220 especies, distribuidas en dos grupos: el grupo pigmentado rojo y el grupo pigmentado gris. Dentro el grupo pigmentado rojo se encuentran las lombrices del estiércol (*Eisenia foetida*) y la lombriz roja (*Lumbricus rubeollus*) que son las recomendadas para realizar el vermicompostaje. Estas

especies han sido seleccionadas por su corto ciclo reproductivo, su elevada frecuencia de apareamiento, su mayor longevidad y su gran docilidad para la cría en ambientes reducidos.

Las lombrices afectan de manera importante el proceso, ya que son capaces de airear y fragmentar, lo que ocasiona un incremento de la superficie específica del sustrato, posibilitando un mayor crecimiento de la población de microorganismos y estimulando la actividad biológica de estos. Esto conduce a un rápido proceso de transformación, en el cual la materia orgánica inestable (restos orgánicos) es transformada a un producto utilizable como enmienda para suelos agrícolas (p.61).

El vermicompostaje o “lombricompostaje” puede ser utilizado como enmienda orgánica proporcionando carbono orgánico al suelo, optimizando sus características fisicoquímicas. Como abono orgánico mejora las condiciones físicas del suelo, incrementando la capacidad de movilización y absorción de los nutrientes, y desde el punto de vista químico aporta macroelementos (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio) y microelementos (zinc, hierro, cobre, manganeso, boro, etc.) indispensables para el crecimiento y desarrollo de los cultivos“(Schuldt Miguel, 2006, p.128).

2.2.3. Agentes fertilizantes activos e inoculantes del suelo

Finck Arnold, (1988) afirma:

Existe una serie de productos que en concentraciones muy pequeñas generan en el suelo o en las plantas unos determinados efectos. Estos productos actúan como reguladores de crecimiento, activando la descomposición de los abonos orgánicos o el desarrollo de los microorganismos, e influyendo en aspectos aún desconocidos. En conjunto puede decirse que

la acción de estos preparados no consiste tanto en la mejora de los factores del crecimiento como en la conducción de determinados procesos.

A esta categoría pertenecen los reguladores de crecimiento, otros productos activadores, los productos añadidos para la elaboración de los abonos orgánicos y los inoculantes del suelo (p.175).

2.2.3.1. Los Microorganismos eficaces

El Banco Interamericano de Desarrollo, (BID, 2009), afirma que:

Los microorganismos eficaces conocidos por sus siglas en inglés –EM-, son una mezcla de tres grupos de microorganismos completamente naturales que se encuentran comúnmente en suelos y en los alimentos.

El EM contiene: Lactobacillus, similares a los que se utilizan para fabricar el yogur y los quesos; Levaduras, como las que se emplean para elaborar el pan, la cerveza o los vinos; Y bacterias fototróficas o fotosintéticas, habitantes comunes de los suelos y de las raíces de las plantas.

Estos microorganismos no son nocivos, ni tóxicos, ni genéticamente modificados por el hombre, por el contrario son naturales, benéficos y altamente eficientes.

El descubrimiento del Dr Higa consistió en hallar la forma de que estos tres grupos pudieran coexistir, realizando una combinación que tiene un efecto sinérgico, es decir que la - tarea de equipo - es superior a la suma de sus miembros individuales.

Los EM, debido a la presencia de bacterias fotosintéticas en su composición, tiene la propiedad de neutralizar los malos olores y prevenirlos. Las bacterias fotosintéticas transforman las sustancias que producen olores desagradables (metano, mercaptano, ácido sulfhídrico, amoníaco, etc.) en ácidos orgánicos que no producen mal olor y que no son

nocivos para el hombre. (...) Los lactobacilos o bacterias ácido lácticas producen sustancias que aceleran la descomposición de la materia orgánica, por lo cual el EM permite reducir el periodo de compostaje. Estos microorganismos además producen sustancias que ayudan a controlar algunos patógenos que atacan las plantas (p.4-5).

2.3 Feijoa (*A. sellowiana* Berg)



Figura 3. Planta de Feijoa (*A. Sellowiana*) Finca el Cortijo. Quintero, O., 2010.

2.3.1. Ecofisiología, crecimiento y desarrollo de la feijoa

Fischer, G., (2003), afirma:

La feijoa (*A. sellowiana Berg*) (Ver Figura 3), pertenece a la familia de las mirtáceas y es originaria de Sudamérica, especialmente de la zona que se extiende desde el sur de Brasil sobre Uruguay y las partes altas del lado occidental del Paraguay hasta el nororiente de Argentina. La planta se caracteriza por su alta capacidad de adaptarse a diferentes zonas climáticas.

Para cultivos comerciales en Colombia, altitudes entre 1.800 y 2.650 msnm, y temperaturas que se mantienen entre el 13 y 21 °C (promedio 16°C) son ideales. La planta tolera heladas hasta de -10°C, pero los frutos y flores pueden ser lesionados por temperaturas de -1°C. Una plantación comercial exige unos 700 a 1.200 mm de precipitación anual y tolera hasta unos 2.000 mm en el caso de una buena luminosidad y humedad relativa promedio de 70%; el tamaño y calidad del fruto dependen de los suministros adecuados y regulares de agua. En periodos secos prolongados, la planta reacciona con caída foliar, floral y de frutos. Los mejores resultados de floración, polinización y llenado del fruto se presentan con libre exposición a la exposición solar (1.500 horas brillo solar), adaptándose a plena luminosidad, siempre y cuando no existan condiciones secas y temperaturas altas.

A pesar de que la feijoa se desarrolla en diversos tipos de suelos, los arenosos y ricos en humus son los ideales; el cultivo no soporta exceso de humedad en el suelo. La feijoa es una especie perenne longeva, formándose un árbol esférico cuya copa es redondeada y puede alcanzar una altura hasta de 5 m; por su emisión de brotes en la parte inferior conlleva a una apariencia arbustiva. El sistema radical es fibroso, muy superficial y sensible a la falta de agua. Las hojas, con una longitud de hasta 6 cm, tienen una consistencia de cuero, son semi-

persistentes y si no se podan las ramas se defolian. Las flores son hermafroditas, desarrollándose en la axila de las hojas de las ramillas de año; la corola está formada por cuatro pétalos blancos con nervaduras purpuras, de apariencia gruesa y cerosa con 70 a 80 estambres de largos filamentos rojos con anteras blancas en el centro. Sin embargo, las flores de muchos cultivares son autofértiles, permitiendo la polinización cruzada, especialmente por pájaros (en Colombia por la mirla negra, *Turdos fuscater*) aumentando el porcentaje de frutos cuajados. (p. 9-10).

La planta de feijoa se desarrolla satisfactoriamente en diversos tipos de suelos, desde arenosos hasta arcillosos, pero son preferibles los aluviales, profundos, ricos y frescos. Los suelos con texturas livianas francas, franco arenosas o franco arcillosas influyen en forma directa y positivamente sobre el desarrollo del sistema radical que en un alto porcentaje corresponde a raicillas que requieren suelos muy sueltos para su desarrollo (Fisher 2003). El cultivo de feijoa no soporta el exceso de humedad en el suelo (Tocornal, 1988). Resiste suelos áridos a pesar de que los suelos arenosos, ricos en humus, son los ideales, pero no tolera los suelos fangosos (Hoyos, 1989).

Los suelos muy arenosos exigen mayores frecuencias de riego y se deben tomar las debidas precauciones para incrementar el nivel de materia orgánica, con el fin de garantizar una suficiente retención de la humedad del suelo, lo cual repercute en un adecuado tamaño del fruto. Además, si se requiere proteger de un exceso de evaporación y obtener frutos de buena calidad, se recomienda colocar mulch. En los suelos arcillosos, con peligro de estancamiento hídrico, es conveniente instalar un sistema de drenaje, o la sistematización hídrica mediante la apertura de surcos.

Siendo las condiciones del suelo ideales para el crecimiento de las raíces de la planta de feijoa. Suelos sueltos con textura franca (arenosa a arcillosa), materia orgánica >3%, nivel nutritivo equilibrado (crecimiento inicial: P), pH entre 6.0 – 6.5, humedad cerca de la capacidad de campo, nivel freático debajo de 1,5 m, temperatura edáfica entre 15°C – 20°C, concentración de O₂: > 10%, concentración de CO₂: < 2% (Fischer 2003).

2.3.1.1. El fruto.

“El fruto de la feijoa es una baya de forma ovoide, de 3 a 3,5 cm de diámetro y con peso que varía entre 40 y 120 h. Su piel es rugosa, coreosa, de color verde intenso mate aun en madurez de consumo. La pulpa, que contiene semillas muy pequeñas, es de textura gelatinosa y color crema, con un sabor dulce bastante perfumado, desprendiendo un olor que recuerda al de la piña” (Galvis, J., 2001. p.112).

2.3.1.1.1. Composición química del fruto

El fruto de feijoa constituye una fuente importante de azúcares, ácidos y vitaminas, especialmente vitamina C. Su exquisito sabor y aroma hacen que este fruto sea muy apetecido por los consumidores, lo cual ha favorecido la apertura de nuevos mercados (Galvis, J., 2001. p.113).

Tabla 2. Composición química del fruto de feijoa (contenido en 100 g de peso fresco). Galvis, J., 2003.

Componente	Cantidad	Componente	Cantidad
Agua	85%	Sacarosa	13,10 %
Proteína	0,82 %	Glucosa	4,10 %
Carbohidratos	14%	Fructosa	4,595
Grasa	0,24 %	Materia seca	10%
Fibra	3,55 %	Energía	45 cal
Ceniza	0,52 %	Potasio	5 mg/100 g
Acidez total	1,80 %	Calcio	6 mg/100 g
Ácido		Sodio	4 mg/100 g
Ascórbico	28 µg/100 g	Magnesio	8 mg/100 g
Ácido Cítrico	9,84 g/100 g	Fósforo	10 mg/100 g
Ácido málico	1,72 g/100 g	Hierro	0,50 mg/100 g
Ácido		Yodo	3 mg/100 g
succínico	0,49 g/100 g		

2.3.1.1.2. Composición física del fruto

El peso, el volumen, el área superficial y composición morfológica son características físicas que deben tenerse en cuenta para el acondicionamiento del producto durante el periodo de poscosecha, especialmente, durante las operaciones de clasificación, empaque, transporte y almacenamiento del fruto. La composición morfológica aproximada del fruto se presenta en la tabla 3 (Galvis, J., 2001. p.112).

Tabla 3. Composición morfológica del fruto de la feijoa. Galvis, 2003.

Componente	Fruto pequeño		Fruto mediano		Fruto grande	
	Peso (g)	%	Peso (g)	%	Peso (g)	%
Pulpa	25,75	61	36,85	56,2	51,84	65,71
Corteza	14,75	35	22,2	33,8	23,34	29,55
Semilla	1,95	5	6,5	10	3,71	4,74

El peso de la feijoa presenta un área superficial real entre 58.2 y 84.4 cm², el volumen real es de 54,79 cm³ para frutos con peso promedio de 70,65 g (Tabla 4) (Galvis, J., 2001. p.114).

Tabla 4. Características físicas de la feijoa (valores promedio). Galvis 2003.

Característica	Valor
Peso (g)	70,65
Volumen real (cm³)	54,79
Dimensiones (cm)	
Diámetro longitudinal	6,86
Diámetro ecuatorial menor	4,02
Diámetro ecuatorial mayor	4,04
Área real (cm ₂)	1,42
Peso específico real (g/cm³)	1,29

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de feijoa (*A. sellowiana*), ubicado en la finca el Cortijo (La Vega, Cundinamarca); fue establecido en zona de ladera. Con condiciones de fertilidad de suelo limitadas por este factor en una extensión de 25 hectáreas, en este orden de ideas se detecta un porcentaje de materia orgánica del 19 %, aunque es un porcentaje alto es insuficiente para los requerimientos del cultivo, por las demandas de nutrientes del mismo y por efectos de las frecuentes precipitaciones que generan escorrentía en el suelo. Producto de la cosecha de las plantas cultivadas se tiene un fruto de óptimas condiciones, este fruto es llevado a procesos de comercialización en Bogotá, por diversas circunstancias en los procesos de comercialización se generan residuos consistentes en frutos que presentan deterioro de sus condiciones y regresan a la finca junto con frutos de otras fincas como un potencial recurso, que en procesos de compostaje se convierte en un fertilizante orgánico de gran aporte para el suelo, en estos procesos de compostaje se desconoce una técnica adecuada, con una mezcla de componentes que permitan por un lado acelerar el proceso de transformación y por otra parte obtener un fertilizante inocuo y con buen nivel de nutrientes para el cultivo, en este orden de ideas se formula la pregunta de investigación ¿Cuál es el efecto de diferentes métodos de compostaje de desechos de feijoa en mezcla con cascarilla de arroz en las condiciones del Municipio de la Vega, Departamento de Cundinamarca?.

IV. JUSTIFICACION

El proyecto se desarrolló en la Finca el Cortijo, Ubicada en el Municipio de la Vega, Departamento de Cundinamarca, esta es una finca dedicada la producción de Feijoa (*A. sellowiana*) y Curuba (*P. mollissima*).

El cultivo se estableció en zona de ladera, donde la escorrentía causada por múltiples precipitaciones ha generado gran pérdida de nutrientes. Como alternativa para dar solución a esta problemática se requiere incorporar un alto contenido de materia orgánica, debido a que la finca cuenta con el desecho de la poscosecha de feijoa, al cual no se le ha dado un manejo adecuado y por consiguiente el proceso de descomposición ha sido muy lento. Se presenta una propuesta para desarrollar dos métodos de compostaje, obtenido mediante la utilización de este desecho, que acompañados de una serie de procesos den como resultado un producto enriquecido, y en el menor tiempo posible.

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Evaluar dos métodos para el proceso de compostaje de residuos de poscosecha de feijoa (*A. sellowiana*) bajo las condiciones de la vereda la Merced, en el municipio de la Vega, departamento de Cundinamarca.

5.2. Objetivos específicos.

Comparar el comportamiento de la temperatura de los tratamientos en relación a un testigo en el proceso de compostaje de residuos de poscosecha de feijoa.

Determinar el tiempo de obtención de compost para dos tratamientos en relación a un testigo en el proceso de compostaje del fruto de feijoa.

Verificar la presencia de *Fusarium* en el compost obtenido del proceso de compostaje del fruto de feijoa.

VI. METODOLOGÍA

6.1. Localización del proyecto



Figura 4. Asociación de feijoa y curuba, finca el Cortijo. Elaboración propia.

El experimento se desarrolló en la finca el Cortijo, vereda Sabaneta, Municipio de La Vega, Cundinamarca; Esta finca tiene un área de 24,8 ha, se encuentra a una altura de 2.350 msnm, con temperatura promedio de 17 °C, humedad relativa del 85%, y precipitación de 1.423 mm al año. Sus suelos de esta finca son de textura franco limoso, pH ácido (4,3), en cuanto a topografía predomina el terreno ondulado.

6.2. Materiales y métodos

6.2.1. Materiales.

Para el montaje del experimento se utilizaron los siguientes elementos:

Materiales utilizados en campo

20 m tela polietileno.

20 m de plástico.

Tablas.

300 kg desecho poscosecha de feijoa.

2 Pacas de cascarillas de arroz.

3 Galones de microorganismos eficientes.

1 Litro de melaza.

Materiales utilizados en laboratorio

Alcohol etílico

Agua destilada

Medio de cultivo PDA

Medio de cultivo Rosa de bengala

Agua peptonada

6.2.2. Herramientas y equipos.

Herramientas y equipos utilizados en campo

1 Termómetro de punzón

1 Pala

1 Bomba fumigadora de espalda de 20 litros

Herramientas y equipos utilizados en laboratorio

Microscopio

Cajas de Petri

Mecheros

Agujas

Asas

Pinzas

Balanza

Pipetas

Tubos de ensayo

Erlermeyer

Porta y cubreobjetos

Autoclave

Cámara de flujo laminar

Incubadora

Equipos de medición y dosificación adecuada del sustrato

6.3. Diseño experimental

6.3.1. Modelo estadístico para un DBCA.

Para el desarrollo del proyecto se escogió el método experimental, con el Diseño de bloques completamente al azar, comparando tres tratamientos y tres bloques, para un total de 9 unidades experimentales con dimensiones de 1,2 m largo x 1,0 m ancho x 0,6 m alto. Como sitio de muestreo se tomó el centro de cada pila de compost.

Cualquier observación en el DBCA, se puede representar por el modelo;

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + Y_j + \varepsilon_{ij}$$

$i=1, \dots, k$ número de tratamientos

$j=1, \dots, b$ número de bloques j

γ = efecto debido al bloque (Riaño, 2005).

6.3.2. Análisis compostaje inicial.

En la finca el Cortijo se venía llevando a cabo un proceso de compostaje que se establecía en varios puntos del cultivo. Básicamente consistía en mezclar el desecho de feijoa con pasto y posteriormente aplicar microorganismos eficientes. Para el montaje de las pilas no se le daba importancia a la desinfección del área de compost, tampoco se hacía un seguimiento a la temperatura, y no se realizaban volteos constantes. Pese a esto se obtenía una degradación completa de los residuos entre los 5 y 6 meses, o podía ser más lento el proceso de acuerdo a las condiciones climáticas extendiendo el proceso hasta los 7 meses.

Para determinar la calidad de este compostaje, se lleva a cabo un análisis fisicoquímico que da como resultado contenidos medios de Potasio, Calcio, Magnesio, Sodio y Fósforo. Un contenido

alto de Zinc y bajo y deficiente en los demás elementos. La conductividad eléctrica media, al igual que la capacidad de intercambio catiónico. El pH ácido y el nivel de Aluminio medio, el porcentaje de materia orgánica alto, la textura limosa y la densidad aparente baja, como se puede evidenciar en los anexos (Figura 24 y 25).

6.3.3. Descripción de los tratamientos.

Para el montaje del experimento se tomó el desecho de poscosecha que resulta luego del proceso de selección en el centro de acopio de la empresa Disfruta las feijoas, a este residuo no se le dio ningún manejo, se transportó en canastillas de 22 kilos de capacidad. En cuanto a la cascarilla de arroz, esta se adquirió en un almacén agrícola de la sabana, en presentación de fardo de 42 kilos con el empaque adecuado que garantizara estar libre de contaminantes, como puede observarse en la Figura 5. Para determinar los porcentajes a utilizar sacamos la proporción de desecho y cascarilla en volumen.



Figura 5. Desecho poscosecha de feijoa y paca de cascarilla de arroz. Elaboración propia.

6.3.3.1. Montaje de los tratamientos.



Figura 6. Montaje de los tratamientos. Elaboración propia.

Testigo: Desecho de feijoa (100%)

Tratamiento 1: Desecho de feijoa y cascarilla de arroz (80 % / 20 %)

Tratamiento 2: Desecho de feijoa y cascarilla de arroz (60 % / 40 %)



Figura 7. Pilas de Compost, 3 tratamientos con 3 bloques. Elaboración propia.

6.3.4. Análisis de varianza.

Para el experimento se desarrolló el análisis de varianza, las fuentes de variación se describen a continuación:

Tabla 5: ANAVA B.C.A.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F Calculado
Bloques	b-1	SCBI	SCBI/(BI-1)	
Tratamientos y testigo	t – 1	SCTr	SCTr/(T-1)	$(SCTr/(T-1)) / (SCEr/(b-1)(t-1))$
Error	(b-1) (t-1)	SCEr	SCEr/(r-1)(t-1)	
Total	$(b-1)+ (t-1)+(b-1)(t-1)$	SCT		

SCBI= suma de cuadrados de los Bloques.

SCTr = suma de cuadrados de tratamientos y testigo.

SCEr = suma de cuadrados del error

SCT= suma de cuadrados totales

Tr= Tratamiento y testigo.

BI= Bloques

6.3.5. Hipótesis estadística

Hipótesis Nula: Las aplicaciones de los dos tratamientos y el testigo se comportan de la misma manera.

Hipótesis Alternativa: Las aplicaciones de los dos tratamientos y el testigo se comportan diferentes.

6.3.5.1. Variable temperatura.

H_0 : No hay diferencia entre medias de los tratamientos

H_1 : No todas las medias de los tratamientos son Iguales

Estadístico de prueba: p valor, si el p valor es inferior a la significancia se rechaza la hipótesis nula.

Nivel de significancia: se usó un nivel de significancia de 5%,

6.3.5.2. Variable presencia de fusarium.

H_0 : $P_1 = P_2 = P_3$, p es la proporción de positivos a fusarium debido al tratamiento uno.

H_1 : no todas la P son iguales.

Estadístico de prueba: Como se trata de tres tratamientos dependientes, con observaciones medidas en escala nominal (dicotómica), se puede usar la prueba Q de Cochran.

Nivel de significancia: se usará un nivel de significancia de 5%.

6.3.5.3. Variable tiempo de compost.

H_0 : No hay diferencia entre medias de los tratamientos.

H_1 : No todas las medias de los tratamientos son Iguales.

Estadístico de prueba: p valor, si el p valor es inferior a la significancia se rechaza la hipótesis nula.

Nivel de significancia: se usó un nivel de significancia de 5%.

6.3.6. Pruebas de normalidad.

El procesamiento estadístico se desarrolló en el programa R versión 3.1.3 software libre, y se realizó el test de *Levene* que verifica la homocedasticidad o varianza constante de los residuales en los tratamientos con una significancia del 5%.

6.3.7. Variables evaluadas

Para la investigación se evaluaron las siguientes variables:

Temperatura



Figura 8. Temperatura T2. Elaboración propia.

El montaje del experimento coincidió con época de lluvias, y al no contarse con una instalación que estuviera cubierta, se determinó cubrir cada pila con tela de polietileno y eventualmente con plástico para mitigar el impacto de la lluvia. Para el seguimiento de la temperatura se utilizó un termómetro de punzón como aparece en la figura 8. Pese al esfuerzo, después de dos semanas la temperatura no tuvo el incremento esperado, por esto se aplicó melaza a las unidades experimentales para estimular la actividad microbiana, Figura 9.



Figura 9. Registro temperatura en pila de compost e incorporación de melaza. Elaboración propia.

Presencia de *Fusarium*

Para determinar la inocuidad del producto del compostaje, al finalizar el proceso de descomposición se tomó una muestra de cada uno de los tratamientos (Figura 10) y posterior a esto se procesó para evaluar si existe presencia de *Fusarium*.



Figura 10. Toma de muestras para laboratorio. Elaboración propia.

Como podemos observar en la Figura 11, se realizó la preparación del medio de cultivo PDA que es el más indicado para realizar el aislamiento de este tipo de patógenos; también se utilizó el agar rosa de bengala.



Figura 11. Secuencia para preparación del medio de cultivo. Elaboración propia.

Se tomó una muestra de 9 g de cada muestra de compost de casa unidad experimental, se diluyó cada una de estas muestras en agua peptonada, y se realizó la reducción hasta -7 (Figura 12).



Figura 12. Procedimiento dilución muestras de compost. Elaboración propia.

Tiempo de compost

A medida que se observó una completa degradación del desecho de feijoa, se tomó el registro del tiempo de obtención de compostaje, por cada tratamiento.

VII. RESULTADOS

7.1. Temperatura

Se tomó la primera lectura 15 días después del establecimiento de las pilas, y se llevó un registro diario a esta variable, 5 días después se incorporó melaza para incrementar la temperatura y una semana después retomamos las lecturas. Se observaron cambios directamente relacionados con las condiciones climáticas del entorno. En la tabla 6 se representan algunos de los datos recopilados y en la figura 13 encontramos los resultados para ver el comportamiento de la temperatura en relación con los tratamientos.

Tabla 6. Datos de temperatura. Elaboración propia.

B	Tt	L	T°	B	Tt	L	T°	B	Tt	L	T°	B	Tt	L	T°
1	To	1	28	1	To	6	29	1	To	11	30	1	To	16	30
1	T1	1	30	1	T1	6	30	1	T1	11	31	1	T1	16	30
1	T2	1	31	1	T2	6	27	1	T2	11	29	1	T2	16	28
2	To	1	29	2	To	6	30	2	To	11	30	2	To	16	30
2	T1	1	30	2	T1	6	31	2	T1	11	30	2	T1	16	29
2	T2	1	32	2	T2	6	30	2	T2	11	33	2	T2	16	30
3	To	1	30	3	To	6	30	3	To	11	35	3	To	16	29
3	T1	1	32	3	T1	6	35	3	T1	11	30	3	T1	16	28
3	T2	1	32	3	T2	6	30	3	T2	11	31	3	T2	16	26
1	To	2	28	1	To	7	30	1	To	12	28	1	To	17	31
1	T1	2	29	1	T1	7	31	1	T1	12	29	1	T1	17	29
1	T2	2	29	1	T2	7	29	1	T2	12	27	1	T2	17	30
2	To	2	28	2	To	7	30	2	To	12	28	2	To	17	30
2	T1	2	30	2	T1	7	33	2	T1	12	29	2	T1	17	30
2	T2	2	30	2	T2	7	30	2	T2	12	29	2	T2	17	30
3	To	2	29	3	To	7	31	3	To	12	30	3	To	17	29
3	T1	2	31	3	T1	7	35	3	T1	12	27	3	T1	17	29
3	T2	2	30	3	T2	7	30	3	T2	12	29	3	T2	17	28
1	To	3	28	1	To	8	30	1	To	13	29	1	To	18	32
1	T1	3	31	1	T1	8	32	1	T1	13	30	1	T1	18	32
1	T2	3	29	1	T2	8	30	1	T2	13	29	1	T2	18	33
2	To	3	31	2	To	8	30	2	To	13	28	2	To	18	33
2	T1	3	31	2	T1	8	34	2	T1	13	29	2	T1	18	29
2	T2	3	30	2	T2	8	31	2	T2	13	30	2	T2	18	34
3	To	3	29	3	To	8	32	3	To	13	29	3	To	18	31
3	T1	3	33	3	T1	8	36	3	T1	13	29	3	T1	18	32
3	T2	3	29	3	T2	8	30	3	T2	13	29	3	T2	18	28
1	To	4	29	1	To	9	28	1	To	14	30	1	To	19	30
1	T1	4	31	1	T1	9	29	1	T1	14	30	1	T1	19	30
1	T2	4	29	1	T2	9	27	1	T2	14	29	1	T2	19	29
2	To	4	30	2	To	9	28	2	To	14	30	2	To	19	32
2	T1	4	32	2	T1	9	29	2	T1	14	29	2	T1	19	29
2	T2	4	32	2	T2	9	29	2	T2	14	32	2	T2	19	32
3	To	4	32	3	To	9	30	3	To	14	30	3	To	19	30
3	T1	4	36	3	T1	9	27	3	T1	14	28	3	T1	19	30
3	T2	4	30	3	T2	9	29	3	T2	14	26	3	T2	19	26
1	To	5	29	1	To	10	28	1	To	15	30	1	To	20	29
1	T1	5	32	1	T1	10	30	1	T1	15	29	1	T1	20	30
1	T2	5	29	1	T2	10	27	1	T2	15	25	1	T2	20	30
2	To	5	31	2	To	10	27	2	To	15	28	2	To	20	33
2	T1	5	31	2	T1	10	27	2	T1	15	27	2	T1	20	29
2	T2	5	31	2	T2	10	30	2	T2	15	30	2	T2	20	34
3	To	5	32	3	To	10	32	3	To	15	28	3	To	20	32
3	T1	5	35	3	T1	10	28	3	T1	15	29	3	T1	20	30
3	T2	5	30	3	T2	10	28	3	T2	15	23	3	T2	20	28

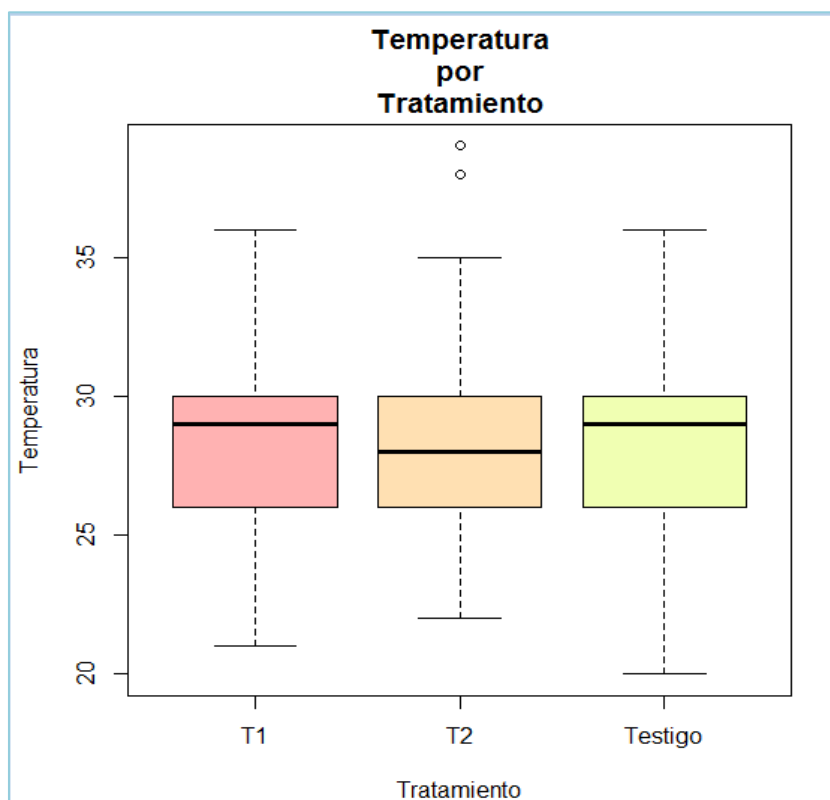


Figura 13. Comportamiento de la temperatura en relación con los tratamientos.
Programa R versión 3.1.3 software libre.

Esto se resume en la tabla 7:

Tabla 7. Medidas descriptivas de cada uno de los tratamientos.
Programa R versión 3.1.3 software libre.

	Testigo	T1	T2
1	Min. :20.00	Min. :21.00	Min. :22.00
2	1st Qu.:26.00	1st Qu.:26.00	1st Qu.:26.00
3	Median :29.00	Median :29.00	Median :28.00
4	Mean :28.26	Mean :28.31	Mean :27.84
5	3rd Qu.:30.00	3rd Qu.:30.00	3rd Qu.:30.00
6	Max. :36.00	Max. :36.00	Max. :39.00

Tabla 8. Anava - Temperatura. Programa R versión 3.1.3 software libre.

```

Error: Parcela
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
bloque  2  322.2  161.12   3.258  0.145
Trat    2   29.4   14.70   0.297  0.758
Residuals 4  197.8   49.45

Error: Within
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
lectura  73  3511   48.1  14.152 <2e-16 ***
Trat:lectura 146   394    2.7   0.794  0.951
Residuals  438  1489    3.4

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Se determinó el grado de ajuste de los datos recolectados a una distribución normal de probabilidad, dado que se tomaron 74 medidas de temperatura, sobre 9 unidades experimentales, en este caso se decidió aplicar:

Test Levene

Tabla 9. Levene test. Programa R versión 3.1.3 software libre.

```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
      Df F value Pr(>F)
group  2   0.464  0.629
      663

```

Como la p-valor es mayor que la significancia del 5%, se acepta la hipótesis nula de homocedasticidad. Indicador de normalidad de variable temperatura.

En este caso se demuestra que no hay diferencias entre las medias de la respuesta de temperaturas debidas a los tratamientos.

7.2. Presencia de *Fusarium*

Una semana después de realizar el aislamiento se evidenció la presencia de algunas colonias de hongos como se observan en la figura 14, seleccionamos aquellos con pigmentación violeta a púrpura que se asemejan a *Fusarium*.

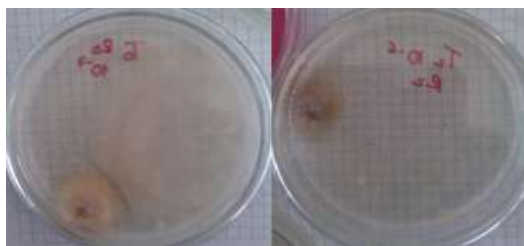


Figura 14. Evidencia de hongo en To R2 y T2 R2 Semana 2. Elaboración propia.

Tres semanas después encontramos el crecimiento de colonias, (Figura 15).



Figura 15. Crecimiento de colonia semana 3. Elaboración propia.

Se realizó el montaje para observar microscópicamente la estructura del hongo, de esta manera poder verificar la presencia de conidias (Figura 16).



Figura 16. Imagen microscópica de la estructura de un hongo, existencia de conidias. Elaboración propia.

Se seleccionaron las muestras que de acuerdo al color se asemejan a *Fusarium*, y se procede a realizar el aislamiento, (Figura 17).



Figura 17. Aislamiento de muestras infectadas. Elaboración propia.

Dos semanas después encontramos el hongo desarrollado, (Figura 18).



Figura 18. Desarrollo del hongo. Elaboración propia.

Se realiza el montaje para observar microscópicamente y comparado con la literatura, se puede evidenciar la presencia del hongo *Fusarium* en los tratamientos y el testigo (Figura 19).



Figura 19. Vista microscópica de *Fusarium*. Elaboración propia. Y estructura *Fusarium*. Carrillo L.

Tabla 10. Incidencia de *Fusarium*. Elaboración propia.

Bloque	B1	B2	B3
T1	1	0	0
T2	0	1	0
Testigo	0	1	1

En el caso de la variable presencia o ausencia de *Fusarium*, se clasificó como una variable nominal con respuesta binaria el cero que es ausencia y el uno que es presencia, en este caso se aplicó el test de Q de Cochran que es la extensión del test de Mc Nemar para más de dos muestras.

Este test compara los tratamientos y muestra la proporción de ocurrencia de *Fusarium* bajo un tratamiento dado.

En el programa *r* se procesó la información, el resultado arrojado fue Cochran's Q test

Tabla 11. Cochran's Q test. Programa R versión 3.1.3 software libre.

Data: Fusarium by Tratamiento, block = Bloque		
Q	df	p-value
0.6667	2	0.7165

Alternative hypothesis: true difference in probabilities is not equal to 0.

Tabla 12. Probabilidad de presencia del patógeno. Elaboración propia.

proba in group T1	proba in group T2	proba in group TTestigo
0.3333333	0.3333333	0.6666667

Se concluye con el criterio de p valor un similar comportamiento de las proporciones de los tratamientos y el testigo. El modelo estima las probabilidades de cada uno de los grupos, en este orden de ideas es más probable que se presente la enfermedad en el testigo.

7.3. Tiempo de Compost.

A partir de los 60 días se observó la completa descomposición de los residuos de feijoa para el tratamiento 2, después de los 80 días para el tratamiento 1, y en el testigo vemos que supera los 100 días (figura 20).



Figura 20. Pilas de compost, fase maduración. Elaboración propia.

Tabla 13. Relación tiempo obtención compost. Elaboración propia.

Bloque	Tratamiento	Días
1	Testigo	100
1	T1	75
1	T2	60
2	Testigo	102
2	T1	80
2	T2	60
3	Testigo	105
3	T1	73
3	T2	60

Tabla 14. Anava - Tiempo obtención compost. Programa R versión 3.1.3 software libre.

```

Analysis of Variance Table

Response: Dias
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Bloque     1    1.50    1.50  0.2018  0.6721
Tratamiento 2 2741.56 1370.78 184.4096 2.069e-05 ***
Residuals  5   37.17    7.43
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "median")
          Df F value Pr(>F)
group 2    1.5 0.2963
        6

```

Por un lado se acepta la homocedasticidad de la variable y se concluye que hay diferencias entre las medias de los tratamientos y se hace una comparación de medias por la DMS de Tukey, que arrojó los siguientes resultados:

Tabla 15. Prueba de Tukey. Programa R versión 3.1.3 software libre.

Tratamiento	Media	Grupo
1 Testigo	102	a
2 T1	75	b
3 T2	60	c

VIII. DISCUSION

8.1. Variable temperatura

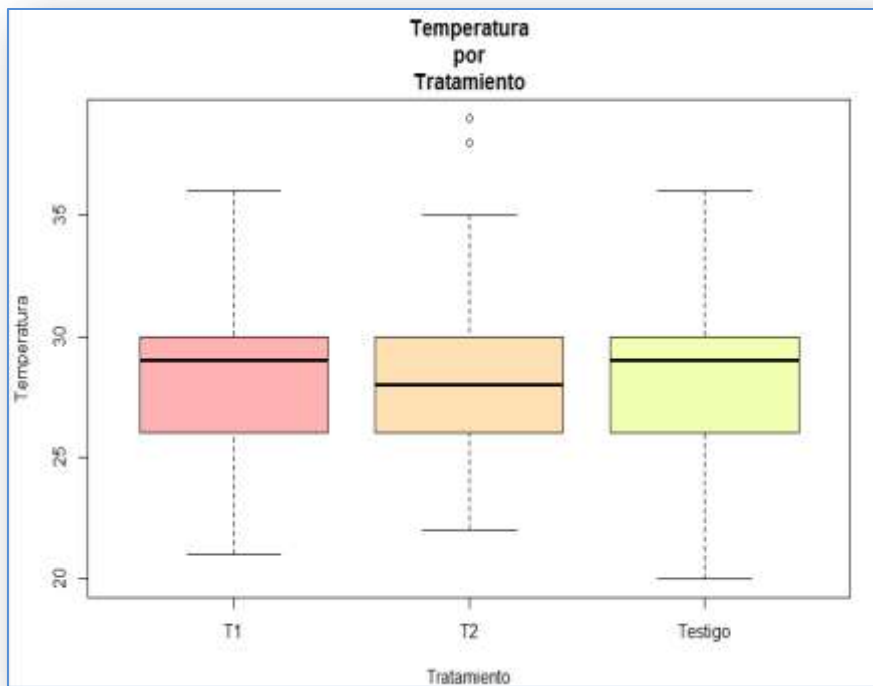


Figura 21. Representación gráfica de temperatura por tratamiento. Programa R versión 3.1.3 software libre.

La figura 21 muestra la evolución de la temperatura de los tratamientos y el testigo, como se puede ver tienen comportamiento similar, y no hay una diferencia significativa entre los mismos. De acuerdo a la información recopilada, la temperatura se mantuvo alrededor de los 29°C y no logro superar los 39°C, pese a esto se observó la actividad microbiana encargada de la degradación completa de los materiales de partida. Como sostuvo Moreno, J., y Moral, R., (2008), “La evolución de la temperatura representa muy bien el proceso de compostaje pues se ha comprobado que pequeñas variaciones de temperatura afectan más a la actividad microbiana que pequeños cambios de la humedad, pH o C/N”. “Por la evolución de la temperatura se puede juzgar la eficiencia y el grado de estabilización a que ha llegado el proceso de compostaje, ya

que existe una relación directa entre la temperatura y la magnitud de la degradación de la materia orgánica. Asimismo, existe una relación directa entre la degradación y el tiempo durante el cual la temperatura ha sido alta” (Bueno, Díaz, y Cabrera, 2008, p.2), sin embargo en este experimento no se alcanzó la temperatura optima ($T > 45^{\circ}\text{C}$), si bien es cierto hubo degradación completa del desecho de feijoa, la bajas temperaturas alcanzadas favorecen la presencia de algunos microorganismos patógenos como es el caso de *Fusarium*.

De acuerdo a investigación realizada por Contardi, L., y Errasti, A. (2012), “en cuanto a la evolución de la temperatura en pilas de compostaje de residuos agroforestales, en pilas establecidas con materiales ricos en carbono como la viruta y aserrín no se registro elevación de la temperatura, siendo siempre similar a la del ambiente. La alta proporción de moléculas carbonadas en relación al contenido de nitrógeno de este material no favoreció el crecimiento de la masa microbiana ni el incremento de la temperatura. En las restantes pilas, en las cuales se incorporó estiércol y/o pasto verde, que tienen mayor proporción de nitrógeno rápidamente se inició la fase termófila con temperaturas mayores a $35\text{-}40^{\circ}\text{C}$.” De acuerdo a esto aunque la relación C/N de las frutas es inferior a la de la viruta y el aserrín, una de las razones por las cuales es probable que no se haya incrementado la temperatura, se debe a la baja proporción de nitrógeno con la que cuenta este tipo de materiales.

8.2. Presencia de *Fusarium*

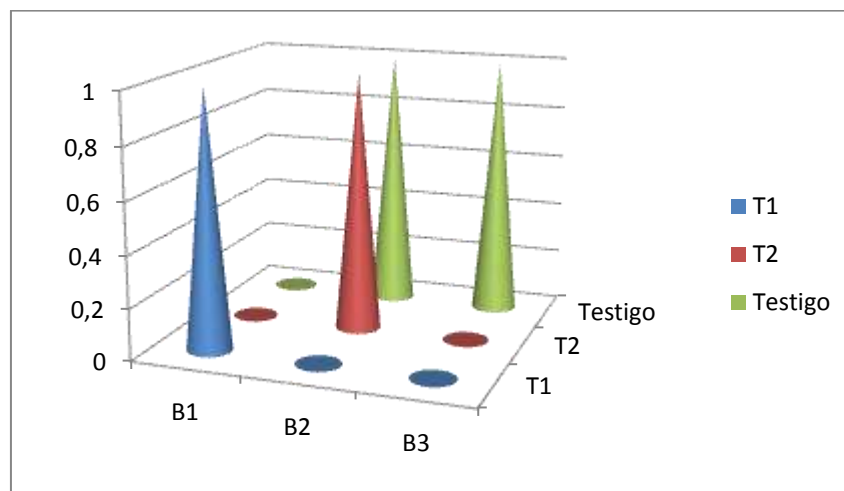


Figura 22. Grafica Presencia *Fusarium*. Elaboración propia.

“El *Fusarium* es un hongo saprofito que hiberna en el suelo, forma esporas asexuales de pared gruesa, (...) que se establecen en el terreno de cultivo por tiempo indefinido, y se desarrollan sobre raíces. Las esporas o esclerocios se propagan a través del agua, el suelo, herramientas, y semillas” (Cifuentes, 2006). “En el género *Fusarium* se han reconocido entre nueve y 78 especies, dependiendo del sistema taxonómico utilizado, el cual se basa en las características culturales de las colonias y de las esporas del hongo. La clasificación taxonómica del género es bastante controvertida según diversos taxónomos. (...). Esto muestra la complejidad taxonómica del género *Fusarium*; por tal razón, la identificación de las especies debe ser hecha por expertos para evitar errores.” (Arbeláez, G., s.f.) Aunque en nuestra investigación se comprobó la presencia de algunas cepas del género *Fusarium* presente en las muestras de compost, como lo observamos en la (figura 20), hay presencia en el testigo en los bloques 2 y 3, en el tratamiento 1 en el bloque 1, y el tratamiento 2 en el bloque 2. Si bien es cierto que se pudo identificar el hongo como *Fusarium* de acuerdo a las características de su estructura, no fue posible

determinar el género porque como lo citábamos anteriormente, estos estudios son más complejos y requieren de técnicas moleculares, y no se contaba con los recursos necesarios.

Una de las propiedades que posee el compostaje está relacionada con el control biológico de enfermedades, de acuerdo a Hoitink, H., Stone, A., y Han, D., (1997) “los efectos de las propiedades químicas de los compost sobre la severidad de la enfermedad a menudo pasan desapercibidos. En cambio, los compost derivados de materiales de alto C/N, como cortezas de árbol, inmovilizan el N y disminuyen las enfermedades por *Fusarium*, si es que son colonizadas por una microflora adecuada.” Teniendo en cuenta esta información es probable que la aparición de estas cepas de *Fusarium* en los tratamientos obedezcan a una baja relación C/N en los materiales de partida, sumado a las bajas temperatura alcanzadas que no superaron los 39°C, temperatura que favorece la germinación de este tipo de hongo.

8.3. Tiempo de compost

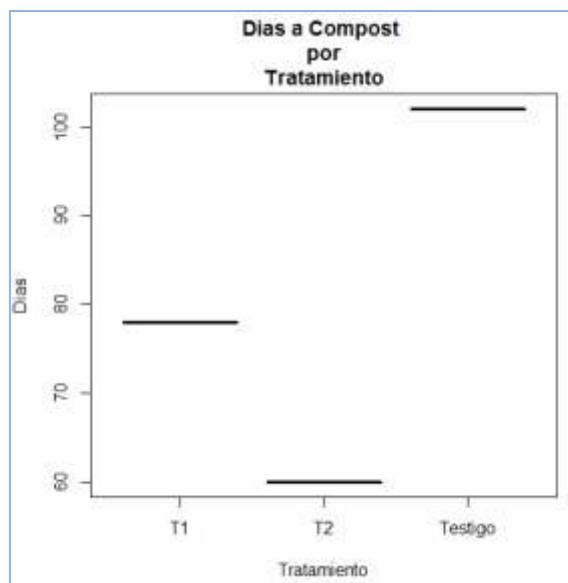


Figura 23. Tiempo obtención compost por tratamiento. Programa R versión 3.1.3 software libre.

El tiempo de obtención de compost está directamente relacionado con los materiales, el método utilizado, el seguimiento y las condiciones del entorno. Szter, D., y Pravia, M., (1999), “afirman que el tiempo de compostaje es el transcurrido desde la conformación de una pila o camellón hasta la obtención de Compost estable. El tiempo de compost, varía según las características de los residuos a compostar, las condiciones climatológicas (...) manejo físico-químico; manejo microbiológico y características del producto final que se desea obtener. (...) El tiempo de obtención de compost a base de residuos de cosecha en condiciones óptimas esta alrededor de 90 días”. De acuerdo a la publicación realizada por Fagro sobre aplicación de materiales orgánicos y abonos verdes (s.f.) “Según los contenidos de lignina y ceras de los materiales se puede afectar también las propiedades físicas del suelo. Cuando los contenidos de lignina del material agregado son altos, su descomposición será más lenta, logrando un efecto más prolongado sobre las propiedades físicas del suelo. (...) La cáscara de arroz tiene una alta

relación C/N, pero además tiene sílice y cera, que ocasionan una tasa de mineralización muy lenta.” Como vemos en nuestra investigación los resultados muestran una degradación completa del residuo de feijoa a los 60 días para el tratamiento 2 (60 % Feijoa – 40 % Cascarilla de arroz), 75 días para el tratamiento 1 (80 % Feijoa – 20 % Cascarilla de arroz), y 102 días para el testigo (100 % Feijoa), esto obedece a que las propiedades de la cascarilla de arroz ayudan a mejorar la porosidad y facilitan la actividad microbiana, de igual manera el residuo de feijoa ayuda a degradar la celulosa de la cascarilla de arroz.

IX. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones evaluadas se concluye que la temperatura alcanzada en el experimento no supero el rango para dar inicio a la fase termófila ($T > 45^{\circ}\text{C}$), fase que es fundamental para lograr la madurez y estabilidad del compostaje.

Pese a que las condiciones climáticas de la zona no fueron las más aptas para el montaje del experimento, se busco controlarlas para que no incidieran en los resultados. Sin embargo la temperatura no incremento como se esperaba, esto puede obedecer a la baja relación C/N de los materiales a compostar, y el tamaño de la pila.

Aunque se observó la degradación completa del desecho de feijoa entre los 60 y 102 días, no se puede hablar propiamente de un proceso de compostaje, ya que al no alcanzar todas las fases en cuanto a temperatura es probable que no se obtenga un compost maduro y con una microbiota balanceada, y en lugar de dar solución a una problemática se puede generar un problema por diseminación de microorganismos y eventualmente patógenos.

Se encontró presencia de algunas cepas del hongo *Fusarium* en las muestras de todos los tratamientos. No fue posible el análisis molecular para determinar el tipo de *Fusarium* ya que no se contó con los recursos para realizar este tipo de análisis.

Es posible la obtención de un compost de óptima calidad con desecho de poscosecha de feijoa, esto depende de la técnica utilizada, la adecuación del entorno, y un control adecuado de

cada una de las variables, entre estas se destaca el material orgánico a mezclar que debe tener una relación C/N adecuada para que se den las fases térmicas del proceso de compostaje.

X. RECOMENDACIONES

Se recomienda para próximos experimentos la incorporación de materiales con alta relación C/N, que intensifiquen la actividad microbiana, permitiendo la temperatura ideal en cada etapa del proceso de compostaje.

Se recomienda el establecimiento de pilas con dimensiones superiores que favorezcan el incremento de la temperatura, al igual que la adecuación del área de compost con una cubierta para contrarrestar los efectos del clima, esta se puede construir haciendo uso de materiales encontrados en la finca que no generen un mayor costo.

Se recomienda buscar una nueva técnica para elaboración de compost ya que los resultados obtenidos en el testigo demuestran que la técnica actual no es la ideal para el manejo de los residuos y por el contrario se puede presentar una problemática mayor al incorporar un material con presencia de patógenos e inmaduro.

Se recomienda elaborar un compost que no solamente incremente el porcentaje de materia orgánica en el suelo, sino que además pueda ser enriquecido con otros nutrientes.

XI. REFERENCIAS

- Abadin C. Josefa, (2007). Agricultura sostenible en los Andes Tropicales. Importancia de la materia orgánica en la conservación de la fertilidad del suelo. Santiago de Compostela, España: Universidad Santiago de Compostela.
- Aldana C. Alberto, 2005. Modulo Agricultura Biologica. pp. 127-143. Unad. Bogotá.
- Almorox, J., López, F., Rafaelli, S., 2008. La degradación de los suelos por erosión hídrica. Murcia, España.
- Alvarado, J., Sepúlveda, L., 2013. Manual de compostaje. Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá.
- Arbeláez, G., (s.f.). Algunos aspectos de los hongos del género *Fusarium* y de la especie *Fusarium oxysporum*. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/24385/1/21538-73639-1-PB.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2009). Proyecto de reducción de pobreza y mejora de las condiciones higiénicas de los hogares de la población rural de menores recursos. Manual práctico de uso de EM. Uruguay: BID.
- Barber, R. (1999). Manejo integrado de cultivos y tierras en zonas de ladera en America Central. Roma: FAO.
- Bueno, P., Díaz, M., y Cabrera, F., 2008. Factores que afectan al proceso de compostaje. P.2. Sevilla, España: IRNAS. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>
- Carrillo, L., 2003. Los hongos de los alimentos y forrajes. pp 131. Universidad nacional de Salta. Argentina.
- Casas F. Raquel, (2011). El suelo de cultivo y las condiciones climáticas. España: Ediciones Paraninfo S.A.

- Cabrera C. Francisco, (2007). Materia orgánica del suelo: Papel de las enmiendas orgánicas. Conferencia correspondiente al ciclo sobre “Componentes del suelo: estructuras y funciones en la agricultura y medio ambiente”. Sevilla, España: IRNAS. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/28751/3/Materia%20org%C3%A1nica.pdf>
- Cabrera, F., Hernández M., García C., Ingelmo F., Bernal M Pilar, Clemente R., Madejon E., Cabrera A., y Cox L., (2014). De residuo a recurso, el camino hacia la sostenibilidad; Residuos orgánicos en la restauración / rehabilitación de suelos degradados y contaminados III.4. Madrid, España: Ediciones Mundi-prensa.
- Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., (2014). Compostaje: Obtención de abonos de calidad para las plantas. España: Editorial brujas.
- Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., 2014. Compostaje: Obtención de abonos de calidad para las plantas. España: Editorial brujas. [Tabla] p.35.
- Campitelli, P., Rubenacker, A., Velasco, M., Ceppi, S., 2014. Compostaje: Obtención de abonos de calidad para las plantas. España: Editorial brujas. [Figura] p.44.
- Cifuentes, G., (2006). Modulo Fitopatología. pp. 166 – 170. Unad. Bogotá.
- Contardi, L., y Errasti, A. (2012). Evolución de la temperatura en pilas de compostaje de residuos agroforestales. Universidad Nacional de la Patagonia. CONICET: Argentina. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26668/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Dalzell, H.W. (1991). Manejo del suelo, producción y uso del compostaje en ambientes tropicales y subtropicales. India: FAO
- FAO, (1996). Ecología y enseñanza rural. Recuperado de: http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s04.htm#P5_56. Marzo de 2015.
- FAGRO. (s.f.). Aplicación de materiales orgánicos y abonos verdes. Universidad Republica de Uruguay. Montevideo. Disponible en: http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/MORGANICOS_%20AB_VERDES.pdf
- Fassbender, H.W. 1969. Química de suelos. Costa Rica: IICA.

- Fassbender, H.W. y Bormemisza E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica: IICA.
- Finck, A., 1988. Fertilizantes y fertilización. Barcelona, España: Reverté.
- Fischer, G., 2003. Ecofisiología, crecimiento y desarrollo de la feijoa. En: Cultivo, Postcosecha y Exportación de la feijoa (*A. sellowiana* Berg). Bogotá: Produmedios.
- Fundaces, 2006. Guía de uso de la tecnología EM. Bogotá.
- Galvis, J., 2003. Manejo de la cosecha y poscosecha de la feijoa. En: Cultivo, Postcosecha y Exportación de la feijoa (*A. sellowiana* Berg). Bogotá: Produmedios.
- Galvis, J., 2003. Manejo de la cosecha y poscosecha de la feijoa. En: Cultivo, Postcosecha y Exportación de la feijoa (*A. sellowiana* Berg). Bogotá: Produmedios. pp. [Tablas 2, 3, 4] 113-114.
- Guevara, M. y Estevez, P., 2000. Regulación de síntesis de enzimas pécticas en *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*: purificación y caracterización de Pectin y Pectato Liasas : purificación y caracterización de Pectin y Pectato Liasas. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Gliessman, Stephen R., 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2002.
- Gomez, P. Susana, 2013. Módulo manejo y conservación de suelos. pp. 57-58. Unad. Pereira.
- Gómez, A., García, B., 1998. Manejo y conservación de suelos de ladera. PP 3-4. Corpoica. San Juan de Pasto, Nariño.
- Hoitink, H., Stone, A., y Han, D., (1997). Supresión de enfermedades de plantas mediante compost. *Agronomía Costarricense*, 21(1): 25-33.
- Holgado, A. 1988. Columela, L.J.M. -De los trabajos de campo. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Ed. Siglo XXI de España, Madrid.
- Moreno, J y Valencia. L. 2013. Módulo biometría y diseño de experimentos. Unad. Bucaramanga.
- Moreno, J. y Moral, R., 2008. Compostaje. Madrid España: Mundi-Prensa.

- Riaño, C.E., 2005. Modulo Diseño experimental para ingeniería de alimentos. Unad. Bogotá.
- Navarro B. Simón y Navarro G. Ginés. (2003). Química Agrícola, el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Madrid: Mundiprensa.
- Núñez, S. Jorge. 1981. Fundamentos de edafología. San José, Costa Rica: EUNED.
- Quintero, M. Omar. 2010. Planta de Feijoa (A. Sellowiana). Finca el Cortijo. La Vega, Colombia [Figura 3].
- Quiros, E., Cervantes, C., Meneses, D., 1998. Abonos verdes alternativa para mejorar la fertilidad del suelo. Coronado, Costa Rica: IICA.
- Román, P., Martínez. M., Pantoja A., 2013. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Chile: FAO.
- Román, P., Martínez. M., Pantoja A., 2013. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Chile: FAO. [Figura 1] p.25.
- Romero, A., Upez, F. y Belmonte, F., 1998. Erosión y escorrentía en el campo experimental de «el Ardald (Murcia). Nueve años de experiencias. Murcia, España.
- Salcedo, A. C. 2014. Resultados análisis de Suelos, Finca el Cortijo, Cultivo de Feijoa, Informe N 35275 . Bogota: Laboratorios Calderon.
- Sánchez, R., Otero, J., 2012. Socialización avance erosión, IDEAM. pp. 6. Bogotá.
- Salamanca, S., 2012. Compostaje de residuos industriales en Colombia. Revista Técnicaña No 28 Julio 2012, pp. 14. Cali.
- Schuldt Miguel, (2006). Lombricultura: teoría y práctica. Madrid, Barcelona, México: Mundi-Prensa.
- Suarez C., Fernando. (1979). Conservación de suelos. San José, Costa Rica: IICA.
- Szter, D., y Pravia, M., 1999. Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de Salud. pp 25 y 29.
- Tangarife, V., 2011, Recurso online escuela de microbiología. Universidad de Antioquia.
Recuperado de:

<http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/mod/resource/view.php?inpopup=true&id=100813>. Marzo de 2016.

Williams, Charles M., (s.f.). Característica de la gallinaza de las aves de corral. EUA.
Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/016/al718s/al718s00.pdf>. Consultado Mayo de 2016.

Yamika, P., Rebollido, R., y Martinez, J., 2010. Aislamiento e identificación de hongos en compost elaborado a partir de residuos sólidos urbanos. Agrosur, volumen 38 (1), 2.
Recuperado de: <http://mingaonline.uach.cl/pdf/agrosur/v38n1/art01.pdf>

XII. ANEXOS

ANÁLISIS de SUELOS				Propietario		Omar Camilo Quintero		Fecha de Análisis		No. Laboratorio	
				Ciudad:		Cll 74a No. 4 - 23 Apto 101		11/02/2014		AS 70125	
						Bogotá		Fecha de Muestra		Fecha de Recapt	
								31/01/2014		03/02/2014	
Cultivo			Variedad			Edad					
FEJOA			QUIMBA			12 Años					
Municipio			Finca			Lote					
LA VEGA			CU			El Cortijo			6		
Elemento	Unidad	Valor	Clave	Parámetro	Unidad	Valor	Clave				
Potasio	meq/100cc	0.10	D	pH		4.9	B	Nro. de Orden 50455			
Calcio	meq/100cc	0.54	D	C. E.	mS/cm	0.12	D	Clave de Interpretación			
Magnesio	meq/100cc	0.19	D	Arena %	%			E Excesivo			
Sodio	meq / L	0.61	M	Limo %	%			A Alto			
Aluminio	meq/100cc	1.3	E	Arcilla %	%			M Medio			
C.I.C.	"		N.A	Textura				B Bajo			
C.I.C. Calculada	meq/100cc	2.26		M.Orgánica	%	19.40		D Deficiente			
Fósforo	ppm	21	B	C.O.	%	11.25	M	M.I Muestra Insuficiente			
N-NH4	ppm		N.A	N- Total	%		N.A	N.D No Detectable			
N-NO3	ppm	10	D	Rel C/N			N.A	N.A No analizado			
Azufre	ppm	6	D	Sat numero	%	63	A				
Hierro	ppm	137	B	SatBases:	%						
Manganeso	ppm	8	D	D. Aparente	g/cc	0.5					
Cobre	ppm	0.2	D								
Zinc	ppm	3	M								
Boro	ppm	0.17	D								
Asistente Técnico											

Dr. Calderón Labs.

Figura 24. Resultados análisis de suelos finca el cortijo. Calderón 2014.

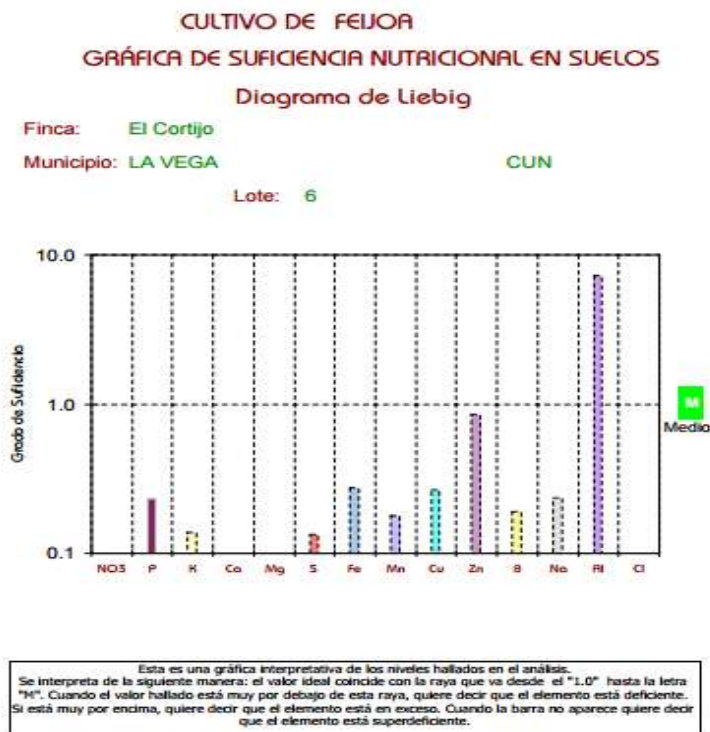


Figura 25. Grafica de secuencia nutricional en suelos, Análisis de suelos finca cortijo. Calderón 2014.

ANÁLISIS DE SUELOS				Propietario: Omar Cordero Quintana Dirección: Cl 74a No. 4 - 23 Apto 101 Ciudad: Bogotá		Fecha de Análisis: 06/09/2014 No. Análisis: AS 72739	
Cultivo: FEIJOA		Variedad: GUARIBÁ		Edad: 12 Años		Fecha de Muestreo: 29/08/2014 Fecha de Recepción: 29/08/2014	
Municipio: LA VEGA		Finca: El Cortijo		Lote: Compost			
Elemento	Unidad	Valor	Clave	Parámetro	Unidad	Valor	Clave
Potasio	mg/100cc	0.82	M	pH		5.23	B
Calcio	mg/100cc	6.91	M	C. E.	nd/cm	1.29	M
Magnesio	mg/100cc	2.27	M	Armo	%	0	
Sodio	mg/L	0.5	M	Limo	%	100	
Aluminio	mg/100cc	0.2	M	Arcilla	%	0	
Cloruro	mg/100cc	13.00	M	Textura	Limosa		
Carbono	mg/L	0.88		M. Orgánica	%	17.77	
Fósforo	ppm	51	M	C.O.	%	10.31	M
N-NH4	ppm	6	D	N- Total	%		N.A
N-NO3	ppm	20	D	Ret. CM			N.A
Anión	ppm	1	D	Sal. Humed	%	57	A
Hierro	ppm	73	D	Sal. Densa	%	77.14	
Manganeso	ppm	20	B	D. Aparente	g/cc	0.3	
Cobre	ppm	0.5	B				
Zinc	ppm	10.8	A				
Boro	ppm	0.37	B				

No. de Orden: 51578

Clave de Interpretación

E	Excesivo
A	Alto
M	Medio
B	Bajo
D	Deficiente

M.I	Muestra Insuficiente
N.D	No Detectable
N.A	No analizado

Asistente Técnico

Dr. Calderón Labs.

Figura 26. Análisis compost inicial. Calderón 2014.

CULTIVO DE FEIJOA
GRÁFICA DE SUFICIENCIA NUTRICIONAL EN SUELOS

Diagrama de Liebig

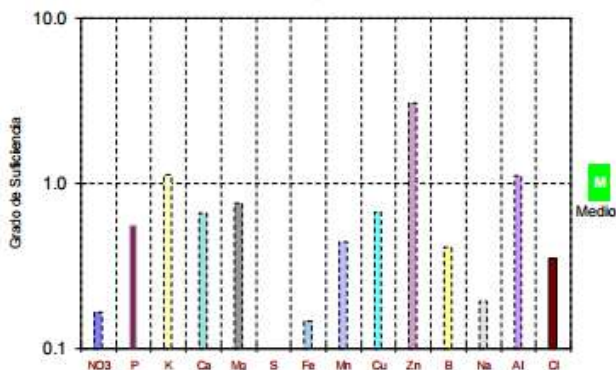
Finca: El Cortijo

Municipio: LA VEGA

CUN

Lote: Compost

Fecha: 06-sep-14



Esta es una gráfica interpretativa de los niveles hallados en el análisis.
 Se interpreta de la siguiente manera: el valor ideal coincide con la raya que va desde el "1.0" hasta la letra "M". Cuando el valor hallado está muy por debajo de esta raya, quiere decir que el elemento está deficiente. Si está muy por encima, quiere decir que el elemento está en exceso. Cuando la barra no aparece quiere decir que el elemento está superdeficiente.

Figura 27. Gráfica de suficiencia nutricional Compost inicial. Calderón 2014.

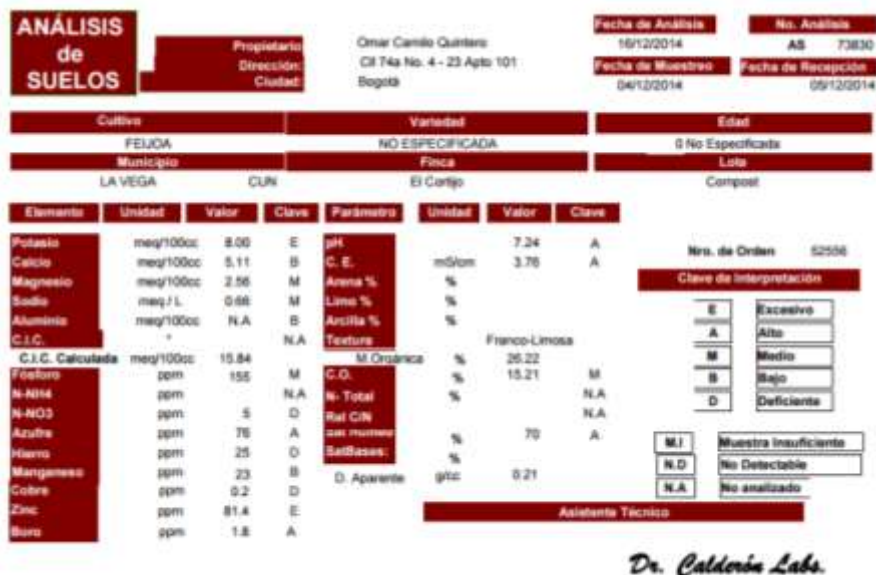
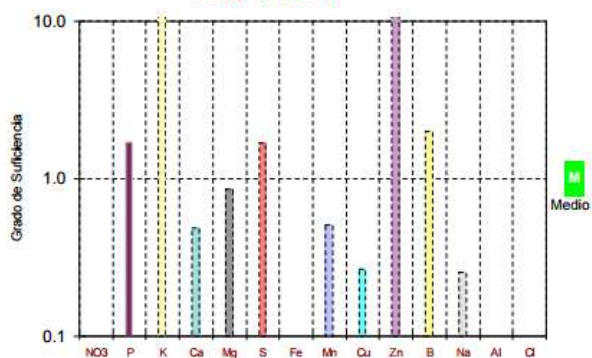


Figura 28. Análisis compost tratamiento 1. Calderón 2014.

CULTIVO DE FEIJOA
GRÁFICA DE SUFICIENCIA NUTRICIONAL EN SUELOS

Diagrama de Liebig

Finca: El Cortijo
Municipio: LA VEGA CUN
Lote: Compost
Fecha: 15-dic.-14



Esta es una gráfica interpretativa de los niveles hallados en el análisis. Se interpreta de la siguiente manera: el valor ideal coincide con la raya que va desde el "1.0" hasta la letra "M". Cuando el valor hallado está muy por debajo de esta raya, quiere decir que el elemento está deficiente. Si está muy por encima, quiere decir que el elemento está en exceso. Cuando la barra no aparece quiere decir que el elemento está superdeficiente.

Figura 29. Grafica de Suficiencia nutricional Tratamiento 1. Calderón 2014.