



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE TRES SUSTRATOS ORGÁNICOS, EN EL
DESARROLLO DE PLANTULAS DE CAFÉ DE LA VARIEDAD CASTILLO.**

ALEXANDER PORTOCARRERO ANGULO

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE
MANIZALES, COLOMBIA**

2014

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE TRES SUSTRATOS ORGÁNICOS, EN EL
DESARROLLO DE PLANTULAS DE CAFÉ DE LA VARIEDAD CASTILLO.**

ALEXANDER PORTOCARRERO ANGULO

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Director:

M.Sc. JAVIER OROZCO AVILA.

Línea de Investigación:

Biosistemas integrados

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE
MANIZALES, COLOMBIA
2014**

A mí querida y adorada esposa

Por tu paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor para ti, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado, Carolina.

Agradecimientos

A Dios quien con su mano me llevó por el camino y no me dejó desfallecer en la búsqueda de conocimiento y apoyo.

A mi madre Señora, MIYRIAN CECILIA ANGULO por tanto amor, apoyo, esfuerzo, comprensión, y quien con sus consejos me dio siempre esa voz de aliento para poder culminar este nuevo reto. Gracias madre te Amo.

A mi director de tesis, Dr. JAVIER OROZCO ÁVILA por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación inspiró en mí la culminación de este trabajo con éxito.

A mi esposa Carolina Parra Serna. En quien siempre encontré una voz de aliento y me apoyó en los momentos difíciles.

Al doctor Julián Muñoz Subdirector del Centro para la Formación Cafetera del SENA Regional Caldas, quien me brindó su apoyo en los tiempos dedicados a la investigación.

A Dyro Alexander Bustamante coordinador académico del Centro para la Formación Cafetera del SENA Regional Caldas, por haberme brindado apoyo en el proceso.

A la doctora Mónica Rodríguez Rodríguez por hacer parte de su equipo de investigación y me ofreció todos sus conocimientos, su tiempo y la disponibilidad

Al director de la línea de investigación de Biosistemas integrados de la universidad de Manizales Jhon Fredy Betancur, por creer en el desarrollo de esta investigación.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

Resumen

Cuando la sociedad se industrializa, se intensifica la producción y aumenta la concentración humana en los núcleos de población, y los subproductos ya no tienen ninguna utilidad, transformándose en residuos que “hay que tirar”. Estos residuos, que en un principio se descomponían en la naturaleza, van aumentando de volumen, se acumulan sin descomponerse y van originando problemas a una sociedad cada vez más exigente. En estas circunstancias, el hombre agudiza su percepción acerca de que los recursos que se extraen de la naturaleza no son ilimitados, sino al contrario, cada vez más escasos y de más difícil obtención (Barradas, 2009).

Los residuos agropecuarios presentan propiedades favorables para su incorporación al suelo agrícola, como son la riqueza en materia orgánica; nutrientes de gran interés no sólo en Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), sino también en oligoelementos, para controlar diversos procesos fisiológicos necesarios para los cultivos; abundancia de agua y fuente de microorganismos necesarios para el suelo (Barrientos, 2009).

Es así como el compostaje es una alternativa para la reducción y aprovechamiento de residuos agropecuarios y además es una tecnología sencilla y económica para aprovechar toda clase de basura biodegradable, la cual proporciona múltiples ventajas ecológicas tales como, menor producción de aguas lixiviadas y gases contaminados, menos consumo de terreno, mejor impacto al paisaje, al suelo y las aguas subterráneas y se genera humus que sirve como estabilizador contra la erosión. De acuerdo con lo descrito anteriormente, esta investigación tuvo como objetivo medir el efecto de tres sustratos de origen orgánico en el desarrollo de plántulas de café de la Variedad Castillo.

El almacigo donde se crearon los lotes experimentales para la obtención de la variedad de café castillo naranjal, se encuentran ubicados en la estación central naranjal, localizada en el municipio de Chinchiná (Caldas). En este almacigo se utilizó

un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con tres repeticiones para cada uno de los tratamientos evaluados, cada unidad experimental estuvo conformada por 32 plántulas, las cuales fueron ubicadas en el almacigo cuya área total fue de 100m². Los tratamientos fueron combinaciones de suelo y sustrato en porcentajes definidos peso a peso, en total se consideraron 10 tratamientos.

El suelo utilizado para este experimento, según análisis realizado por la Universidad de Caldas (Anexo C), presento las siguientes características:

- Nitrógeno (N), 0.52% que según el nivel de referencia, se presenta en un porcentaje Alto.
- Fosforo (P), 9 mg/kg catalogado como bajo según el nivel de referencia.
- Potasio (K), 0.21 cmol(+)/kg rango medio, según el nivel de referencia.
- Materia orgánica, 13.75% que según la escala de referencia se ubica en un nivel alto.
- Adicional a estos compuestos principales, cuenta con presencia de Calcio, Magnesio, Sodio,

Como fuentes de abono orgánico (AO) se utilizaron: sustratos orgánicos de origen agrícola producido en la finca Mandalay, turba producida en la empresa agroindustrial Coconut dedicada al suministro de pulpa de coco y desechos orgánicos generados en la empresa Frigocentro–Central de Sacrificios de bovinos y porcinos. Las variables evaluadas en el experimento fueron: Altura de la planta en centímetros (AP), Longitud del hipocotilo en centímetros (LH), Peso fresco y peso seco en gramos de hojas, raíz y tallo, Diámetro tallo milímetros (D.T) y Numero de hojas (N.H). Se realizaron seis monitoreos destructivos cada 15 días durante 4 meses. Los datos fueron procesados y analizados con el Programa SAS System. Para todas las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza y comparación de media empleando la Prueba de Tuckey ($P \leq 0,05$).

El comportamiento de los diez tratamientos respecto a las variables evaluadas de peso fresco y seco de hojas, raíz y tallo, arrojó que los tratamientos 4 (Mandalay) y 7 (Frigocentro) presentaron los mayores promedios, sin embargo ambos tratamientos conformaron un solo grupo estadístico. La variable peso seco en función de la proporción de abono orgánico y suelo evaluados en cada tratamiento, presentó un comportamiento similar para los tratamientos 4 y 7, los cuales obtuvieron los promedios más altos, con una proporción de 75% de Compost Mandalay + 25% de suelo y 75% de Compost Frigocentro + 25% de suelo respectivamente, en cuanto a la turba Coconut no se presentó ninguna respuesta positiva en la biomasa radical. Al analizar los promedios arrojados de peso seco de la parte aérea de la planta (hojas y tallos), se encontró un comportamiento similar al de la variable peso seco de raíces, indicando que el desarrollo aéreo de la planta es directamente proporcional al sistema radical de la misma. Al igual que en el peso seco de raíces, los tratamientos 4 y 7 presentaron los promedios más elevados en proporción del 75% de abono orgánico y 25% de suelo. Con la realización de este estudio se concluye que la proporción con la cual se obtuvo un mayor crecimiento radical y parte aérea de la plántula, corresponde al 75% de abono orgánico y 25% de suelo, vale la pena realizar un análisis costo-beneficio con el fin de evaluar la viabilidad del uso de dicha proporción en la etapa de almácigo.

Palabras clave: abono orgánico, crecimiento, almacigo, plántulas, proporción de mezcla sustratos - suelo.

Abstract

When the society industrializes, intensifies the production and increases the concentration of people in large cities, and the by-products no longer have any use, they become waste that we have to "pull". These residues, which at first decomposed into nature, grew in volume, accumulated without decomposing and kept causing problems to a demanding society. In these circumstances, man deepens his perception about the unlimited resources that are extracted from nature, but now they are becoming more rare and difficult to obtain (Barradas, 2009).

Agricultural waste (compost) has favorable properties for its use in farming land. The richness in organic matter, the valuable nutrients that exist in nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K), in addition to certain trace elements, the abundance of water and the source of microorganisms needed for the soil all contribute to the physiological process needed to grow the plants.(Barrientos, 2009).

Composting is an alternative for the reduction and utilization of agricultural waste and it is a simple and inexpensive technology to use. It also provides multiple environmental benefits such as reduced production of leachate and contaminated gases, less use of land and a favorable impact to the landscape. The soil, groundwater and humus that are generated serves as a stabilizer against erosion. Moreover, composting is a natural fertilizer that produces no chemicals and can be used for horticulture, agriculture and forestry. Therefore, this study is aimed to measure the effect of three substrates of organic origin in the development of the Castle coffee seedlings.

The experimental plots for obtaining this variety of coffee are located at the Central Station of Naranjal in the municipality of Chinchiná (Caldas). The parcel was randomly divided into complete blocks (RCBD), with three replicas for each of the treatments; each experimental unit consisted of 32 seedlings, which were located on a lot with a total area of 100m.

Treatments consisted of a soil and substrate mixture defined in percentages by weight. A total of 10 treatments were used.

The soil used for this experiment, according to analysis conducted by the University of Caldas (Annex C), introduced the following features:

- Nitrogen (N), 0.52 % depending on the level of reference, is presented in a high percentage.
- Phosphorus (P), 9 mg/kg cataloged as low on the reference level.
- Potassium (K), 0.21 cmol (+) /kg range, depending on the reference level.
- Organic Matter, 13.75 % depending on the scale of reference is located at a high level.

The organic fertilizer used was produced by three businesses: 1 the Mandalay farm, 2 the Coconut company that supplied coconut pulp and organic fertilizer and 3 The Frigocentro that sacrificed cattle and pigs. The variables evaluated were : plant height in centimeters (AP) hypocotyl length in centimeters (LH), fresh weight and dry weight in grams of leaves, root and stem , stem diameter mm (SD) and number of leaves (NL) . Plants were monitored for four months with one plant being pulled out every 15 days. The data was processed and analyzed with the SAS System Program. All variables performed an analysis of variance and mean comparison using the Tuckey test ($P \leq 0.05$).

The behavior of the ten treatments regarding the variables assessed in fresh and dry leaf, root and stem weight, treatments 4 (Mandalay) and 7 (Frigocentro) showed the highest mean, however both treatments formed a single statistical group. The variable dry weight in terms of the proportion of organic fertilizer and soil evaluated in each treatment presented a similar behavior for treatments 4 and 7, which had the highest averages with the same proportion of 75 % compost + 25 % soil. The Coconut compost did not present a positive outcome in root biomass. In averaging the dry weight of the aerial part of the plant (leaf and stem), a similar variable dry root weight behavior was

found, indicating that the plant development is directly proportional to the root system. In the dry weight of roots, treatments 4 and 7 showed the highest average with the 75 % compost. This study concluded that the greatest root and leaf growth corresponded to the use of 75 % compost and 25 % soil. It is important to do a cost- benefit analysis to assess the feasibility of using this ratio in the seedbed stage.

Keywords: organic fertilizer, growth, seedbed, seedling, mixture proportion substrates – soil.

Contenido

RESUMEN	VII
INDICE DE FIGURAS	XV
INDICE DE TABLAS	XVI
INDICE DE ANEXOS	XVII
1. PROBLEMÁTICA	21
2. JUSTIFICACIÓN	25
3. OBJETIVOS	29
3.1. OBJETIVO GENERAL	29
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	30
5. HIPÓTESIS	31
6. MARCO TEÓRICO	32
6.1. RESIDUOS SÓLIDOS	32
6.2. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	34
6.2.1. GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	35
6.2.2. GESTIÓN DE RESIDUOS EN PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO.....	38
6.2.3. POLÍTICA MEDIOAMBIENTAL PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN ÁMBITOS DESARROLLADOS.....	41
6.3. RESIDUOS SÓLIDOS DE COSECHA.....	42
6.4. APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SEPARADOS.....	44
6.5. RESIDUOS SÓLIDOS BIODEGRADABLES	46
6.6. FUENTES DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	46
6.6.1. RESIDUOS PROCEDENTES DE LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA	46
6.6.2. RESIDUOS PROCEDENTES DE LA ACTIVIDAD AGROINDUSTRIAL.....	47
6.7. ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	48
6.7.1. LOS RESIDUOS ORGÁNICOS COMO MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS.....	49
7. MATERIA ORGÁNICA	50
7.1. MATERIA ORGÁNICA, ACUMULACIÓN Y TRANSFORMACIONES.....	50
7.2. ÁCIDOS FULVICOS Y HUMINAS	52
7.3. LA IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO.....	53
7.4. LAS FUENTES PARA PRODUCCIÓN DE COMPOST A NIVEL DE FINCA.....	58
7.4.1. MATERIA ORGÁNICA Y COMPOSTAJE	60
7.4.2. PROCESOS DE COMPOSTAJE	63
7.5. USO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS CULTIVOS DE CAFÉ.....	66
7.6. MARCO INSTITUCIONAL DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN COLOMBIA	66
7.7. MARCO LEGAL SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS EN COLOMBIA.....	69
8. ANTECEDENTES	72

8.1.	SITUACIÓN A NIVEL MUNDIAL	72
8.2.	SITUACIÓN A NIVEL NACIONAL	78
9.	ÁREA DE ESTUDIO	86
9.1.	TEMPERATURA.....	87
9.2.	PRECIPITACIÓN.....	87
9.3.	SUELOS.....	88
10.	METODOLOGÍA.....	89
10.1.	UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	89
10.2.	VARIEDAD DE CAFÉ UTILIZADA	89
10.3.	PREPARACIÓN DEL ALMÁCIGO	89
10.4.	MANTENIMIENTO DEL EXPERIMENTO.....	90
10.4.1.	CONTROL DE MALEZAS	90
10.4.2.	RIEGO	90
10.4.3.	MANEJO FITOSANITARIO	90
10.4.4.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	90
10.4.5.	TRATAMIENTOS	91
10.4.6.	FUENTES DE ABONO ORGÁNICO (AO).....	92
10.4.7.	VARIABLES EVALUADAS.....	93
10.4.8.	MONITOREOS.....	94
10.4.9.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	94
11.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	95
11.1.	DESARROLLO VEGETATIVO Y COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA EN EL PRIMER MONITOREO	95
11.2.	DESARROLLO VEGETATIVO Y COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA EN EL SEGUNDO MONITOREO	99
11.3.	DESARROLLO VEGETATIVO Y COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA EN EL TERCER MONITOREO.....	103
11.4.	DESARROLLO VEGETATIVO Y COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA EN EL CUARTO MONITOREO.....	106
11.5.	DESARROLLO VEGETATIVO Y COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA EN EL QUINTO MONITOREO	111
11.6.	DESARROLLO VEGETATIVO Y COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA EN EL SEXTO MONITOREO	114
11.7.	EFFECTO DEL ABONO ORGÁNICO SOBRE EL PESO SECO DE RAÍCES.....	118
11.8.	EFFECTO DEL ABONO ORGÁNICO SOBRE EL PESO SECO DE LA PARTE AÉREA DE LA PLANTA	123
11.9.	COMPORTAMIENTO DE LA ALTURA DE LA PLANTA	125
11.9.1.	ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA.....	128
11.9.2.	ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA DE LAS HOJAS	128
11.9.3.	ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA EN LOS TALLOS.....	131
11.9.4.	ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA EN LA RAÍZ	134
11.9.5.	ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA TOTAL.....	135
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	137
12.1.	CONCLUSIONES	137
12.2.	RECOMENDACIONES.....	138
BIBLIOGRAFÍA	139

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DESARROLLO VEGETATIVO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ BAJO DIEZ TRATAMIENTOS CON ABONOS ORGÁNICOS 15 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	98
FIGURA 2 - COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA FRESCA Y SECA DE PLÁNTULAS DE CAFÉ DE LA VARIEDAD CASTILLA BAJO EL EFECTO DE DIEZ TRATAMIENTOS DE ABONOS ORGÁNICOS 15 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	98
FIGURA 3 - DESARROLLO VEGETATIVO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ BAJO DIEZ TRATAMIENTOS CON ABONOS ORGÁNICOS 30 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	101
FIGURA 4 - COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA FRESCA Y SECA DE PLÁNTULAS DE CAFÉ DE LA VARIEDAD CASTILLA BAJO EL EFECTO DE DIEZ TRATAMIENTOS DE ABONOS ORGÁNICOS 30 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	102
FIGURA 5 - DESARROLLO VEGETATIVO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ BAJO DIEZ TRATAMIENTOS CON ABONOS ORGÁNICOS 45 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	105
FIGURA 6 - COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA FRESCA Y SECA DE PLÁNTULAS DE CAFÉ DE LA VARIEDAD CASTILLA BAJO EL EFECTO DE DIEZ TRATAMIENTOS DE ABONOS ORGÁNICOS 45 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	106
FIGURA 7 - DESARROLLO VEGETATIVO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ BAJO DIEZ TRATAMIENTOS CON ABONOS ORGÁNICOS 60 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	109
FIGURA 8 - COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA FRESCA Y SECA DE PLÁNTULAS DE CAFÉ DE LA VARIEDAD CASTILLA BAJO EL EFECTO DE DIEZ TRATAMIENTOS DE ABONOS ORGÁNICOS 60 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	110
FIGURA 9 - DESARROLLO VEGETATIVO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ BAJO DIEZ TRATAMIENTOS CON ABONOS ORGÁNICOS 75 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	112
FIGURA 10 - COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA FRESCA Y SECA DE PLÁNTULAS DE CAFÉ DE LA VARIEDAD CASTILLA BAJO EL EFECTO DE DIEZ TRATAMIENTOS DE ABONOS ORGÁNICOS 75 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	113
FIGURA 11 - DESARROLLO VEGETATIVO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ BAJO DIEZ TRATAMIENTOS CON ABONOS ORGÁNICOS 90 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	116
FIGURA 12 - COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA FRESCA Y SECA DE PLÁNTULAS DE CAFÉ DE LA VARIEDAD CASTILLA BAJO EL EFECTO DE DIEZ TRATAMIENTOS DE ABONOS ORGÁNICOS 90 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	117
FIGURA 13 - ALTURA DE PLANTA A TRAVÉS DEL TIEMPO DE EVALUACIÓN.....	125
FIGURA 14 - ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA EN LAS HOJAS A TRAVÉS DEL TIEMPO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	131
FIGURA 15 - ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA EN LOS TALLOS DE LAS CHAPOLAS EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DURANTE 90 DÍAS.....	132
FIGURA 16 - ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA EN LA RAÍZ DE LAS CHAPOLAS EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DURANTE 90 DÍAS.....	135

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 - CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SEGÚN SU APTITUD PARA EL COMPOSTAJE	60
TABLA 2 - NUMERO DE TRATAMIENTOS EVALUADOS EN EL EXPERIMENTO	91
TABLA 3 - EFECTO DE DIEZ TRATAMIENTOS CON ABONOS ORGÁNICOS EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ VARIEDAD CASTILLO.	96
TABLA 4 - EFECTO DE DIEZ TRATAMIENTOS CON ABONOS ORGÁNICOS EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ VARIEDAD CASTILLO 30 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	100
TABLA 5 - EFECTO DE DIEZ TRATAMIENTOS CON ABONOS ORGÁNICOS EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ VARIEDAD CASTILLO 45 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	104
TABLA 6 EFECTO DE DIEZ TRATAMIENTOS CON ABONOS ORGÁNICOS EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ VARIEDAD CASTILLO 60 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	108
TABLA 7 - EFECTO DE DIEZ TRATAMIENTOS CON ABONOS ORGÁNICOS EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ VARIEDAD CASTILLO DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.	111
TABLA 8 - EFECTO DE DIEZ TRATAMIENTOS CON ABONOS ORGÁNICOS EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE PLÁNTULAS DE CAFÉ VARIEDAD CASTILLO 90 DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA.....	115
TABLA 9 - CONTENIDO NUTRIMENTAL DE TRES ABONOS ORGÁNICOS EVALUADOS (REPORTE DE RESULTADOS ANÁLISIS REALIZADO POR LA UNIVERSIDAD DE CALDAS).....	119
TABLA 10 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE LA UNIDAD CHINCHINÁ.....	121
TABLA 11 - COMPONENTE QUÍMICO DEL SUELO EMPLEADO EN LA MEZCLA DE SUSTRATOS Y EL TESTIGO.....	122
TABLA 12 - INCREMENTO DE ALTURA DE LAS CHAPOLAS EN LOS DIFERENTES PERIODOS DE EVALUACIÓN Y SU INCREMENTO TOTAL EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS.	127
TABLA 13 - ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA PARA CADA TRATAMIENTO.....	129
TABLA 14 - ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA EN LOS TALLOS DE LAS CHAPOLAS SEMBRADAS EN CADA UNO DE LOS SUSTRATOS DURANTE 90 DÍAS.....	133
TABLA 15 - ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA EN LA RAÍZ DE LAS CHAPOLAS DURANTE 90 DÍAS DE EVALUACIÓN EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS	134
TABLA 16 - ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA TOTAL EN GRAMOS DE CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS A LOS 90 DÍAS DE EVALUACIÓN.	136

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: DISEÑO DEL EXPERIMENTO POR BLOQUES	147
ANEXO B: ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	150
ANEXO C: ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS Y SUELO	153
ANEXO D: REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL EXPERIMENTO.....	155
ANEXO E: FUENTES DE ABONO ORGÁNICO.....	159

Introducción

La actividad agrícola al igual que muchas actividades humanas son generadoras de restos y residuos, los cuales en la actualidad se producen en grandes cantidades y son variados en su composición o naturaleza.

Para el año 2005 Colombia reportó, 4.058.470 hectáreas dedicadas al cultivo de especies permanentes y transitorias como caña de azúcar, palma de aceite, arroz, caña panelera, maíz, café, banano y plátano. Dentro de estos procesos productivos, se generan diferentes tipos de biomasa residual agrícola que se clasifica, según su origen, en residuos agrícolas de cosecha y residuos agroindustriales (Nuñez, 2012).

Los residuos agropecuarios son considerados en general de naturaleza orgánica. Como tales, comparten características similares con otros residuos de origen agroindustrial y con la parte orgánica de los residuos sólidos urbanos. A diferencia que los residuos agropecuarios se producen en su entorno natural, mientras que los de origen agroindustrial son generados en procesos de transformación de productos agrícolas y los urbanos se generan en el proceso de consumo, junto con otros no orgánicos (Barrientos, 1988).

Los residuos agropecuarios presentan propiedades favorables para su incorporación al suelo agrícola, como son la riqueza en materia orgánica; nutrientes de gran interés no sólo en nitrógeno, fósforo y potasio, sino también en oligoelementos, para controlar diversos procesos fisiológicos necesarios para los cultivos; abundancia de agua y fuente de microorganismos necesarios para el suelo. Para lograr el aprovechamiento agrícola de los residuos se exigen procesos de fermentación, necesarios para la obtención de un producto equilibrado con una materia orgánica estable que al llegar al suelo pueda mineralizarse y mejorar las propiedades del mismo (Barrientos, 1988).

El aprovechamiento de los residuos orgánicos tiene varias alternativas como la alimentación animal, el compostaje y el lombricultivo, entre otros. El compostaje de los residuos orgánicos se produce fácilmente con la presencia de los microorganismos apropiados, aireación adecuada, temperatura óptima, nutrientes necesarios, pH y humedad. Los agricultores han utilizado este método para aprovechar los residuos vegetales desde comienzos del siglo XIX, como desarrollo a nivel industrial para solucionar los problemas de disposición final de origen orgánico. En 1922 su utilidad como proceso de degradación se complementó al ser vista como alternativa de biorremediación. En 1951 se iniciaron estudios sobre el tratamiento aerobio de los desechos sólidos, que permitieron la dilucidación de las leyes que rigen el proceso y la determinación de la temperatura, el pH, la humedad y la aireación como variables macroscópicas determinantes de la eficiencia (Puerta, 2005).

El compostaje proporciona grandes beneficios, es un acondicionador y recuperador de suelos por su alto contenido orgánico sirve como fuente de nutrición natural para las plantas, mantiene la humedad del suelo, permite el desarrollo de los microorganismos benéficos que a su vez ayudan a prevenir las plagas y enfermedades de las raíces, es más económico y se puede producir fácilmente (Puerta, 2005).

En Colombia la zona cafetera abarca 3,3 millones de hectáreas de las cuales 914.000 están sembradas en café. Por su parte existen 553.000 familias asentadas en 588 municipios en 20 departamentos del país que derivan su sustento del café. El 95% de los cafeteros corresponden a pequeños productores, contribuyendo con un 69% de la producción total, el 3% corresponde a medianos productores con una participación del 13% de la producción total y finalmente los grandes productores aportan el 18% al total de la producción nacional (Villaveces, 2011).

Dada la importancia que tiene actualmente la mitigación de la contaminación ambiental, el aprovechamiento de residuos orgánicos agropecuarios se convierte en

una alternativa ecológica considerable dentro del sistema productivo de café, es así como este estudio genera conocimiento sobre el uso de sustratos orgánicos en almácigos de café, lo cual se verá reflejado en el desarrollo y crecimiento de la plántula, contribuyendo así al manejo orgánico del cultivo y a la reducción del efecto ambiental negativo sobre el ambiente.

1. Problemática

El desarrollo económico, la industrialización y la implantación de modelos económicos que conllevan al aumento sostenido del consumo, han impactado significativamente el volumen y la composición de los residuos producidos por las sociedades del mundo.

Las consecuencias ambientales de la inadecuada disposición de los residuos pueden ser negativas para la salud de las personas y de los ecosistemas naturales. Entre los impactos generados se encuentra la generación de contaminantes y gases de efecto invernadero, donde la descomposición de los residuos orgánicos produce biogases que resultan desagradables no sólo por los olores que generan, sino que pueden ser peligrosos debido a su toxicidad o por su explosividad. Algunos de ellos son también gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático global. Entre estos gases destacan el bióxido y monóxido de carbono (CO_2 y CO , respectivamente), metano (CH_4), ácido sulfhídrico (H_2S) y compuestos orgánicos volátiles (COVs, como la acetona, benceno, estireno, tolueno y tricloroetileno) (SEMANART, 2006).

Por otra parte las sustancias agotadoras del ozono (SAO) que se emplean en la fabricación de envases de unicel, como propulsores de aerosoles para el cabello, en algunas pinturas y desodorantes, plaguicidas, así como en refrigeradores y climas artificiales contribuyen, al ser liberadas a la atmósfera, al adelgazamiento de la capa de ozono. Cuando los envases de estos productos son desechados de manera inadecuada se convierten en fuentes de emisión de SAO (SEMANART, 2006).

La descomposición de los residuos y su contacto con el agua puede generar lixiviados (es decir, líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales) que contienen, en forma disuelta o en suspensión, sustancias que se infiltran en los suelos o escurren fuera de los sitios de depósito. Los lixiviados pueden

contaminar los suelos y los cuerpos de agua, provocando su deterioro y representando un riesgo para la salud humana y de los demás organismos. Otro riesgo potencial es la proliferación de fauna nociva y transmisión de enfermedades; los residuos orgánicos que se disponen atraen a un numeroso grupo de especies de insectos, aves y mamíferos que pueden transformarse en vectores de enfermedades peligrosas como la peste bubónica, tifus murino, salmonelosis, cólera, leishmaniasis, amebiasis, disentería, toxoplasmosis, dengue y fiebre amarilla, entre otras (SEMANART, 2006).

En los países desarrollados, la producción diaria de residuos oscila entre 1 y 1.5 kg de residuos sólidos urbanos domésticos por habitante. En la Unión Europea (EU-12) la producción de residuos sólidos urbanos ha crecido de manera continua más del 45% en los últimos 20 años, a pesar del débil crecimiento de su población. Se considera que el incremento de producción de residuos sólidos urbanos es exponencial respecto al incremento del nivel de vida. Esto implica la necesidad de políticas de reducción en origen, reutilización y reciclado. En América Latina y el Caribe la producción media per cápita de residuos sólidos urbanos se puede establecer en 0.92 kg/hab/día. Ello significa unas 330,000 toneladas diarias (Barradas, 2009).

En Colombia la problemática de los residuos sólidos es grave porque la disposición final se realiza con poco control en la mayoría de los municipios ocasionando contaminación ambiental. La producción per cápita (Kilogramo/habitante/día) aproximadamente es de 0,5 Kg/hab/día, variando de 1 Kg/hab/día en las grandes ciudades hasta 0,2 Kg/hab/día en las poblaciones rurales (Puerta Echeverry, 2005). Sin embargo Colombia cuenta con una de las legislaciones más desarrolladas y mejor concebidas, con una serie de normas que reglamentan cada uno de los aspectos relacionados con la conservación y utilización de los recursos naturales. Actualmente Colombia cuenta con un amplio desarrollo normativo enmarcado en la Política Nacional para la Gestión de Residuos Sólidos emitida en 1998, actualizada en el CONPES soportada por la Constitución Nacional, la Ley 99 de 1993, y la Ley 142 de 1994 que establecen tres objetivos específicos que determinan las prioridades en la gestión de

residuos: minimizar la cantidad de residuos que se generan, aumentar el aprovechamiento racional de residuos sólidos y mejorar los sistemas de eliminación, tratamiento y disposición final de residuos sólidos (Ministerio del medio ambiente de Colombia, 2014).

Con el desarrollo de la agricultura y ganadería, el hombre obtiene una serie de productos de interés que destina con preferencia a su alimentación y vestido. Estos productos se generan junto con otros subproductos que se destinan, en el mejor de los casos, a cubrir otras necesidades, como fuente energética, vivienda, alimentación del ganado, utensilios, entre otros (Barradas, 2009).

Cuando la sociedad se industrializa, se intensifica la producción y aumenta la concentración humana en los núcleos de población, y los subproductos ya no tienen ninguna utilidad, transformándose en residuos que “hay que tirar”. Estos residuos, que en un principio se descomponían en la naturaleza, van aumentando de volumen, se acumulan sin descomponerse y van originando problemas a una sociedad cada vez más exigente. En estas circunstancias, el hombre agudiza su percepción acerca de que los recursos que se extraen de la naturaleza no son ilimitados, sino al contrario, cada vez más escasos y de más difícil obtención. Una de las soluciones racionales a ambos problemas consiste en el aprovechamiento de los residuos, ya sea con fines agropecuarios o energéticos. Sin embargo, gran parte de los residuos aprovechables se presentan en circunstancias tales que sus propiedades no son estimadas. Así ocurre con las leñas de los montes alejados de los focos de consumo o con la generación de estiércol en grandes granjas que no disponen de suelo agrícola (Barradas, 2009).

Teniendo en cuenta que el compostaje es una alternativa para la reducción y aprovechamiento de residuos agropecuarios y que además es una tecnología sencilla y económica para aprovechar toda clase de basura biodegradable, la cual además proporciona múltiples ventajas ecológicas tales como, menor producción de aguas lixiviadas y gases contaminados, menos consumo de terreno, mejor impacto al paisaje,

al suelo y las aguas subterráneas y se genera humus que sirve como estabilizador contra la erosión. Por otra parte el compost es un fertilizador natural que no produce sobrecarga química al suelo y se puede utilizar para la horticultura, agricultura y silvicultura. De esta manera la presente investigación pretende analizar diferentes abonos orgánicos en almácigos de café de la variedad castilla con el fin de conocer su efecto en el desarrollo y crecimiento de la planta.

2. Justificación

Según las proyecciones de las Naciones Unidas (variante media), la población mundial aumentará en un 72 por ciento entre 1995 y el año 2050. Es de esperar que, para entonces, se haya reducido el déficit alimentario, haya aumentado el consumo de alimentos per-cápita en los países que padecen escasez y se hayan diversificado los regímenes alimenticios de las poblaciones, con la consiguiente eliminación de las deficiencias específicas. Todos estos cambios tendrán un gran peso en los sistemas de producción de alimentos, en los recursos naturales y en el medioambiente (Morales & Aristizabal, 2007).

El principal problema que se plantea es si el aumento necesario de la producción de alimentos y los recursos naturales disponibles será suficiente para hacer frente a este crecimiento demográfico de forma sostenible hasta el año 2050, fecha en la que se prevé una estabilización de la población mundial. La distribución de los recursos naturales necesarios para la producción agrícola no se corresponde con la distribución geográfica de la población, y las corrientes migratorias no compensan necesariamente esta diferencia de distribución, que provoca aún más dificultades. Este problema se plantea a nivel local, nacional, regional e internacional (Morales & Aristizabal, 2007).

Con el nivel de alimentos que puede demandar el mundo básicamente habrá que generar unas condiciones en los suelos para mantenerlos fértiles y bien nutridos de este modo es que la agricultura limpia hace su arribo en este punto y se establece como una alternativa positiva para el medio ambiente y para la salud de las personas (Morales & Aristizabal, 2007).

El sector cafetero ha contribuido de forma importante al desarrollo económico y social del país. No obstante, su dinámica ha sido relativamente insatisfactoria durante los últimos años, en una coyuntura internacional de alzas en producción, exportaciones

y consumo. Como se explicará en esta sección, la producción nacional de café y sus rendimientos han disminuido en la última década, mientras que el área sembrada se ha mantenido relativamente constante. Esta situación se explica por una combinación de factores, entre los cuales se destacan la masificación de los programas de renovación de cafetales y los efectos que tuvo el Fenómeno de La Niña en los años recientes (Consejo nacional de política económica y social. CONPES 3763, 2013).

La participación del sector cafetero en el sector rural y en la economía en general ha caído en los últimos años. La participación del café en el producto agropecuario pasó de 23,32% en 1990 a 8,18% en el 2011, sin incluir la trilla. Con respecto al peso del sector en el Producto Interno Bruto, éste pasó de 2,33% en 1990 a 0,52% en 2011. En cuanto a la participación de las exportaciones de café en el valor del total de las exportaciones en el 2011 fue de 5% (Consejo nacional de política económica y social. CONPES .3763, 2013).

A través de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, el sector cafetero, ha buscado optimizar el proceso productivo del café, creando mecanismos ambientales que armonicen la producción con el medio que lo rodea, consciente de que respetando a la tierra se ha tenido y se tendrá café para muchas generaciones (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).

La sociedad en su conjunto ha venido adquiriendo, cada vez con mayor fuerza, una conciencia frente al deterioro ambiental que se viene presentando. Por un lado, más consumidores demandan productos que no generen daños a su salud y, a su vez, que en sus procesos productivos minimicen o eliminen, en lo posible, los impactos ambientales y sociales negativos que se puedan causar. Esta situación conlleva a que los productores que deseen ofertar sus productos en los diferentes mercados asuman posiciones más amigables con el medio ambiente, reconvirtiendo sus procesos de producción e integrando a su misión la protección de los recursos naturales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).

Los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto, que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas. Los abonos orgánicos pueden ser residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos verdes (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados; etc. (SAGARPA, 2008).

Por los efectos favorables que los abono orgánicos proporcionan al suelo, se podría decir que estos deben ser imprescindibles en el usos y manejo de éste recurso para mejorar y mantener orgánico, sus características de una entidad viviente, su fertilidad física, química y biológica y finalmente su productividad. (SAGARPA, 2008).

La mayoría de los cultivos muestran una clara respuesta a la aplicación de abonos orgánicos de manera más evidente a través del tiempo y en suelos sometidos al cultivo de manera tradicional y prolongada, no en vano los abonos orgánicos están considerados universales por el hecho que aportan casi todos los nutrimentos que las plantas necesitan para su desarrollo. Estos abonos deben considerarse como la mejor opción para la sostenibilidad del recurso suelo, ya que su uso ha permitido aumentar la producción y la obtención de productos agrícola orgánicos, los cuales consideran un sobreprecio por su mejor calidad nutritiva e inexistencia de contaminantes nocivos para la salud.(SAGARPA, 2008).

El desarrollo de esta investigación permitirá la generación de conocimiento práctico sobre el efecto de diferentes abonos orgánicos, en la etapa de almácigo en plántulas de café de la Variedad Castillo, contribuyendo así a la solución de problemas en la etapa de establecimiento y manejo del cultivo. De esta manera se crean alternativas

tecnológicas que pueden ser empleadas por los caficultores y que enriquecen el conocimiento básico que favorece el desarrollo sostenible de la agricultura.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de tres sustratos de origen orgánico en el desarrollo de plántulas de café de la Variedad Castillo.

3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar química y físicamente, tres sustratos a utilizar con el fin de relacionar la mejora que proveen en los diferentes componentes nutritivos en el desarrollo de las plántulas de café en almacigo.
- Evaluar el efecto de la aplicación de tres diferentes abonos orgánicos en el crecimiento y desarrollo de plántulas de café en su etapa de almacigo.

4. Pregunta de investigación

¿Las plántulas de café de la variedad Castilla tienen buen desarrollo en etapa de vivero con la adición de abonos orgánicos en el sustrato del almacigo?

5. Hipótesis

Los tres sustratos orgánicos evaluados tienen efecto positivo sobre el desarrollo en almacigo de las plántulas de café de la Variedad Castillo.

6. Marco teórico

6.1. Residuos Sólidos

Existe una gran necesidad a nivel mundial de encontrar métodos ambientalmente sanos de reciclar desechos orgánicos. Millones de toneladas de desechos orgánicos son producidos diariamente en diferentes formas: tales como, desechos de restaurante, plantas procesadoras de alimento, parques y jardines, plantas de tratamiento de aguas negras, desechos de granja, plantas de ornato, etc. Las prácticas de depositación de estos desechos en los océanos, basureros, o por incineración causan contaminación ambiental, y empiezan a ser más y más restringidos. Afortunadamente ahora existen leyes a favor del reciclaje el cual es simplemente convertir los desechos y regresarlos en suplementos de alta calidad al suelo (Ferreira, 2010).

Los residuos pueden clasificarse en sólidos, líquidos y gaseosos, de acuerdo a su estado físico. Agregándose los residuos pastosos, que comúnmente aparecen como producto de las actividades humanas (Ferreira, 2010).

A juicio de la Organización Panamericana de la salud OPS, 1999, Los residuos sólidos han sido clasificados de diversas maneras. Estructuralmente mantienen ciertas características desde su origen hasta su disposición final. Los diferentes usos de los materiales, su biodegradabilidad, combustibilidad, reciclabilidad, etc., juegan un papel importante en la percepción de quien los clasifica, presentándose algunas discrepancias entre una u otra clasificación. La citada organización define los residuos sólidos orgánicos como: “los materiales residuales que en algún momento tuvieron vida, formaron parte de un ser vivo o derivan de los procesos de transformación de combustibles fósiles”.

La misma organización tratando de respetar la estructura química, el origen y destino final potencial de los residuos sólidos, los clasifican de la siguiente manera:

Putrescibles: Son los residuos que provienen de la producción o utilización de materiales naturales sin transformación estructural significativa. Por ello y por su grado de humedad mantienen un índice alto de biodegradabilidad: residuos forestales y de jardín, residuos animales, residuos de comida, heces animales, residuos agropecuarios y agroindustriales, entre otros.

No putrescibles: Residuos cuyas características biológicas han sido modificadas al grado que en determinadas condiciones pierden su biodegradabilidad. Comúnmente son combustibles.

Naturales: La condición determinante de la pérdida de biodegradabilidad es la falta de humedad: papel, cartón, textiles de fibras naturales, madera, entre otros.

Sintéticos: Residuos no biodegradables altamente combustibles, provenientes de procesos de síntesis petroquímica: plásticos, fibras sintéticas, entre otros.

Residuos sólidos inertes: Residuos no biodegradables ni combustibles que provienen generalmente de la extracción, procesamiento o utilización de los recursos minerales: vidrio, metales, residuos de construcción y demolición de edificios, tierras, escombros, entre otros.

Independientemente de su origen o estructura, los residuos sólidos son factibles de reutilizarse, recuperarse o reciclarse. La tecnología disponible, el nivel de concientización y los recursos legales son factores decisivos para llevar a cabo algún método de gestión. La disponibilidad de recursos económicos juega un papel importante, pero estos no deben ser determinantes para lograr la gestión de los residuos sólidos de una forma que armonice con el medio ambiente y la salud pública (Barradas, 2009).

De acuerdo con la fuente generadora, estos pueden ser: Residuos Sólidos Urbanos, Residuos de Construcción (residuos sólidos inertes), Residuos Agropecuarios, Residuos Clínicos o Sanitarios, Residuos Sólidos de Depuradora, Residuos de Incineración, Residuos Industriales (Barradas Rebolledo, 2009).

6.2. Residuos sólidos urbanos.

Según Barradas (2009) los residuos sólidos urbanos (RSU), conocidos comúnmente por “basuras”, que se producen en los núcleos de población constituyen un problema para el hombre desde el momento en que su generación alcanza importantes volúmenes y, como consecuencia, empiezan a invadir su espacio vital o de esparcimiento. Se incluyen dentro de los residuos sólidos urbanos todos los que se generan en la actividad doméstica, comercial y de servicios, así como los procedentes de la limpieza de calles, parques y jardines. Según la procedencia y la naturaleza de estos residuos se pueden clasificar en:

Residuos domiciliarios: son residuos sólidos procedentes de la actividad doméstica, como residuos de la cocina, restos de comida, desperdicios de la calefacción, papeles, vidrios, material de embalaje y demás bienes de consumo, adecuados por su tamaño para ser recogidos por los servicios municipales normales. Se incluyen los residuos de domicilios colectivos, tales como cuarteles, residencias, asilos, etc.

Residuos voluminosos: son residuos de origen doméstico, tales como grandes embalajes, muebles, entre otros, y que debido a sus dimensiones no son adecuados para su recolección por los servicios municipales normales, pero que pueden ser eliminados junto con los residuos domiciliarios.

Residuos comerciales y de servicios: son los residuos generados en las distintas actividades comerciales (tiendas, mercados, almacenes, centros comerciales, etc.) y del sector de servicios (bancos, oficinas, centros de enseñanza, etc.).

Residuos de limpieza de vías y áreas públicas: son los procedentes de la actividad de limpieza de calles y paseos y de arreglo de parques y jardines (hierba cortada, hojarasca, troncos y ramas de hasta un metro de longitud, etc.)

Barradas (2009) considera que la naturaleza de los residuos sólidos urbanos es enormemente variada y debe estudiarse en cada momento y en cada localidad, ya que, en efecto, los RSU varían según su origen, lugar de procedencia, clima y nivel de vida. De todas estas variaciones, sin duda alguna, la más importante en la composición de los residuos, es el aumento del nivel de vida, siendo también el factor más influyente a largo plazo para la gestión de los RSU. La composición de los residuos puede ir evolucionando en una ciudad de forma considerable en función del cambio de vida de sus habitantes.

6.2.1. Gestión de residuos sólidos urbanos.

Tradicionalmente el camino recorrido por los residuos, desde su generación hasta su disposición final, se ha mantenido en la mayoría de los países en desarrollo, con marcadas excepciones en aquellos que aprovechan alguno de sus constituyentes. Esto, ya sea por una marcada necesidad de recursos, o en el mejor de los casos por una cultura de equilibrio con la naturaleza, transferida de generación en generación.

Según Marin (2012), el manejo tradicional de los residuos sólidos urbanos, mantenido en la mayoría de las ciudades en desarrollo y de las comunidades rurales, incluye rigurosamente las siguientes etapas:

- a) Generación de los residuos y acumulación de los mismos en contenedores improvisados.

- b) Recolección domiciliaria de residuos en camiones con o sin alguna adaptación de apoyo para la carga y descarga de contenedores en cada domicilio. En algunos casos se han empleado vehículos con compresión de residuos y niveles accesibles de carga y descarga.
- c) Transporte de los residuos a los basureros.
- d) Disposición final de los residuos en basureros a cielo abierto.
- e) Recuperación de materiales aprovechables, por parte de personas de muy bajos recursos económicos y en condiciones antihigiénicas.
- f) Combustión de los residuos restantes.

Una característica común del manejo tradicional de los residuos sólidos urbanos es el orden indisposición final, con respecto a su gestión integral, de la prioridad otorgada a las distintas etapas y alternativas posibles de valorización de los materiales potencialmente recuperables o aprovechables. La disposición final, en basureros o rellenos sanitarios, resulta ser la primera de las alternativas previstas para la destrucción o desaparición de los residuos generados. La valorización de los residuos se vuelve una alternativa catalogada como costosa y altamente tecnificada.

En la gestión tradicional de los residuos sólidos urbanos se hace a un lado que la razón principal de la comercialización de los materiales recuperados en los basureros o en los propios domicilios, es la demanda que existe de los mismos. Todas las previsiones que se realicen para reducir su generación o para recuperarlos con buena calidad aseguran su utilidad futura, desde la simple reutilización hasta su aprovechamiento como materia prima en los procesos de transformación industrial. El reciclaje de vidrio, metal, papel y cartón y el compostaje de la fracción orgánica de

los residuos se realizan en escala muy baja. La reducción en la fuente y las actividades educativas tendientes a la minimización de los residuos son muy poco socorridas dentro del marco de la gestión tradicional de los residuos

Los sistemas de recolección y de transporte generalmente son deficientes y la falta de recursos económicos de los organismos responsables de la gestión impide la aplicación de buenas estrategias de mejoramiento.

Debido a su crítico papel en la protección ambiental y el mejoramiento de la productividad, debería ser una prioridad para las ciudades del tercer mundo la formalización de la gestión efectiva de los residuos sólidos, sin embargo, es un servicio costoso que consume entre 20 y 50 % de los presupuestos operacionales disponibles para los servicios municipales, todavía atendiendo no más que el 70 % de la población.

Villegas (como se citó en barradas,2009) estima que la población de América Latina y el Caribe producen diariamente 220,000 toneladas de residuos sólidos, alcanzándose a recolectar el 70 % de la producción urbana y a disponer sanitariamente sólo el 14 %.

Villegas (como se citó en barradas, 2009) dice que la regionalización ha emergido como una herramienta valiosa en la gestión de residuos sólidos municipales. Los recursos limitados para financiar las actividades de gestión y otras restricciones han llevado a muchas comunidades rurales y pequeñas comunidades a perseguir la regionalización como un medio para implantar la gestión integral de residuos y otros programas de gestión regional. Las ventajas incluyen mayor flexibilidad y economías de escala más grandes, mientras que las limitaciones incluyen metas de gestión posiblemente conflictivas y desigualdad potencial entre comunidades

Hueber (como se citó en barradas, 2009) analiza la situación de la gestión de los residuos y las opciones tecnológicas, legales y organizativas, para un plan de gestión ambiental. Señala los siguientes objetivos: organización armónica entre los entes

públicos y privados; leyes, reglamentos y normas técnicas que permitan un servicio de gestión de residuos eficiente y económicamente sostenible; propuestas para reducir los residuos ordinarios y peligrosos y mejorar la capacidad para su reciclaje y reuso; diseño de un programa de educación no formal dirigido a la comunidad, para que asuma un papel activo en la solución del mal manejo de los residuos, y presentación de estrategias administrativas y concepciones tecnológicas (Marín, 2012).

6.2.2. Gestión de residuos en países en vías de desarrollo.

Silgado (2008) afirma que en los ámbitos menos desarrollados económica y tecnológicamente, la gestión de residuos es el que está más afectado en sus prestaciones. En estos casos, las carencias son la obsolescencia del sistema de gestión, la baja frecuencia de recogida de residuos domésticos, e incluso la casi inexistencia de medios de recogida de residuos, con los consiguientes problemas de salubridad. No obstante, los estudios realizados para la solución del problema, pueden aportar soluciones interesantes a adoptar también en otras zonas más desarrolladas.

Silgado (2008) dice que la composición y la cantidad de residuos generados en los ámbitos menos evolucionados tecnológicamente es bien diferente y, en los casos extremos, la necesidad de aprovechar al máximo los recursos podría conducir a actitudes más adecuadas para la minimización de generación de desechos. Sin embargo, a veces los procedimientos utilizados para el reciclaje implican riesgos para la salud. También se aprecian grandes diferencias entre las propias comunidades en vías de desarrollo de las distintas partes del mundo, dependiendo de su naturaleza cultural, clima, dieta, etc... Por otro lado, el transporte de los residuos tiene además el inconveniente añadido de que su adaptación a nuevas técnicas de gestión de residuos es mucho más compleja en el caso de países en vías de desarrollo.

Silgado (2008) dice que a pesar de la importancia de la gestión de residuos para la protección medioambiental, ésta es completamente insuficiente en la gran mayoría de los países en vías de desarrollo. Uno de los mayores inconvenientes es la práctica de la gestión conjunta de residuos industriales, domésticos y sanitarios, y de su evacuación incompleta. En general, en estos países sólo es recogido del 50 al 70% de los residuos domésticos, considerándose muy eficaz una recogida del 90%. En las ciudades intermedias y menores, se identifican como aspectos críticos de la recogida la baja cobertura y la escasa o ninguna atención a los asentamientos marginales urbanos. Las tareas de recogida suelen realizarse empleando abundante mano de obra, dado su escaso coste, y por otro lado el reciclaje está enormemente extendido.

Según Silgado (2008) esta práctica obedece a la ineludible necesidad de optimizar los recursos y no a un proceso de concienciación ecológica, como se pretende en países de mayor desarrollo económico. Es decir, esta actitud surge de manera automática como consecuencia de la situación económico-social. El método de reciclaje es muy similar en casi todos los países de insuficiente desarrollo económico.

Se trata, bien de trabajadores del servicio, los llamados “segregadores” en América Latina y El Caribe, bien de recogida a domicilio para extraer materiales reciclables: los “zabbaleen” en Egipto, o incluso personas que acompañan en su ruta a los operarios, separando el material reciclable: “scavengers” en Filipinas e Indonesia. Este trabajo llega a ocupar a cientos de miles de familias en algunos países: hasta un 0,4 por 1000 de la población.

En cuanto al sistema de recogida de residuos, acorde con la situación económica se emplean a veces métodos muy rudimentarios. En la mayoría de los países africanos, el sistema de recogida de residuos está aún por implantarse. En algunos casos, tan sólo existen vertederos abiertos cercanos a las zonas habitadas, en los que se depositan los desechos que resulten muy nocivos y molestos. En algunas zonas degradadas de África y de Sudamérica se utilizan camiones, por su bajo costo de

adquisición, operación y mantenimiento. En países como Bolivia, Brasil, Colombia, Guatemala, El Salvador, Honduras, México y Perú se han ensayado métodos no convencionales de recogida con participación comunitaria.

Estos métodos de recolección primaria sustituyen parte del equipo de recogida convencional con carritos, triciclos y carretas manuales o semimecanizados, lo que da ocupación a algunos de los habitantes de la zona servida. Hasta ahora el resultado de las experiencias ha sido variable. Donde no hay servicio oficial de recogida, especialmente en áreas marginales, la recogida ocasionalmente se hace de manera informal y frecuentemente se arrojan los residuos a vertederos clandestinos. Por otro lado, el problema de la recogida de residuos en ciudades con morfología urbana inaccesible para el transporte, por la estrechez de sus calles, es aún más acuciante en las zonas poco desarrolladas. Es el caso de algunas viejas ciudades del Este asiático, como Lijiang en China.

Con respecto al aprovechamiento de los recursos procedentes de los residuos, en América Latina se han realizado proyectos de incineración con aprovechamiento de energía, de bioconversión en cómpost, de producción de combustible auxiliar o RDF (refuse derived fuel) y de biogás de los rellenos sanitarios (en Santiago de Chile para uso residencial y en Río de Janeiro como combustible auxiliar para los vehículos de la Empresa de Limpieza Urbana).

Estas tecnologías han sido adoptadas por varias ciudades con resultados casi siempre desalentadores, a excepción de algunos proyectos de recuperación de biogás, debido a que faltaron los análisis técnicos, institucionales y económicos para establecer la justificación y viabilidad de las inversiones. Existen más ejemplos de proyectos de recuperación de recursos y minimización de residuos que muestran que estas nuevas propuestas son factibles.

6.2.3. Política medioambiental para la gestión de residuos en ámbitos desarrollados.

Actualmente el pilar básico de la protección medioambiental, a escala municipal, en todos los ámbitos geográficos desarrollados del planeta, en lo referente a residuos domésticos, es el reciclaje basado en la previa separación de residuos. Con independencia de los sistemas de recogida utilizados, el objetivo básico de estas políticas municipales –aplicado con mayor o menor intensidad- reside en la consecución de una segregación de residuos para su óptima gestión en las plantas de transferencia, implicando al usuario en la mejora del proceso. Suecia es la precursora del sistema neumático canalizado de transporte de residuos, instalándolo en 1961 en el hospital de Solfteftea en Estocolmo.

En el resto de Europa, el sistema neumático canalizado de transporte de residuos, se ha instalado puntualmente en ciudades como Dusseldorf (1989), Barcelona (1992), Lisboa (1998), Sevilla (2001), Almere (2003), Almería (2004), y en algunas ciudades más. Sin embargo, el traslado de desechos no se ha tratado con suficiente detenimiento ni se ha respondido de manera global a este asunto con deseables implantaciones sistemáticas programadas a escala regional o nacional.

En el caso norteamericano, el énfasis en la minimización de residuos es aún más intenso que en Europa. El esfuerzo en la mejora de la gestión de residuos sólidos es el fruto de la creciente implantación de programas estatales. Sin embargo, la más reciente morfología urbana americana, con trazados ortogonales y amplias calles que admiten el tránsito de camiones de recogida de residuos, tampoco ha propiciado la atención al transporte de residuos, al no existir los inconvenientes de cascos históricos con calles angostas, más propios de núcleos urbanos europeos. Sin embargo, sí ha demostrado una mayor preocupación por el servicio prestado al usuario, al existir, en muchos casos, columnas de vertido de residuos domésticos en las edificaciones.

Es claro, por tanto, que en el mundo desarrollado se observan actuaciones aisladas que tratan de dar respuesta al problema de la evacuación de residuos, y a la prestación del servicio desde el origen de producción de éstos. Esta actitud supone un progreso importante, pero constituye tan sólo el inicio de un largo camino por recorrer (Silgado, 2008).

6.3. Residuos sólidos de cosecha.

Estos residuos han sido durante mucho tiempo los abonos tradicionales en los suelos de cultivo. A raíz de la revolución agrícola, que no olvidemos que ha permitido un incremento notable de la producción de alimentos vegetales y carnes de consumo, se ha llegado a la situación actual de un menor uso de estos residuos, aumentando el de fertilizantes inorgánicos. El equilibrio que existía entre las extracciones del suelo y la reincorporación de materia residual a este sustrato, esta evidente mente roto con las nuevas técnicas agrícolas.

No olvidemos que por cada litro de leche y kilo de carne se producen 1.5 kg y 1.5 6 kg de estiércol húmedo respectivamente (Loehr, 1974), cantidad relativamente grande y que sería más que suficiente para abastecer las necesidades de algunos suelos pobres en nutrientes y materia orgánica.

En la actualidad, se obtienen cantidades importantes de residuos que no tienen una aplicación definida, y que por tanto no son devueltos al ciclo natural de reciclaje de materia orgánica. Es bien cierto que en función de las características de estos materiales y el ya bien conocido uso de muchos de ellos, resulta evidente y obvio que es factible y practica su incorporación al suelo.

La producción de residuos vegetales derivados de la propia actividad agrícola es considerable. Una práctica que podría con tribuir a paliar el déficit húmico de nuestros

suelos es la incorporación de estos subproductos, que podrían aumentar el nivel de materia orgánica del suelo y su fertilidad.

Los residuos verdes de plantas no leguminosas, como las hortícolas, son susceptibles de ser empleados de forma casi inmediata como abono. Deben ser triturados y secados previamente, lo que facilita su fermentación rápida y posterior aplicación. En el caso de usarlos en la modalidad de abonado verde, nos podemos encontrar con problemas de carencia de. Debemos tener en cuenta que la horticultura intensiva produce una considerable cantidad de biomasa que debe ser aprovechada.

Resulta pues incongruente la quema de rastrojos, tanto desde la perspectiva de mantener los equilibrios en los ecosistemas terrestres, como con la mira en el medio ambiente y también atendiendo a importantes razones de índole económica como son:

- La pérdida de recursos y nutrientes presentes en el propio material, lo que hace necesario utilizar otras enmiendas organico-minerales con la finalidad de mantener el estado nutricional del suelo.
- El grave deterioro de la vida microbiana de los suelos sobre los que se realiza la quema. Este hecho trae como consecuencia el bloqueo de procesos tan importantes como la nitrificación, la humificación y cualquier otro en los que intervienen los microorganismos, provocando la pérdida de potencial nutricional del suelo y la consiguiente reducción de la productividad.

Los residuos de cosechas pueden aportar, tras un proceso adecuado de humificación, es decir, de descomposición y formación de sustancias húmicas, una cantidad importante de humus beneficioso para el suelo (Rule, 1991).

En definitiva, debemos resaltar que de las plantas aprovechamos una parte comercial a la que se le saca rentabilidad económica, pero que nos queda una fracción de biomasa residual importante, rica en elementos nutritivos y que puede ser alterada, mineralizada y humificada, enriqueciendo nuestros suelos y por ello puede llegar a tener efectos positivos sobre nuestra propia economía.

6.4. Aprovechamiento de los residuos separados

La separación de los residuos se puede lograr de varias formas que tienen diferentes grados de complejidad y de cooperación ciudadana. Por ejemplo, la separación se puede hacer en el sitio de generación de los residuos, bien sea en los hogares o en las instituciones, lo que se denomina separación en la fuente, en cuyo caso se requiere un alto grado de cooperación y una baja complejidad en la tecnología de separación y que sería de una enorme ayuda para los procesos; o la separación se puede hacer a partir de la basura mezclada, en estaciones especializadas para tal fin, que usualmente retardan demasiado el trabajo y a veces no se obtiene la mayor satisfacción. La separación de los residuos en diferentes fracciones va a depender en gran medida de los usos que se le pueda dar a los materiales que se separan. En teoría uno puede encontrar usos para materiales como papel, plásticos, metales, vidrios y materia orgánica y desde ese punto de vista la separación debería hacerse en esas fracciones.

No es realista pensar en este momento que en una comunidad, desde un comienzo, se puede lograr que se haga separación en cinco fracciones de tal forma que desde la fuente los residuos vengan listos para ser reutilizados. Por estas razones los trabajos de separación en la fuente usualmente empiezan buscando que se separen por lo menos dos fracciones, por ejemplo reciclables y no reciclables, para luego ir incrementando el nivel de separación a medida que se logra la participación ciudadana (Rodenas, 2011).

Desde el punto de vista de la recuperación posterior de los materiales bien sea para su reutilización como para su reciclaje la separación en la fuente evita que se contaminen unos materiales con otros, como por ejemplo que el papel se moje con desperdicios de comida o que los desperdicios de comida se contaminen con metales, de tal manera que se obtenga una mejor calidad del producto reusable o reciclable y por lo tanto una mejor posibilidad de uso.

Por ejemplo, en el caso de la utilización de la fracción orgánica de los residuos para hacer compostaje en numerosos estudios han demostrado que a menos que se remuevan las fuentes de metales pesados, como pilas y baterías, de la corriente de residuos, el producto final va a tener una mala calidad. Igualmente la separación en la fuente facilita la clasificación final de los residuos para el reuso y el reciclaje. Desde el punto de vista social la separación en la fuente conlleva a la participación ciudadana en los problemas de la comunidad y la concientización de la misma comunidad en los problemas del medio ambiente y la salud (Obando, 2009).

La separación en la fuente tiene desventajas económicas pues incrementa los costos de la recolección de los residuos sólidos, y que siendo éste el paso más costoso en todo el proceso de los residuos sólidos municipales, no es rentable desde el punto de vista económico hacerla, pues lo que se ahorra en la separación posterior en la estación, por venir la basura preclasificada, se pierde con creces en la recolección. Es decir, recoger la basura preclasificada es más costoso que recoger la basura toda mezclada (Obando, 2009).

La separación en la fuente es de suprema importancia en la destoxificación de los residuos sólidos municipales. Por ejemplo, las pilas gastadas y las baterías de carro son una de las principales fuentes de metales pesados que afectan todo el proceso posterior de manejo de los residuos sólidos como se mencionó anteriormente. Los metales pesados afectan la calidad del compost si se hace compostaje, generan

problemas gravísimos de emisiones atmosféricas si se hace incineración, y se escapan disueltos en los lixiviados de los rellenos sanitarios contaminando los suelos y las aguas si van a parar al relleno sanitario (Rodenas, 2011)..

Igualmente ocurre con materiales como las pinturas usadas, medicamentos vencidos, insecticidas viejos, disolventes, aceites gastados de automóviles, líquidos de frenos, etc. que contienen sustancias nocivas para la salud y el medio ambiente y que si entran a la corriente de residuos sólidos generan problemas en todos los pasos posteriores. En dicho caso debería hacerse recolección selectiva de éstos compuestos (Rodenas, 2011).

6.5. Residuos sólidos biodegradables

En los últimos años, diferentes municipios han intentado desarrollar programas de manejo de residuos, basados en la tecnología de rellenos sanitarios incluyendo intentos por reciclar residuos que lamentablemente no ofrecieron resultados satisfactorios por los altos costos de mantenimiento, escaso entorno económico, poca asistencia técnica y mala calidad del compost obtenido como subproducto (Matiz, 2009).

6.6. Fuentes de residuos sólidos urbanos

6.6.1. Residuos procedentes de la actividad agropecuaria

En esta actividad, se generan una gran variedad de residuos de origen vegetal y animal. Los residuos vegetales están integrados por restos de cosechas y cultivos (tallos, fibras, cutículas, cáscaras, bagazos, rastrojos, restos de podas, frutas, etc., procedentes de diversas especies cultivadas. El contenido de humedad de este tipo de residuos es relativo dependiendo de varios factores. Características de las especies

cultivadas, ciclo del cultivo, tiempo de exposición a los factores climáticos, manejo, condiciones de la disposición, entre otros (Matiz, 2009).

Entre los residuos animales, se incluyen excrementos sólidos y semisólidos, estiércoles que corresponde a cualquier mezcla de heces, orines y desperdicios, la composición físico-química del estiércol varía de una producción agropecuaria a otra, dependiendo entre otros factores del tipo de ganado, de la dieta y de las condiciones bajo las cuales se produce el estiércol y líquidos purines que son cualquiera de los residuos de origen orgánico, como aguas residuales y restos de vegetales, cosechas, semillas, concentraciones de animales muertos, pesca, comida, excrementos sólidos o líquidos, o mezcla de ellos, con capacidad de fermentar o fermentados que tienen impacto medioambiental. Los estiércoles y purines son los residuos que presentan mayor interés por la concentración espacial que alcanzan en producciones como la lechera, silvicultura, avicultura, entre otros y por el impacto ambiental negativo que producen en la mayoría de los casos.

6.6.2. Residuos procedentes de la actividad agroindustrial

Existe una gran diversidad de residuos generados en la actividad agroindustrial. Las características cuantitativas y cualitativas de los mismos dependen de numerosos factores, tales como: características de las materias primas, procesos de industrialización, intensidad de la producción y características de los productos obtenidos (Escamilla, 2010).

Muchos residuos de las actividades agroindustriales son reutilizados a través de alternativas que se aplican desde hace ya algunos años, con menos o mayor grado de eficacia. Para otros residuos agroindustriales aún no existen alternativas de transformación en insumos útiles dentro de un marco económico viable (Escamilla, 2010).

En cultivos como arroz, trigo, maíz, sorgo, cebada, avena, leguminosas en grano e industrialización de cereales la generación de desechos: pajas, rastrojo y cáscaras (caso del arroz), igualan en cantidad a la producción de granos. Muchos de estos residuos reúnen los requisitos para la producción de alimentos con destino al consumo humano o forrajes y piensos para animales. No obstante, para residuos del cultivo e industrialización del arroz, no se han desarrollado tecnologías sostenibles para resolver la problemática de los grandes volúmenes de emisión (Escamilla, 2010).

La industria forestal es una agroindustria en franco desarrollo, que genera volúmenes muy importantes de residuos como corteza, aserrín, astillas, virutas. Los residuos representan aproximadamente un 40 a 50% de la materia bruta. Las alternativas de aprovechamiento que se han implantado hasta el momento están enfocadas a la recuperación energética de estos residuos (Escamilla, 2010).

6.7. Alternativas de tratamiento de los residuos sólidos urbanos

Son muchas las alternativas que a nivel municipal y regional se vienen implementando al tratamiento de los RSU, dichas alternativas se convierten en una opción con posibilidades, en la medida que las alternativas surjan como consecuencia de un diagnóstico objetivo de la problemática ambiental de cada sector. Las alternativas seleccionadas, deben ser adecuadas técnicamente a las características locales, viables económicamente y sustentables ecológicamente. Sobre estas bases es posible validar, adecuar y promover tecnologías de alternativa que representen una solución efectiva y ajustada a cada realidad.

Se han planteado diferentes alternativas que se han manejado con mayor o menor resultado para la reutilización y/o reconversión, tales como: los residuos como fuente de alimento animal, los residuos como fuente energética y los residuos orgánicos como fuente abonos.

La utilización de los residuos orgánicos de la actividad agropecuaria como fuente de alimento animal, así como la aplicación directa en el suelo de los mismos como abonos, son quizás las alternativas de reutilización de mayor data histórica. La actividad agroindustrial genera una gran cantidad y diversidad de residuos susceptibles de ser transformados en forrajes para animales (Mendez, 2008).

Algunos residuos de la industria de frutas y legumbres, cerealera, láctea y azucarera pueden ser utilizados en forma directa como alimento animal. Otros, como es el caso de la melaza se emplea para la preparación de ensilados y es la materia prima para la producción de alcohol en los ingenios azucareros. Muchos desechos de la industria frigorífica e industria del pescado, son la materia prima para la producción de componentes de raciones por citar algunos ejemplos: harinas de sangre, hígado, hueso pescado, S.V.C. (Silo de vísceras, sangre y contenido ruminal), ensilado de pescado (Organización panamericana de la salud, organización mundial de la salud. OPS. 1999)

6.7.1. Los residuos orgánicos como materia prima para la producción de abonos orgánicos

Es importante aclarar ciertos términos entre ellos lo que se entiende por abonos, bioabonos o biofertilizantes. Entendemos genéricamente por abonos todas aquellas sustancias o compuestos de origen abiógeno o biógeno que presentan alguna propiedad positiva para los suelos y cultivos (Vasquez, 2008).

Por abonos minerales se entienden sustancias o compuestos químicos que pueden pertenecer al campo de la química inorgánica u orgánica. Son inorgánicos todos los abonos potásicos y fosfatados; entre los nitrogenados, algunos, como la urea y el amoníaco, pertenecen a la química orgánica (Vásquez, 2008).

Los *abonos* orgánicos o bioabonos, son aquellas sustancias o compuestos de origen biógeno vegetal o animal que pertenecen al campo de la química orgánica, y que son en general incorporados directamente al suelo sin tratamientos previos (Vásquez, 2008).

Cuando se incorporan residuos orgánicos frescos o en proceso incipiente de biodegradación al suelo, el orden natural, conlleva a que se cumplan los procesos de mineralización. Es frecuente, que para que esta serie de procesos se cumplan, se produzca un alto consumo de oxígeno e inclusive si los materiales aportados no tienen una buena relación carbono/nitrógeno se agoten inicialmente las reservas de nitrógeno del suelo. En algunos casos, se terminan favoreciendo los procesos anaerobios, con la consiguiente acidificación, movilización y pérdidas de nutrientes. En resumen, los procesos de estas prácticas son incontrolables por lo que los resultados finales quedan en muchos casos librados al azar (Vasquez, 2008).

7. Materia orgánica

7.1. Materia orgánica, acumulación y transformaciones

Según (Stevenson, 1982; Kononova, 1966) citados por zapata, (2006) plantean que la totalidad de materia orgánica se puede reunir fundamental mente en dos grupos. El primero está formado por restos orgánicos; los cuales son materiales identificables como las partes total o parciamente alteradas de la biomas (plantas, Animales y microorganismos). Lo característico de estos compuestos es que son identificables por la química orgánica (proteínas y aminoácidos, hidratos de carbono simples y compuestos, resinas, grasas, ligninas y otros). Las sustancias de este grupo se consideran como fuentes de nutrientes para las plantas y los organismos del suelo. (Zapata, 2006)

Al segundo grupo componente de la materia orgánica del suelo se le llama sustancia húmicas su formación se realiza por procesos de complicada transformaciones de los restos de vegetales y animales del primer grupo. El término es aplicado a compuestos que se forman en el suelo, por proceso no mediados por la vida. estos procesos son colectivamente llamados humificación producen una mezcla de sustancias que tienen una alta resistencia al posterior ataque microbiano y son completamente diferentes en composición química, a cualquier sustancia vegetal o animal que les dio origen. (Zapata, 2006)

En términos simples, las sustancias húmicas son una mezcla de compuestos que son sintetizado directamente en los procesos bioquímicos que suceden en el suelo. Las sustancias húmicas son compuestos poliméricos formados a partir de los compuestos producidos por acción microbiana y que difieren de estos biopolímeros por su estructura molecular y su larga persistencia en el tiempo. La humificación de los restos orgánicos está caracterizada, inicialmente por una fragmentación de los restos orgánicos y por la formación del humus, el cual muestra una disminución continua de la relación C/N a medida que avanza. El humus y las arcillas son productos finales resultado de la estabilización de los restos orgánicos y de los minerales primarios. (Zapata, 2006)

Según Zapata (2006) el proceso de humificación y meteorización sucede simultáneamente en el suelo, interactuando mutuamente, y se forman asociaciones entre el humus y las arcillas. La cantidad y calidad de este varía dependiendo de los componentes orgánicos y minerales. Así es razonable pensar que la verdadera humificación sucede en el interior del suelo y está controlada por procesos físicos, químicos y biológicos. El proceso de humificación sucede mediante cuatro etapas determinadas por el clima, el relieve, la biota, el material parental, que incluye los minerales primarios y a los restos vegetales, interactuando en un tiempo determinado. Estas etapas son:

- Descomposición de los constituyentes de la biomasa, incluyendo la lignina, en compuestos orgánicos simple.
- Metabolismo microbial de estos compuestos simples
- Ciclo de C, N, H y O entre la materia orgánica y la biomasa microbial.
- Un proceso de polimerización y resíntesis de las sustancias orgánicas presentes en el suelo que dan lugar a un producto resistente al posterior ataque microbial.

La mezcla de compuestos orgánicos de color negro, marrón, pardo o amarillo, que se extrae del suelo con soluciones alcalinas, sales neutras o disolvente orgánicos lleva el nombre de sustancias húmicas. La materia orgánica que ha sido solubilizada al tratar el suelo con una solución alcalina, generante NaOH, es separada de una parte orgánica insoluble llamada humina y se lleva a pH 1 con un ácido fuerte, el precipitado que se forma después de esta acidificación es llamado ácido húmico, y al decantado que queda soluble se llama ácido fulvico. (Zapata, 2006)

7.2. Ácidos Fulvicos y Huminas

Zapata, (2006) asegura que como regla general hay más C y menos O en el ácido húmico que en el fulvico, los ácidos húmicos son ácidos orgánicos polibásicos de débil disociación, físicamente los ácidos orgánicos son las partículas de muy bajo diámetro que son responsables de la turbidez o del color del agua superficial, tendiente a unirse en cadenas formando agregados en forma de racimos de uva. No son compactos y tienen una estructura blanda y esponjosa con multitud de poros internos, que le dan gran capacidad de retener agua y de reaccionar de diferentes maneras: adsorción, complejacion, intercambio iónico, Etc

Los ácidos Fulvicos comprenden a todas las sustancias orgánicas de la solución ácida que queda después de precipitar a los ácidos húmicos de las sustancias húmicas. Algunos autores consideraban a estos ácidos como una mezcla de compuestos de

naturaleza individual, otros lo miraban como formas precursoras de los ácidos húmicos o como productos de su descomposición. Actualmente los ácidos fulvico se les considera como un grupo independiente de las sustancias húmicas, con propiedades distintas a la de los ácidos húmicos, que quedan después de precipitar estos. Tiene los mismos grupos funcionales de los ácidos húmicos, poseen una alta capacidad de intercambio catiónico, tienen una alta capacidad de disolver minerales, y pueden formar complejos con los cationes metálicos de los minerales que disuelven. Por lo anterior se les asocia a los procesos de podzolización. (Zapata, 2006)

Dice que el grupo de sustancias húmicas que no se extraen con soluciones alcalinas del suelo se denominan huminas. Se consideran que son ácidos húmicos que han perdido la capacidad de disolverse en álcali. Esto debido a la alteración de las propiedades químico coloidal provocado por desecación e interacción de los ácidos húmicos con la parte orgánica del suelo. Si el residuo de materia orgánica que queda después de la extracción alcalina se trata con H_2SO_4 (Ácido sulfúrico), HNO_3 (ácido nítrico), HF (ácido fluorhídrico) para romper los enlaces de las sustancias húmicas con los silicatos se extrae más ácidos húmicos, estos ácidos, extraídos del residuo de las huminas resultan ser semejantes a los extraídos inicialmente del suelo, esto ha llevado a que se diga que las huminas representan en si ácidos húmicos (Zapata, 2006).

7.3. La importancia de la materia orgánica en el suelo.

La materia orgánica tiene funciones muy importantes en el suelo y en general, en el desarrollo de una agricultura acorde con las necesidades de preservar el medio ambiente y a la vez, más productiva. Para ello es necesario partir del conocimiento de los procesos que tienen lugar en el suelo (ciclos de nutrientes) y de la actividad biológica del mismo, con el fin de establecer un control de la nutrición, del riego y del lavado de elementos potencialmente contaminantes. A modo indicativo, se citan a continuación los efectos de la materia orgánica sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo:

1). Características físicas.

La materia orgánica disminuye la densidad aparente del suelo (por tener una menor densidad que la materia mineral), contribuye a la estabilidad de los agregados, mejora la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua, 1gr de materia orgánica soporta 20 veces su peso en agua.

La materia orgánica viva de origen vegetal se caracteriza por una estructura celular abierta. Las partículas de cortezas o corcho o las fibras vegetales tienen células en su interior que contribuyen a aumentar la porosidad del suelo (porcentaje de poros), es decir, aumenta el número de poros que son capaces de retener agua o aire sin aumentar el volumen total de suelo. Los espacios vacíos que se forman en la interface entre las partículas orgánicas y minerales pueden contribuir al aumento de la conductividad hidráulica del suelo. Debido al efecto físico del tamaño de las partículas, la materia orgánica aumenta la capacidad de retención de agua de suelos arenosos y aumenta la capacidad de aireación de suelos arcillosos. Tolera mejor los efectos mecánicos del paso de maquinaria por tener una mayor elasticidad que la materia mineral. Al cohesionar los suelos arenosos contribuyen a reducir las pérdidas de suelo por erosión superficial.

En todos los suelos en general favorece la estructura agregada que limita el arrastre de partículas de suelo, canalizando a la vez el paso del agua a través del mismo. Además, los residuos orgánicos son fácilmente descompuestos dando lugar a la síntesis de compuestos orgánicos complejos que actúan ligando las partículas del suelo favoreciendo la formación de agregados, lo que repercute en mejorar la aireación y la retención de agua.

La materia orgánica tiene también efectos importantes sobre la temperatura del suelo. La materia orgánica tiene una conductividad térmica más baja que la materia

mineral, mientras que las diferencias en la capacidad calorífica son bajas porque dependen del contenido de humedad. Al tener una conductividad térmica baja, la materia orgánica mantiene las temperaturas constantes en el tiempo, reduciéndose las oscilaciones térmicas. Al tener un color más oscuro que el suelo mineral disminuye la radiación reflejada, calentándose más. (Terralia, 2001)

Entre las funciones de la materia orgánica sobre las propiedades físicas podemos mencionar:

- Acción coloidal sobre las arcillas.
- Disgrega las arcillas en suelos compactos.
- Da coherencia a suelos arenosos y ligeros.
- Aumenta la capacidad de retención de agua.
- Aumenta la penetrabilidad del suelo
- Reduce la evaporación de agua
- Transporta nutrientes a la raíz

2). Características químicas.

La materia orgánica tiene un papel importante en la mejora de la disponibilidad de micronutrientes (principalmente Hierro, Manganeso, Zinc y Cobre) para las plantas así como en la reducción de los efectos tóxicos de los cationes libres. Muchos metales que precipitarían en suelos en condiciones normales, se encuentran mantenidos en la solución del suelo en forma quelatada. Es probable que estos micronutrientes sean transportados hacia las raíces de las plantas en forma de quelatos complejos solubles.

La materia orgánica mejora la nutrición en fósforo, es posible que a través de favorecer el desarrollo de microorganismos que actúan sobre los fosfatos. Es posible que la formación de complejos arcillo-húmicos o la quelatación contribuyan a solubilizar los fosfatos inorgánicos insolubles.

La mayor parte del nitrógeno almacenado en el suelo se encuentra en forma orgánica, por lo tanto, la disponibilidad de materia orgánica influye directamente en la disponibilidad de nitrógeno.

La materia orgánica contiene un número elevado de grupos funcionales (carboxílicos, hidroxílicos, aminoácidos, amidas, cetonas y aldehidos). Entre ellos, son los grupos carboxílicos los que contribuyen en mayor grado a la adsorción de moléculas de agua en forma de puentes de hidrógeno o enlaces coordinados. Los grupos funcionales de la materia orgánica proporcionan capacidad de intercambio catiónico, contribuyendo por tanto a aumentarla en suelos con bajo contenido en arcilla. También proporcionan una mayor capacidad tampón, lo que afectará a la cantidad de enmienda a utilizar si se desea subir el pH (mayor cantidad de enmienda a mayor capacidad tampón).

La materia orgánica suele acidificar el medio, favoreciendo así indirectamente la absorción de nutrientes por las plantas. (Terralia, 2000)

Entre las funciones de la materia orgánica sobre las propiedades químicas podemos mencionar:

- Aumenta el intercambio catiónico.
- Retiene y facilita la absorción de nutrientes.
- Es el agente quelatante universal.
- Reduce la salinidad.
- Produce CO₂ por oxidación y favorecen la fotosíntesis.
- Transforma El Fosfato Tri-cálcico (Fosforita) en Fosfato Bi-cálcico y Mono cálcico solubles por las plantas.
- Los Carbonatos de Calcio y Magnesio lo transforma en Bicarbonato de Calcio y Magnesio rápidamente asimilable por la planta.

3). Características biológicas.

La materia orgánica sirve de fuente de energía para los microorganismos del suelo. Favorece la presencia de lombrices que contribuyen a estructurar el suelo.

Algunos materiales orgánicos presentan actividad supresora frente a hongos y se utilizan para combatir hongos patógenos. La supresión puede ser biótica o abiótica y puede deberse a diversos factores, entre ellos, factores físicos relacionados con la disponibilidad de oxígeno y el drenaje, un pH inadecuado al desarrollo de los microorganismos patógenos, presencia o ausencia de elementos como el nitrógeno, etc.

La materia orgánica puede proporcionar actividad enzimática. Parece que existen enzimas activas adsorbidas al humus o a las partículas de arcilla no ligadas a las fracciones vivas. Una de las más abundantes es la ureasa. En general las enzimas contribuyen a hidrolizar moléculas de cadena larga, haciendo disponibles para las plantas algunos elementos resultantes de la hidrólisis.

Algunos productos derivados de la descomposición de la materia orgánica, como los derivados fenólicos, afectan al balance hormonal inhibiendo o favoreciendo la actividad de las hormonas vegetales. Algunos materiales como las cortezas, contienen sustancias que inhiben el crecimiento y que se eliminan generalmente mediante el compostaje. Existen también algunas hormonas ligadas a la materia orgánica, como las auxinas, o el etileno que se libera en condiciones reductoras (por ejemplo, por exceso de agua). La materia orgánica puede adsorber reguladores de crecimiento que se pueden añadir de forma externa. También tiene un papel importante en la absorción de pesticidas aplicados al suelo.

Entre las funciones de la materia orgánica sobre las propiedades biológicas podemos mencionar:

- Estimula la microflora del suelo.
- Ayudan al desarrollo de colonias microbianas.
- Estimula el desarrollo radicular.
- Mejora los procesos energéticos de las plantas.
- Ayuda la síntesis de los ácidos nucleicos.
- Mejora la calidad de la planta y su fruto.
- Aumenta la producción de las cosechas

7.4. Las fuentes para producción de compost a nivel de finca.

El compostaje requiere de cuatro elementos básicos: residuos “verdes” (con alto contenido de nitrógeno), residuos “café” (con alto contenido de carbono), agua y aire (oxígeno). En la casa, los residuos verdes provienen principalmente de la cocina (residuos de alimentos) y los residuos café son básicamente plantas secas (puede incluirse papel cortado en tiras delgadas).

El Carbón y el Nitrógeno son dos elementos principales presentes en la materia orgánica, y la cantidad contenida en los residuos suele ser diferente. Esto es muy importante para el proceso, ya que demasiado carbón hace lento el proceso y, por el contrario, un exceso de nitrógeno origina malos olores y genera una mezcla viscosa. Para separar los materiales según esta cualidad, es bueno saber que, por lo general, el material rico en nitrógeno es húmedo y de color verde, como lo es el pasto recién cortado; así mismo, los materiales café y secos por lo general tienen mayor cantidad de carbono.

En el Tabla 1 se muestra una clasificación de los residuos según su aptitud para el compostaje. El compostaje de una gran cantidad de residuos requiere de una formulación adecuada. La selección y el almacenamiento de residuos deben llevarse a cabo diariamente.

Para facilitar la recolección de residuos, se aconseja disponer de un recipiente pequeño en la cocina (que es la fuente de producción de residuos más importante), en el cual se verterán conforme se van generando. De esta manera, no será necesario ir a la compostadora para colocar los residuos cada vez que estos sean generados.

Tabla 1 - Clasificación de los residuos según su aptitud para el compostaje

	RESIDUO	OBSERVACIONES
Cafés	Aserrín, virutas de madera	No usar si proviene de madera tratada con productos químicos
	Hojas perennes	Es mejor añadirlas picadas
	Hojas secas	Se recogen para utilizarlas todo el año
	Paja y heno	Picar y mojar. Favorecen la aireación
	Pasto cortado y seco	Cuando es necesario material café, se puede secar al sol el pasto recién cortado
Verdes	Podas de arboles	Ayudan a la aireación. Deben ser cortadas en astillas menores a de cm.
	Cítricos	Se requiere de buena aireación
	Estiércol de animales herbívoros	Muy útil si se requiere de materiales verdes
	Frutas, verduras, residuos de comida	Picar en trozos pequeños, principalmente las cascaras
	Hojas y bolsas de te	Esparcir dentro de la mezcla
Pequeñas cantidades	Maleza verde	Pasteurizarla al sol dentro de una bolsa negra durante 7 a 10 días para eliminar semillas
	Pasto verde	Mezclar con materiales secos. No usar si tiene pesticidas
	Aceites, grasas y productos lácteos	Al podrirse generan malos olores
	Carne, hueso, pescado	Generan malos olores y atraen roedores y moscas
	Papel sin tinta	Se degrada lentamente; cortar en tiras
Riesgo sanitario	Excremento de animales carnívoros	Contienen microorganismos peligrosos para la salud
	Plantas enfermas	La composta resultante puede seguir infectada
	Malezas y plantas persistentes	Las plantas con raíces persistentes y malezas con semillas son muy difíciles de pasteurizar

Fuente: Adaptado de CONAMA "Manual de Compostaje Casero".

7.4.1. Materia orgánica y compostaje

El compost es una alternativa que se ha desarrollado, de manera incipiente, en algunos lugares y regiones, y de manera más completa, en otras regiones de Latinoamérica y del mundo. Tal solución, se propone como una medida, altamente eficiente. Este proceso se da, principalmente, para aprovechar las fracciones orgánicas de los residuos sólidos. El compost, o mantillo, se puede definir como el resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. El compost es un nutriente para el suelo, que mejora la estructura, ayuda a reducir la erosión y la absorción de agua y nutrientes, por parte de las plantas.

La utilización del compost data de muchos años atrás y fue en Inglaterra donde se inició y extendió su uso, pues aunque se conocía de los beneficios de la degradación de todo residuo de cosecha o material vegetal, no se sabía cómo optimizar la degradación (Muñoz, 2009)

El compost es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia, rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener "compost", abono excelente para la agricultura.

La Composta como proceso de fermentación que ocurre normalmente en el suelo de un bosque, pero acelerado, intensificado y dirigido, produce humus. La composta está comprendida dentro de la agricultura orgánica como el arte y la ciencia para obtener productos agropecuarios sanos, mediante técnicas que favorezcan las fuentes naturales de fertilidad del suelo sin el uso de agroquímicos contaminantes, mediante un programa preestablecido de manejo ecológico (Larios, 2005)

Según la Organización Panamericana de la Salud, 1999 la palabra composta proviene del latín *componere*, juntar; por lo tanto composta es la reunión de un conjunto de restos orgánicos que sufren un proceso de fermentación y da un producto de color marrón oscuro. Este abono orgánico resultante contiene materia orgánica parte de la cual es semejante al humus de la tierra, así como nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, hierro y otros oligoelementos necesarios para la vida de las plantas. Es un producto con vida, con una gran variedad y densidad de microorganismos que sintetizan enzimas, vitaminas, hormonas, etc. y que repercuten favorablemente en el equilibrio biótico del suelo.

Debido a su materia orgánica y al humus que se deriva de ella, la composta posee la facultad de enmendar las características físicas del suelo: contribuyendo a la

estabilidad de las estructuras de sus agregados, los suelos compactados se sueltan bajo la acción de la materia orgánica y los suelos arenosos se compactan por la misma acción, aumentando la capacidad de retención de agua; mejorando su porosidad, lo que facilita su aireación (Larios, 2005)

La acción química de la composta se manifiesta por su capacidad de intercambio catiónico superior a la de cualquier arcilla, suministra directamente a las plantas los tres elementos básicos Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K) y hace un importante aporte de oligoelementos tales como Hierro (Fe), Magnesio (Mg), Zinc (Zn), Boro (B), Cobre (Cu), etc. Además, por efecto de su oxidación lenta, produce gas carbónico, que contribuye a solubilizar algunos elementos minerales del suelo, facilitando su asimilación por las plantas (Larios, 2005)

Según Meléndez, (2003) la actividad biológica del suelo se ve favorecida por el aporte de un número importante de bacterias que se encuentran en la composta, pero es sobre todo su riqueza en materia orgánica lo que favorece el desarrollo de los microorganismos del mismo suelo, que con su actividad estimulan el crecimiento vegetal, especialmente para las raíces. Además el autor agrega que esta acción biológica favorece la descomposición de los componentes minerales insolubles, como los fosfatos, que son necesarios para el desarrollo de las plantas; y el nitrógeno soluble, que puede desaparecer fácilmente por lixiviación, es transformado en nitrógeno orgánico en el cuerpo de los microorganismos. De forma que cuando éstos mueren, quedan de nuevo disponibles para las raíces de las plantas y mientras tanto es menos probable que se pierdan por lixiviación o como amoníaco en el aire.

La materia orgánica sufre en el suelo, y bajo condiciones de humedad, temperatura, pH, una serie de transformaciones, en las que intervienen microorganismos como hongos los cuales tienen la facultad de transformar la materia orgánica en humus. Este compuesto es una fracción o porción de materia orgánica que

contribuye especialmente con las propiedades químicas, físicas y microbiológicas del suelo y es de gran importancia para el desarrollo de los cultivos (Matiz, 2009).

La materia orgánica se caracteriza por tener propiedades tan importantes como la capacidad de intercambio catiónico que se combina con elementos inorgánicos del suelo, absorbe grandes cantidades de agua y contribuye con la aireación de los suelos en forma directa e indirecta, atrayendo numerosos organismos benéficos, entre ellos las lombrices.

La materia orgánica se comporta como un depósito o lugar de almacenamiento de energía y nutrientes, con lo que suple de forma más o menos variable las deficiencias del o de los elementos escasos en el suelo, suministrándolos en forma lenta y regular a las plantas en crecimiento (Matiz, 2009).

Según Sánchez, (2007) la materia orgánica ayuda a mejorar las condiciones físicas del suelo ya que le confiere mayor aireación, soltura y retención de agua, mejorando además las condiciones químicas por aumento de N, P, K, Mg, y Ca, así como la relación C/N y agrega que existen varios estudios que indican que la materia orgánica utilizada para el levante de almácigos de café es la pulpa del mismo fruto compostada.

7.4.2. Procesos de Compostaje

Como proceso aeróbico, es decir que requiere oxígeno, en el cual los materiales orgánicos ya sean animales o vegetales son descompuestos por fermentación siendo fundamentales las condiciones de humedad, aireación y relación C/N.

Es importante relacionar la cantidad de carbono y nitrógeno presente en un material, todos los seres vivos están compuestos de carbono y nitrógeno (carbohidratos y proteínas) y deben tomarlos de los alimentos que ingieren. Así mismo, los

microorganismos encargados de la degradación, también necesitan de C y N para reproducirse y utilizar el material. Los residuos orgánicos están compuestos en gran parte por C y N en diferentes proporciones, lo cual es muy importante conocer para lograr establecer las posibles mezclas al momento de realizar un proceso de compostaje y de esta manera lograr un compost con una relación C/N aproximada de 15:1 ideal para la aplicación en campo.

El contenido de humedad óptimo para el compostaje aeróbico está en el rango de 50-60%. La humedad puede ajustarse mediante la mezcla de componentes o por adición de agua. Cuando el contenido de humedad del compost cae por debajo de 40%, se hace más lento el proceso, pues los microorganismos allí presentes, requieren de agua en el medio para realizar sus actividades. Cuando por el contrario se encuentra por encima del 60%, se generan condiciones de anaerobiosis en el proceso que pueden generar productos intermedios indeseables (Matiz, 2009).

La mezcla inicial de los residuos orgánicos es esencial para aumentar o disminuir el contenido de humedad y temperatura, hasta un nivel adecuado para el proceso. Se puede utilizar la mezcla para conseguir una mejor distribución del material, de los nutrientes y de los microorganismos. El volteo del material orgánico durante el proceso de compostaje es un factor muy importante que permite mantener la actividad aeróbica, es decir la entrada de oxígeno en el sistema (Matiz, 2009).

El volteo es tal vez uno de los puntos más críticos en los procesos, sin embargo, como depende de la humedad del material, la cantidad de lluvias y las necesidades de aire, no es posible determinar una frecuencia mínima y adecuada para realizarlos. La aireación puede realizarse utilizando diferentes métodos. Matiz (2009) describe:

Aireación por volteo: el volteo puede ser mecánico o manual, pasando el material contenido en una pila organizada, justo al lado, formando otra. En este volteo

el material sufre una mezcla importante y lo que está expuesto a la intemperie durante una semana, a la siguiente pasa al centro de la pila.

Aireación por inyección de aire: se justifica cuando el proceso es industrial; puede realizarse inyectando aire a través de tubería perforada, lo que permite la homogenización de la aireación.

El proceso de compostaje tiene claramente dos zonas térmicas definidas, es decir, que durante el proceso la temperatura sufre cambios. Estas dos zonas se conocen como las zonas mesofílicas (25-38°C) y la zona termofílica (55-70°C). El incremento de la temperatura durante la fermentación ocurre principalmente por las reacciones bioquímicas exotérmicas que ocurren allí, asociadas a la actividad de los microorganismos presentes. (Matiz, 2009).

Gran parte de la actividad microbiana y de la degradación de la materia orgánica se realiza durante la fase termófila ya que las temperaturas mayores de 60°C promueven la actividad microbiana y pueden inactivar patógenos. Por estas características la producción de un inóculo acelerador de compost a partir de bacterias termófilas es una herramienta útil en la disminución del tiempo de degradación y en el aumento de la velocidad de degradación de materia orgánica, lo que proporciona disminución de residuos sólidos y mayor rapidez en la producción de abono orgánico para cultivos (Matiz, 2009).

Matiz (2009) afirma que el pH es otro parámetro importante para evaluar las condiciones del proceso y la estabilización de los residuos. Su valor, así como la temperatura varía con el tiempo durante el proceso. Al comienzo el material tiene un pH entre 6-7, y en los primeros días disminuye por la producción de ácidos orgánicos en el sistema. Posteriormente puede subir hasta 8-8.5 durante toda la fase termofílica y cuando se inicia el enfriamiento llega a un valor en el rango de 7-8, en el compost maduro.

7.5. Uso de la materia orgánica en los cultivos de café.

De acuerdo con Cenicafe, (1977), tradicionalmente se ha empleado la pulpa de café descompuesta como fuente de materia orgánica en mezcla con el suelo para el llenado de las bolsas en almácigos de café, ya que se obtienen los mejores resultados en cuanto a vigor, peso seco, apariencia, color y desarrollo radical de las plántulas. Pero en este caso, se van a utilizar otros abonos orgánicos procedentes de residuos sólidos y que pueden tener los mismos efectos sobre las plántulas de café en almácigos.

Barrientos, (1988) en un estudio realizado sobre pulpa de café, encontró que la germinación en materos se favorece con la pulpa de café descompuesta al igual que el peso y la altura de plántulas de café. Además reportan que la pulpa sola propicio un desarrollo mayor que la combinación con fertilizante químico.

Parra, (1959) indica que la adición de pulpa de café (20 y 40 ton/ha) ocasiona las mayores variaciones en el crecimiento, aumenta el peso seco total de parte aérea y de las raíces y por consiguiente disminuye la cantidad de agua en los tejidos. Según las evaluaciones realizadas por Mestre, 1997, en plantas de almácigos de café, el peso seco de la parte aérea y el de las raíces aumentan a medida que aumentan las proporciones de pulpa en la relación pulpa/suelo (V/v) y ocurre lo mismo con la variable crecimiento ortotrópico.

7.6. Marco institucional de la gestión de residuos sólidos en Colombia

El entendimiento de la organización institucional del sector de los residuos sólidos en el país es de gran importancia en el momento de realizar la gestión a nivel municipal. En el presente capítulo se muestra de una manera resumida las atribuciones de las

distintas instituciones que juegan un papel en el sector. El ordenamiento del sector ha cambiado notablemente en el país en los últimos años como resultado de la creación del Ministerio del Medio Ambiente en el año de 1993 y de la promulgación de la Ley 142 de 1994 que establece el Régimen de Servicios Públicos Domiciliarios.

A continuación se describirán las diferentes entidades estatales que cumplen una función en la gestión de los residuos sólidos en el país. Desde el punto de vista normativo se tiene a los Ministerios de Desarrollo Económico, Ambiente y Salud. Desde el punto de vista del planeamiento de la gestión global a nivel del estado colombiano se encuentra el Departamento Nacional de Planeación.

Desde el punto de vista de la ejecución de las políticas se tiene a las Corporaciones Autónomas Regionales y a los Municipios. Existen igualmente entidades adscritas a los Ministerios de Hacienda, Desarrollo y Ambiental que igualmente juegan un papel de soporte en los diferentes aspectos de la gestión de los residuos sólidos en el país, como son la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico (adscrita al Ministerio de Desarrollo), la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (adscrita al Ministerio de Desarrollo). A continuación se presentan las funciones de cada uno de los actores mencionados anteriormente.

De acuerdo a lo señalado en el texto legal le corresponde al Ministerio del medio Ambiente definir las políticas y reglamentaciones a que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo y uso de los recursos naturales y medio ambiente de la nación a fin de asegurar el desarrollo sostenible. Como tal le corresponde, a través de su Dirección de Asentamientos Humanos y Población, definir políticas, formular planes, establecer programas, dictar normas y coordinar la ejecución de programas y proyectos del resto de las entidades que conforman el Sistema Nacional Ambiental relacionados con asentamientos humanos y expansión urbana. Igualmente a través de la Dirección Ambiental Sectorial promueve la implantación de tecnologías Industriales limpias, y a través de la Dirección de Medio Ambiente Físico fija

normas calidad ambiental para el uso del suelo y subsuelo, aguas y aire que directamente afectan la gestión de los residuos sólidos en el país.

El Ministerio de desarrollo es el encargado de definir las políticas y planes para el desarrollo del sector de los residuos sólidos. Entre sus funciones específicas están las de elaborar un plan de expansión de la cobertura del servicio de aseo urbano cada cinco años, determinar y orientar las inversiones públicas y privadas que deben realizar para el cumplimiento del plan y la de asistir técnica e institucionalmente a los organismos locales para el adecuado cumplimiento de sus funciones. Tiene adscritas a la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico (que desempeña funciones normativas respecto a la prestación del servicio de aseo público) y a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios que controla e inspecciona a las entidades prestadoras del servicio de aseo.

La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios supervisa específicamente la gestión financiera y administrativa de las empresas de servicios públicos. La primera establece fórmulas para la fijación de las tarifas del servicio de aseo y el cumplimiento de las normas técnicas que se desarrollen para el servicio de aseo.

Ministerio de salud, es el responsable de la creación de un sistema de vigilancia epidemiológica que permita orientar las acciones del resto de las instituciones de la administración del Estado. Mantiene solo aquellas normativas que tienen que ver con la protección de la salud de las personas.

Departamento nacional de planeación, es el responsable de formular el plan nacional de desarrollo correspondiente al cuatrienio del período de gobierno en coordinación con las diferentes entidades relacionadas con el sector y que se mencionaron anteriormente. Todas las entidades involucradas deben preparar un plan de acción y al DNP le corresponde le corresponde el seguimiento de la ejecución de éstos.

A las Corporaciones autónomas regionales les corresponde ejecutar las políticas, planes y programas que se hayan definido en el plan nacional de desarrollo, el plan nacional de inversiones y el Ministerio del Medio Ambiente en materia ambiental; ejercen como máxima autoridad ambiental en su jurisdicción funciones de promoción, asesoría, evaluación, control y seguimiento ambiental. Poseen facultades normativas limitadas pudiendo fijar restricciones ambientales especiales en el área de su jurisdicción, siempre que no sean menos estrictas que las definidas a nivel nacional. Son las responsables de otorgar las licencias ambientales a los proyectos de disposición final de residuos sólidos bien sean municipales o industriales.

En el orden ambiental a los municipios les corresponde ejecutar obras para el saneamiento básico y el manejo integrado de los residuos sólidos, así como el cumplimiento etc., las políticas ambientales. Como ya se mencionó la Ley 142 establece la forma como el estado debe intervenir en relación con los servicios públicos domiciliarios- Por otra parte la Ley 99 de 1993 le asigna responsabilidades en proyectos de descontaminación de corrientes y programas de eliminación, reciclaje y disposición de residuos sólidos (Art. 65 No. 9). La responsabilidad real de la ejecución de las acciones y obras para el saneamiento básico y la protección del medio ambiente recae directamente sobre el municipio. De la misma manera el municipio tiene responsabilidades de policía y en lo que tiene que ver con la salud y la educación ambiental.

7.7. Marco legal sobre residuos sólidos en Colombia

A nivel nacional, encontramos Leyes y Decretos que a continuación comentamos, pero es importante resaltar que en el ámbito municipal existe la posibilidad de legislar a través de acuerdos que impulsarían de mejor forma los programas desarrollados por la administración local y que permiten una mayor participación de la comunidad y a su vez un mejor control en el desarrollo de los mismos.

Decreto 2811 de 1974. En los Artículos 34 a 38 se regula lo relacionado con el manejo de los residuos sólidos, su procesamiento, la obligación de los municipios de organizar la recolección, transporte y disposición final de basuras y establece la posibilidad de exigir el manejo de estos residuos a quien los produce. Se hace referencia a reintegrar esos materiales al proceso económico y material.

Ley 9 de 1999 ley llamada Código Sanitario Nacional, y a través de ellos se dictan medidas sanitarias que complementan la regulación del medio ambiente y manejo de los recursos naturales, constituyendo la base del Derecho Sanitario, mediante el establecimiento de un ordenamiento jurídico único en tres áreas claramente definidos Saneamiento Ambiental, Atención a las personas y Vigilancia y Control Sanitario, en el cual se regulan íntegramente todos los aspectos de orden sanitario que pueden afectar la salud individual o colectiva de la comunidad como un bien de interés público.

Resolución 2309 de 1986. Esta norma regula lo relacionado con los residuos especiales, entendiendo por tales los patógenos, tóxicos, combustibles, inflamables, radioactivos o volatizables, así como lo relacionado con el manejo de los empaques y envases que los contienen.

Ley 99 de 1993. Por medio de esta Ley se establecen los fundamentos de la Política Ambiental Colombiana, se crea el Ministerio del Medio Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental SINA.

Decreto No. 1753 de 1984. En el presente decreto se da amplitud a las Licencias Ambientales, explica su naturaleza, modalidades y efectos. La Licencia Ambiental es una autorización que otorga la autoridad ambiental competente a una persona, para la ejecución de un proyecto que puede evitar producir deterioro a los recursos naturales renovables o al medio ambiente. En ella se establecen los requisitos, obligaciones y

condiciones que el beneficiario de la Licencia Ambiental debe cumplir para prevenir, mitigar, corregir, compensar y manejar los efectos ambientales del proyecto autorizado.

8. Antecedentes

8.1. Situación a nivel mundial

El sector cafetero mundial ha experimentado durante la última década aumentos importantes en producción, exportaciones y consumo, con una tendencia creciente en el precio de largo plazo, y muy especialmente, un aumento de la volatilidad. A lo largo de la década de 2000 la producción creció un 19%, un aumento de 144 millones de sacos. Por su parte, el consumo creció al 24% y se observó un incremento sostenido del precio internacional. Muchos países han sabido aprovechar estas nuevas oportunidades de mercado, en parte gracias a importantes cambios estructurales en su caficultura.

Brasil pasó de representar el 27,7% del mercado mundial en 2000, a 35,3% en 2012, con una producción de 50,8 millones de sacos de 60 kg, Etiopía, por su parte, aumentó su participación en un 63%, aportando actualmente el 4,5% del total, mientras que Perú aporta el 3,3%. Colombia ha perdido peso como productor mundial de café, pasando del 9,21% en 2000 al 5,55% en 2012, una caída del 40%.

Por su parte, el consumo mundial del café ha aumentado, jalonado principalmente por la mayor demanda de los países productores, la cual creció 58% entre 2000 y 2012. Es de resaltar que el consumo de café de los países emergentes es un factor adicional que incide en el cambio estructural del mercado internacional del café, y que se constituye en una ventana de oportunidad para los países productores. Por ejemplo, el consumo de China pasó, entre 1990 y 2013 (Py), de 273 mil a 1,03 millones sacos de 60Kg, Rusia para el mismo período pasó de 1,14 a 3,3 millones de sacos de 60Kg y Corea pasó 1,1 a 1,8 millones de sacos.

El mercado mundial ha presentado en los últimos años un ingrediente adicional relacionado con el cambio de los hábitos en el consumo, especialmente en los países desarrollados y emergentes, lo que ha contribuido a una mayor segmentación del mercado de café. En general, los atributos del café relacionados con el manejo del cultivo, sus propiedades organolépticas y el tipo de cultivadores son factores decisivos en el momento de la compra y por los cuales existe una disponibilidad adicional a pagar por parte de los consumidores. Esto sin lugar a dudas, es una oportunidad adicional para el grano colombiano, en la medida en que Colombia tiene una experiencia importante en materia de diferenciación y sus condiciones agroecológicas y climáticas le proporcionan mayores ventajas competitivas.

Con respecto a la evolución de los rendimientos del café en diferentes países, se observa que tanto Vietnam, Brasil y Guatemala los han aumentado considerablemente entre 1990 y 2010. Por el contrario, en Costa Rica y Colombia los rendimientos han caído, correspondiendo a uno de los más bajos del mundo cafetero. De hecho, se observa que Colombia se encuentra actualmente por debajo del promedio de los otros países aún si se tiene en cuenta la diferencia en variedades

En cuanto a las exportaciones e importaciones a nivel mundial, se observa una trayectoria común y desde el 2002 un aumento de las importaciones por encima de las exportaciones, lo que explica la disminución sostenida de los inventarios. A 2012, las exportaciones correspondieron a 105 millones de sacos y las importaciones a 108 millones de sacos. Estos valores son un 17% y un 26% más altos que los presentados en el año 2000, respectivamente (consejo nacional de política económica y social. república de colombia. CONPES. 3763, 2013).

Según el informe El medio ambiente en Europa: tercera evaluación, la cantidad total de residuos municipales que se recoge es cada vez mayor en un gran número de los países europeos. En Europa se generan cada año más de 3.000 millones de

toneladas de residuos. Esto equivale a 3,8 toneladas por persona en Europa Occidental, 4,4 toneladas por persona en Europa Central y Oriental y 6,3 toneladas en los países de EECCA (Consejo nacional de política económica y social. república de Colombia. CONPES. 3763, 2013).

La generación de residuos municipales varía considerablemente entre países, desde los 685 kg per cápita (Islandia) a los 105 kg per cápita (Uzbekistán). Esto representa aproximadamente un 14 % de los residuos totales recogidos en Europa. De acuerdo a la composición de los mismos, el porcentaje en peso de la fracción orgánica en países subdesarrollados es del 40% al 55% y en países desarrollados del 58% al 80,20% (Jaramillo & Zapata, 2008)

En la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, la cantidad de materia orgánica presente en los residuos sólidos urbanos supera el 50% del total generado. La composición de los residuos sólidos municipales en diversos países de América Latina (porcentaje en peso). De los cuales aproximadamente el 2% recibe tratamiento adecuado para su aprovechamiento; el resto es confinado en vertederos o rellenos sanitarios; otro porcentaje es dispuesto inadecuadamente en botaderos o es destinado a la alimentación de cerdos, sin un debido control y procesamiento sanitario (Jaramillo & Zapata, 2008)

En el siglo XX, a partir del desarrollo de la industria química, la fertilización orgánica de los suelos fue substituida por los abonos inorgánicos de síntesis de manera que el consumo de estos fertilizantes creció de manera importante desde el año. (Cáceres y Marfá, 2008).

Por otra parte, la generación de residuos orgánicos ha ido aumentando en gran medida debido al desarrollo de la sociedad occidental que pone en el mercado una cantidad importante de alimentos, cuyos procesos de producción para obtenerlos y

transformarlos, acaban generando ingentes cantidades de residuos orgánicos (Cáceres y Marfá, 2008).

La vocación natural de estos materiales es su retorno al suelo, una vez están estabilizados mediante compostaje (convirtiéndose en compost), con la finalidad de reutilizar los minerales que los cultivos extrajeron y para mantener o incrementar el nivel de materia orgánica del suelo (Cáceres y Marfá, 2008).

Los organominerales en Colombia, son productos fertilizantes y, como tales, son objeto de regulación (Real Decreto 824/2005 de 8 de julio de 2005) para: tipificarlos, poder inscribir los productos y permitir así su comercialización y, además, para que se utilicen adecuadamente y evitar que causen impactos medioambientales (Cáceres y Marfá, 2008).

La definición que recoge el decreto mencionado expone que un abono organomineral es un producto cuya función principal es aportar nutrientes para las plantas, los cuales son de origen orgánico y mineral, y se obtiene por mezcla o combinación química de abonos inorgánicos con abonos orgánicos o turba. Este decreto clasifica estos abonos en las tipologías: nitrogenados (sólidos, en solución o en suspensión), NPK sólidos, NPK líquidos y combinaciones binarias (NP, NK, PK) sólidas o líquidas (Cáceres y Marfá, 2008).

A nivel mundial se han realizado un considerable número de trabajos relacionados con el efecto de abonos orgánicos en el cultivo de café, entre estos estudios se puede citar los siguientes:

Sanchez (2009), con el objetivo de evaluar la utilización de abonos verdes en la producción de plántulas micorrizadas de cafeto sobre suelos Cambisoles gléyicos, se sembraron y caracterizaron cuatro especies de abonos verdes: *Sorgum vulgare*, *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis* y *Dolico lablab*; posteriormente a los 70 días,

estas se cortaron e incorporaron en el suelo obteniéndose diferentes sustratos, sobre los cuales se estudió la respuesta del cafeto a la inoculación de una cepa eficiente de HMA para este tipo de suelo, en un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial (6x2), incluidos los tratamientos de suelo solo y suelo/humus de lombriz (3/1). Se encontraron las mayores producciones de masa seca con el sorgo, seguida por la crotalaria con un 20 % menos y la canavalia 50 %, el dolico presentó un comportamiento muy inferior. Los contenidos de N fueron mayores para la crotalaria, cercanos a los 200 kg N.ha⁻¹, y relativamente similares para el sorgo y la canavalia, del orden de 150 kg, mientras que los contenidos de P y K fueron mayores para el sorgo. Si bien los abonos verdes incrementaron los propágulos micorrízicos nativos en el sustrato y, en consecuencia, la micorrización nativa en las posturas, esta no fue una micorrización efectiva y, por tanto, se encontró una respuesta significativa del cafeto a la inoculación micorrízica con *Glomus intraradices* en presencia de cualquiera de los abonos verdes.

Romero *et al*, (2008), evaluaron el efecto de abono tipo bocashi (material tipo compostado rápido formado por 32% de suelo, 16% de cascarilla de arroz, 16% de carbón, 3% de cal agrícola, 1% de melaza, 16% de semolina de arroz y 16% de gallinaza) y follaje verde *E. poeppigiana* (poró) sobre la altura, el vigor y la producción de materia seca de plántulas de *Coffea arábica*, cv Caturra, bajo 50% de sombra y a plena exposición solar. El crecimiento y desarrollo de las plantas fue mejor bajo sombra que a plena exposición. Bajo el 50% de sombra, no hubo diferencias significativas entre el uso exclusivo del bocashi (proporciones abono/suelo: 1:3 o 1:1) y el manejo convencional (fertilización química y agroquímicos) para ninguna de las variables. El menor crecimiento de plantas se presentó en los tratamientos con biomasa fresca de poró. Para la preparación del abono tipo bocashi se puede sustituir la granza de arroz por cascarilla de café. La sustitución de semolina de arroz por alimento para ganado debe estudiarse con más detalle.

En la Estación Central de Investigaciones de Café y Cacao en Tercer Frente, provincia Santiago de Cuba, se desarrolló un experimento cuyo objetivo fue determinar la influencia del estiércol vacuno y el humus de lombriz en el crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. variedad "Caturra Amarillo", al utilizarse en varias proporciones (1/0; 3/1; 4/1; 5/1; 6/1 y 7/1 v/v), en combinación con dos niveles de fertilización mineral. Se evaluó la altura, el diámetro de la masa seca y el área foliar en 12 de las 48 plantas de cada tratamiento. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza trifactorial. Se comprobó la necesidad de utilización de abonos orgánicos en la mezcla. El estiércol vacuno se puede usar en proporciones que varían entre 3/1 y 7/1 sin necesidad de fertilizantes químicos en los suelos Pardos sin carbonato. El humus de lombriz en proporción inferior a 3/1 con fertilizantes minerales no produjo resultados satisfactorios (Bustamante & Nápoles, 2001).

La Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú, evaluó el efecto de la utilización de distintos substratos orgánicos sobre el crecimiento del café (*Coffea arabica* L.) var. Caturra Amarillo en almácigos (semilleros). Se estudiaron 10 tratamientos, mezclando cantidades diferentes de gallinaza, pulpa de café, materia orgánica de bosque primario y tierra de bosque primario. Se usó el diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los mejores substratos, para la mayoría de los parámetros evaluados (altura, diámetro, peso fresco y peso seco de planta), fueron los tratamientos T2 (40% gallinaza y 60% tierra de bosque primario), T8 (40% materia orgánica de bosque primario + 60% tierra de bosque primario), T9 (60% materia orgánica de bosque primario + 40% tierra de bosque primario) y T10 (100% tierra de bosque primario), pero el índice de vigor fue significativamente mayor con el T10. Sin embargo el T2 podría tener mayores ventajas que T8, T9 y T10 porque ayudaría a disminuir la contaminación del medio ambiente y evitaría la remoción de la materia orgánica y tierra del bosque tropical (Julca et al, 2000).

8.2. Situación a nivel nacional

En Colombia se han realizado diferentes estudios relacionados con la utilización de abonos orgánicos en almácigos de café, entre las cuales se pueden citar las siguientes:

Avila, (2010) Evaluaron el efecto combinado de tres fuentes de AO (gallinaza, pollinaza y lombrinaza) y dos fuentes de P (Fosfato diamónico–DAP y Superfosfato triple–SFT) sobre el crecimiento de las plantas de café en el departamento de Santander. Para ello, se utilizaron cuatro proporciones de mezcla suelo: AO (1:0, 3:1, 1:1 y 1:3 v/v) y cuatro dosis de P–P₂O₅ (0, 1, 2 y 4 g/planta). La aplicación de P no afectó el peso seco de las plantas cuando éstas se desarrollaron en suelo solo, respuesta que se relacionó con el contenido de este elemento en el suelo (14 mg.kg⁻¹). Los mayores incrementos en el peso seco de las plantas se registraron al mezclar el suelo con gallinaza o pollinaza en proporción 3:1 (25%), sin que hubiera un efecto de la aplicación de P. La lombrinaza afectó negativamente el desarrollo de las plantas, como consecuencia de una posible toxicidad generada por la descomposición incompleta; efecto que disminuyó con la aplicación de DAP. La adición de AO incrementó la humedad y el pH del sustrato, y la aplicación de DAP contribuyó a la acidificación del suelo, mientras que la dosis más alta de SFT tendió a elevar el nivel de pH.

Salamanca y Sadeghian K, (2008) estudiaron el efecto de la lombrinaza sobre el crecimiento de almácigos de café, con ocho suelos de la zona cafetera colombiana con diferente contenido de materia orgánica (MO), se realizó un experimento en Cenicafé (Chinchiná-Caldas). Se evaluaron cuatro proporciones de lombrinaza en mezcla con suelo (v/v):0,25, 50 y 75%. Después de seis meses se determinó el peso seco de las raíces y la parte aérea de las plantas. En siete suelos, la proporción 25% de lombrinaza aumentó el peso seco de las plantas entre 180 y 1500% con respecto al suelo solo e independiente de los contenidos de MO. Las diferencias en la magnitud de la respuesta se asociaron con los cambios en el pH y los contenidos de Cu y K del sustrato. Las

proporciones 50 y 75% de lombrinaza, afectaron negativamente el crecimiento de las plantas en todos los suelos.

La Universidad de los Andes En un bioensayo se evaluó el efecto de diferentes fuentes de abonos orgánicos (gallinazo, compost, estiércol de chivo, estiércol vacuno, biofertilizantes y vermicompost) en la biomasa microbiana en una mezcla de suelo: abono (9:1) adicionando glucosa como fuente de energía para determinar el valor fertilizante de estos abonos y correlacionarlo con el crecimiento del maíz como planta indicadora a nivel de macetas. La respuesta se evaluó a través de la respiración basal expresada como mg CO₂-C/h 100g mezcla y en las macetas se cuantificaron las variables diámetro del tallo, área foliar total y biomasa seca (60°C) de la parte aérea después de 28 días de la siembra; igualmente, se determinó el coeficiente de correlación entre la biomasa microbiana en el bioensayo y el peso seco a nivel de macetas. En ambos ensayos la mayor respuesta en todas las variables se obtuvo en el tratamiento con gallinazo, seguido de los tratamientos con estiércol de chivo, compost y estiércol vacuno y en última instancia el biofertilizante y vermicompost. Al relacionar los resultados obtenidos en el laboratorio y el de macetas se obtuvo un coeficiente de correlación positivo, alto y significativo que permite validar la metodología empleada (Matheus, 2007).

Cenicafé realizó un estudio en la Subestación de Pueblo Bello, Departamento del Cesar, cuyo objetivo fue encontrar las diferentes proporciones en que debe mezclarse el estiércol de ganado con el suelo, para obtener un sustrato con buen contenido de materia orgánica para el levante de almácigos de café. Además se incluyó un tratamiento con pulpa de café descompuesta, para obtener una comparación entre estos dos materiales. Se usó un diseño completamente al azar con seis repeticiones. Para la evaluación de los tratamientos se midió el crecimiento y se tomó el peso seco total (parte aérea y raíces) de las plantas (colinos), a los seis meses de edad. Los resultados muestran que cuando la mezcla de estiércol de ganado y suelo para el llenado de las bolsas se hace en la proporción de volúmenes de 1/4 parte de estiércol

de ganado y 3/4 partes de suelo; el peso seco y la altura de las plantas presentan sus mayores valores. En este experimento se confirmó que la pulpa descompuesta de café mezclada con suelo en proporción 1:1 en volumen es el mejor sustrato para la construcción de almácigos de café. Es necesario también aclarar que el uso de la pulpa de café también descompuesta está sujeto a la disponibilidad en las cantidades necesarias, y que en caso de no contar con las cantidades que satisfagan dichas proporciones, es posible usarla hasta en la proporción 1:3 con resultados satisfactorios (Salazar & Montesinos, 1994).

El Centro Nacional de Investigaciones del Café, Cenicafé, con la finalidad de estimar las proporciones de humus que deben ser agregadas al suelo, para construir los almácigos de café, se realizó un experimento, que consistió en comparar el crecimiento de plantas de café en almácigos, a los cuales se les aplicaron diferentes cantidades de humus. Se usó un diseño de bloques completamente al azar con cinco repeticiones. La parcela estuvo constituida por 50 plantas de las cuales 24 fueron efectivas. Se midió el crecimiento y se tomó el peso seco total (parte aérea y raíces) de las plantas, a los seis meses de edad. Los resultados muestran que cuando la mezcla de humus y suelo para el llenado de las bolsas se hace en la proporción de 25 por ciento de humus más 75 por ciento de suelo en volumen, el peso seco de la parte aérea, el peso seco de las raíces y la altura de las plantas presentan sus mayores valores (Salazar, 1992).

Salazar & Mestre, (1991), realizaron un experimento en Cenicafé, Chinchiná, Caldas, con el fin de estimar la cantidad óptima de cenichaza que se debe mezclar al suelo, como aporte de abono orgánico para la construcción de almácigos de café, que consistió en comparar el crecimiento de plántulas de café en almácigo, a las cuales se les aplicó diferentes cantidades de cenichaza. Para la evaluación de los tratamientos se midió el crecimiento y se tomó el peso seco total (parte aérea y raíces) de las plántulas de café, a los seis meses de edad. Los resultados mostraron que para el llenado de las bolsas para los almácigos de café se puede utilizar cualquiera de las mezclas de

cenichaza más suelo que se emplearon en este estudio, con resultados positivos en relación con la altura y el peso seco de las plántulas de café.

Farfán (2002), en su estudio sobre residuos de la producción cafetera para la producción y uso como abonos orgánicos, plantea que existen dos vías de producción de residuos en las fincas cafeteras, estos son:

- Despulpado del fruto: Genera Mucilago y Pulpa del fruto.
- Trillado del Grano: Genera Pergamino, Película Plateada.

Ambos residuos, después de ser tratados pueden ser utilizados como Abono Orgánico, Alimento animal o como sustituto de combustible fósil.

Farfán (2002), en su estudio plantea el uso de la pulpa compostada para obtener unas plantas de almacigo óptimas para las condiciones de nuestro país, soportando sus estudios en los siguientes planteamientos:

- El desarrollo óptimo de plantas en almacigo se logra con la mezcla 3 partes de suelo más 1 de pulpa descompuesta en la preparación del sustrato para el llenado de las bolsas.
- Además el abono orgánico proporciona al suelo buena capacidad de retención de humedad, aumento de la flora bacteriana, impide la compactación y mejora la aireación del suelo
- Con la aplicación de pulpa descompuesta (compostada o lombricompuesto) en la dosis indicada no es necesaria la fertilización química ni foliar en plantas de almacigo

En el mismo estudio se plantea que la producción nacional de plántulas de café en almacigo está estimada en 324 millones, para el crecimiento y desarrollo de estas plántulas se invierten aproximadamente 162.000 toneladas de materia orgánica, esta

producción utiliza un área de 64.800 hectáreas para sembradío, a razón de 5.000 plantas por hectárea.

Las consideraciones del estudio sugieren:

- Los caficultores colombianos cuentan con un valioso recurso orgánico como es la pulpa de café, que si es utilizada eficazmente puede sustituir en gran parte la fertilización química del café.
- De acuerdo con el área y producción registradas, la producción media/ha es de 1.002 kg de café pergamino seco, las que han producido 1.804 kg de pulpa fresca, de las que se pueden obtener 180.4 kg de lombricompuesto En un área de 2.0 m² y aproximadamente 10 kg de lombriz
- Con el lombricompuesto producido alcanza para fertilizar 90 plantas de café (2.0 kg de lombricompuesto/planta/año) o para la elaboración de 361 plantas de almácigo.
- Con aplicaciones medias de 2.0 kg de lombricompuesto/planta/año, se puede fertilizar 15.679 ha (5.000 plantas/ha), equivalentes al 1.8% del área cultivada en café.

En la zona cafetera Colombiana, durante la época de cosecha del fruto de café se presentan perdidas de hojas, durante la fase de beneficio se genera pulpa y cuando se presenta renovación de los cafetales por zoqueo se presenta una buena disponibilidad de madera que usualmente es utilizada como combustible. Asociado con el cultivo del café se tienen cultivos de plátano donde se generan las hojas y el pseudo tallo del mismo. Todos estos residuos generados se utilizan, normalmente, para la producción de abono orgánico.

La zona cafetera se encuentra sobre las dos vertientes de las tres grandes cordilleras del país. El Sistema de Información Cafetera (SICA) registra en la actualidad información de 564 municipios en 16 departamentos cafeteros del país, y 16 municipios de los antiguos territorios nacionales (Casanare, Meta y Caquetá). El universo de estudio es superior a 3.2 millones de hectáreas y cerca de 2 millones de personas que viven en ella. Los resultados muestran que Colombia existen más de 518 mil caficultores, de los cuales el 94% tienen menos de 5 hectáreas en café. El área total en café es superior a las 881.000 hectáreas y el promedio nacional es de 1.7 hectáreas en café. Estos caficultores constituyen el capital social del subsector café (Guía ambiental para el sector cafetero, 2013).

El sector cafetero ha contribuido de forma importante al desarrollo económico y social del país. No obstante, su dinámica ha sido relativamente insatisfactoria durante los últimos años, en una coyuntura internacional de alzas en producción, exportaciones y consumo. La producción nacional de café y sus rendimientos han disminuido en la última década, mientras que el área sembrada se ha mantenido relativamente constante. Esta situación se explica por una combinación de factores, entre los cuales se destacan la masificación de los programas de renovación de cafetales y los efectos que tuvo el Fenómeno de La Niña en los años recientes.

La participación del sector cafetero en el sector rural y en la economía en general ha caído en los últimos años. La participación del café en el producto agropecuario pasó de 23,32% en 1990 a 8,18% en el 2011, sin incluir la trilla. Con respecto al peso del sector en el Producto Interno Bruto, éste pasó de 2,33% en 1990 a 0,52% en 2011. Por último, la participación de las exportaciones de café en el valor del total de las exportaciones, a 2011 fue de 5%. Entre 2002 y 2012, el área sembrada se incrementó en 66 mil hectáreas, equivalente al 7,6% pasando de 865 mil a 931 mil hectáreas. Por su parte el área cosechada cayó 5% al pasar de 710 mil a 672 mil hectáreas durante el mismo periodo.

En cuanto a la actual estructura de propiedad del parque cafetero, cabe señalar que el 96% de los productores de café tienen menos de cinco hectáreas sembradas en café y representan el 71,4% del área total cultivada y el 69% de la producción total de café. Por su parte, el 4% de los productores tiene más de cinco hectáreas que dan cuenta del 28% del área total y del 31% de la producción total. La distribución de la producción por tamaño del área del caficultor para el año 2012, muestra que aquellos con menos de cinco hectáreas produjeron 5,38 millones de sacos de 60kg, es decir el 69% total. Por su parte, los productores de más de 20 hectáreas produjeron 850 mil sacos de café, correspondiente al 11% del total.

Por otra parte, el parque cafetero ha presentado un cambio en su estructura productiva tras los mayores esfuerzos en renovación. Así, por ejemplo, el área joven tecnificada sembrada se incrementó en un 40% entre 2007 y 2012. Del mismo modo, la edad promedio del parque cafetero disminuyó 5 años, pasando de 13 a 8 años entre 2007 y 2012, mientras que la densidad de siembra promedio pasó de 5.000 a 5.333 cafetos por hectárea. Por último, las variedades resistentes pasaron de representar el 29% en 2007 al 55% en 2012. Este fenómeno de renovación de la estructura productiva explica parcialmente la menor productividad de corto plazo pero permitiría esperar el crecimiento de la productividad en los años siguientes.

Por su parte, la producción en sacos de café ha presentado una tendencia a la baja durante las últimas dos décadas. En el año 2012 se produjeron 7,74 millones de sacos, 632 mil sacos menos que la tendencia de largo plazo, es decir un 7% por debajo de ésta y 39% menor que la producción registrada en 2007.

Las exportaciones colombianas de café también han decrecido tras la baja en la producción. Entre 1990 y 2012 pasaron de 13,9 millones de sacos a 7,2 millones de sacos (un decrecimiento del 48%). Mientras que las exportaciones mundiales de café crecieron a una tasa promedio anual de 1,4%, pasando de 79 millones a 104 millones de sacos, durante el mismo periodo.

En las cuatro grandes ciudades del país, como manifiesta el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial. La generación de residuos sólidos, es la siguiente: la cuatro grandes ciudades Medellín, Bogotá, Cali y Barranquilla, generan 11.275 Ton/día, lo que equivale al (41%) de residuos, solo Bogotá produce 6500 ton/día. En las 28 ciudades capitales se generan 5.142 Ton/día (18.7%) y en los 1054 municipios 11.083 ton/ día (40.3%). En resumen, en Colombia se generan 27.500 toneladas/día de residuos sólidos (1086 municipios 32 departamentos) y de acuerdo a la composición de los mismos, el 65% son residuos sólidos orgánicos (Jaramillo & Zapata, 2008)

9. Área de estudio

El ensayo se realizó en el municipio de Chinchiná Caldas, ubicado entre las coordenadas 10°45'-10° 47' LN y entre 69°36'-69°42' LO, con una extensión de 112.4 Kms y una extensión rural de 2.64 Km². Su altitud de la cabecera municipal es de 1.378 Mts y una temperatura media de 21° C, este municipio se encuentra a una distancia de 23 Kms de la ciudad de Manizales.

Los lotes experimentales para la obtención de plántulas de la variedad castillo naranjal se encuentran ubicados en la estación central naranjal, localizada en el municipio de Chinchiná (Caldas) y en el Ecotopo cafetero 206A; entiéndase por Ecotopo cafetero una región agroecológica delimitada geográficamente teniendo en cuenta las condiciones predominantes de clima, suelo y relieve en donde se obtiene una respuesta biológica similar del cultivo del café (Cenicafé, 2009), el cual, por condiciones ambientales y de suelos similares están incluidos los municipios de Manizales, Chinchiná, Palestina (Caldas); Marsella, Santa Rosa de Cabal, Dosquebradas y Pereira (Risaralda).

En el Ecotopo 206A la distribución de la lluvia es biomodal con presencia de los periodos de menor precipitación en enero – febrero y julio – agosto. El área en café es de 29.853 hectáreas, y tan solo entre el 3 y 11% de la caficultura se encuentra establecido en sistemas de producción bajo sombra. En la cosecha principal, que ocurre en el segundo semestre, se recolecta entre el 70 y el 85% de la producción anual (Cenicafé, 2009).

La Estación Central Naranjal ubicada en la región cafetera central de Colombia, cuenta con una superficie de 198,8 ha y de propiedad de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FEDERACAFÉ), es el centro investigativo principal para el desarrollo y transferencia de tecnología sobre café y otros cultivos de diversificación por

parte del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé el cual es el programa de investigación científica de FEDERACAFÉ.

Naranjal está localizado sobre la vertiente occidental de la Cordillera Central (4°59Norte y 75°39' Oeste) a 1.400msnm, en el municipio de Chinchiná departamento de Caldas, Colombia.

9.1. Temperatura

La temperatura media anual en la Estación Experimental Naranjal es de 20,8°C, con variaciones entre 2 y 4% a través del año, el promedio anual de la humedad relativa del aire es del 78% oscilando entre el 76% en los periodos enero-marzo y julio-agosto y del 80% en las épocas más lluviosas del año, el brillo solar alcanza en promedio 1817 horas de sol por año, equivalentes al 41% de la radiación posible para este lugar.

9.2. Precipitación

El régimen de lluvias es de tipo bimodal con dos periodos lluviosos en marzo a junio y septiembre a noviembre y dos periodos menos lluviosos entre diciembre y febrero y entre julio a agosto, con precipitación media de 2646 mm/año y variaciones entre 145 y 313 mm por mes para el año 2009 de acuerdo con la Estación Central Naranjal la precipitación osciló entre 450 mm en marzo y 400 mm en el mes de agosto (Cenicafé, 2010).

9.3. Suelos

Según la clasificación taxonómica del USDA (Soil Survey Staff, 2006), los suelos de la Estación Experimental Naranjal, se clasifican como Typic Hapludand Medial Isotérmico y según los estudios de suelos por unidad de uso y manejo de Fedecafé (Grisales *et al.* 1982), se clasifican como unidad Chinchiná. Los suelos de la unidad Chinchiná, son muy profundos, ricos en materia orgánica, bien drenados y bien aireados, de color negro a pardo muy oscuro en la superficie y pardo amarillento en profundidad, baja densidad aparente, alta retención de humedad, pH ácido, alta retención de fosfatos, bajos contenidos de K, Ca, Mg y alta CIC. La unidad de suelo Chinchiná, es una de las más extensas y con mayor potencial productivo de la zona cafetera central de Colombia (Suárez, 1994).

10. Metodología

10.1. Ubicación del experimento

El ensayo se realizó en el municipio de Chinchiná Caldas, ubicado entre las coordenadas 10°45'-10° 47' LN y entre 69°36'-69°42' LO, con una extensión de 112.4 Kms y una extensión rural de 2.64 Km². Su altitud de la cabecera municipal es de 1.378 Mts y una temperatura media de 21° C, este municipio se encuentra a una distancia de 23 Kms de la ciudad de Manizales.

10.2. Variedad de café utilizada

Se utilizaron plántulas (Chapola) de café de la variedad Castillo de 80 días de germinación, con uniformidad en sus características agronómicas, además de presentar adaptación general a las condiciones de la caficultura colombiana. Posee un elevado potencial productivo que le permite alcanzar producciones similares a las obtenidas con las variedades testigo particularmente Caturra; ésta última protegida con fungicidas contra la roya del cafeto, en los ambientes de prueba representativos de la caficultura del país. Al igual que todas las variedades cultivadas, la variedad Castillo es susceptible a plagas como el minador de la hoja y la broca del café.

10.3. Preparación del almácigo

El almácigo se preparó en la misma forma acostumbrada para los almácigos comerciales, utilizando bolsas de polietileno de 2 kilos de capacidad con dimensiones de 17 por 23 centímetros, y suministrándole los cuidados culturales requeridos normalmente. Dos meses después de sembrar el semillero, las plántulas de café variedad castillo se trasplantaron a bolsas de polietileno de dos litros de capacidad, con los respectivos

sustratos según los tratamientos. Las plantas se ubicaron en dos niveles de iluminación: a plena exposición solar y con un 50% de sombra artificial, La evaluación final del crecimiento del almácigo se realizó cuatro meses después de establecido el vivero (Anexo D).

10.4. Mantenimiento del experimento

10.4.1. Control de malezas

Se aplicó GOAL (Oxyfluorfen) en la dosis de 10 centímetros cúbicos por litro de agua en aspersión. Este producto se aplicó un día antes del trasplante de las chapolas, tanto al suelo como a las bolsas.

10.4.2. Riego

Se realizaron dos riegos durante los dos primeros días uno en la mañana y otro en la tarde, posteriormente los riegos fueron efectuados cada día según las condiciones climáticas.

10.4.3. Manejo fitosanitario

Para control de nematodos se aplicó 1 gramo por bolsa de Furadán (Carbofuran). Para el control de mancha de hierro se aplicó Bayleton (Triadimefon) a razón de 2 centímetros cúbicos por litro de agua quincenalmente.

10.4.4. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con tres repeticiones para cada uno de los 10 tratamientos evaluados, cada unidad experimental estuvo conformada por 32 plantas, las cuales fueron ubicadas en un lote con un área total de 100m², donde cada bloque está separado por dos callejones de 10 metros de largo,

con distancias entre bloque y bloque de 80 cm de ancho, cada bloque tiene una dimensión de 50 cm de ancho por 8 metros de largo (Anexo A).

10.4.5. Tratamientos

Los tratamientos fueron combinaciones de suelo y sustrato en porcentajes definidos peso a peso, se consideraron 10 tratamientos que se obtuvieron de aplicar el método factorial aumentada: (3*3+1), dónde: 3 = abonos a evaluar, 3 = mezclas abonos: suelo y 1 = testigo (suelo solo), estos diez tratamientos fueron plantados en cada uno de los bloques con tres repeticiones en todo el sistema.

De los diez tratamientos, nueve son combinaciones peso a peso de suelo y sustratos, el tratamiento restante fue el testigo, solo suelo (Tabla 1). La parcela total estuvo conformada por 960 bolsas efectivas y 576 bolsas de borde, en cada bolsa se sembró una chapola, las cuales tuvieron características homogéneas al momento del trasplante.

Tabla 2 - Numero de tratamientos evaluados en el experimento

No DE TRATAMIENTO	RELACIÓN ABONO:SUELO (P/P)	TIPO DE ABONO
1	75% + 25% Peso a Peso	COCONUT
2	50% + 50% Peso a Peso	COCONUT
3	75% + 25% Peso a Peso	COCONUT
4	75% + 25% Peso a Peso	MANDALAY
5	50% + 50% Peso a Peso	MANDALAY
6	25% + 75% Peso a Peso	MANDALAY
7	75% + 25% Peso a Peso	FRIGOCENTRO
8	50% + 50% Peso a Peso	FRIGOCENTRO
9	25% + 75% Peso a Peso	FRIGOCENTRO
10	100% SUELO	TESTIGO

10.4.6. Fuentes de abono orgánico (AO)

Como fuentes de abono orgánico (AO) se utilizaron los siguientes (Anexo E):

- Abono orgánico de origen agrícola (flores, pecuario, lácteos y porcino) producido en la finca Mandalay.
- Abono orgánico producido en la empresa agroindustrial Coconut dedicada al suministro de pulpa de coco.
- Abono orgánico generado en la empresa Frigocentro–central de sacrificios de bovinos y porcinos.

La selección de las diferentes fuentes generadoras de residuos fue definida teniendo en cuenta que:

- La Fuente M) Finca Mandalay es importante debido a la diversidad de residuos involucrados en el proceso de elaboración del abono orgánico.
- La Fuente F) es de interés para nuestras pretensiones ya que los tipos de residuos generados son de origen animal, biológicos o biosanitarios, y genera impacto negativo al medio ambiente por el mal manejo que se les da, ya que no existen protocolos definidos de aprovechamiento.
- Y la Fuente C) Empresa Coconut fue seleccionada debido al volumen significativo de residuos sólidos que genera.

10.4.7. Variables evaluadas

Altura de la planta en centímetros (AP): la planta se colocó sobre una superficie plana y la medición se realizó con una regla graduada en centímetros, tomando desde la base de la raíz de la planta hasta la zona apical de la hoja bandera.

Longitud del hipocótilo en centímetros (LH): esta medición se realizó con una regla graduada en centímetros, tomando desde la base de la raíz de la planta hasta los cotiledones o primer entrenudo del tallo.

Peso verde en gramos (PVH): las partes verdes a pesar se separaron y se pesaron con una balanza de precisión.

Determinación del peso seco en gramos (PSH): se utilizó la metodología de Cenicafé para la determinación del peso seco de una muestra vegetal, en la cual la parte aérea se separó de las raíces por el cuello o corona, las muestras fueron introducidas dentro de una estufa a una temperatura de 80°C por 48 horas, hasta que el peso no presente variaciones. Posteriormente se procedió a pesar en una balanza de precisión.

- Peso verde raíz en gramos (PVR)
- Peso seco raíz gramos (PSR)
- Peso verde tallo gramos (PVT)
- Peso seco tallo gramos (PST)
- Diámetro tallo milímetros (D.T)
- Numero de hojas (N.H)

10.4.8. Monitoreos

Se realizaron 6 monitoreos destructivos cada 15 días durante 4 meses. Se seleccionaron cuatro plantas de cada uno de los diez tratamientos por cada uno de los bloques, las cuales fueron retiradas y se depositaron en una bolsa marcada con la fecha, día, número de bloque, número de tratamiento y hora, posteriormente se llevaron al laboratorio para realizar las mediciones y tomar el peso de cada una de las partes plantas.

10.4.9. Análisis de la información

Los datos fueron procesados y analizados con el Programa SAS System. Para todas las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza y comparación de media empleando la Prueba de Tuckey ($P \leq 0,05$).

11. Resultados y Discusión

De manera general se observaron diferencias significativas entre los tratamientos planteados (Tabla 3), tanto para desarrollo vegetativo como para peso seco y fresco de los órganos de la planta, encontrándose variaciones importantes según las fechas de realización de los monitoreos.

11.1. Desarrollo vegetativo y comportamiento de la biomasa en el primer monitoreo

En la tabla 3 se observan los promedios obtenidos para las variables de altura de planta, longitud del hipocótilo, diámetro de tallo y número de hojas, de plántulas de café de la Variedad Castillo, de acuerdo con los diez tratamientos evaluados durante la realización del experimento.

Tabla 3 - Efecto de diez tratamientos con abonos orgánicos en el desarrollo vegetativo de plántulas de café Variedad Castillo.

Tratamiento	Altura planta (cm)	Agrup Tuckey	Long del hipocotilo (cm)	Agrup Tuckey	Diámetro tallo (mm)	Agrup Tuckey	Num de hojas	Agrup Tuckey
1=3/4 + 1/4 % p/p (Coconut)	16,325	ab	6,166	A	1,058	b	3,583	ab
2=2/4 + 2/4 % p/p (Coconut)	15,491	abc	5,75	Ab	1,374	ab	3,583	ab
3=1/4 + 3/4 % p/p (Coconut)	16,05	bc	6,158	A	1,308	ab	3,416	ab
4=3/4 + 1/4 % p/p (Mandalay)	14,225	bc	5,5	Ab	1,291	ab	3	b
5=2/4 + 2/4 % p/p (Mandalay)	13,566	bc	5,091	B	1,208	ab	2,916	b
6=1/4 + 3/4 % p/p (Mandalay)	13,241	c	5,016	B	1,225	ab	2,083	b
7=3/4 + 1/4 % p/p (Frigocentro)	14,841	abc	5,441	Ab	1,225	ab	3	b
8=2/4 + 2/4 % p/p (Frigocentro)	14,558	abc	5,616	Ab	1,141	ab	2,666	b
9=1/4 + 3/4 % p/p (Frigocentro)	13,916	bc	5,566	Ab	1,516	a	3,25	ab
10= Suelo (Testigo)	17,235	a	6,375	A	1,366	ab	4,75	a

Letras diferentes son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

Los diferentes tratamientos de abonos orgánicos tuvieron un efecto positivo ($P < 0,05$) sobre la altura de la planta. Los tratamientos 2,3,4,5,7,8 y 9 no presentaron diferencias estadísticas significativas entre ellos, sin embargo el tratamiento 1 (Coconut) y el tratamiento 6 (Mandalay) en comparación con el testigo presentaron diferencias significativas, donde el tratamiento 1 obtuvo un promedio de altura de planta de 16,32 cm, el tratamiento 6 una altura de 13,24 cm la más baja en relación con los demás tratamientos y el testigo presentó el mayor valor con 17,23cm; es decir que el mejor comportamiento durante el primer monitoreo 15 días después de siembra corresponde al testigo seguido por el tratamiento 1. En cuanto la longitud del hipocótilo, los tratamientos 1, 3 y 10, presentaron los valores más altos con 6,16, 6,15 y 6,37 cm respectivamente, sin presentar diferencias significativas entre ellos, es decir que estadísticamente son similares, sin embargo, respecto a los tratamientos 5 y 6 si presentaron diferencias significativas ya que estos arrojaron los valores más bajos con 5,09 y 5,01cm respectivamente.

Para la variable diámetro de tallo los tratamientos 1 (Coconut) y 9 (Frigocentro) presentaron diferencia significativas entre ellos, con valores de 1,05 y 1,51cm respectivamente, en relación con los tratamientos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y el testigo, corresponden a un solo grupo estadístico sin presentar diferencias significativas entre ellos. En cuanto al número de hojas, el testigo sobresale con un promedio de 4,75 hojas, diferenciándose estadísticamente de los tratamientos 1, 2, 3 y 9 con un promedio de hojas entre 3, 2 y 3, 5, finalmente los tratamientos 4, 5, 6, 7 y 8 corresponden a un mismo grupo estadístico con valores promedio entre 2 y 3 hojas. De acuerdo con la figura 1 el crecimiento y desarrollo de las plántulas en esta primera etapa es estable para todos los tratamientos, destacándose el testigo en cuanto a la variable altura de planta.

Figura 1 - Desarrollo vegetativo de plántulas de café bajo diez tratamientos con abonos orgánicos 15 días después de siembra

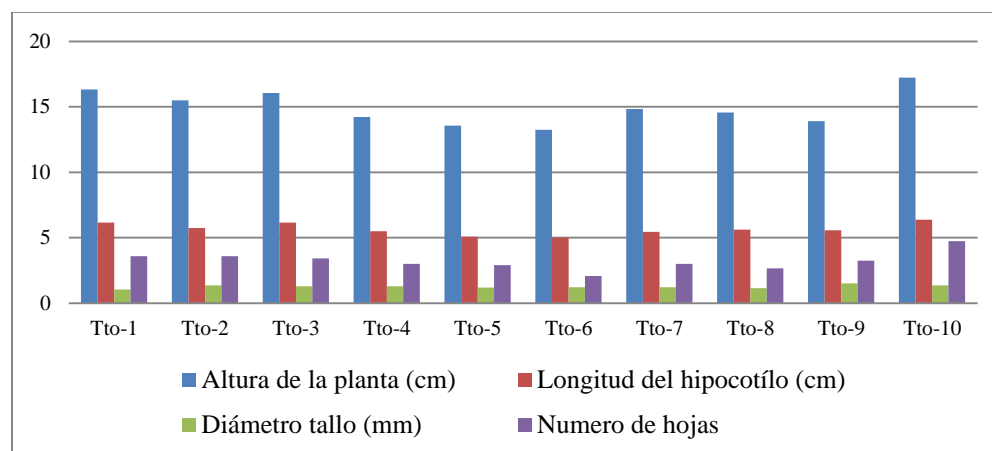
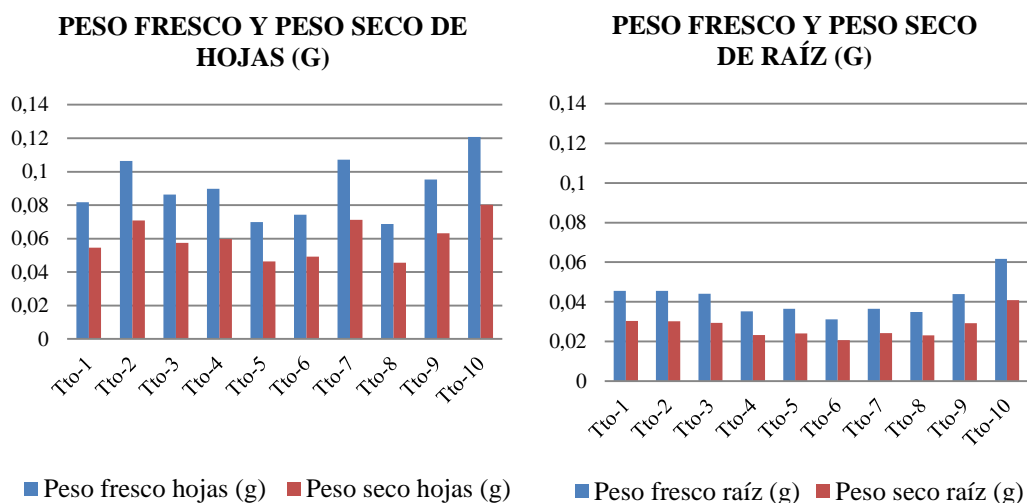


Figura 2 - Comportamiento de la biomasa fresca y seca de plántulas de café de la Variedad Castillo bajo el efecto de diez tratamientos de abonos orgánicos 15 días después de siembra



En la figura 2 se observa el peso fresco y el peso seco de hojas, el cual se comportó de manera similar, donde los tratamientos 1, 2, 3, 4, 7 y 9 conformaron un solo grupo estadístico, el valor promedio más alto le correspondió al testigo con 0,12 gramos seguido por el tratamiento 2 (Coconut) con 0,1 gramos, el grupo estadístico con los promedios más bajos lo conformaron los tratamientos 5,6 y 8. En cuanto a peso fresco de raíces los tratamientos 4, 5, 6, 7 y 8 presentaron diferencias significativas respecto al testigo, entre tanto los tratamientos 1, 2, 3 y 9 no presentaron diferencias significativas con el testigo, conformando un solo grupo. El peso seco de raíz se comportó de manera similar exceptuando el tratamiento 4 el cual no presentó diferencias respecto al testigo. El comportamiento del peso fresco de tallo fue muy variable, los tratamientos 1, 3, 4, 5, 6, 8 y 9 presentaron diferencias significativas con el testigo, únicamente los tratamientos 2 y 7 se comportaron igual que el testigo con los valores promedios más altos con 0,045, 0,044 y 0,057 respectivamente; en relación con el peso seco no se presentaron diferencias significativas para ninguno de los tratamientos (Anexo B).

11.2. Desarrollo vegetativo y comportamiento de la biomasa en el segundo monitoreo

En la tabla 4 se presentan los grupos estadísticos para cada variable relacionada con el desarrollo vegetativo de las plántulas de café Variedad Castillo, observándose variaciones importantes entre los tratamientos evaluados.

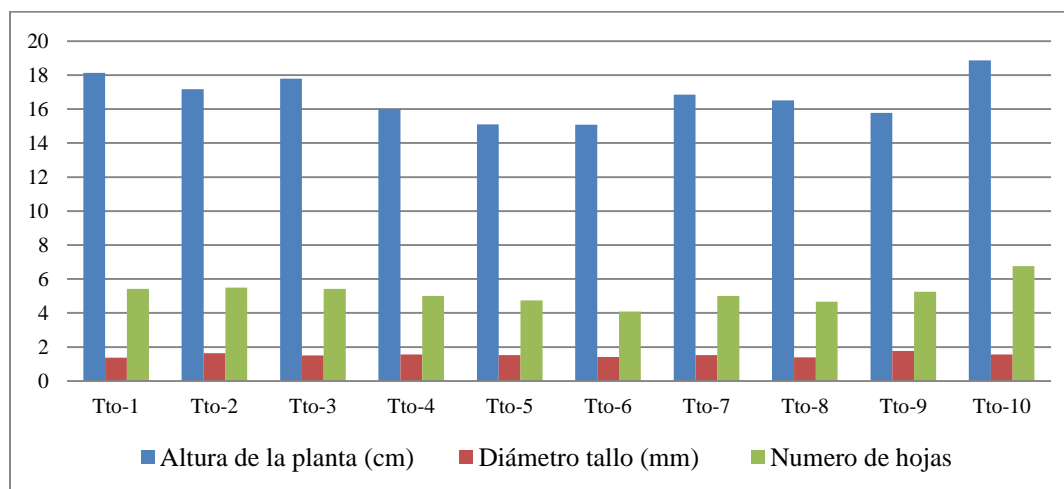
Tabla 4 - Efecto de diez tratamientos con abonos orgánicos en el desarrollo vegetativo de plántulas de café Variedad Castillo 30 días después de siembra.

Tratamiento	Altura de la planta (cm)	Agrup Tuckey	Diámetro tallo (mm)	Agrup Tuckey	Numero de hojas	Agrup Tuckey
1=3/4 + 1/4 % p/p (Coconut)	18,125	Ab	1,366	b	5,416	Ab
2=2/4 + 2/4 % p/p (Coconut)	17,166	Abc	1,633	ab	5,5	Ab
3=1/4 + 3/4 % p/p (Coconut)	17,8	Abc	1,508	ab	5,416	Ab
4=3/4 + 1/4 % p/p (Mandalay)	16	Abc	1,566	ab	5	Ab
5=2/4 + 2/4 % p/p (Mandalay)	15,091	C	1,516	ab	4,74	B
6=1/4 + 3/4 % p/p (Mandalay)	15,075	C	1,416	ab	4,083	B
7=3/4 + 1/4 % p/p (Frigocentro)	16,85	Abc	1,533	ab	5	Ab
8=2/4 + 2/4 % p/p (Frigocentro)	16,516	Abc	1,391	ab	4,666	B
9=1/4 + 3/4 % p/p (Frigocentro)	15,775	Bc	1,775	a	5,25	Ab
10= Suelo (Testigo)	18,866	A	1,558	ab	6,75	A

Letras diferentes son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

Los tratamientos 1,2,3,4,7,8,9 y el testigo no presentaron diferencias estadísticas significativas entre ellos, conformando un solo grupo estadístico, éste grupo presentaron los valores más elevados que oscilaron entre 16 y 18,8 cm, los tratamientos 5 y 6 arrojaron los valores promedios más bajos con 15,09 y 15,07 cm respectivamente. De esta manera el testigo sigue destacándose en esta variable 30 días después de la siembra, tal y como se observa en la figura 3. En relación con la variable diámetro de tallo no se presentaron diferencias significativas para ninguno de los 10 tratamientos evaluados. En cuanto al número de hojas, los tratamientos 5,6 y 8 se diferenciaron estadísticamente del testigo presentando este último el mayor valor promedio con 6,75 hojas, los tratamientos restantes conformaron un solo grupo estadístico sin presentar diferencias entre ellos ni respecto al testigo.

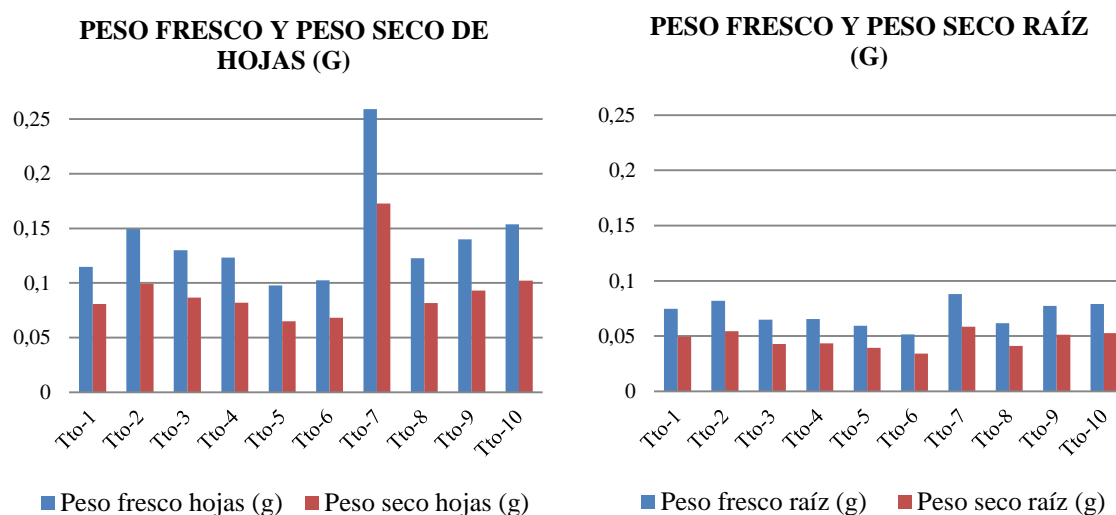
Figura 3 - Desarrollo vegetativo de plántulas de café bajo diez tratamientos con abonos orgánicos 30 días después de siembra.

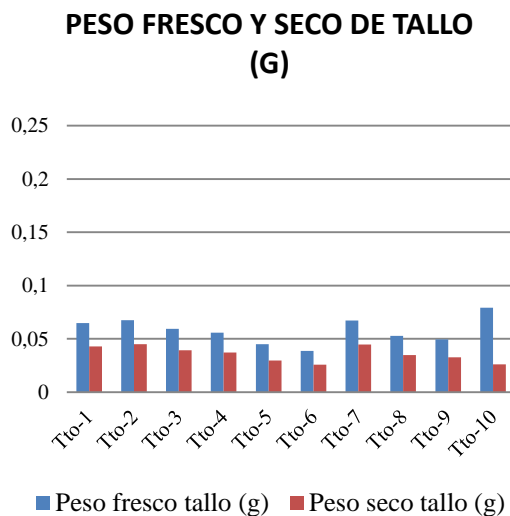


En la figura 4 se observa el comportamiento del peso fresco y el peso seco de hojas, raíz y tallo 30 días después de la siembra. En los tres órganos de la planta evaluados el tratamiento 7 (Frigocentro) presenta un comportamiento sobresaliente en cuanto a los demás tratamientos, superando el testigo en peso fresco y peso seco de

hojas y raíz. Estadísticamente no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable peso fresco y peso seco de hojas, sin embargo el tratamiento 7 se destacó con los valores promedio más altos de 0,25 y 0,17 gramos respectivamente. En cuanto al peso fresco y seco de raíz se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos 6 (Mandalay) y 7 (Frigocentro) con valores de 0,051 y 0,087 gramos para peso fresco y 0,034 y 0,058 gramos para peso seco, los demás tratamientos evaluados conformaron un solo grupo estadístico sin presentar diferencias entre ellos. En la variable peso fresco de tallo el tratamiento 6 fue estadísticamente diferente al testigo pero con el valor promedio más bajo de todos los tratamientos, en cuanto a peso seco no se presentaron diferencias significativas para ninguno de los tratamientos planteados (Anexo B).

Figura 4 - Comportamiento de la biomasa fresca y seca de plántulas de café de la Variedad Castilla bajo el efecto de diez tratamientos de abonos orgánicos 30 días después de siembra





11.3. Desarrollo vegetativo y comportamiento de la biomasa en el tercer monitoreo

En la tabla 5 se observan las diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, en cuanto a la variable altura de planta, el testigo fue quien presentó mayor altura con 22,9 cm, conformando un grupo estadísticamente igual con el tratamiento 1, los cuales presentaron los valores promedios más altos, entre tanto los tratamientos restantes se agruparon estadísticamente, arrojando valores un poco más bajos, presentando así diferencia significativa respecto al testigo. Para la variable diámetro de tallo no se presentaron diferencias significativas. El testigo fue el tratamiento que presentó mayor número de hojas con un promedio de 8,5 conformando un grupo con los tratamientos 1,2,3,4,7 y 9 los cuales estadísticamente son iguales, los tratamientos 5,6 y 8 obtuvieron promedios bajos diferenciándose estadísticamente del testigo.

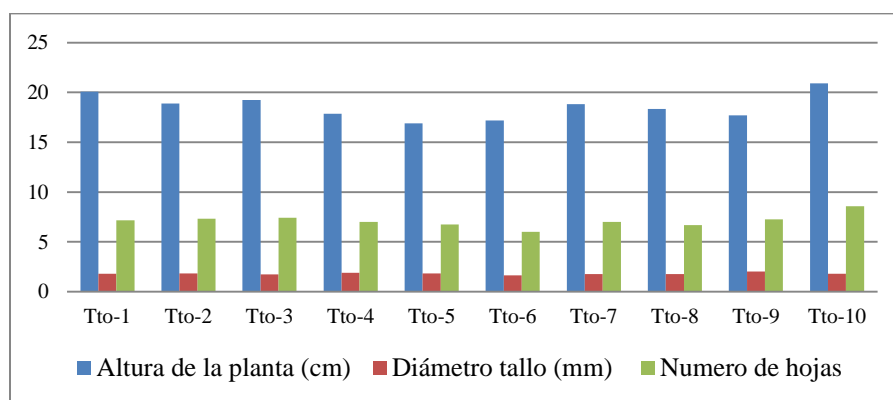
Tabla 5 - Efecto de diez tratamientos con abonos orgánicos en el desarrollo vegetativo de plántulas de café Variedad Castillo 45 días después de siembra.

Tratamiento	Altura de la planta (cm)	Agrup Tuckey	Diámetro tallo (mm)	Agrup Tuckey	Numero de hojas	Agrup Tuckey
1=3/4 + 1/4 % p/p (Coconut)	20,058	ab	1,7917	ab	7,166	Ab
2=2/4 + 2/4 % p/p (Coconut)	18,883	abc	1,8333	ab	7,333	Ab
3=1/4 + 3/4 % p/p (Coconut)	19,225	abc	1,7167	ab	7,416	Ab
4=3/4 + 1/4 % p/p (Mandalay)	17,869	bc	1,8917	ab	7	Ab
5=2/4 + 2/4 % p/p (Mandalay)	16,891	c	1,8083	ab	6,75	B
6=1/4 + 3/4 % p/p (Mandalay)	17,179	bc	1,6167	a	6	B
7=3/4 + 1/4 % p/p (Frigocentro)	18,808	abc	1,75	ab	7	Ab
8=2/4 + 2/4 % p/p (Frigocentro)	18,333	abc	1,7667	ab	6,666	B
9=1/4 + 3/4 % p/p (Frigocentro)	17,7	bc	2,025	ab	7,25	Ab
10= Suelo (Testigo)	20,9	a	1,8	ab	8,583	A

Letras diferentes son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

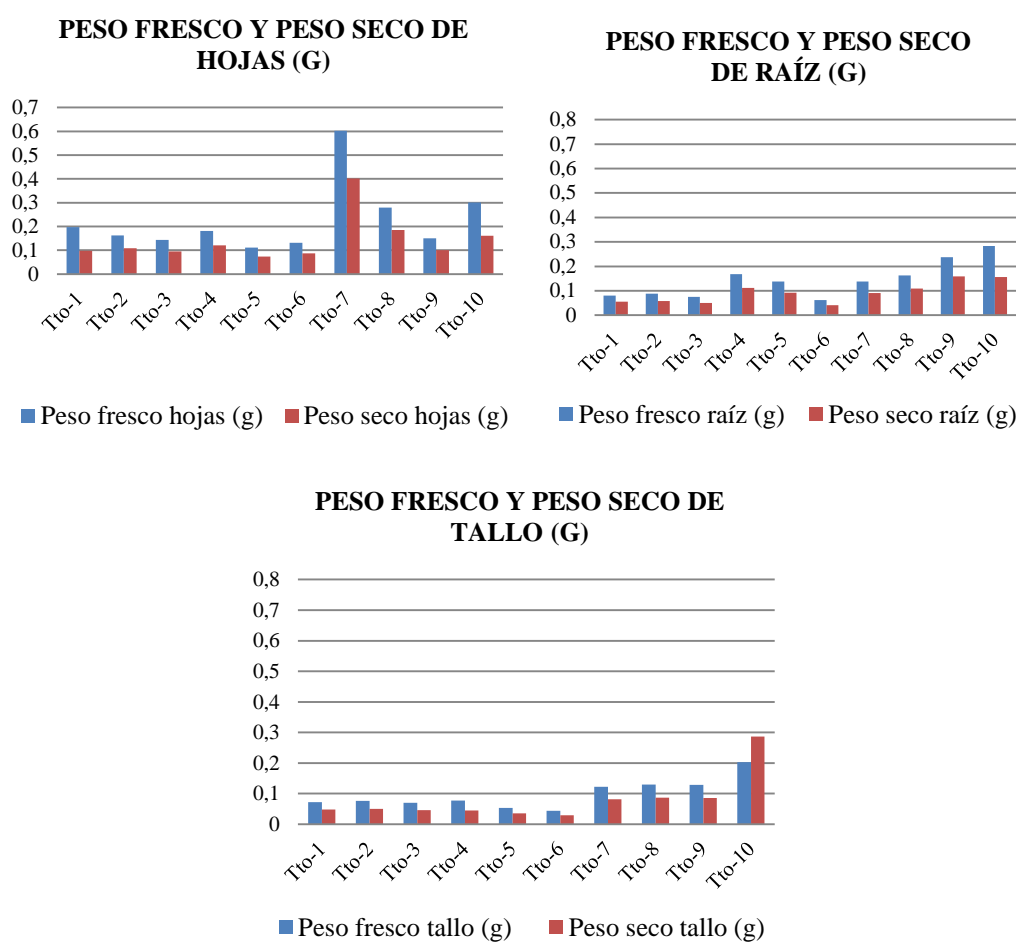
Como se puede observar en la figura 5 el comportamiento de las variables de crecimiento y desarrollo vegetativo es estable para todos los tratamientos, se puede observar un ligero incremento en el tratamiento 7 y el testigo, principalmente para las variables altura de planta y número de hojas.

Figura 5 - Desarrollo vegetativo de plántulas de café bajo diez tratamientos con abonos orgánicos 45 días después de siembra



En la figura 6 se aprecia el comportamiento de las variables peso fresco y seco para los diferentes órganos de la planta (hojas, raíz y tallo), como se puede observar el comportamiento es similar a la evaluación anterior (30 dds) donde los tratamientos 4 y 7 se destacan por su incremento en ambas variables principalmente en hojas y raíz, sin dejar de lado su respuesta positiva en cuanto a peso fresco y seco de tallo. En el caso de las hojas el tratamiento 7 sobrepasa el testigo, mientras que en raíz y tallo el testigo es quien presenta los mayores pesos. Al observar las diferencias significativas entre los tratamientos el tratamiento 7 se diferencia estadísticamente de los demás tratamientos evaluados incluyendo el testigo con el promedio más alto 0,6 gramos para peso fresco y 0,4 gramos para peso seco. Para las variables peso fresco y peso seco de raíz y tallo no se presentaron diferencias significativas (Anexo B).

Figura 6 - Comportamiento de la biomasa fresca y seca de plántulas de café de la Variedad Castilla bajo el efecto de diez tratamientos de abonos orgánicos 45 días después de siembra



11.4. Desarrollo vegetativo y comportamiento de la biomasa en el cuarto monitoreo

En la tabla 6 se observan las diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, en cuanto a la variable altura de planta 60 días después de la siembra. El testigo fue quien presentó mayor altura con 22,66 cm, se conformaron dos grupos estadísticos, donde los tratamientos 1, 4, 7, 8 y el testigo presentaron los valores promedios más altos, entre tanto los tratamientos 2, 3, 5, 6 y 9 arrojaron los valores

más bajos, presentando así diferencia significativa respecto al testigo. Para la variable diámetro de tallo los tratamientos 4, 5, 7, 8, 9 y el testigo arrojaron los valores promedio más elevados, mostrando diferencias significativas con el tratamiento 3 cuyo valor fue el más bajo con 1,6 cm, conformando este un grupo estadístico con los tratamientos 1, 2 y 6. La variable número de hojas el testigo arrojó el mayor número de hojas con un promedio de 10,5, a su vez conformó un grupo con los tratamientos 4, 5, 7, 8 y 9 los cuales estadísticamente son iguales, los tratamientos 1, 2, 3 y 6 se agruparon estadísticamente con los promedios más bajos.

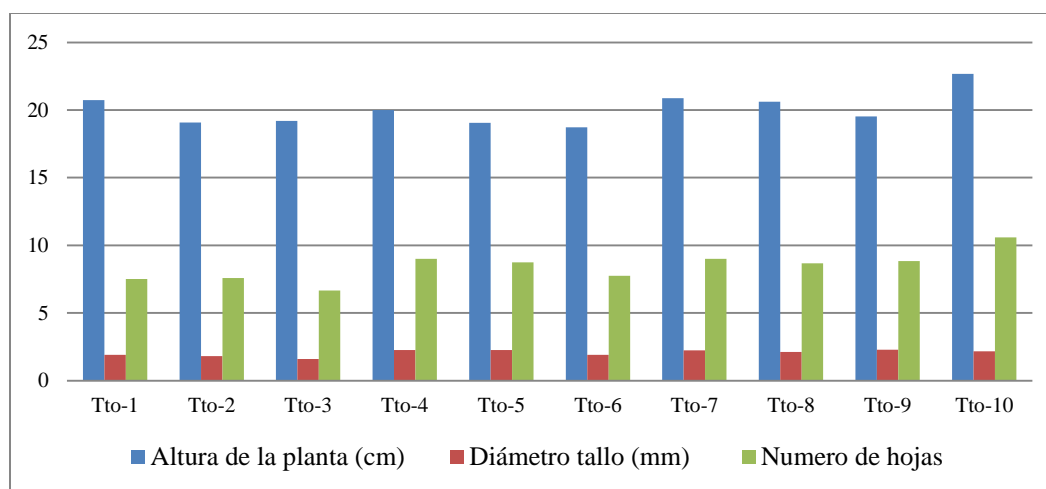
Tabla 6 Efecto de diez tratamientos con abonos orgánicos en el desarrollo vegetativo de plántulas de café Variedad Castillo 60 días después de siembra.

Tratamiento	Altura de la planta (cm)	Agrup Tuckey	Diámetro tallo (mm)	Agrup Tuckey	Numero de hojas	Agrup Tuckey
1	20,733	ab	1,909	abc	7,5	Bc
2	19,074	b	1,816	bc	7,583	Bc
3	19,208	b	1,608	c	6,666	C
4	20	ab	2,266	a	9	Ab
5	19,05	b	2,25	ab	8,75	Ab
6	18,716	b	1,9	abc	7,75	Bc
7	20,883	ab	2,233	ab	9	Ab
8	20,608	ab	2,108	ab	8,666	B
9	19,516	b	2,283	a	8,833	Ab
10	22,666	a	2,166	ab	10,583	A

Letras diferentes son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$)

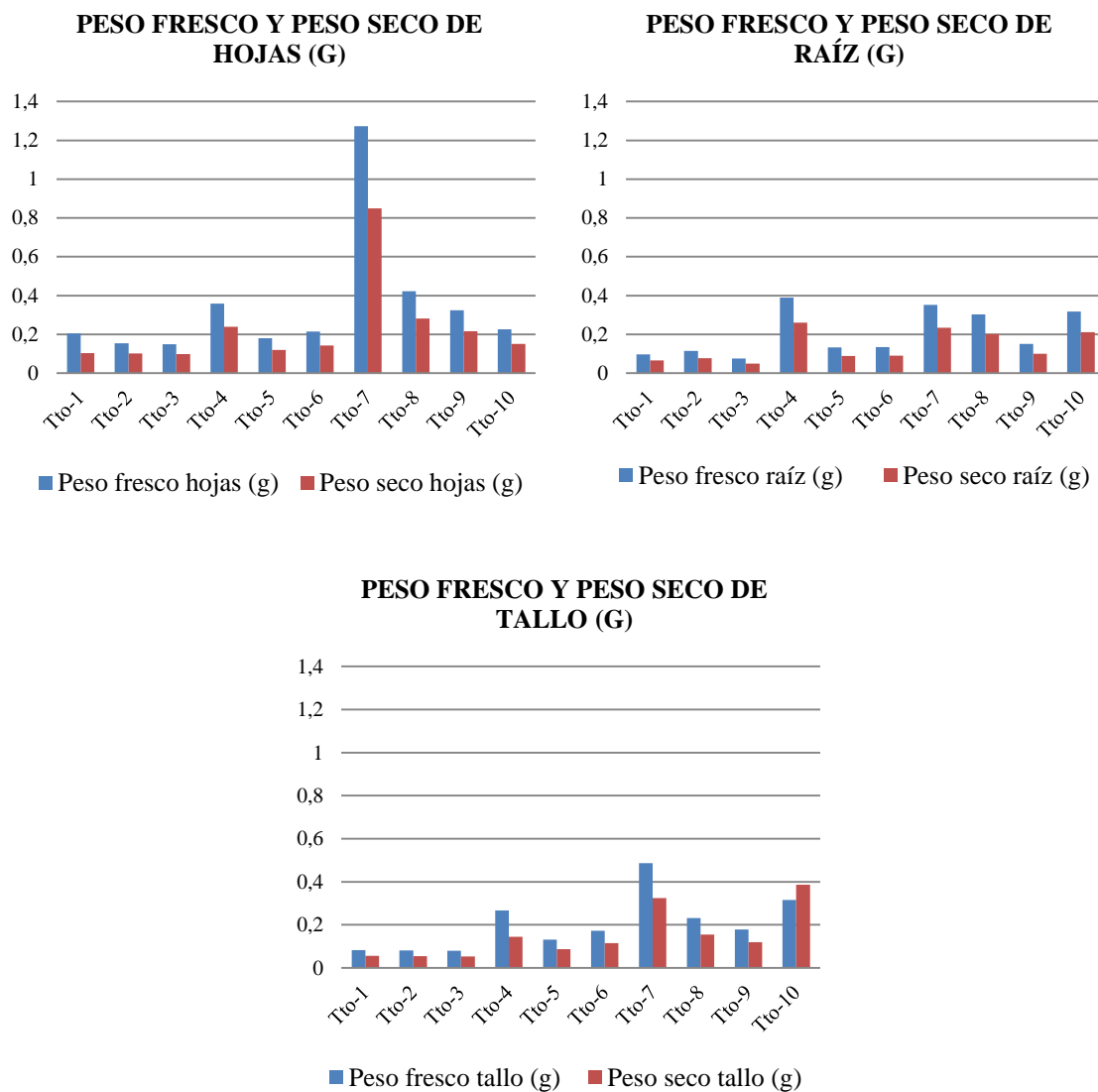
Como se observa en la figura 7 los comportamientos de las tres variables de desarrollo vegetativo es similar, notándose al igual que en la evaluación anterior un ligero incremento de las variables altura y numero de ramas en los tratamientos 4 y 7, siendo el testigo el de mejor comportamiento en estas dos variables.

Figura 7 - Desarrollo vegetativo de plántulas de café bajo diez tratamientos con abonos orgánicos 60 días después de siembra.



El peso fresco y peso seco para hojas, raíz y tallo, presentaron un incremento para los tratamientos 4 y 7 siguiendo la misma dinámica de la evaluación anterior, de esta manera estos dos tratamientos superan al testigo en cuanto a biomasa fresca y seca (Figura 8). Estadísticamente en cuanto a peso fresco y seco de hojas el tratamiento 7 es diferente al resto de tratamientos evaluados con el mayor valor promedio 1,27 y 0,84 gramos respectivamente, entre tanto el peso fresco y seco de raíz es mayor para el tratamiento 4 con 0,39 y 0,26 gramos conformando un solo grupo estadístico y diferenciándose estadísticamente del tratamiento 3, el cual presentó el promedio más bajo. En relación con el peso fresco y peso seco de tallo no se presentaron diferencias estadísticas significativas, destacándose por valor promedio el tratamiento 7 respecto a los demás tratamientos.

Figura 8 - Comportamiento de la biomasa fresca y seca de plántulas de café de la Variedad Castilla bajo el efecto de diez tratamientos de abonos orgánicos 60 días después de siembra.



11.5. Desarrollo vegetativo y comportamiento de la biomasa en el quinto monitoreo

A los 75 días después de siembra, el desarrollo vegetativo presenta diferencias significativas conformándose diferentes grupos estadísticos, donde los tratamientos 7,8 y el testigo arrojan los valores promedios más elevados en cuanto a altura de planta con 22.89, 22.5 y 24.44 cm respectivamente, los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 9 formaron otro grupo con promedios de altura más bajos.

Tabla 7 - Efecto de diez tratamientos con abonos orgánicos en el desarrollo vegetativo de plántulas de café Variedad Castillo 75 días después de siembra.

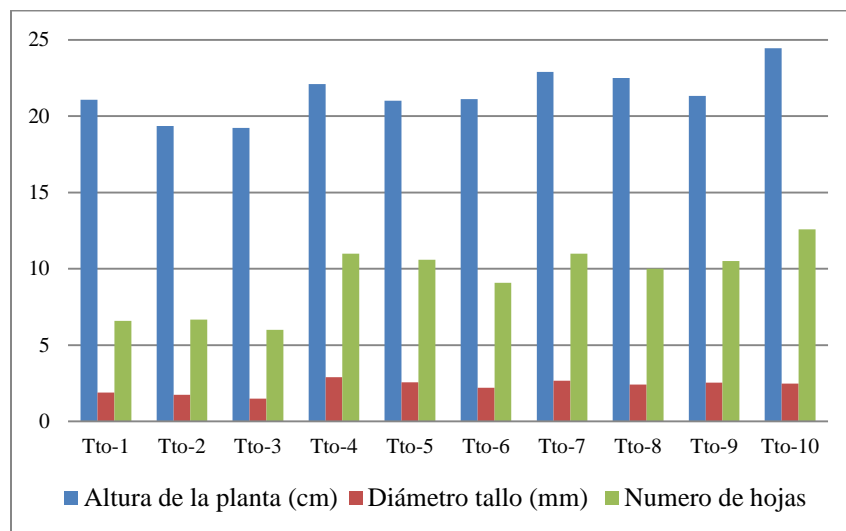
Tratamiento	Altura de la planta (cm)	Agrup Tuckey	Diámetro tallo (mm)	Agrup Tuckey	Numero de hojas	Agrup Tuckey
1	21,066	bc	1,894	cde	6,583	d
2	19,347	c	1,741	de	6,666	dc
3	19,231	c	1,491	e	6	d
4	22,091	abc	2,891	a	11	ab
5	21,004	bc	2,575	ab	10,583	ab
6	21,109	bc	2,217	bcd	9,083	bc
7	22,891	ab	2,675	ab	11	ab
8	22,5	ab	2,425	abc	10	b
9	21,333	abc	2,541	ab	10,5	ab
10	24,441	a	2,483	ab	12,583	a

Letras diferentes son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$)

En cuanto a diámetro de tallo los tratamientos 4, 5, 7 ,9 y el testigo formaron un solo grupo con promedios que oscilaron entre 2,48 y 2,89 cm, los demás tratamientos presentaron promedios más bajos. El mayor número de hojas lo presentó el testigo con 12,58, formando un mismo grupo estadístico con los tratamientos 4, 5, 7, 8 y 9. Como se observa en la figura 9 para las variables altura y número de hojas el testigo es quien

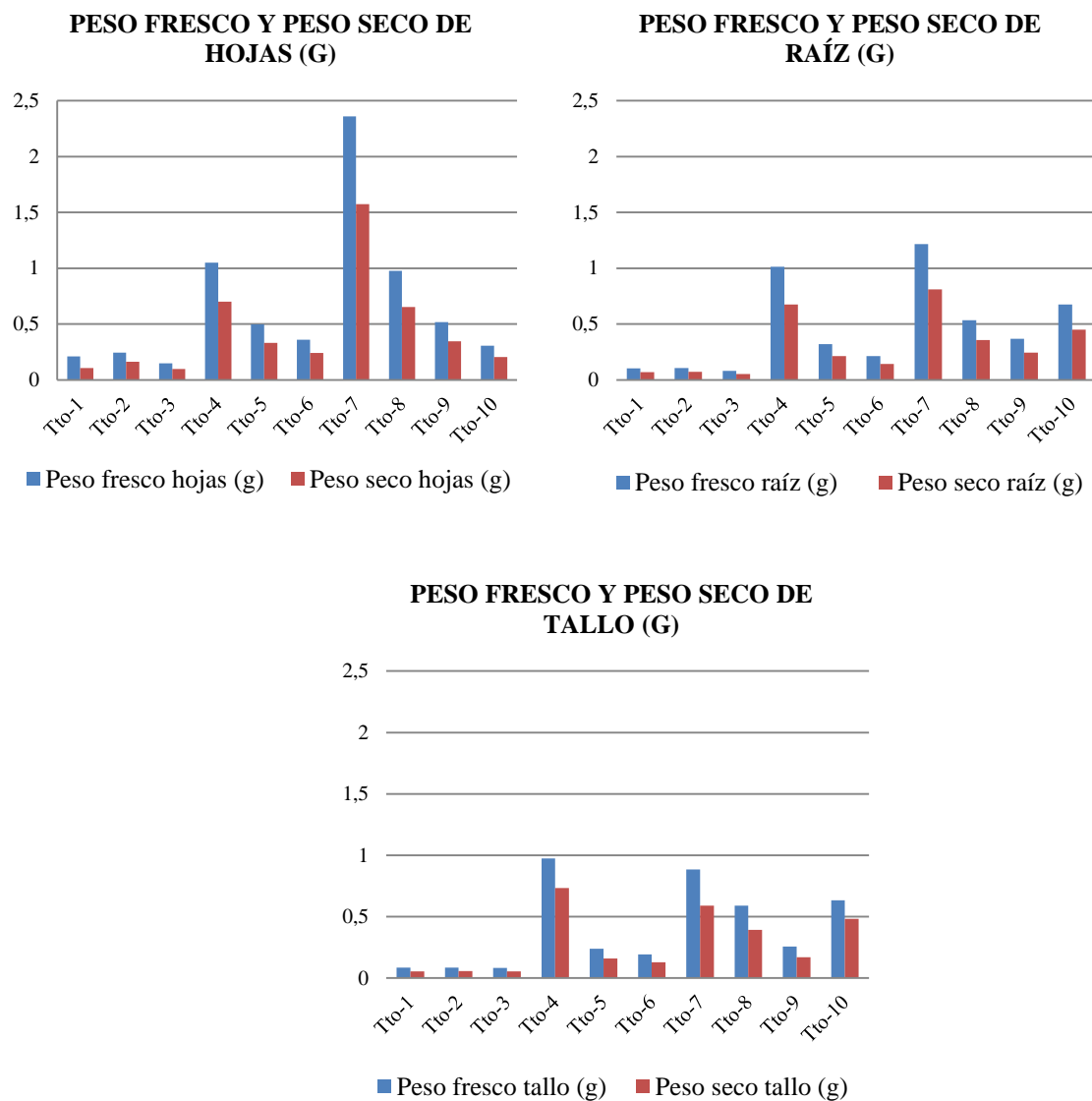
se destaca respecto a los demás tratamientos, los cuales se comportan de manera estable para las tres variables de desarrollo vegetativo.

Figura 9 - Desarrollo vegetativo de plántulas de café bajo diez tratamientos con abonos orgánicos 75 días después de siembra.



Al observar la figura 10, se confirma nuevamente la respuesta de los tratamientos 4 y 7, los cuales se destacan respecto al testigo y resto de tratamientos para las variables de biomasa fresca y seca, lo cual es congruente con la respuesta estadística ya que los tratamientos 4 y 7 se diferencian estadísticamente de los nueve tratamientos evaluados y el testigo.

Figura 10 - Comportamiento de la biomasa fresca y seca de plántulas de café de la Variedad Castilla bajo el efecto de diez tratamientos de abonos orgánicos 75 días después de siembra.



11.6. Desarrollo vegetativo y comportamiento de la biomasa en el sexto monitoreo

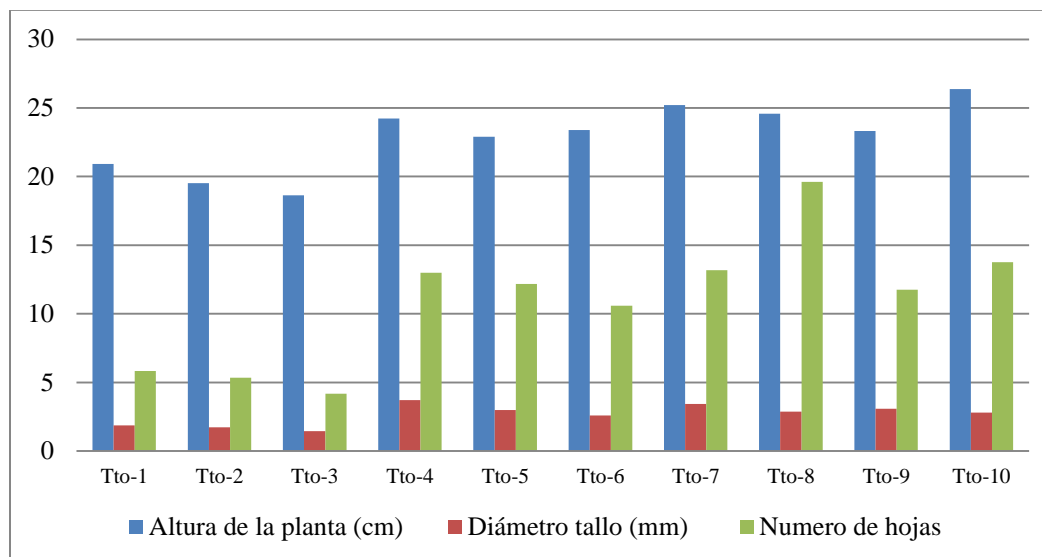
En el último monitoreo tres meses después de sembrada la variedad Caturra en los diferentes sustratos evaluados, se observa un comportamiento similar para la variable altura de rama, donde el testigo continúa presentando el mayor promedio de altura con 26,36 cm, sin embargo estadísticamente es igual a los tratamientos 4,7 y 8; los tratamientos restantes conformaron un grupo estadístico con promedios más bajos que los anteriormente mencionados. En relación con el diámetro de tallo el comportamiento sigue siendo constante aunque el tratamiento 4 se destaca en promedio y estadísticamente del resto de los tratamientos conformando un grupo estadístico con el tratamiento 7. En cuando a desarrollo foliar el tratamiento 8 obtuvo el mayor número de hojas con 19,6 superando al testigo quien venía destacándose en esta variable, estadísticamente conformó un grupo con los tratamientos 4, 5, 6, 7, 9 y 10 (testigo). El comportamiento de las variables para desarrollo vegetativo se observa en la figura 11, donde se aprecia el comportamiento de los tratamientos 4 y 8 respecto a la variable número de hojas, así como la estabilidad de los demás tratamientos para las variables altura y diámetro de tallo.

Tabla 8 - Efecto de diez tratamientos con abonos orgánicos en el desarrollo vegetativo de plántulas de café Variedad Castillo 90 días después de siembra.

Tratamiento	Altura de la planta (cm)	Agrup Tuckey	Diámetro tallo (mm)	Agrup Tuckey	Numero de hojas	Agrup Tuckey
1	20,916	cd	1,873	d	5,833	b
2	19,510	d	1,725	d	5,333	b
3	18,637	d	1,441	d	4,182	b
4	24,225	ab	3,708	a	13	ab
5	22,891	bc	2,991	bc	12,167	ab
6	23,383	abc	2,6	c	10,583	ab
7	25,208	ab	3,425	ab	13,167	ab
8	24,575	ab	2,866	bc	19,608	a
9	23,333	abc	3,075	bc	11,75	ab
10	26,366	a	2,8083	bc	13,75	ab

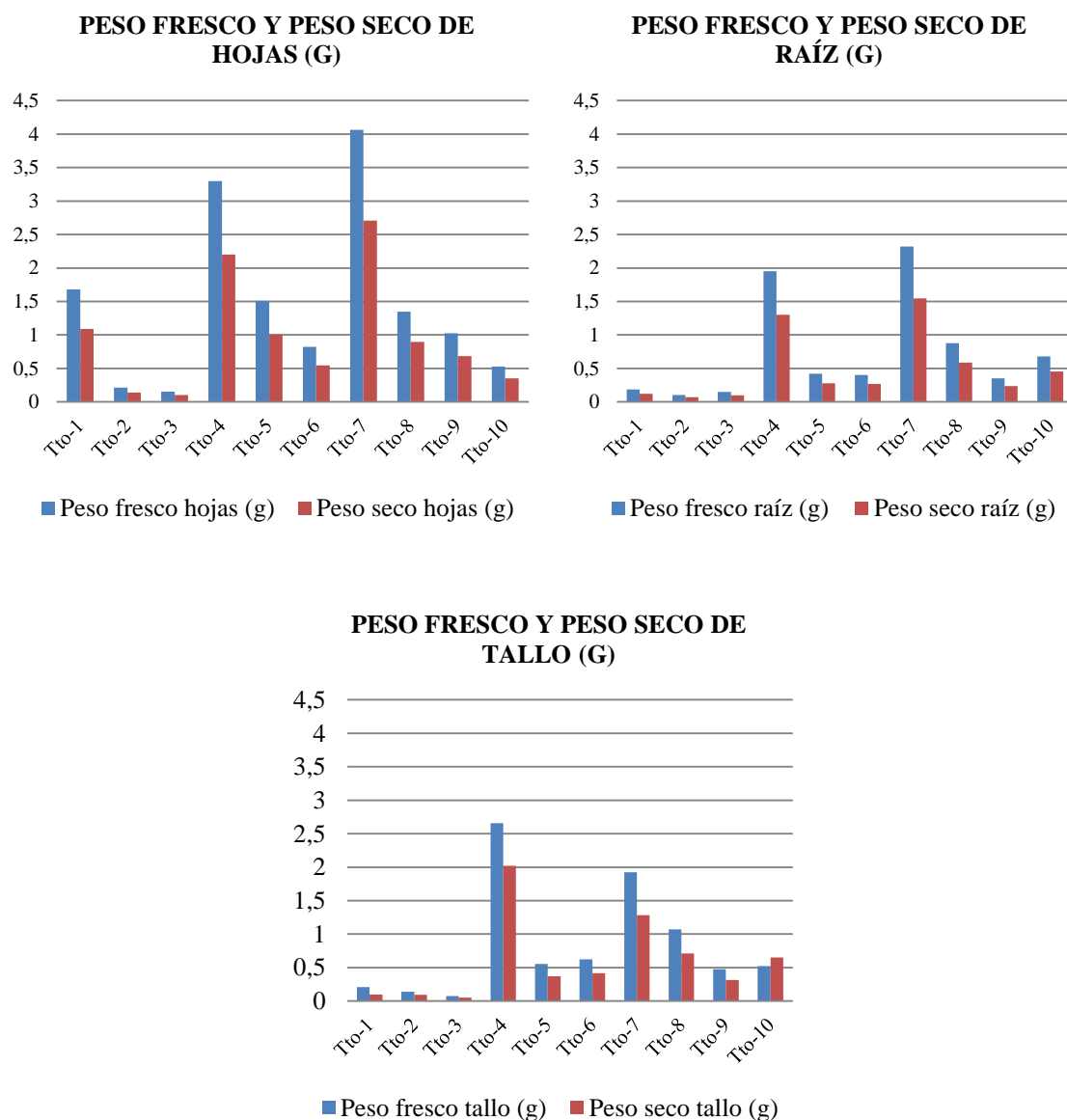
Letras diferentes son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$)

Figura 11 - Desarrollo vegetativo de plántulas de café bajo diez tratamientos con abonos orgánicos 90 días después de siembra.



En la figura 12 se observa el comportamiento de los diez tratamientos respecto a las variables evaluadas de peso fresco y seco de hojas, raíz y tallo. En cuanto a hojas los tratamientos 4 (Mandalay) y 7 (Frigocentro) presentan los mayores promedios, dicho comportamiento es similar para raíz y tallo, donde en peso fresco de raíz obtuvieron 1,95 y 2,31 gramos, respectivamente, entre tanto el peso fresco de tallo fue mayor para el tratamiento 4 con 2,65 gramos mientras que el tratamiento 7 obtuvo 1,92 gramos, sin embargo ambos tratamiento conformaron un solo grupo estadístico.

Figura 12 - Comportamiento de la biomasa fresca y seca de plántulas de café de la Variedad Castilla bajo el efecto de diez tratamientos de abonos orgánicos 90 días después de siembra.



Los requerimientos nutricionales del café varían según el estado de crecimiento. Se distinguen cuatro etapas o fases: germinativa, almácigo, crecimiento vegetativo o

levante, y crecimiento reproductivo o producción. La nutrición en la etapa de almácigo, que corresponde desde la etapa transcurrida desde el trasplante de la chapola en la bolsa hasta el momento de la siembra en el campo y tiene una duración aproximada de seis meses, dependiendo del tamaño de la bolsa, las condiciones climáticas predominantes del lugar y del manejo del almácigo. En esta etapa la planta responde manera positiva a abonos orgánicos y a las aplicaciones de fósforo, cabe resaltar que este elemento interviene en gran número de procesos metabólicos que estimulan la división celular; contribuye en el buen desarrollo radical y en el crecimiento de nuevos brotes. Favorece también la floración y su fertilidad por medio de polen, y es esencial para la buena formación del fruto y de la semilla (Sadeghian, 2008).

La materia orgánica cumple un papel importante en la agregación y el mejoramiento de otras características del suelo. Al aumentar la materia orgánica disminuye la densidad aparente y la resistencia a la penetración, retiene la humedad, mejora el flujo de aire, aumenta la CIC y capacidad buffer, aporta elementos nutritivos y condiciones necesarias para un buen crecimiento y desarrollo de raíces de las plantas (Salamanca, 2008).

11.7. Efecto del abono orgánico sobre el peso seco de raíces

La variable peso seco en función de la proporción de abono orgánico y suelo evaluados en cada tratamiento, presentó un comportamiento similar para los tratamientos 4 y 7, los cuales obtuvieron los promedios más altos, con una proporción de 75% de Compost Mandalay + 25% de suelo y 75% de Compost Frigocentro + 25% de suelo respectivamente, en el caso del Compost **Mandalay** su principal componente es la porquinaza (85%) y para el Compost **Frigocentro**, lombricompost de estiércol animal. Al observar el comportamiento de la variable respecto a los demás tratamientos se puede evidenciar que al disminuir la proporción de abono orgánico y aumentar la proporción de suelo, la masa radical es menor.

En cuanto a la turba **Coconut** no se presenta ninguna respuesta positiva en la biomasa radical, lo cual puede deberse a que es un sustrato poroso, el cual puede mejorar la estructura física del suelo e incrementar el porcentaje de espacio poroso, nivel de aireación y capacidad de infiltración (Herrera, 2011); sin embargo en su componente químico tiene algunas desventajas, en la Tabla 8, se puede observar la composición nutrimental de los tres sustratos evaluados, cuyos valores más bajos en cuanto a porcentaje de proteína, cenizas, nitrógeno y fósforo corresponden a la turba **Coconut**, por el contrario el contenido de materia orgánica es el más elevado con un 93,69%, lo cual posiblemente interfiera sobre el pH del sustrato, acidificándolo, reflejándose esta condición en el desarrollo de la plántula. La composición nutrimental del abono **Mandalay** presenta un alto contenido de proteína siendo mayor a los demás abonos evaluados, en cuanto a cenizas es el abono **Frigocentro** el cual presenta el mayor contenido, sin embargo sobresale **Mandalay** en los contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, teniendo un efecto importante en el peso seco de raíces (Anexo C).

Tabla 9 - Contenido nutrimental de tres abonos orgánicos evaluados (Reporte de resultados análisis realizado por la Universidad de Caldas).

Producto comercial	Contenido Nutrimental (%)					
	Proteína	Cenizas	N	P	K	MO
Compost Mandalay	22,94	29,56	3,67	0,42	1,19	70,44
Compost Frigocentro	10,06	58,23	1,61	0,25	0,62	41,77
Turba Coconut	8,25	6,31	1,32	0,15	1,02	93,69

El Compost **Mandalay** está compuesto de 85% de porquinaza, viruta: 10%, residuos sólidos orgánicos domiciliarios 5% y microorganismos eficientes. Según Sosa, 2005, el estercolado es capaz de actuar positivamente sobre la condición física de los

suelos. Así, se han logrado importantes disminuciones de la densidad aparente, aumentos de la porosidad total, de la macro porosidad y de la estabilidad estructural y mejoras en la capacidad de almacenaje de agua del suelo, mediante la incorporación al suelo de variados tipos de estiércoles.

La condición biológica es otro aspecto afectado por la práctica del abonado orgánico. El estiércol ejerce un efecto favorable en tal condición por el gran y variado número de bacterias que posee. Éstas producen transformaciones químicas no sólo en el estiércol mismo sino, además, en el suelo, haciendo que muchos elementos no aprovechables por las plantas puedan ser asimilados por ellas. Además, el estercolado puede aumentar la población y la actividad de algunos componentes de la fauna edáfica, como por ejemplo las lombrices. Existen otras razones que resaltan el carácter fertilizante de los estiércoles, una de ellas es que incluyen todos los nutrientes vegetales, pues, además de los tres esenciales, también contienen magnesio, calcio, azufre y micronutrientes. Sin embargo el estercolado en dosis elevadas es capaz de incrementar la salinidad edáfica, elevar el pH y aumentar la concentración en el suelo de nitrato, amonio y otros iones tóxicos. Los dos primeros efectos se relacionan con las características propias de los estiércoles. En general, los excrementos animales son alcalinos, fundamentalmente por liberar nitrógeno en forma de urea, que se descompone formando amoníaco. Contenidos relativamente altos de sales y/o una reacción básica pueden constituirse en factores perjudiciales para las plantas de los cultivos, especialmente durante la germinación y la emergencia (Sosa, 2005).

El Compost **Frigocentro** es producido a través de la lombricultura, aprovechando el estiércol de los animales. Cabe resaltar que el lombricompost puede tener efectos sobre la germinación, crecimiento, floración, fructificación y rendimiento de la mayoría de los cultivos. Debido a que el lombricompost es tan rico en nutrientes que las plantas tienen mayores crecimientos que aumentan sus rendimientos, en las tasas de aplicación relativamente bajas en sustratos o suelos. Se ha demostrado de manera concluyente en la Universidad Estatal de Ohio, que estas respuestas de las plantas

pueden ser debidas a la producción de reguladores de crecimiento como el ácido indolacético (AIA), quinetina, giberelinas o bien asociadas con los ácidos húmicos y fúlvicos. Estas sustancias se producen por las interacciones entre las lombrices de tierra y los microorganismos. Está demostrado que las hormonas adsorbidas en humatos y fulvatos se liberan lentamente en los suelos y favorecen el crecimiento de las plantas durante todo el período vegetativo o incluso de varias temporadas de cultivo (Edwards et al, 2004).

Es importante resaltar que el suelo con el cual se realizaron las mezclas para el sustrato corresponde a la unidad Chinchiná, estos suelos se caracterizan por presentar una elevada capacidad para almacenar agua, son derivados de cenizas volcánicas, livianos, de baja densidad aparente ($< 0,8 \text{ g.cm}^{-3}$) y alta porosidad. Su condición química es la de un andisol típico, dado que la materia orgánica y la retención de fosfatos es bastante elevada, Tabla 10. El nivel de potasio puede encontrarse en un tenor mediano a bajo, mientras que el de calcio y magnesio tiende a disminuir conforme aumenta la pluviosidad en la zona (Gonzales & Salamanca, 2005).

Tabla 10 - Características químicas de los suelos de la unidad Chinchiná.

Unidad de suelo	Prof (cm)	pH	N	MO	K	Ca	Mg	P
			%			(cmol(+)/kg)		
Chinchiná	0-15	5	0,17	12,2	0,25	1	0,1	32

Fuente: Osorio y Salamanca, 2005

En la tabla 10, se presenta el componente químico del suelo empleado en la preparación de cada tratamiento evaluado, incluyendo el testigo, se observa un valor de pH de 5,6, es decir un suelo moderadamente ácido, característico de la zona, los contenidos de materia orgánica y el potasio se encuentran dentro del rango establecido para ésta unidad; sin embargo, el contenido de fósforo es bastante bajo, lo cual está relacionado con el pH del suelo, es importante recordar que el contenido de fósforo

disponible en el suelo es una variable dinámica, fuertemente influenciada por las propiedades del suelo, la planta y las condiciones ambientales, de igual manera el pH del suelo dentro del cual se observa la máxima disponibilidad de fósforo se encuentra entre 6,5 y 7,5. Las causas de este comportamiento se asocian fundamentalmente a que en este rango ocurre la máxima solubilidad de las formas de fósforo inorgánico del suelo. Así, en rangos de pH ácido hasta 6,5, se reduce la solubilidad de fosfatos de hierro y aluminio y aumenta la solubilidad de las formas ligadas al calcio (Bernier & Bortolameolli, 2000).

En consecuencia algunas características químicas del suelo cambian por efecto de la aplicación de abonos orgánicos, entre estos se encuentra el contenido de materia orgánica; derivado de esto aumenta el porcentaje de nitrógeno total, la capacidad de intercambio de cationes, el pH y la concentración de sales (Santos, 1987).

Tabla 11 - Componente químico del suelo empleado en la mezcla de sustratos y el testigo.

Muestra	Contenido Nutricional											Textura
	pH	N	MO	P	K	Ca	Mg	Na	Arena	Limo	Arcilla	
		%	(mg/kg)		(cmol(+)/kg)					%		
Testigo	5,6	0,5	13,8	9	0,21	5,22	0,49	0,206	60	34	6	F-A

Al analizar la respuesta del testigo, existe un mayor promedio de peso seco de raíces en relación con los demás tratamientos, esta situación posiblemente se genere, por la composición física y química del suelo, el cual, proporciona ciertas condiciones favorables para el desarrollo de raíces; sin embargo al combinar dicho suelo con los abonos Mandalay y Frigocentro en proporción 75%:25%, se observa una diferencia considerable respecto al testigo, manifestándose en un mayor crecimiento de la unidad radical, situación que puede explicarse por los cambios en las propiedades químicas una vez se realiza la mezcla. Lo anterior está asociado además, al incremento de la actividad biológica, los microorganismos influyen en muchas propiedades del suelo y

también ejercen efectos directos en el crecimiento de las plantas. En la mayoría de los casos, el incremento de la actividad biológica, repercute en el mejoramiento de la estructura del suelo por efecto de la agregación que los productos de la descomposición ejercen sobre las partículas del suelo, aumentando las condiciones de fertilidad (Santos, 1987).

11.8. Efecto del abono orgánico sobre el peso seco de la parte aérea de la planta

Al analizar los promedios arrojados de peso seco de la parte aérea de la planta (hojas y tallos), se encontró un comportamiento similar al de la variable peso seco de raíces, indicando que el desarrollo aéreo de la planta es directamente proporcional al sistema radical de la misma. Al igual que en el peso seco de raíces los tratamientos 4 y 7 presentaron los promedios más elevados en proporción del 75%, cabe resaltar que además del contenido nutrimental de estos dos abonos (Compostaje Mandalay y Compostaje Frigocentro), la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de una planta es el resultado final de un conjunto ordenado de procesos metabólicos y de transporte que gobiernan el flujo de asimilados a través de un sistema fuente–sumidero. Las actividades involucradas en este proceso no son estáticas y pueden cambiar diariamente y a lo largo del período de desarrollo de la planta.

Los asimilados, producidos por la fotosíntesis en los órganos fuente (principalmente las hojas), pueden ser almacenados o translocados, vía floema, a los diferentes órganos sumideros existe una regulación de la distribución de materia seca entre las raíces y la parte aérea de las plantas, la cual puede ser descrita por un equilibrio funcional entre la actividad del sistema radical (absorción de agua y nutrientes) y la actividad de la parte aérea fotosíntesis); es decir, la relación entre la masa de raíces y la masa de la parte aérea es proporcional a la relación entre la actividad específica de la parte aérea y la de las raíces (Peil y Galvez, 2005).

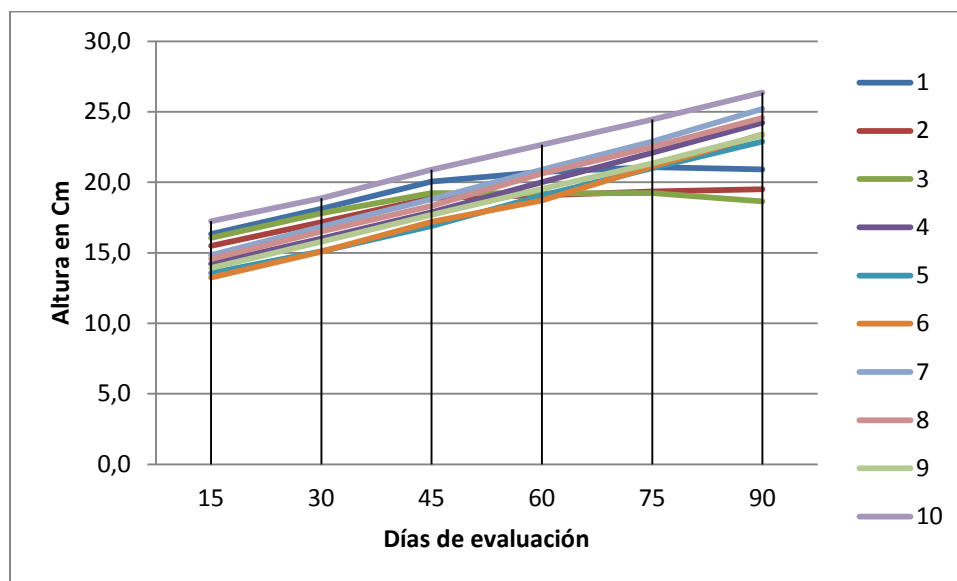
Los factores que incrementan la actividad específica del sistema radical, tales como el aporte adecuado de agua o de macronutrientes (especialmente nitrógeno), el aumento del potencial hídrico y una temperatura óptima para el funcionamiento de las raíces reducen la distribución proporcional de materia seca hacia las raíces. Como contrapartida, los factores que estimulan la actividad específica de la parte aérea, tales como el incremento de la concentración de CO₂, de la intensidad de luz o de la longitud del fotoperiodo, aumentan la distribución de materia seca a las raíces.

Inicialmente, la hoja recién desplegada se comporta más como sumidero, importando asimilados procedentes de otras hojas, hasta que alcanza el 30% de su tamaño final, cuando la importación cesa gradualmente y la hoja pasa de importar a exportar carbono. Cuando la hoja ha alcanzado su máxima expansión foliar y presenta a la vez la máxima actividad fotosintética, es esencialmente un órgano fuente de asimilados, y el balance de carbono la convierte, sobre todo, en exportador.

Por último, durante la fase de senescencia se produce una exportación masiva de carbono de la hoja, que va acompañada por un descenso gradual de la actividad fotosintética (Galvez, 2005).

11.9. Comportamiento de la altura de la planta

Figura 13 - Altura de Planta a través del tiempo de evaluación.



En el gráfico se observa que en los primeros 15 días, las chapolas sembradas en suelo (tratamiento 10), fueron las de mayor crecimiento con 17,2 cm, mientras que los tratamientos 5 ($2/4 + 2/4$ % p/p Mandalay) y 6 ($1/4 + 3/4$ % p/p Mandalay) fueron los que ganaron menos altura con solo 13,6 y 13,2 cm respectivamente.

Cuando se analizan los incrementos en la altura entre los 15 y los 30 días, los mayores incrementos se observan en los tratamientos 2 ($2/4 + 2/4$ % p/p Coconut), 3 ($1/4 + 3/4$ % p/p Coconut), con un incremento de 1,7 y 1,8 cm respectivamente, luego de esto el crecimiento de las chapolas en el tratamiento fue inferior a 0,5 cm en los siguientes muestreos y el tratamiento tres dejó de crecer hasta el final del muestreo. En el periodo de 30 y 45 días después de sembradas las chapolas el mayor aumento de altura se observa en el tratamiento 10 (solo suelo). Con dos centímetros, seguidos de los tratamientos uno ($3/4 + 1/4$ % p/p Coconut) con 1,9 centímetros siendo estadísticamente iguales. En el periodo de 45 a 60 días, el mayor incremento de altura

se encontró en tratamiento 8 ($2/4 + 2/4$ % p/p Frigocentro) con 2,3 centímetros, mientras que en el periodo de 65 a 75 días el mayor incremento lo mostraron las chapolas del tratamiento 6 ($1/4 + 3/4$ % p/p Mandalay) con 2,4 centímetros. En el último periodo de evaluación entre los 75 y 90 días, el tratamiento 7 ($3/4 + 1/4$ % p/p Frigocentro) fue el de mayor crecimiento con 2,3 centímetros.

Haciendo un análisis del crecimiento total d en cada uno de los tiramientos, se aprecia que el tratamiento 7 ($3/4 + 1/4$ % p/p Frigocentro) fue el de mayor crecimiento con un total de 10,4 centímetros, el segundo mayor crecimiento de las chapolas entre los 15 y 90 días se dio en el tiramiento 6 ($1/4 + 3/4$ % p/p Mandalay) con 10,1 centímetros, indicando que hay un efecto del tratamiento es decir se presenta una incidencia del compostaje de Frigocentro y Mandalay sobre el crecimiento de las chapolas cuando los comparamos con el crecimiento de las chapolas sembradas en suelo únicamente (Tabla 11).

Tabla 12 - Incremento de altura de las chapolas en los diferentes periodos de evaluación y su incremento total en cada uno de los tratamientos.

TRATAMIENTOS	PERIODOS DE EVALUACION DIAS.					INCREMENTO TOTAL
	15-30	30-45	45-60	60-75	90-75	
1=25% + 75% % p/p (Coconut)	1,8	1,9	0,7	0,3	-0,2	4,6
2=50% + 50% % p/p (Coconut)	1,7	1,7	0,2	0,3	0,2	4,0
3=25 + 75 % p/p (Coconut)	1,8	1,4	0,0	0,0	-0,6	2,6
4=75 + 25% p/p (Mandalay)	1,8	1,9	2,1	2,1	2,1	10,0
5=50% + 50 % p/p (Mandalay)	1,5	1,8	2,2	2,0	1,9	9,3
6=25% + 75% p/p (Mandalay)	1,8	2,1	1,5	2,4	2,3	10,1
7=75% + 25 % p/p (Frigocentro)	2,0	2,0	2,1	2,0	2,3	10,4
8=50% + 50 % p/p (Frigocentro)	2,0	1,8	2,3	1,9	2,1	10,0
9=25% + 75 % p/p (Frigocentro)	1,9	1,9	1,8	1,8	2,0	9,4
10= Suelo (Testigo)	1,6	2,0	1,8	1,8	1,9	9,1

11.9.1. Acumulación de materia seca

En el presente estudio se analizó el incremento en la acumulación de materia seca de las chapolas de café en las hojas, el tallo y la raíz, para conocer el efecto de los diferentes sustratos sobre el crecimiento de las chapolas de café antes de ser plantadas en el sitio definitivo en el campo.

11.9.2. Acumulación de materia seca de las hojas

En el primer muestreo realizado a los 15, se encontró que la mayor acumulación de materia seca se presentó en las chapolas sembradas en suelo sin ningún suplemento con 0,08 gramos, ya en la segunda evaluación el tratamiento 2 (50% + 50% % p/p Coconut), presenta igual cantidad de materia seca acumulada que el testigo es decir las chapolas sembradas en suelo sin ningún suplemento, estos dos tratamiento fueron los de mayor acumulación de materia seca a los 30 días después de plantadas. A los 45 días después de plantadas las chapolas en los diferentes sustratos, la mayor acumulación de materia seca se encontró en el tratamiento 8 (50% + 50 % p/p Frigocentro) con 0,19 gramos, superior a las chapolas sembradas en suelo sin suplemento el cual solo alcanzo una acumulación de 0,16 gramos (Tabla 13).

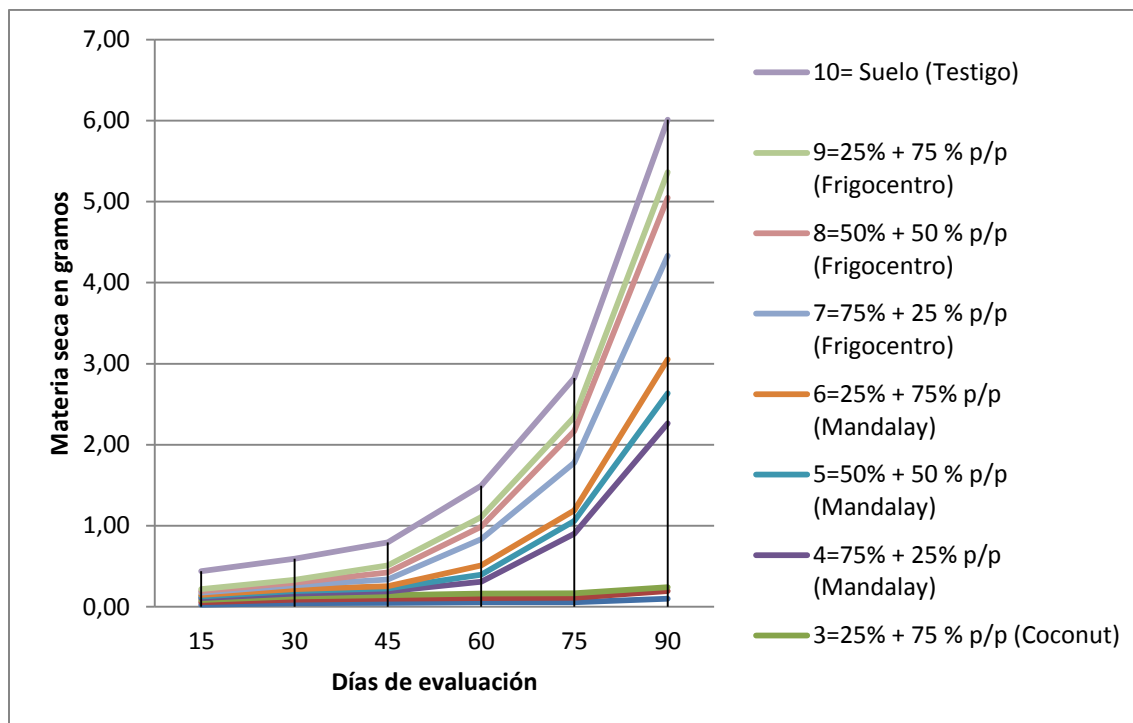
Tabla 13 - Acumulación de materia seca para cada tratamiento.

PESO SECO HOJAS G.						
TRATAMIENTOS	EVALUACION EN DIAS					
	15	30	45	60	75	90
1=75% + 25% % p/p (Coconut)	0,05	0,08	0,10	0,10	0,11	1,09
2=50% + 50% % p/p (Coconut)	0,07	0,10	0,11	0,10	0,16	0,14
3=25 + 75 % p/p (Coconut)	0,06	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10
4=75 + 25% p/p (Mandalay)	0,06	0,08	0,12	0,24	0,70	2,20
5=50% + 50 % p/p (Mandalay)	0,05	0,07	0,07	0,12	0,33	1,01
6=25% + 75% p/p (Mandalay)	0,05	0,07	0,09	0,14	0,24	0,55
7=75% + 25 % p/p (Frigocentro)	0,07	0,17	0,40	0,85	1,57	2,71
8=50% + 50 % p/p (Frigocentro)	0,05	0,08	0,19	0,28	0,65	0,90
9=25% + 75 % p/p (Frigocentro)	0,06	0,09	0,10	0,22	0,34	0,68
10= Suelo (Testigo)	0,08	0,10	0,16	0,15	0,20	0,35

A los 60 días después de ser plantadas las chapolas, la mayor acumulación de materia seca se aprecia en el tratamiento 7 (75% + 25 % p/p Frigocentro) con un total de 0,85 gramos por planta, superando al testigo en 0,70 gramos, mientras que a los días después de plantadas, la plantas que más acumularon materia seca fueron la plantadas en el sustrato del tratamiento 4 (75 + 25% p/p Mandalay). A los 90 días después de plantadas la chapolas y cuando finaliza el periodo de evaluaciones, se observa que la mayor acumulación de materia seca se da en las plántulas o chapolas del tratamiento 7 (75% + 25 % p/p Frigocentro) que igualmente había alcanzado la mayor acumulación a los 60 días de plantadas.

Como se muestra en la figura 14 que en promedio la mejor acumulación de materia seca se presentó en el tratamiento en el tratamiento 7, sustrato compuesto por 75% de suelo + 25 % Frigocentro pesos a pesos. Igualmente se parecía que entre los 15 y 30 días después de plantadas la chapolas en los diferentes sustratos, las de mayor acumulación de materia seca fueron las plantadas en el tratamiento 8 (50% + 50 % p/p Frigocentro). El tratamiento 7=75% + 25 % p/p Frigocentro) fue el de mayor acumulación de materia seca en las hojas desde los 30 hasta los 75 días, mientras que en el periodo entre los 75 a 90 días después de plantadas las chapolas fue superado por el tratamiento 4 (75 + 25% p/p Mandalay) el cual acumulo en promedio 1,5 gramos de materia seca, 0,37 gramos más que el tratamiento 7 y 1,35 gramos más que el testigo. Al final la mayor acumulación de materia seca se presentó en el tratamiento 4, mostrando que hay un efecto del suplemento del suelo con el 25% p/p de Mandalay.

Figura 14 - Acumulación de materia seca en las hojas a través del tiempo de los diferentes tratamientos.



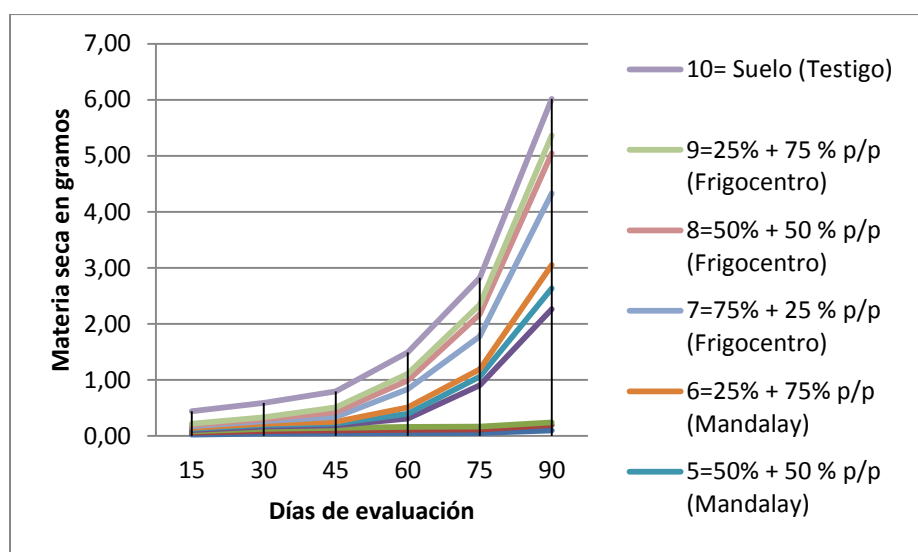
11.9.3. Acumulación de materia seca en los tallos.

Durante el periodo de evaluación, se aprecia que durante los primeros 60 días, la mayor acumulación de materia seca se observó en las plántulas que sembradas en un sustrato conformado por solo suelo (testigo), donde acumulo 0,39 gramos, a partir de los 60 días no gano tanto peso como el tratamiento 4 (75% + 25% p/p Mandalay) quien lo supero en cerca de 0,49 gramos de materia seca. El testigo gano solo 0,10 gramos en el periodo comprendido entre los 60 y los 75 días, mientras el tratamiento 4, gano 0,59 gramos en el mismo periodo.

El tratamiento 4, donde se sembraron las chapolas con 75% de suelo y 25% con suplemento de Mandalay pesos a peso, fue en definitiva el que mayor peso seco

presento al final de los 90 días de evaluación con 2,0 gramos. Mientras que el testigo (solo suelo), solo acumuló 0,43 gramos de materia seca en los tallos. El segundo mejor tratamiento fue el 7 (75% + 25 % p/p Frigocentro), superando también al testigo en 0,82 gramos, otro tratamiento que también supero el testigo fue el 8 (50% + 50 % p/p Frigocentro) (Figura 15).

Figura 15 - Acumulación de materia seca en los tallos de las chapolas en los diferentes tratamientos durante 90 días.



En la tabla 14, se presentan las ganancias de materia seca en cada uno de los periodos de evaluación. En ella se aprecia como el testigo, es decir las chapolas sembradas solo en suelo como sustrato, fue el de mayor acumulación de materia seca durante los 45 primeros días, a partir de este los cuales fu superado por el tratamiento 7 (75% + 25 % p/p Frigocentro), al final de los 60 días, el cual fue el de mayor acumulación para esta fecha. Entre los 60 y los 75 días la mayor acumulación de materia seca se encontró en el tratamiento 4 (75% + 25% p/p Mandalay) con 0,59 gramos y fue el de mayor acumulación también entre los 75 y 90 días con 1,29 gramos de materia seca en sus tallos.

Tabla 14 - Acumulación de materia seca en los tallos de las chapolas sembradas en cada uno de los sustratos durante 90 días.

TRATAMIENTOS	PERIODOS DE EVALUACION DIAS.				
	15-30	30-45	45-60	60-75	75 - 90
1=75% + 25% % p/p (Coconut)	0,02	0,00	0,01	0,00	0,04
2=50% + 50% % p/p (Coconut)	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
3=25% + 75 % p/p (Coconut)	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
4=75% + 25% p/p (Mandalay)	0,01	0,01	0,10	0,59	1,29
5=50% + 50 % p/p (Mandalay)	0,01	0,01	0,05	0,07	0,21
6=25% + 75% p/p (Mandalay)	0,01	0,00	0,09	0,01	0,29
7=75% + 25 % p/p (Frigocentro)	0,02	0,04	0,24	0,27	0,69
8=50% + 50 % p/p (Frigocentro)	0,02	0,05	0,07	0,24	0,32
9=25% + 75 % p/p (Frigocentro)	0,01	0,05	0,03	0,05	0,15
10= Suelo (Testigo)	0,04	0,03	0,10	0,10	0,17

11.9.4. Acumulación de materia seca en la raíz.

Igual que ha pasado en los casos anteriores, el tratamiento 7 (75% + 25 % p/p Frigocentro) fue el de mayor acumulación de materia seca en la raíz con un total de 1,52 gramos en los 90 días de evaluación (Tabla 15).

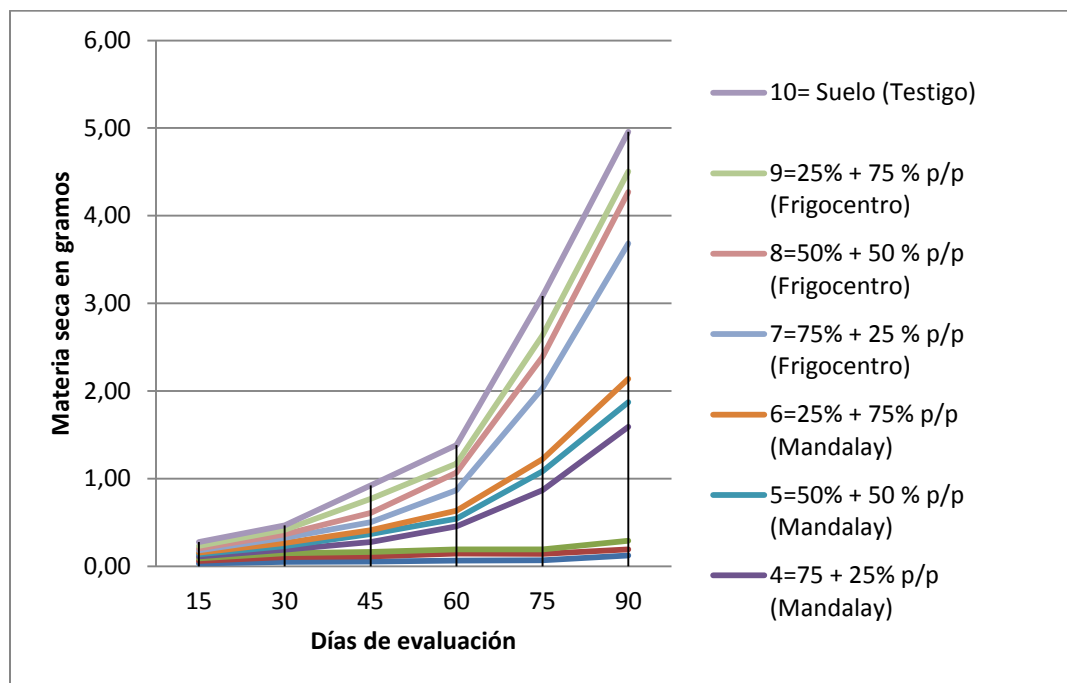
Tabla 15 - Acumulación de materia seca en la raíz de las chapolas durante 90 días de evaluación en los diferentes tratamientos

TRATAMIENTOS	EVALUACION EN DIAS						ACUMULACION TOTAL
	15	30	45	60	75	90	
1=75% + 25% % p/p (Coconut)	0,03	0,05	0,06	0,07	0,07	0,12	0,09
2=50% + 50% % p/p (Coconut)	0,03	0,05	0,06	0,08	0,07	0,07	0,04
3=25 + 75 % p/p (Coconut)	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,10	0,07
4=75 + 25% p/p (Mandalay)	0,02	0,04	0,11	0,26	0,68	1,30	1,28
5=50% + 50 % p/p (Mandalay)	0,02	0,04	0,09	0,09	0,21	0,28	0,26
6=25% + 75% p/p (Mandalay)	0,02	0,03	0,04	0,09	0,14	0,27	0,25
7=75% + 25 % p/p (Frigocentro)	0,02	0,06	0,09	0,23	0,81	1,55	1,52
8=50% + 50 % p/p (Frigocentro)	0,02	0,04	0,11	0,20	0,36	0,59	0,56
9=25% + 75 % p/p (Frigocentro)	0,03	0,05	0,16	0,10	0,24	0,23	0,21
10= Suelo (Testigo)	0,04	0,05	0,16	0,21	0,45	0,45	0,41

En la primera evaluación realizada a los 15 días de establecidas las chapolas en cada uno de los sustratos, se encuentra que el testigo, es decir donde las chapolas estuvieron en solo suelo, presentaron la mayor acumulación de materia seca con 0,04 gramos, a los 30 días, la mayor acumulación la presento en las raíces de las chapolas del tratamiento 7 (75% + 25 % p/p Frigocentro).

En la figura 16, se aprecia como todos los tratamientos tienen su mayor incremento de materia seca entre los 60 y 90 días, siendo más significativa los incrementos de las chapolas sembradas en el tratamiento 7, en un sustrato compuesto por 75% abono Frigocentro y 25% de suelo. Esto demuestra que la mezcla de suelo y un suplemento orgánico estimula la acumulación de materia seca.

Figura 16 - Acumulación de materia seca en la raíz de las chapolas en los diferentes tratamientos durante 90 días.



11.9.5. Acumulación de materia seca total.

En la tabla 16, se muestra la materia seca total acumulada por las plántulas de café tanto en las hojas tallo y raíces, donde se puede ver que la mayor acumulación de materia seca se presentó en el tratamiento 7, donde las chapolas fueron sembradas en un sustrato compuesto por 75% de abono y 25% de suelo de Frigocentro, con una acumulación total de 5,54 gramos, superando al testigo donde las chapolas fueron sembradas en un sustrato de solo suelo y mostrando una diferencia en 4,08 gramos y al segundo mejor tratamiento el número 4, donde las chapolas fueron plantadas en un sustrato compuesto de 75% abono Mandalay y 25% suelo, con una diferencia de en solo 0,02 gramos de materia seca, siendo estadísticamente considerados iguales. Esto

indica que para el desarrollo de plántulas de café en los primeros 90 días es posible usar cualquiera de estos dos sustratos.

Estos resultados concuerdan con lo afirmado por Salamanca y Sadeghian en 2008, donde manifiestan que en sustratos conformados por un 75% de suelo y 25% de lombricomposto, causaron un incremento en el contenido de materia seca en un almacigo de café, luego de un experimento con diferentes dosis de lombrinaza.

Salamanca, A; Sadeghian, S. Almacigo de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos de diferentes contenidos de materia orgánica. *Cenicafe*, 59 (2):91-102. 2008.

Tabla 16 - Acumulación de materia seca total en gramos de cada uno de los tratamientos a los 90 días de evaluación.

TRATAMIENTOS	EVALUACION EN DIAS			ACUMULACION TOTAL
	TALLO	HOJAS	RAIZ	
1=75% + 25% % p/p (Coconut)	0,10	1,09	0,12	1,31
2=50% + 50% % p/p (Coconut)	0,09	0,14	0,07	0,30
3=25 + 75 % p/p (Coconut)	0,05	0,10	0,10	0,25
4=75 + 25% p/p (Mandalay)	2,02	2,20	1,30	5,52
5=50% + 50 % p/p (Mandalay)	0,37	1,01	0,28	1,66
6=25% + 75% p/p (Mandalay)	0,42	0,55	0,27	1,23
7=75% + 25 % p/p (Frigocentro)	1,28	2,71	1,55	5,54
8=50% + 50 % p/p (Frigocentro)	0,71	0,90	0,59	2,20
9=25% + 75 % p/p (Frigocentro)	0,32	0,68	0,23	1,23
10= Suelo (Testigo)	0,65	0,35	0,45	1,45

12. Conclusiones y recomendaciones

12.1. Conclusiones

- Existe respuesta favorable en el crecimiento de la plántula de café en la etapa de almácigo al adicionar abono orgánico generado a partir de los sustratos mencionados en la investigación.
- Los tratamientos 4 y 7, Mandalay y Frigocentro en proporción 75% de sustrato y 25% de suelo, presentaron el mayor incremento en peso seco.
- Se requiere una alta proporción de los tres abonos evaluados para lograr un incremento en el crecimiento de la plántula.
- Del análisis se puede observar que los componentes presentes en el suelo influyen positivamente en el desarrollo del testigo manifestándose en el sistema radical y tallos de la plántula, presentando mejor respuesta que la turba Coconut.
- Los resultados sugieren que de acuerdo a la materia orgánica utilizada en la mezcla de suelo sustrato, determinara en mucho las características finales del material a utilizar en el almacigo.
- Los resultados sugieren que de acuerdo a la materia orgánica utilizada en la elaboración del abono, se obtendrá un mejor desarrollo de las plántulas.
- Los datos mostraron una alta variabilidad en los sustratos evaluados, lo cual sugiere la necesidad de la caracterización de los componentes químicos y físicos presentes en las diferentes mezclas para determinar la mejor alternativa según el tipo de suelo a utilizar.

12.2. Recomendaciones

- Es necesario realizar un análisis de costo-beneficio, con el fin de evaluar la viabilidad de la adición de una proporción del 75% de abono orgánico en la etapa de almácigo.
- Es conveniente evaluar otras proporciones de los abonos orgánicos empleados en este estudio con el fin de obtener un óptimo en el crecimiento de la plántula y en la economía del productor.
- Evaluar el efecto del pH y del fósforo, elemento de gran importancia en la etapa de almácigo, que proporcionan los abonos evaluados sobre el crecimiento de la plántula.
- Dado que es un suelo pobre en fósforo sería conveniente realizar una adición de fósforo, evaluando diferentes contenidos y su efecto en mezcla con los bonos orgánicos en estudio y el suelo

Bibliografía

Ávila R, W.E., Sadeghian, K. S., Sánchez, P. M., y Castro, H. E. (2010). Respuesta del café al fósforo y abonos orgánicos en la etapa de almácigo. Cenicafé, Volumen 61 (4), 58-369.

Barradas, R. A. (2009). Gestión integral de los residuos sólidos municipales estado del arte. México. Recuperado de

Barrientos, M .E., Aguilar, S. A. (1988). Pulpa de café digerida mezclada con suelo en combinación con la fertilización química en viveros de café (*Coffea arabica*). Revista Chapingo. México, 12 (60-61), 16-20

Bernier V. R.; Bortolameolli, G. (2000). Diagnóstico de la fertilidad del suelo. Centro Regional de Investigación Remehue, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. (4).

Bustamante, G. C., Nápoles, S. (2001) Influencia de fuentes y proporciones de abonos orgánicos con fertilizante y sin él en el crecimiento de posturas de *Coffea arabica* L. CENICAFE. Café Cacao Cuba. 2 (2), 52-56

Cáceres, R., Marfà, O. (2008) Los organominerales y su interés en el mundo de la fertilización. IRTA. España. Recuperado de <http://www.3tres3.com> > Medio ambiente

Cárdenas, G. J. (2013) Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Guía Ambiental para el Cultivo del Café. p5.

Consejo Nacional de Política Económica y Social. CONPES 3763. (2013) Una estrategia para la competitividad de la caficultura colombiana – comisión de expertos. Bogotá, 6-18.

Colombia. Congreso de la República. (1994) Ley 142. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Publicado en diario oficial No 41433. Bogotá D.C. recuperado de <http://comision6senado.files.wordpress.com/2013/03/ley-142-de-1994.pdf>

Colombia. Congreso de la República. (1993) Ley 99. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Publicado en diario oficial No 41146. Bogotá D.C. recuperado de http://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/colombia/colombia_99-93.pdf

Colombia. Presidencia de la república. (1974) Decreto 2811. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Publicado en diario oficial No 434243 Bogotá D.C. recuperado de http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/DecretoLey2811_19741218.pdf

Colombia. Congreso de la República. (1994) Ley 9 (25 de enero de 1979). Por la cual se dictan medidas sanitarias. Publicado en diario oficial. Bogotá D.C. recuperado de http://www.amazonas.gov.co/apc-aa-files/64333134366637663234626363623135/LEY_09___1979.pdf

Colombia. Ministerio de Salud. (1986) Resolución No. 2309 Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del [Título III de la Parte 4a. del Libro 1º del Decreto-Ley N. 2811 de 1974] y de los [Títulos I, III y XI de la Ley 09 de 1979], en cuanto a Residuos Especiales. Bogotá D.C. recuperado de

<http://www.ceo.org.co/images/stories/CEO/ambiental/documentos/Normas%20ambientales/1973-1989/Resolucion%202309%20de%201986%20-%20Residuos%20especiales1.pdf>

Colombia. Ministerio de medio ambiente. (1994) Decreto 1753 Por el cual se reglamentan parcialmente los Títulos VIII y XII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Bogotá D.C. recuperado de <http://web2006.minambiente.gov.co:8091/fichaArchivo.aspx?id=21>

Clive, A. E. (2004). La conversión de residuos orgánicos en lombricompost y té de lombricompost que favorecen el crecimiento de las plantas y evita el uso de pesticidas y de enfermedades. The Ohio State University, Columbus, OH, USA. pp 1-5.

Escamilla, P. E. (2010). Estudio de factibilidad para la elaboración de composta en la delegación milpa alta. Instituto Politécnico Nacional México, D.F.

Farfán V F, (2014). Residuos de la producción cafetera para la producción y su uso como abonos orgánicos. Fitotecnia. CENICAFE, recuperado de <http://www.ucentral.edu.co/pregrado/escuelaingehidricos/memorias/taller%20abonos%20org%E1nicos.pdf>

Ferreira, A. C., & Mercado, M. S.(2010) Implementación de estrategias pedagógicas para el manejo, recolección y disposición de los residuos sólidos para el mejoramiento de la calidad ambiental en la escuela rural mixta cesar Meléndez López sede de la institución educativa Luis Carlos galán. Proyecto de grado para obtener el título de Especialista en Gerencia en proyecto. UNIVERSIDAD REMINGTON, Seccional Magdalena. Magdalena, Colombia.

Gonzales, O. H., Salamanca J. A. (2005) Unidades de suelo representativas de la zona cafetera colombiana. Cenicafé, p7.

Jaramillo H. G., & Zapata, L.M. (2008) Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. Monografía para optar el título de especialistas en gestión ambiental. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Julca, A., Solano W., Crespo, R. Crecimiento de *Coffea arabica* variedad Caturra amarillo en almácigos con substratos orgánicos en Chanchamayo, selva central del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad de Agronomía.

Larios, A., Villaseñor, F. (2005). Producción orgánica. Boletín el aguacatero. Recuperado de <http://www.aproam.com/boletines/a41.htm>

Matiz, A. (2009). Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos mediante procesos microbiológicos en Puerto Inírida Guainía. Universidad Javeriana. Recuperado en.....

Marín, N. C. (2012). Relación entre la producción per cápita de residuos sólidos domésticos (RSD) con algunos factores socioeconómicos de los habitantes del municipio de Circasia-Quindío (Tesis de postgrado). Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

Matheus, L. (2007). Efecto de diferentes abonos orgánicos y su correlación con bioensayos para estimar nutrimentos disponibles. Agricultura Andina, Volumen 13, pp 19-26.

Meléndez, G., Soto, G. (2003). El proyecto NOS del CATIE/GTZ, el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la Cámara de Insumos Agropecuarios No Sintéticos. Costa Rica.

Méndez, E. J. (2008). Elaboración inoculante como acelerador de la digestión de biomas animal. Mexico: Universidad Veracruzana.

Mestre, M. A. (1977). Evaluación de pulpa de café como abono para almácigos. CENICAFÉ, Volumen 28, pp18-26.

Morales, G I., & Aristizabal, O M. (2007). Estudio de factibilidad técnico financiero de abono orgánico a partir de los desechos orgánicos de la plaza de corabastos de Bogotá. Tesis de grado para optar el título de contador público. Universidad de la Salle facultad de contaduría pública. Bogotá D.C. Colombia.

Muñoz, K. T. (2009). El papel de los residuos sólidos, en la solución de problemas ambientales, Economía autónoma, (3). Recuperado de <http://www.eumed.net/rev/ea/03/mvbo.htm>

Núñez, D W. (2012). Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta Tecnura. Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 16(34), octubre-diciembre, 142-156 Universidad Distrital Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia.

Obando, D, & Consuelo, N. (2009). Estudio prospectivo para el diseño de estrategias que contribuyan a disminuir la problemática de la contaminación ambiental generadas por los residuos sólidos en la ciudad de Popayán Cauca 2016 (tesis de pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Popayán, Colombia

Organización panamericana de la salud, organización mundial de la salud. OPS. (1999) Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Recuperado de <http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf>

Pei, r. m., Gálvez, J. L. (2005) Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. Agrociencia. 11(1) 05-11.

Puerta, S M. (2005). Residuos sólidos municipales como acondicionadores del suelo. Revista lasallista de investigación. Artículo en revisión 1(1), 56-65.

Rodenas, O. D. (2011). Guía para la orientación en la recolección de residuos sólidos y su correcto manejo para establecimientos Comerciales de la Colonia Prados (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos, Guatemala

Romero, A.C., Jiménez, F., y Muschler, R.G. (2000). Crecimiento de almácigo de café con abono pisos bocashi y abono verde de *Erythrina poeppigiana*. Boletín de PROMECAFE. XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura. Memoria San José CR 2-6 Octubre. (87-88) 173-179.

Sánchez, C.C. (2009). Los abonos verdes y la inoculación micorrízica de plántulas de *Coffea arabica* sobre suelos Cambisoles Gléyicos. Cultivos tropicales, 30(1), enero-marzo. La Habana Cuba.

Sánchez, V. J. (2007). Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas. Conceptos Básicos. FERTITEC S.A. recuperado de <http://www.agronegociosperu.org/downloads/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>

Salamanca, A., Sadeghiankh, S. (2008). Almácigos de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica. Cenicafé, 59(2), 91-102.

Salazar, J.N., Montesino, J.T. (1994). Uso del estiércol de ganado como sustrato en almácigos de café. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia), (207) , 1-4.

Salazar, J.N. (1992). La pulpa de café transformada por la lombriz es un buen abono para almácigos de café. *Avances Técnicos Cenicafé (Colombia)*, (178), 1-2.

Salazar, J.N., Mestre, A. (1991). El uso de la cenichaza como abono orgánico para almácigos de café. En: *Avances Técnicos Cenicafé (Colombia)*, (162), 1-2.

Sadeghiankh, S. (2008). Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. *Cenicafé, Boletín técnico*, (32), 12.

Santofimio Gómez, M. C. (2012). Proyecto futuro III. Escuela de administración pública. ESAP. San José del Guaviare. Recuperado de <http://www.slideshare.net/krikreka/propuesta-clasificacion-basuras-en-la-fuente>

Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación. SAGARPA. (2008). Subsecretaría de desarrollo rural dirección general de apoyos para el desarrollo rural. *Abono orgánicos*, pp 2-7. Mexico

Secretaría de medio ambiente y recursos naturales. SEMARNAT. (2006). Bases para Legislar la Prevención y Gestión Integral de Residuos. México.

Secretaría de medio ambiente y recursos naturales. SEMARNAT. (2006). *Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México 2005*. México.

Silgado, R J. (2008). La gestión de residuos sólidos urbanos en la ciudad histórica y sostenible, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla. España.

Sosa, O. (agosto de 2005). Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas. *Revista agromensajes de la facultad*. Facultad de Ciencias agrarias Universidad del Rosario. Recuperado de <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/16/7AM16.htm>

Terralia. Revista. España. 2001. Recuperado de <http://www.terralia.com/revista8/paqina19.htm>

Terralia. Revista No. 8. España. 2000. pp. 8, 16, 18,19. Recuperado de <http://www.terralia.com/revista8/paQina16.htm>

Vásquez, D. (2008). Producción y evaluación de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica uso de residuos orgánicos para la fertilización de pastos.(tesis de pregrado).Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Villaveces, R. (2011). Competitividad, sustentabilidad e inclusión social: nuevas direcciones para el diseño de políticas para la agricultura en la América Latina y el Caribe. Sostenibilidad en Acción. Federación Nacional de Cafeteros. Chile.

Recuperado de http://www.cepal.org/ddpe/noticias/noticias/4/45184/8_ricardo_villaveces.pdf

Zapata, R. (2002). Química de los procesos pedogeneticos del suelo. Medellín, Colombia



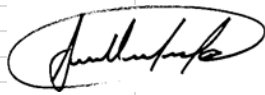
Anexo A: Diseño del experimento por bloques

p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	B L O Q U E 1
p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	
p	P32	P32	P32	P32	P32	P32	P32	P32	P32	P32	p	p	
p	P9	P9	P9	P9	P9	P9	P9	P9	P9	P9	p	p	
p	P8	P8	P8	P8	P8	P8	P8	P8	P8	P8	p	p	
p	P7	P7	P7	P7	P7	P7	P7	P7	P7	P7	p	p	
p	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	p	p	
p	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	p	p	
p	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	p	p	
p	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	p	p	
p	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	p	p	
p	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	p	p	
p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	
p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	
p	T4	T7	T5	T8	T10	T9	T3	T6	T2	T1	p	p	


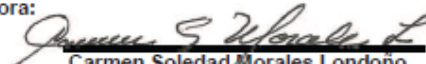

p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	B L O Q U E 2
p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	
p	P32	P32	P32	P32	P32	P32	P32	P32	P32	P32	p	p	
p	P9	P9	P9	P9	P9	P9	P9	P9	P9	P9	p	p	
p	P8	P8	P8	P8	P8	P8	P8	P8	P8	P8	p	p	
p	P7	P7	P7	P7	P7	P7	P7	P7	P7	P7	p	p	
p	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	p	p	
p	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	p	p	
p	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	p	p	
p	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	p	p	
p	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	P2	p	p	
p	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	p	p	
p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	
p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	
p	T4	T7	T5	T8	T10	T9	T3	T6	T2	T1	p	p	

Anexo C: Análisis de abonos orgánicos y suelo

Análisis de tres abonos orgánicos

	FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS				
	DEPARTAMENTO DE PRODUCCION AGROPECUARIA				
	LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL Y VEGETAL				
	FORMATO REPORTE DE RESULTADOS				
Versión:2					Código: FO-07-01
LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL Y VEGETAL					
Cliente: ALEXANDER PUERTOCARRERO		Dirección: CLL 106 27-03		Informe No:1-2-3	
Teléfono: 3004664215		Departamento: CALDAS			
Municipio: MANZALES		Vereda: LLANITO			
Finca: MANZALES		Fecha de Recepción: NOV-22-13		Fecha de Entrega: NOV-27-13	
	Unidades	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra
		compost mandalayom	post frigocentr	turba coconut	
Análisis					
Humedad	%				
Materia seca	%				
Nitrógeno Total	%	3.67	1.61	1.32	
Proteína Bruta	%	22.94	10.06	8.25	
Grasa Total	%				
Cenizas Totales	%	29.56	58.23	6.31	
Fósforo	%	0.42	0.25	0.15	
Potasio	%	1.19	0.62	1.02	
Materia organica	%	70.44	41.77	93.69	
Magnesio	%				
Sodio	%				
Hierro	mg/kg				
Cobre	mg/kg				
Manganeso	mg/kg				
Zinc	mg/kg				
F.D.N.	%				
F.D.A.	%				
LIGNINA	%				
Nota: este resultado es valido única y exclusivamente para la muestra analizada					
MÉTODOS DE ANÁLISIS: Humedad y Materia seca (Gravimetría). Nitrógeno y Proteína (Kjeldahl). Fibra (Digestión Acido-alcalina).					
Grasa (Soxhlet). Cenizas (Calcincación). Fósforo (Colorimétrico). Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn, Cu (Absorción Atómica)					
F.D.N., F.D.A., y Lignina (Van Soest).					
Observaciones: LOS RESULTADOS SE DAN EN BASE SECA					
Director:			Analista:		
	Julian Estrada Alvarez			Juan Manuel Salgado Vargas	
Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Segundo piso, Clínica Veterinaria "Diego Villegas Toro", Laboratorio F206. Tel: 8781500 ext. 16166.					

Análisis de suelos (testigo)

 <p>UNIVERSIDAD DE CALDAS LUMINA SPARGO</p>	FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS									
	DEPARTAMENTO DE PRODUCCION AGROPECUARIA									
	LABORATORIO DE QUIMICA Y FERTILIDAD DE SUELOS									
	Calle 65 No 26-10 Edificio Laboratorios y Equipos. E - 512 Teléfono 8781500 Ext 14 304									
E mail: labsuelos@ucaldas.edu.co										
Versión:3					Código: FO-02-01					
Cliente: ALEXANDER PORTOCARRERO A.										Informe No.
Dirección: Carrera 74 # 40-50 Manzana 8 Casa 7b					Teléfono: 3004664215					11682
Departamento: Caldas					Municipio: Chinchiná					Fecha recep. Marzo 3 de 2014
Vereda:					Finca: Naranjal					Fecha entreg. Marzo 17 de 2014
	Unidades	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Niveles de Referencia		
		11682	Cal	Cal	Cal	Cal	Cal	Bajo	Medio	Alto
pH		5,6								
Aluminio	cmol(+)/kg		ND	ND	ND	ND	ND	< 0,24	0,24 - 0,48	> 0,48
Nitrógeno	%	0,52								
M. Orgánica:	%									
Clima Frio	%		ND	ND	ND	ND	ND	< 5,0	5,0 -10,0	>10,0
Clima Medio	%	13,75	A	ND	ND	ND	ND	< 3,0	3,0 - 5,0	> 5,0
Clima Cálido	%		ND	ND	ND	ND	ND	< 2,0	2,0 -3,0	> 3,0
Fósforo	mg/kg	9	B	ND	ND	ND	ND	< 20,0	20,0-40,0	> 40,0
Potasio	cmol(+)/kg	0,21	M	ND	ND	ND	ND	<0,2	0,2- 0,4	>0,4
Calcio	cmol(+)/kg	5,22	M	ND	ND	ND	ND	<3	3,0 -6,0	>6,0
Magnesio	cmol(+)/kg	0,49	B	ND	ND	ND	ND	< 1,5	1,5 2,5	>2,5
Sodio	cmol(+)/kg	0,206	B	ND	ND	ND	ND	<0,5	0,5-1,0	> 1,0
Hierro	mg/kg		ND	ND	ND	ND	ND	< 25	25,0- 50,0	>50,0
Manganeso	mg/kg		ND	ND	ND	ND	ND	<5,0	5,0 -10,0	>10,0
Zinc	mg/kg		ND	ND	ND	ND	ND	<1,5	1,5 -3,0	> 3,0
Cobre	mg/kg		ND	ND	ND	ND	ND	< 1,5	1,5 - 3,0	>3,0
Azufre	mg/kg		ND	ND	ND	ND	ND	< 10,0	10,0 - 20,0	> 20,0
Boro	mg/kg		ND	ND	ND	ND	ND	<0,2	0,2-0,4	>0,4
Arena	%	60								
Limo	%	34								
Arcilla	%	6								
Textura		F-A								
Nota: este resultado es valido única y exclusivamente para la muestra analizada										
MÉTODOS DE ANÁLISIS						CLASIFICACIÓN TEXTURA				
pH : NTC 5264:2004 Potenciométrico.						F- Franco				
Aluminio: Titulación						A- Arenoso				
Nitrógeno, Materia Orgánica: NTC 5403:2006 Oxidación húmeda y cuantificación por Colorimetría						Ar- Arcilloso				
Fósforo Disponible: NTC 5350: 2005 Extracción Bray II y Cuantificación por colorimetría.						L- Limoso				
Ca, Mg, K, Na: NTC 5349: 2005 Extracción Acetato de Amonio 1N pH 7 Absorción Atómica.						F-A Franco Arenoso				
Hierro, Manganeseo, Zinc, Cobre: Absorción Atómica.						A-F Arenoso Franco				
Azufre: NTC 5402:2006 Extracción Fosfato Monocalcico Turbidimétrico .						F-Ar Franco Arcilloso				
Boro: NTC 5404: 2006 Extracción con Fosfato monobásico de calcio Azometina-H Colorimetría.						F-Ar-A Franco Arcilloso Arenoso				
Textura: Bouyoucos						F-Ar-L Franco Arcilloso Limoso				
Observaciones:										
Directora:						Analista:				
 Carmen Soledad Morales Londoño						 Oscar Valencia Forero				

Anexo D: Registro fotográfico del experimento



Preparación de los 10 tratamientos evaluados



Ubicación de los tratamientos en los bloques experimentales



Vista en campo del diseño experimental para los 10 tratamientos evaluados



Comparación del crecimiento de la plántula para el tratamiento 4 y 7 respecto al testigo



Crecimiento de la plántula de café para los 10 tratamientos evaluados



Comparación del crecimiento radical y parte aérea de la plántula del tratamiento 4



Comparación del crecimiento radical y parte aérea de la plántula del tratamiento 7

Anexo E: Fuentes de Abono Orgánico

Características de las empresas generadores de los abonos orgánicos evaluados en el estudio

Empresa	Dedicación	Ubicación	Observación
COCONUT	Coconut es una empresa dedicada al procesamiento del coco fresco para la fabricación de confitería, en el proceso de extracción de la carne del coco resultan varios subproductos del mismo, el capacho o parte blanda del coco del cual se obtienen fibras, chips y polvo de coco (turba), la cascara dura del coco y agua de coco.	Se encuentra ubicada en la zona industrial del municipio de Manizales	La turba de coco es un material muy interesante que necesita un proceso de compostaje para poder ser usada, su principal uso es para remplazar las turbas de pantano que son importadas de Canadá y algunos países nórdicos, estas turbas están acabando con el medio ambiente y ya existen movimientos mundiales para su prohibición
FINCA MANDALAY	Es una empresa que está constituida hace 30 años, inicia con el cultivo de flores en el momento está trabajando con	Se encuentra ubicada a 3 Km de villa maría vía llanitos, cuenta con 25 empleado, cuenta con 17	La producción de abono orgánico (compost) es de 2 toneladas semanales, las cuales una parte se vende y otra se utiliza para los cultivos de la granja. Los residuos utilizados para hacer el

	ganado.	hectáreas, distribuidas en bosque, guadales, invernaderos y pastos.	abono son. Porquinaza : 85%, Viruta: 10% Residuos sólidos orgánicos domiciliarios: 5% Microorganismos eficientes
FRIGOCENTRO S.A.	Fundada en 1983, es una empresa dedicada al sacrificio y la comercialización de carne.	Se encuentra ubicada en la zona industrial	Implementa la lombricultura como una unidad de negocio, para la producción de abono orgánico, aprovechando el estiércol de los animales.