



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD”

Evaluación de los efectos nutricionales del lombricompost y las Micorrizas Arvasculares, en el desarrollo de un almácigo de café *coffea arábica l.*

Wilson Adrián Álvarez Quiceno

Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela Ciencias Agrícolas, Pecuarias
y del Medio Ambiente.
Programa de Agronomía. CEAD Medellín. UNAD.
Sopetran – Antioquia - 2019.

Evaluación de los efectos nutricionales del lombricompost y las Micorrizas Arvasculares, en el desarrollo de un almácigo de café *coffea arábica l.*

Wilson Adrián Álvarez Quiceno

Trabajo de grado modalidad investigación presentada como requisito para optar el título de:
Agrónomo

Asesora de Trabajo de grado:
Catalina Muñoz Monsalve

Línea de Investigación: Desarrollo Rural. UNAD.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Programa de Agronomía. CEAD Medellín. UNAD.
Sopetran – Antioquia - 2019.

Dedicatoria

“Caminantes no hay camino, se hace camino al andar y al volver la vista a tras se ve la senda que no haz de volver a pisar”

Manuel Serrat

Agradecido con la vida, el Universo y Dios, por permitirme llegar a lograr algo remoto, pero siempre visualizado. A mi familia por creer en mí para sacar adelante este propósito de vida, a las personas e instituciones que han aportado su ladrillo de conocimiento para poder lograr una construcción de saberes en mi vida.

Agradecimientos

A Catalina Muñoz, Ingeniera Agroindustrial Esp. Alimentación y Nutrición, por su asesoría en este proyecto de investigación por parte de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

A Luz Adriana Arboleda, por su apoyo en la búsqueda y organización de infracción y el apoyo anímico durante el último año de este proceso.

A mis padres por la ayuda en campo con la ejecución de la investigación, en labores relacionadas con el almacigo establecido.

1. RESUMEN

Con el propósito de buscar los argumentos necesarios para que los caficultores valoren más los subproductos derivados del beneficio del café, se planteó una investigación con la utilización de la pulpa de café procesada por la lombriz roja (*Eisenia foetida* Savigny), en un almacigo de café para validar las bondades para este y así no hacer uso de agroquímicos en los almacigo, practica esta que es usual en muchos caficultores. El experimento se realiza en la Isleta (Sopetran), en este se hizo la evaluación de 4 tratamientos con diversas proporciones de humus de lombriz en las mezclas con suelos así. v/v: 0,25, 50 y 75 %. Cada uno de los tratamientos consto de 100 bolsas de almacigo, donde se sembró una chapola de café de la Variedad Castillo del Rosario por bolsa. El experimento se desarrolló por 5 meses más 20 días al final de este tiempo se midió la altura y el número de hojas verdades de 30 plantas al azar en cada uno de los tratamientos. Continuara a partir del el análisis y las conclusiones

Palabras clave: Lumbricultura, (*Eisenia foetida* Savigny), Pulpa de café, Almacigo, Nutrición, Café.

SUMMARY

In order to find the necessary arguments for coffee growers to value more by-products derived from the benefit of coffee, an investigation was raised with the use of coffee pulp processed by the red worm (*Eisenia foetida* Savigny), in a coffee store. To validate the benefits for this and thus not make use of agrochemicals in the almacigo, practice this that is usual in many coffee growers. The experiment is carried out in the Isleta (Sopetran), in which the evaluation of 4 treatments with various proportions of earthworm humus in the mixtures with soils was made. v / v: 0.25, 50 and 75%. Each of the treatments consisted of 100 bags of almacigo, where a coffee poppy of the Castillo del Rosario Variety was sown per bag. The experiment was carried out for 5 months plus 20 days at the end of this time the height and the number of true leaves of 30 random plants were measured in each of the treatments. It will continue from the analysis and conclusions

Key words: Lumbricultura, (*Eisenia foetida* Savigny), Coffee pulp, Almacigo, Nutrition, Coffee

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN.....	5
2. INTRODUCCION.....	11
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
4. JUSTIFICACION.....	14
5. OBJETIVOS	16
5.1 Objetivo General	16
5.2 Objetivo Específicos	16
6. MARCO TEORICO Y REVISION DE LITERATURA	17
6.1 Generalidad del café	17
6.2 Origen y distribución.....	17
6.3 Características y estructura genética	17
6.4 Fase de desarrollo vegetativo del cafeto.	18
6.7 El suelo para el almácigo de café	19
6.7.1 El análisis del suelo.	19
6.7.5 Toma de la muestra	20
6.7 El germinador del café	23
6.7.1 La semilla.....	23
6.7.2 Funcionalidad de la semilla.....	23
6.7.3 Condiciones del uso de la semilla.....	23
6.7.4 Implementación del germinador.....	23
6.7.5 Tipo de germinador.....	23
6.8.2 Nutrición del almácigo.....	24
6.8.5 Según CENICAFE la nutrición del sustrato debe abordar ciertas proporciones a saber se plantean las siguientes:	25
6.9 Producción de almácigos en la finca.	26
6.9.1 Controles sanitarios.	26
6.9.2 Las principales enfermedades que pueden observarse en el almácigo son.....	27
6.10 Recomendaciones prácticas para el establecimiento y cuidado del almácigo.....	27
6.12 La industria del café y algunos procesos de interés con los subproductos.	28
6.12.1 Aplicaciones de la pulpa de café como sustrato sólido.....	28

6.13 La lombricultura	29
6.13.1 Manejo de la lombricultura.....	29
6.13.2 Preparación de las eras o camas.....	30
6.13.3 Cosecha del humus de lombriz.....	31
6.13.4 Aplicaciones Prácticas.....	31
6.14 Lombricompost (Humus o Abono de Lombriz).....	32
6.14.1 Bondades del lombricompost para el suelo y las plantas:	32
6.15 Las micorrizas	32
6.15.1 Efectos benéficos individuales de las especies que integran el consorcio.	33
6.15.2 Interacción micorrizas raíz.	34
7. METODOLOGIA.....	36
7.1 Área de estudio	36
7.5.1 El germinador.	40
7.5.2 Preparación del vivero.	41
7.5.3 El sustrato.....	41
7.5.4 Llenado de bolsas.....	42
7.6.1 Descripción de los tratamientos en cuanto a llenado de las bolsas:	42
7.8 Mantenimiento del almacigo	43
7.8.1 Manejo de arvenses.....	43
7.8.3 Plagas y enfermedades.	44
7. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	46
9.1 Diseño experimental.....	46
9.2 Recopilación de la información.....	46
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50

ÌNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Unidades muestrales escogidas al azar por tratamiento. -----	48
Tabla 2. Registro global de datos del diseño completamente randomizado. -----	49
Tabla 3. ANOVA para Altura por Tratamiento-----	50
Tabla 4. Medias para Altura por Tratamiento con intervalos de confianza del 95,0%.-----	50
Tabla 5. Método: 95,0 porcentaje LSD. -----	52
Tabla 6. Método: 95,0 porcentaje LSD. -----	53
Tabla 7. Resumen Estadístico para N° Hojas. -----	55
Tabla 8. Diferentes estadísticos de N° Hojas para cada uno de los 4 niveles de Tratamientos.-----	55
Tabla 9. ANOVA para N° Hojas por Tratamientos. -----	55
Tabla 10. Medias para N° Hojas por Tratamientos con intervalos de confianza del 95,0%.-----	56
Tabla 11. Método: 95,0 porcentaje LSD. -----	56
Tabla 12. Comparación de diferencia significativa. -----	57

ÌNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Cambios en CICE (fase intercambiable). Disponibilidad de bases intercambiables (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺), presencia de Al ³⁺ , crecimiento radical y pérdida por nutrientes por lixiviación como consecuencia de la acidez del suelo para café.-----	22
Ilustración 2. Resultado análisis de suelo utilizado en la investigación.-----	38
Ilustración 3. Proceso producción de humus de lombriz. a. Obtención de pulpa de café. b. Maduración pulpa de café. c. Alimentación de las lombrices. d. Lombrices procesando pulpa. e. Monitoreo del humus. f. Trapas de lombrices. g. Cosecha de humus. -----	40
Ilustración 4. Implementación de germinador de café. a. Colocación de cajones, vaciado de arena y desinfección con agua hirviendo. b. Preparación de semilla. c. Regado de la semilla homogéneamente. d. Tapado de semilla con arena. e. Cubierta de germinador con malasombra. -----	41
Ilustración 5. Preparación sustrato para almacigo. a. Recolección del suelo y limpia del mismo. b. Suelo por tratamiento y aplicación de humus de lombriz en diferentes porcentajes. -----	42
Ilustración 6. . Llenado de bolsas y siembra de chapolas. a. Llenado de bolsa con tubo PVC. b. Acomodación de bolsas. c. Formación de hueco en bolsa. d. Introducción de chapola. e. Aplicación de micorrizas. f. Impregnado de micorrizas en la raíz de las chapolas. -----	43

Ilustración 7. Ilustración 8. Presencia y manejo de enfermedades en el almacigo de café. a. Iniciación de hongo patógeno. b. Necrosamiento de hojas por hongos. c. Muerte descendente de la plántula por hongos patógena. d. Aplicación de Dithane para manejo de hongos. -----	45
Ilustración 9. Enumeración de los almacigos por tratamiento. a. Fichas marcadas del uno a cien mezcladas. b. Modelo de ficha para cada bolsa. c. Colocación de finca por almacigo.-----	47
Ilustración 10. Enumeración de los almacigos por tratamiento. a. Fichas marcadas del uno a cien mezcladas. b. Modelo de ficha para cada bolsa. c. Colocación de finca por almacigo.-----	47
Ilustración 11. Grafica de resultado de los tratamientos para crecimiento de las platas. -----	54
Ilustración 12. Grafica de resultado de los tratamientos para número de hojas de las platas. -----	57

2. INTRODUCCION

La agricultura desde la caficultura Colombiana se caracteriza por la alta generación de subproductos en todo su proceso de producción 95 % desde la recolección en campo hasta el consumo en una taza de café, siendo la pulpa uno de los más altos volúmenes de desechos cerca del 44 %, ello sumado a la poca cultura de una buena disposición de desechos orgánicos, hace que se genere una gran problemática de tipo ambiental desde el sector rural.

La lumbricultura o procesamiento de la pulpa de café mediante el proceso de descomposición por la lombriz Coqueta Roja (*E. foetida*), es una enorme posibilidad para el aprovechamiento de estos desechos para posteriormente ser utilizados en las diferentes etapas del café. a. Almacigo. b. Crecimiento vegetativo. c. Desarrollo productivo.

El propósito del estudio es que se conozca las bondades del humus de lombriz, como elemento nutricional en el sustrato para la producción de almácigos de café, también como fuente de materia orgánica y componente micro biológico para el suelo en la caficultura, proveedor de nutrientes y dinamizador del desarrollo vegetativo de las plantas de café en su fase de almacigo y principalmente como una alternativa de aprovechamiento de recurso propios en la finca cafetera y la disminución de contaminación por mala disposición de los mismos.

Esta tesis de grado es un documento que se deja a la comunidad productora y académica, como fuente de consulta para la promoción también de los siguientes puntos.

- a. Estimular el aprovechamiento de los subproductos del café mediante producción de humus de lombriz.
- b. Optimización de procesos sostenibles en las fincas cafeteras a través del uso eficiente de los desechos de la finca.
- c. Motivar a la investigación del humus de lombriz Coqueta Roja (*E. foetida*), en otras etapas del cafeto; desarrollo y producción.
- d. Dar un valor agregado a los desechos de café en las fincas cafeteras para que se aproveche mejor los recursos locales.
- e. La disminución de fertilizantes químicos en los almácigos (vivero) de café, al encontrarse un tratamiento o tratamientos apropiados para el almacigo.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria cafetalera ocupa un lugar predominante en la economía de muchos países de América Latina y África. Su producción ha ido acompañada tradicionalmente de abundantes subproductos que, hasta hace poco, se habían considerado como desechos: pulpa, mucílago, aguas de lavado y pergamino. El disponer en grandes cantidades de estos materiales, implica un enorme problema y representa un claro riesgo de contaminación en los países productores.

En Colombia los caficultores con algunas excepciones en la actualidad por las grades campañas de la FNC, hace un uso y disposición inadecuada de los desechos del café, entre ellos la pulpa, por la experiencia como productor y la de otros en diferentes municipios de Antioquia principalmente, es común ver la pulpa del café tirada, regada u amontonada en las fincas y sentir como se proliferan los malos olores fuente de gases de efecto invernadero.

Esto se hace por varias cosas a saber; caficultores empíricos que subvaloran los subproductos del café, también a que la pulpa del café no se ve como fuente generadora de ingresos lo que la hace carecer de interés por el productor, los grandes volúmenes se generan en la cosecha principal la cual lleva una alta mano de obra, por lo tanto no queda tiempo de hacer el uso adecuado de la pulpa, también se puede asociar esta situación a una falta de capacitación y apoyo por parte de las entidades del estado con el productor de a pie y aunque la pulpa del café es un desecho, para hacer un uso adecuado se requiere de algunas inversiones mínimas de tiempo e infraestructura, los pequeños y medianos productores quizá no la ven como una inversión, sino como un gasto y es algo que muchas veces se carece del recurso por lo que los productores de café optan por dejar la pulpa ahí donde se tiró, amontono o voto y ahí continúa su tránsito a seguir siendo un problema ambiental, económico y social de una u otra manera.

Según datos de Porres (1993), en América Central, 1.3 millones de toneladas métricas (Tm) de pulpa de café fresca se obtenían cada año durante la cosecha de café. Para 1996, según datos de la FAO, a nivel mundial los residuos de la agro-industria cafetalera se han estimado en 22 millones aproximadamente de Tm de pulpa de café, 8.6 millones de Tm de mucílago y 2.4 millones Tm de pergamino. Obviamente estos datos fluctúan anualmente, de acuerdo con las variaciones en la producción agrícola y

las técnicas de procesamiento que se utilizan (Ulloa-Rojas et al., 2002; Ulloa-Rojas et al., 2003a). (Gobernacion Norte de Santander, 2017).

En los últimos 12 meses (febrero 2018-enero 2019), la producción de café superó 13,7 millones de sacos, 2,3% menos frente a los más de 14 millones de sacos producidos en igual periodo anterior. (Colombia, 2018).

Con estas cifras se puede dimensionar que la pulpa de café que se genera es cerca de 25 a 30 millones de toneladas métricas (Tm), las cuales son altamente subvaloradas en el gran potencial que estos desechos tienen para la obtención de productos orgánicos de gran valor nutricional, como los compost, lixiviados, alimentación energética para animales y muy especialmente caso el humus de lombriz que puede ser utilizado en diferentes sustratos para la fertilización de cafés en almacigo, en crecimiento y producción, dejando un eslabón importante en la sostenibilidad de las fincas de café.

Ya sea por desconocimiento, por tradición o por comodidad no se está aprovechando de manera eficientes los desechos del café en las fincas, principalmente los mucílagos y las pulpas lo que trae consigo, “El disponer en grandes cantidades de estos materiales, implica un enorme problema y representa un claro riesgo de contaminación en los países productores”, que a su vez es una fuga para la sostenibilidad y equilibrio ambiental en las parcelas productivas.

Aunque en la actualidad CENICAFÉ ha realizado varias investigaciones y recomienda adicionar materia orgánica (pulpa descompuesta, gallinazas, compost, lombricompuesto) al sustrato para el almacigo de café en diferentes proporciones, no se evidencia un trabajo de investigación que muestre los efectos del humus de lombriz en la producción de almácigos de café.

Esto deja de manera holística, ver que no se está aprovechando los desechos de las fincas cafeteras a partir del humus de lombriz para la fertilización orgánica de los almácigos, lo que hace que estos sean fertilizados con pulpas, estiércoles o fertilizantes químicos con menores efectos favorables para esta etapa del cultivo de café.

4. JUSTIFICACION

“Los frutos removidos del lote durante la cosecha, una vez beneficiados, generan el exocarpio o pulpa, que en estado fresco representa aproximadamente el 44% del peso total de los mismos, la cual por su misma naturaleza física y química puede ser aprovechada para diversos propósitos industriales como la generación de etanol, complemento alimenticio y como fuente fertilizante. Para este propósito, es indispensable someter dicho material a una transformación denominada compostaje, la cual puede alcanzarse con diferentes tecnologías como la descomposición en fosas, la digestión anaeróbica y la lombricultura. Bajo cualquiera de estas modalidades ocurre una descomposición estrictamente biológica, que en sus estados iniciales ocasiona un significativo aumento de la temperatura y una posterior disipación del calor, así como liberación de agua y solutos”.

“Luego de este proceso, según las condiciones de manejo y ambiente específicos, en diferentes períodos de tiempo, logra consolidarse un insumo enriquecido química y biológicamente, que carece de similitud con el material inicial, y por su apariencia terrosa se estima ha madurado (estabilizado) lo suficiente para ser considerado una opción para sustituir total o parcialmente la fertilización química en el café y mejorar algunas características del suelo”. (José Raúl Rendón Sáenz, 2015).

La lombricultura y en especial el humus de lombriz por investigaciones o por experiencias en campo de los productores de esta especie se puede ver como una de las más viables alternativas para el procesamiento de la pulpa de café, convirtiendo está en un material orgánico de condiciones tanto fincas, químicas y biológicas potenciales para los productores agrícolas, en especial los cafeteros que son los que la generan y poco la aprovechan en sus procesos de producción del café.

Estos subproductos obtenidos durante el procesamiento de las cerezas de café por vía seca o vía húmeda, contienen cantidades apreciables de cafeína y taninos, con problemas de contaminación medioambiental, pero que por otro lado podrían ser objeto de recuperación. También son ricos en compuestos orgánicos naturales, que permiten utilizarlos como sustratos adecuados en procesos microbianos para la obtención de productos de alto valor añadido (Pandey et al., 2000c).

Es por ello se trabaja para aprovechar estos materiales como la pulpa de café, que podría transformarse en una importante fuente de materia prima y utilizarla en actividades como el compostaje, la alimentación animal, la producción de fertilizante

orgánico y biogás, que generalmente son tareas asociadas a industrias relacionadas al área rural (Pulgarín et al., 1991; Ulloa- Rojas et al., 2003^a; Zuluaga, 1989).

Tomando como apoyo lo citado por CENICAFÈ, este proceso de investigación busco demostrar los uso y beneficios que tiene el procesamiento y la utilización de los desechos de café principalmente la pulpa, para ser utilizada en la fertilización de almácigos de café mediante el humus de lombriz Coqueta Roja (*E. foetida*).

Para efectos del presente trabajo de investigación se buscará determinar bajo varios tratamientos, cual es la mejor opción porcentual de humus de lombriz Coqueta Roja (*E. foetida*), presente en el sustrato del almacigo (vivero) de café para la obtención de mejores resultados en el crecimiento y número de hojas verdaderas en cada plántula.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Evaluar los efectos nutricionales de lombricompost en asocio con Micorrizas Arvasculares, en el desarrollo de un almácigo de café *Coffea arábica L.* con diferentes tratamientos en el municipio de Sopetran.

5.2 Objetivo Específicos

- Aprovechar los desechos de café (pulpa), mediante lombricultivo, para la obtención de humus de lombriz para el sustrato del almácigo.
- Implementar el almácigo de café en sus diferentes tratamientos de investigación, para la fertilización con humus de lombriz y micorrizas.
- Determinar los efectos del humus de lombriz en un almácigo de café mediante el registro y análisis de la información recopilada.
- Evaluar el comportamiento de los tratamientos realizados para determinar cual tuvo mejor comportamiento en el desarrollo del almácigo de café.

6. MARCO TEORICO Y REVISION DE LITERATURA

6.1 Generalidad del café

6.2 Origen y distribución

El café pertenece a la gran familia de las rubiáceas, compuesta por 500 géneros y más de 6.000 especies, la mayoría de origen tropical y con amplia distribución geográfica a esta familia pertenecen no solamente el café (genero *Coffea*) sino también arboles como el borojó (*borjoa patinoi*), *Ixora* sp y plantas medicinales como la ipecacuana (*Psichoria ipecacuanha*), o la *Cinchona* spp, de la cual se extrae la quinina. (CENICAFE, Manual del cafetero colombiano, 2013).

6.3 Características y estructura genética

Los cafés son plantas que tienen un porte que va desde pequeños arbustos hasta arboles de tamaño considerable. Su madera es dura y densa, sus inflorescencias son pareadas, sus flores hermafroditas, de corolas blancas o ligeramente rosadas. El estilo puede ser muy largo y sobresalir de la corola. El fruto se clasifica como una drupa indehiscente, formado por dos semillas. Cada semilla tiene una grieta muy característica, la cual se conoce como la “sutura coffeanum” (CENICAFE, Manual del cafetero colombiano, 2013).

Desde la época en la cual se sembraron las primeras plantas de café en Colombia, hasta los tiempos contemporáneos, los caficultores se han preocupado por aumentar su producción y satisfacer la creciente demanda del grano colombiano.

La especie *Coffea* arábica encontró en los suelos y el clima colombianos, y en la vocación agrícola de sus habitantes, el mejor lugar para adaptarse y así convertirse en la mejor aliada del desarrollo rural y en general, del país.

El cultivo se inició en el oriente del país, y cuenta la historia que en su fomento tuvo mucho que ver la visión del presbítero Francisco Romero, gran impulsor de su cultivo en los Santanderes. Posteriormente floreció en el Gran Cauca y en Antioquia hasta prácticamente no existir una región del país en donde no se cultivará.

Sin embargo, fue la creación de la Federación Nacional de Cafeteros en el año de 1927, lo que logró la organización institucional que ha hecho posible que el café sea el gran motor de nuestra economía y el sector que más ha integrado social y

económicamente a los colombianos. (CENICAFE, Sistema de producción de café en Colombia., 2007)

El café arábica (*Coffea arábica* L.), familia Rubiácea, es un arbusto perenne del trópico. Esta especie se caracteriza por su importancia comercial en la preparación de bebidas estimulantes. Por esta razón es muy cultivada en países con clima tropical como Nicaragua, Colombia, Costa Rica, etc.

6.4 Fase de desarrollo vegetativo del café.

En los cultivos anuales se considera como fase vegetativa el tiempo transcurrido desde la germinación hasta la primera floración. En el caso de especies perennes y arbustivas como el café, la definición de la fase vegetativa es bastante compleja, debido a que el crecimiento vegetativo, por ejemplo, la formación de nudos y hojas y la generación de nuevas raíces, ocurre durante toda la vida de la planta y en la mayor parte del tiempo está intercalado con el crecimiento reproductivo.

De acuerdo a la forma como se desarrolla la planta de café en Colombia, puede considerarse que el desarrollo vegetativo, es decir, la formación de raíces, ramas, nudos y hojas, comprende tres etapas: germinación a trasplante (2 meses), almácigo (5-6 meses) y siembra definitiva a primera floración (11 meses). Hasta este momento se considera una etapa netamente vegetativa y de ahí en adelante, las fases de crecimiento vegetativo y reproductivo transcurren simultáneamente durante el resto de vida de la planta. (CENICAFE, Sistema de producción de café en Colombia., 2007).

6.5 Almacigo de café

El almacigo de café es el vivero donde se desarrolla la segunda fase del café después del proceso germinación, el almacigo se establece preferiblemente en el terreno donde quedara el cultivo definitivo, el propósito de esta práctica es administrar las plántulas de manera confinada, en la etapa de almacigo que está comprendida por un periodo de 4 a 6 meses según las condiciones agroecológicas de la zona. En el almacigo se brindan los cuidados iniciales del cultivo, esto permite un manejo más eficiente de sombrero, arvenses, plagas y enfermedades, riego y otras que requiera las plantas en esta etapa de gran importancia para la duración y calidad del cultivo futuro.

6.6 Producción de almácigos de café en la finca

Al construir el germinador en la finca con semilla producida por Cenicafé y al producir los almácigos propios, se garantiza la obtención de plantas de óptima calidad, la certeza sobre el material que se va a sembrar y una reducción del 33% en los costos de producción con respecto al valor comercial. De esta forma, el caficultor puede garantizar la siembra de un buen cafetal y su duración. Este aspecto es muy importante ya que estas plantas permanecerán cerca de 20 años en el lote, sin que exista la posibilidad de corregir los problemas causados como mal desarrollo y crecimiento deficiente de los colinos. (Pulgarin, 2007).

6.7 El suelo para el almacigo de café

El crecimiento óptimo del cultivo depende también del crecimiento óptimo de la raíz. Cuando el suelo tiene buenas condiciones físicas y químicas, las raíces son largas, profundas y se expanden en el suelo, lo cual posibilita un amplio suministro de los nutrimentos y el agua requeridos por la planta. (Pulgarin, 2007).

Características físicas y químicas de los suelos cafeteros colombianos. Los suelos de la zona cafetera colombiana son relativamente jóvenes, es decir, todavía están en proceso de desarrollo y según la naturaleza del material petrográfico del cual se derivan, han sido agrupados dentro de las siguientes clases: metamórficos, ígneos y sedimentarios, y sobre ellos existen diferentes grados y patrones de cubrimiento de cenizas volcánicas. Estos suelos son altamente variables en sus características debido a su distribución en la zona cafetera, por su ubicación sobre distintos tipos de relieve, desde plano o ligeramente ondulado hasta abrupto con valores de pendiente superiores al 75%. En estos suelos también varían las condiciones físicas (desde pedregosos y arenosos hasta francos y arcillosos) y químicas (contenidos bajos a altos de materia orgánica y minerales esenciales). (Pulgarin, 2007).

6.7.1 El análisis del suelo. El análisis de suelos es el diagnóstico inicial que se hace para evaluar la salud del suelo para las plantas, a partir de este se puede hallar las ofertas o déficit nutricionales, para el objeto de cultivo a establecer.

6.7.2 Delimitación de las áreas. Recorra la finca y haga un plano o croquis sencillo de las superficies más o menos homogéneas, en cuanto al tipo de suelo, apariencia física y clase de manejo recibido anteriormente, donde ubique los detalles más importantes de la finca como lo son partes altas o bajas, planas o inclinadas, coloración del suelo, si es arenoso o pesado, vegetación alta, media o baja, áreas

que no se han trabajado ni fertilizado, y áreas trabajadas y fertilizadas. Se deben tomar siempre en forma separada, muestras de áreas producen diferentemente. (Hernandez, 2013).

6.7.3 Época de Muestreo. En suelos no sembrados anteriormente, haga el muestreo de dos a tres meses antes de la siembra; en cultivos de ciclo corto dos meses antes, y en cultivos permanentes, anualmente, dos meses antes de la fertilización. (Hernandez, 2013)

6.7.4 Herramientas y materiales necesarios. Para la toma de muestra en cada lote utilice los implementos necesarios como barreno, pala, bolsa plástica, y balde.

6.7.5 Toma de la muestra. Recorra los lotes al azar en forma de W, X o zig-zag, y cada 15 o 30 pasos tome una submuestra, limpiando la superficie del terreno y depositándola en el balde. Utilizar un barreno, el cual se profundiza a la profundidad deseada, o bien utilizar una pala o un palín, haciendo un corte en forma de " V ", luego se hace un corte inclinado de 2 a 3 cm de espesor, seguidamente se cortan los lados y se deposita la submuestra en un balde. Las submuestras deben ser tomadas entre 20 y 30 cm de profundidad. Luego de tener todas las submuestras en el balde (de 15 a 20 por ha) se mezclan homogéneamente y se toma 1 kg. (Hernandez, 2013).

El pH

La reacción de un suelo hace referencia al grado de acidez o basicidad del mismo y generalmente se expresa por medio de un valor de pH del sistema suelo-agua. El pH es la medida de la concentración de iones de hidrógeno $[H^+]$. Según este valor, un suelo puede ser ácido, neutro o alcalino. Las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo están influenciadas por la acidez o basicidad del medio, que a su vez condicionan el uso agronómico del suelo. (Hernandez, 2013)

Así, la mayoría de las plantas prefieren rangos de pH de 5,5 a 7,5, pero algunas especies prefieren suelos ácidos o alcalinos. Sin embargo, cada planta necesita un rango específico de pH para poder expresar mejor su potencialidad de crecimiento. Del pH también dependen los procesos de humificación. En función del pH se producen distintos tipos de materia orgánica del suelo y propiedades que influyen directamente sobre el crecimiento vegetal como el movimiento y disponibilidad de los nutrientes o los procesos de intercambio catiónico. (INFOAGRO, 2017).

El pH influye sobre la movilidad de los diferentes elementos del suelo: en unos casos disminuirá la solubilidad, con lo que las plantas no podrán absorberlos; en otros el

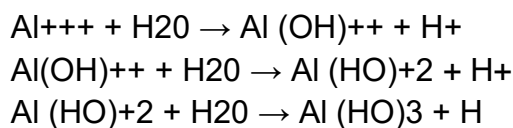
aumento de la solubilidad debida al pH, hará que para determinados elementos sea máxima (por ejemplo, cuando hay mucha acidez se solubiliza enormemente el aluminio pudiendo alcanzarse niveles tóxicos). Cada planta necesita elementos en diferentes cantidades y esta es la razón por la que cada planta requiere un rango particular de pH para optimizar su crecimiento. Por ejemplo, el hierro, el cobre y el manganeso no son solubles en un medio alcalino. (INFOAGRO, 2017).

Esto significa que las plantas que necesiten estos elementos deberían teóricamente estar en un tipo de suelo ácido. El nitrógeno, el fósforo, el potasio y el azufre, por otro lado, están disponibles en un rango de pH cercano a la neutralidad. La génesis del suelo se ve influenciada por la acidez o alcalinidad de su solución. Al aumentar la acidez del suelo, la flora bacteriana se ve desplazada por el predominio de hongos, con lo que la nitrificación y otros procesos dependientes de la actividad bacteriana se verán afectados. Por tanto, en condiciones de fuerte acidez, la fijación del nitrógeno y la mineralización de residuos vegetales se reducen. Las plantas absorben los nutrientes disueltos en el agua del suelo y la solubilidad de los nutrientes depende en gran medida del valor de pH. (INFOAGRO, 2017).

La acidez intercambiable.

Se refiere a los iones H^+ y Al^{+++} que se encuentran adsorbidos en la fracción coloidal del suelo. En los suelos minerales de regiones húmedas la acidez intercambiable se debe principalmente al Al^{+++} ya que existe muy poco H^+ intercambiable.

Al hidrolizarse el Al^{+++} intercambiable del suelo libera iones H^+ como se indica en las reacciones siguientes:



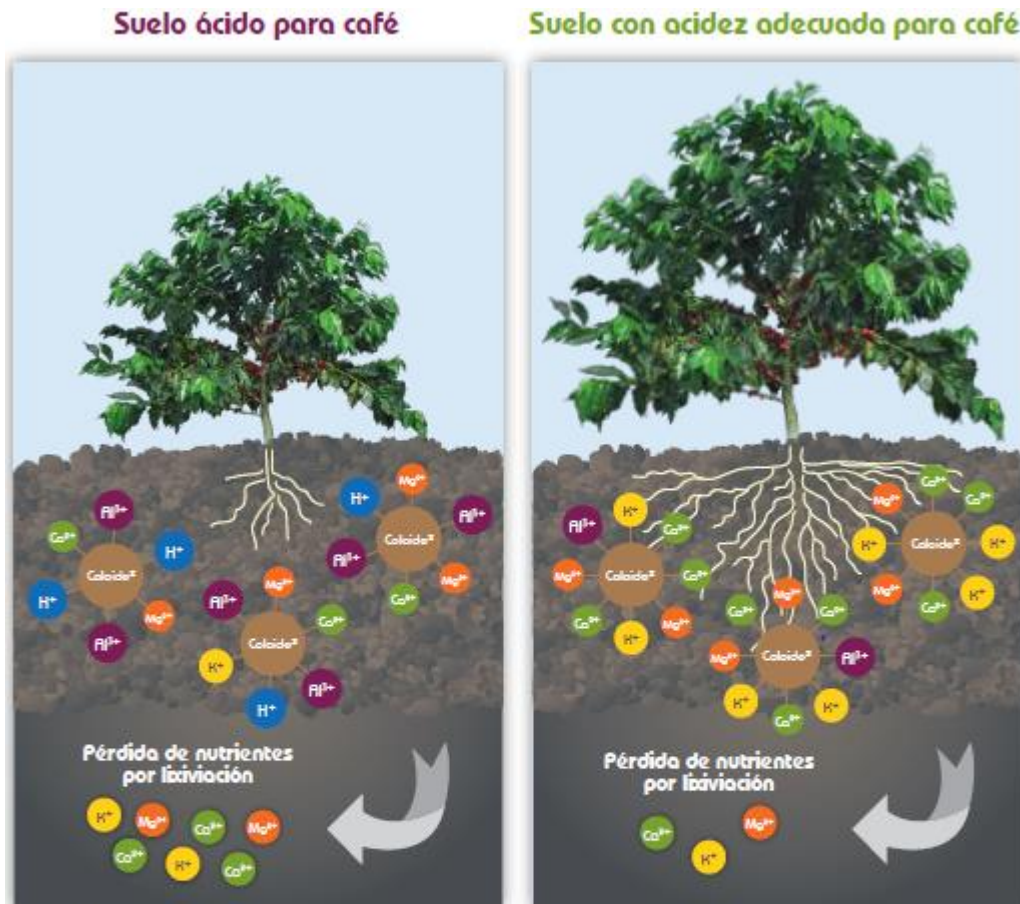
Generalmente con valores de pH por debajo de 5.5 en suelos minerales y por debajo de 5.0 en suelos orgánicos existen problemas con el aluminio, especialmente en plantas muy sensibles como alfalfa, trébol, frijol, soya, algodón, cebada, trigo, arroz, tabaco y algunos frutales. Otras plantas son bastante tolerantes como la piña, el fique, la yuca y los pastos gordura, puntero, pangola e imperial.

Algunos criterios generales (ICA, 1992) para considerar el aluminio intercambiable como problema en los suelos son los siguientes:

- Cuando la cantidad reportada en el análisis de suelos es superior a 2 me/100 gramos de suelo.

- Si el porcentaje de Al^{3+} de la suma total de los cationes intercambiables es mayor de 25.
- Si la relación $Ca+Mg+K/Al$ (Hernandez, 2013)

Ilustración 1. Cambios en CICE (fase intercambiable). Disponibilidad de bases intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}), presencia de Al^{3+} , crecimiento radical y pérdida por nutrientes por lixiviación como consecuencia de la acidez del suelo para café.



* Coloide órgano-mineral (arcilla y/o materia orgánica del suelo)

Menor capacidad de intercambio catiónico-CIC
Menor disponibilidad de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}
Mayor toxicidad por Al^{3+}
Menor crecimiento radical
Mayores pérdidas por lixiviación

Mayor capacidad de intercambio catiónico-CIC
Mayor disponibilidad de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}
Menor toxicidad por Al^{3+}
Mayor crecimiento radical
Menores pérdidas por lixiviación

(Kahalajabadi, 2016)

6.7 El germinador del café

6.7.1 La semilla. En las plantas la semilla tiene como objetivo perpetuar la existencia de la especie, y en el caso particular del café, también es el órgano que se comercializa.

6.7.2 Funcionalidad de la semilla. La semilla es la estructura reproductiva de la mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Se le considera el órgano de reserva de cuenta con los compuestos necesarios, para que a partir de ella comience el proceso de formación de una nueva planta (Crecimiento y Diferenciación) Las semillas desempeñan una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de la especie vegetal (Ascanio, 1994).

En Colombia, la totalidad de los cafés cultivados corresponden a la especie *C. Arábica* L., caracterizada por presentar autofecundación en el 90% - 95% de los casos, lo cual permite obtener poblaciones homogéneas por reproducción sexual, siendo este el sistema de multiplicación que más se utiliza (Nutman, 1993).

6.7.3 Condiciones del uso de la semilla. Una vez se tenga la semilla, es importante que se utilice en el menor tiempo posible, sin embargo, si se debe almacenar, debe hacerse en condiciones de temperatura ambiente, ya que extremos térmicos afectan el embrión. Igualmente, condiciones de humedad por encima del 35% o debajo de 11% reduce el poder germinativo de la semilla hasta un 60%, luego de 5 meses.

6.7.4 Implementación del germinador. El cultivo de café requiere de un germinador adecuado en cada finca, con el fin de garantizar un buen manejo agronómico y fitosanitario de las plantas en su estado inicial de desarrollo y de permitir una correcta selección de las chapolas al momento del trasplante del almacigo.

6.7.5 Tipo de germinador. El germinador se debe construir elevado del suelo, con una base al menos a 40 cm de altura, con el fin de evitar la salpicadura de aguas lluvias, contaminación con aguas de escorrentía o provenientes de desagües, daños ocasionados por animales domésticos o para minimizar el ataque de hongo patógeno *Rhizotonia solani*, el cual es un hongo nativo del suelo causante del Damping-off o volcamiento. (Angela M. Castro Toro, 2008).

El germinador puede construirse en guadua u otra estructura más durable que permita drenar cualquier exceso de agua, ojalá en un lugar que tenga un sombrero regulado o también a campo abierto (Arcila et al. 2007).

El germinador debe tener 30 cm de profundidad, y allí se coloca inicialmente una capa de gravilla de 1 cm de grosor, para proporcionarle un buen drenaje al sustrato, luego se ubica una capa de arena fina de río (arena de revoque), de 20 cm de grosor, la cual se debe cernir con el fin de quitar las piedras e impurezas de mayor tamaño, que puedan interferir con la germinación de la semilla en esta capa de 20 cm de arena se dispone del espacio apropiado para el desarrollo radical del fósforo o de la chapola de café.

El tiempo total de permanencia de las chapolas en el semillero esta entre 75 y 80 días. Un tiempo en el germinador ocasiona el incremento en la altura de las chapolas (Crecimiento orto trópico), la presencia del primer par de hojas verdaderas, aspecto que dificulta la adaptación de las chapolas a las condiciones de almacigo un crecimiento excesivo de la raíz, que puede obligar a un corte de la misma antes de la siembra en bolsa, para evitar problemas de malformaciones. Arcila et al. 2007.

6.8 Nutrición etapa vegetativa del café.

6.8.1 Nutrición en el germinador. Esta etapa tiene una duración aproximada de dos meses. La semilla se siembra en arena y no requiere la adición de nutrientes, ya que las reservas nutritivas contenidas en las mismas suplen las necesidades de las plántulas o “chapolas” para alcanzar su desarrollo completo. Solo requiere condiciones adecuadas de húmedas, oscuridad y temperatura, además del manejo fitosanitario. (Khalajabadi, 2.008)

6.8.2 Nutrición del almacigo. Etapa trascurrida 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 almacigo. En esta etapa la planta responde de manera positiva a abonos orgánico y a la aplicación de fósforo. Cuando no se utiliza una mezcla adecuada de suelo y abono orgánico bien descompuesto deben aplicarse 2 g de fósforo (P_2O_5) por bolsa, preferiblemente en forma de DAP (46% de P_2O_5), a los 2 y 4 meses luego del trasplante.

Adicionalmente, la aplicación de DAP contribuye a la reducir los efectos nocivos de la pulpa o lombrinaza parcialmente descompuesta. La respuesta obtenida a fertilización con nitrógeno en esta etapa ha sido negativa y la adición de potasio no

ha tenido influencia sobre el vigor de la planta, términos de peso seco y altura; tampoco la aplicación de fertilizantes foliares, ni la adición de silicio. (Khalajabadi, 2.008)

6.8.3 Los sustratos. Una mezcla de suelo y pulpa de café bien descompuesta en relación 1:1, en volumen (v/v), es suficiente para suplir las necesidades nutricionales en un almacigo. Cuando se dispone de otras fuentes como lombrinaza de pulpa de café, gallinaza, estiércol vacuno, polliniza o cenichaza, esta relación se puede cambiar a 3:1 (v/v). Así mismo, se ha demostrado que para la lombrinaza esta proporción de mezcla es independiente de los contenidos de materia orgánica del suelo. (Khalajabadi, 2.008)

6.8.4 Preparación del sustrato para el almacigo. Para la preparación del sustrato se recolecta el suelo de la capa arable hasta unos 20 centímetros de profundidad, haciendo un arado y repicado del suelo para ir desmenuzando la tierra y homogenizando la tierra, la cual se recolecta y se le quita todas las impurezas como raicillas, piedras, palos y otros que interfieran en el buen desarrollo de la raíz.

Con la tierra bien limpia y cernida se desinfecta con productos químicos o alternativos como la solarización, el agua hirviendo u otros. Seguidamente después de unos 15 días se le adiciona el material orgánico o químico que se vaya a usar.

6.8.5 Según CENICAFE la nutrición del sustrato debe abordar ciertas proporciones a saber se plantean las siguientes: 1. Para la preparación del almacigo la adición de abonos orgánicos al suelo como: pulpa descompuesta (proporción 1:1 ó 2:1 tierra: pulpa), lombricompostado y gallinaza (2:1 o 3:1 tierra: gallinaza o lombricompostado), permitirá obtener plantas más vigorosas y sanas, debido a que además del aporte de algunos nutrimentos, permiten mayor aireación del suelo, lo cual redundará en menor compactación, buena capacidad de retención de humedad y mayor desarrollo de raíces (Valencia, 1972; Mestre, 1973; Cadena, 1982 y 1983; Salazar y Mestre, 1990 y 1994; Arango y Dávila, 1991; Salazar, 1992). La adición de materia orgánica también representa menores costos, debido a que los caficultores no necesitan adicionar fertilizantes edáficos ni foliares y además, se reduce el uso de fungicidas en la etapa de almacigo. (Alveiro Salamanca Jimenez, 2008).

2. La aplicación de fertilizantes químicos (simples o compuestos) a la bolsa no es recomendable y más bien puede ser contraproducente. (ARCILA P., FARFÁN V., MORENO B., & SALAZAR G., 2007)

3. No se justifica la aplicación foliar de fertilizantes. (ARCILA P., FARFÁN V., MORENO B., & SALAZAR G., 2007)

4. Aspersiones frecuentes de urea pueden causar quemazón de los tejidos o intoxicaciones por biuret (Valencia, 1983). Manejo del almácigo no se observaron diferencias en el desarrollo de la raíz y de la parte aérea de las variedades Caturra y Colombia. (ARCILA P., FARFÁN V., MORENO B., & SALAZAR G., 2007)

Trasplante a las bolsas. El trasplante de las chapolas a las bolsas debe hacerse de tal manera que el hueco donde se va a sembrar la chapola quede bien centrado y lo suficientemente profundo para que al introducir la raíz no quede torcida. Si la raíz es muy larga puede recortarse un poco con la uña (no más de 1/3 de la longitud) para que no quede doblada y evitar de esta manera que se produzca el defecto “cola de marrano”, que ocasiona un mal desarrollo y mal anclaje de las plantas en el campo. Las chapolas deben quedar bien apretadas dentro de la bolsa, es decir, las raíces deben tener buen contacto con el suelo, lo que se logra introduciendo el palo ahoyador por un lado después de introducir la raíz, para finalmente presionar la chapola hacia el centro de la bolsa. (ARCILA P., FARFÁN V., MORENO B., & SALAZAR G., 2007)

6.9 Producción de almácigos en la finca.

Al construir el germinador en la finca con semilla producida por Cenicafé y al producir los almácigos propios, se garantiza la obtención de plantas de óptima calidad, la certeza sobre el material que se va a sembrar y una reducción del 33% en los costos de producción con respecto al valor comercial. De esta forma, el caficultor puede garantizar la siembra de un buen cafetal y su duración. Este aspecto es muy importante ya que estas plantas permanecerán cerca de 20 años en el lote, sin que exista la posibilidad de corregir los problemas causados como mal desarrollo y crecimiento deficiente de los colinos (Arcila, 2000; Duque, 2004).

6.9.1 Controles sanitarios. Con el fin de evitar contaminaciones por nematodos pueden agregarse en el momento de la siembra de las chapolas en las bolsas, cualquiera de los siguientes productos biológicos: hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus*, *Verticillium chlamydosporium* en proporción de 6 gramos por bolsa aplicado al hoyo de siembra de tal manera que el producto quede en íntimo contacto con las raíces, o micorrizas arbusculares de los géneros *Glomus* y *Entrophospora*, en dosis de 20 gramos de inóculo completo por bolsa. (Alvaro L. Gaitan B, 2011).

Un cultivo perenne como el café exige las mejores prácticas y aplicar las mayores tecnologías desde su inicio en el germinador y almácigo, siendo más recomendable

si se hacen en la propia finca para garantizar las buenas prácticas agrícolas, que se traducen en plantas productivas que serán el activo y el capital más importante del caficultor, pues de ellas derivarán sus ingresos por más de 20 años.

6.9.2 Las principales enfermedades que pueden observarse en el almácigo son. Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y nematodos (*Meloidogyne incognita* y *M. javanica*). La mancha de hierro puede controlarse con la adición de pulpa descompuesta en mezcla con el suelo, para el llenado de las bolsas. De persistir la enfermedad, las plantas de almácigo deben tratarse preventivamente con aplicaciones de productos azufrados o a base de cobre (previa consulta y autorización del organismo de certificación). También se pone en práctica el control manual mediante la eliminación de hojas enfermas, para bajar la presión de la enfermedad. Los nematodos pueden controlarse con la solarización del suelo antes de mezclarlo con la pulpa descompuesta, es decir, exponiendo al sol el suelo que va a emplearse como sustrato, por una semana y con volteos (dos veces en el día). (Fernando Farfan Valencia, 2015).

6.10 Recomendaciones prácticas para el establecimiento y cuidado del almácigo.

- Utilice en los almácigos suelo libre de enfermedades y plagas, verificando que las plantas existentes previamente en ese suelo estén sanas.
- Siembre solo chapolas de café con buen crecimiento de raíces y sin síntomas de pudrición.
- Aplique agentes de control biológico como micorrizas y hongos antagonistas.
- Revise una vez al mes el desarrollo de las plantas de café en el almácigo, haciendo muestreos en las raíces de una de cada 100 plantas.
- Evite deformaciones de la raíz cuando el crecimiento de la misma sobrepasa la profundidad de la bolsa.
- Lleve al campo solo material sano, lo que garantiza el mejor desarrollo y productividad de las plantas en los ciclos de producción venideros.
- Si va a comprar almácigos, hágalo en lugares certificados por el SENA y registrados ante el ICA.
- Recuerde que el ICA puede exigir una “Guía de Movilización” si se transportan almácigos por las vías nacionales. (CENICAFE, 2015).

6.11 Los subproductos del proceso productivo del café

En el proceso de cultivo e industrialización del café, solamente se aprovecha el 5% del peso del fruto fresco en la preparación de la bebida, el 95% restante está representado por residuos.

Los principales subproductos que se generan en el proceso de beneficio e industrialización del fruto de café y en los procesos de renovación del cultivo son: la pulpa, el mucílago, el cisco, las pasillas, la borra y los tallos de café.

La pulpa de café se genera durante la etapa del despulpado del fruto y representa, en base húmeda, alrededor del 43,58% del peso del fruto fresco. Su producción media es de 2,25 toneladas frescas/ha-año y se constituye en el principal subproducto del proceso de beneficio. Para el aprovechamiento y valorización de la pulpa de café y evitar su impacto ambiental negativo, se ha investigado:

1. Su transformación en abono orgánico utilizando la lombricultura con el fin de obtener abono orgánico y biomasa para la alimentación animal.
2. La producción de hongos comestibles de los géneros *Pleurotus*, *Lentinula* y *Ganoderma* los cuales son muy apreciados por su gran valor nutritivo y medicinal.
3. Los procesos de ensilaje para su almacenamiento y conservación, y
4. La obtención de pectinas y de biocombustibles. (Cenicafé).

6.12 La industria del café y algunos procesos de interés con los subproductos.

La industria cafetalera ocupa un lugar predominante en la economía de muchos países de América Latina y África. Su producción ha ido acompañada tradicionalmente de abundantes subproductos que, hasta hace poco, se habían considerado como desechos: pulpa, mucílago, aguas de lavado y pergamino. El disponer en grandes cantidades de estos materiales, implica un enorme problema y representa un claro riesgo de contaminación en los países productores. (Ulloa-Rojas et al., 2002; Ulloa-Rojas et al., 2003a).

6.12.1 Aplicaciones de la pulpa de café como sustrato sólido. Dentro de las múltiples aplicaciones de la pulpa de café, resulta muy atractivo la posibilidad de su utilización en los procesos de FES para la obtención de enriquecidos proteicos para la alimentación animal y para la producción de enzimas pectinolíticos de interés tecnológico en la industria de los alimentos y en otras agroindustrias como por ejemplo la cafetalera, específicamente en el proceso de beneficio húmedo del café para reducir los tiempos de fermentación (Antier et. al., 1993a; Boccas et

al., 1994; Bressani, 1979; Kashyap et al., 2001; Loera et al., 1999; Mahmoud y Jespersen, 2006; Minjares-Carranco et al., 1997).

A pesar de todas estas posibilidades de utilización de la pulpa de café -en consideración a su composición y a su facilidad de degradación por microorganismos- no todas son tan factibles en la práctica, debido a que este residuo se genera solamente durante una época del año, como sustrato fresco tiene alto contenido en agua y presenta una alta posibilidad de contaminación por microorganismos, debido a la presencia de azúcares y pectinas.

6.13 La lombricultura

Son indeterminadas las cantidades de desechos orgánicos que a diario se producen, y se pierden o se disponen en forma de elementos contaminantes en todos los sectores en donde se vincula la mano del hombre (Agropecuario, urbano y doméstico). La mejor alternativa para el aprovechamiento de estos materiales orgánicos es la lombricultura, que genera humus a partir de la transformación de esos desechos.

La lombriz en general, fue denominada por el filósofo Griego Aristóteles, como los Intestinos de la tierra. La lombriz de tierra es una fábrica de vida, la cual es capaz de recuperar los suelos deteriorados por las actividades productivas del campo.

De la gran cantidad de lombrices existentes, más de 8 mil especies, se ha desarrollado la crianza de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*), como la de más fácil adaptación, la menos exigente y la de mayor capacidad de producción, quien además presenta las siguientes características:

- Clasificada en el reino animal como Anélido terrestre.
- Su trabajo principal es acelerar la descomposición del material orgánico. El trabajo de años, lo hace en meses.
- Vive en ambientes húmedos, huye de la luz y se nutre de desechos orgánicos en vía de descomposición.
- Es un excelente recuperador de suelos. Es el arado o el intestino de la tierra, escava, proporciona porosidad por medio de galerías: oxigena y da permeabilidad al suelo.

6.13.1 Manejo de la lombricultura

La lombriz requiere de tres elementos básicos para su supervivencia: alimento, humedad y temperatura. Un cultivo se inicia con 10 kilogramos de lombrices por

metro cuadrado. Esta especie está en capacidad de aguantar cautiverio. Esta es la gran diferencia con la lombriz común que se dispersa con gran facilidad.

En un metro cuadrado se pueden tener hasta 50.000 lombrices, y en un kilo de lombriz pura hay alrededor de 1500 lombrices. 200 mil lombrices producen en el año entre 30 y 50 toneladas de humus o lombricompuesto.

La mejor temperatura para la cría de las lombrices está entre los 18 y los 24 grados centígrados.

Para determinar la aceptación del alimento se procede a realizar la prueba de la cama, la cual consiste en introducir 100 lombrices en una cantidad del nuevo alimento, si al cabo de 24 horas no han sobrevivido, o no están trabajando, este alimento no es de buena aceptación.

6.13.2 Preparación de las eras o camas

1. Una cama fácil de manejar, se hace con las siguientes medidas: 150 centímetros de ancho (1.50 mts) y de la longitud que se pueda alcanzar, según el terreno, de 2 a 15 metros como máximo de largo.

2. La altura de las paredes: a mayor profundidad del lecho mejor calidad del humus y mayor población. Cómo mínimo tener profundidades de: 40 cm. en clima cálido, 60 cm. en clima medio y 80 cm. en clima frío.

3. Las paredes de las camas pueden ser móviles: tablas, guaduas, bloques de cemento, plásticos o costales de fibra. O ser fijas con bloques de cemento pegadas con mezcla de concreto.

4. Para evitar el exceso de humedad en épocas de lluvia o la sequía en épocas de verano, se requiere usar algún tipo de techo o de sombrío. Puede ser plástico, teja campesina, polisombra de grado 70, teja de eternit o de barro, dependiendo de la capacidad económica y directamente encima del alimento. Mantengamos una capa de rastrojo o de costales para que evitemos la acción del sol, del viento y de los pájaros. Es más eficiente el trabajo de la lombriz cuando lo hace bajo techo y con una mayor calidad del producto final.

5. Otro sistema para criar lombrices es el de cajas de madera o plásticas o en cualquier recipiente. En el fondo de la caja se le abren unos agujeros para que escurra y para el paso de las lombrices de una caja a otra.

6. La cama debe ser preparada con anterioridad. Hacer la prueba de comportamiento al alimento y de supervivencia en 24 horas.

La siembra de la lombriz se hace en hileras o en montón, no se riegan, se humedece la cama, y luego se tapa. Observar su comportamiento. A los 10-15 días adicionarle comida de 10 cm. de grosor en franjas.

6.13.3 Cosecha del humus de lombriz. Existen varios métodos para la cosecha del lombricompuesto:

1. Para cosechar a diario. Quitar el sombrío si se puede o el rastrojo de encima y se deja a pleno sol. Raspar el humus y extraerlo. La lombriz se profundiza.

2. Hacer el sistema de la pirámide quedan en el fondo.

3. En la misma cama, se corre el material a un lado, y en el espacio sobrante se adiciona alimento fresco. Las lombrices buscan su alimento y al cabo de 45 a 60 días, ya se han pasado hasta las larvas.

4. Colocar un plástico encima de la cama. No alimentar por ocho días. Colocar encima del plástico alimento fresco y gustoso. Las lombrices adultas suben a comer, se atrapan y se separan en el plástico. Repetir este procedimiento por varias veces.

5. Con las cajas plásticas, al colocar una caja sobre la otra, las lombrices se pasan subiendo a la nueva.

6. Para cosecha rápida, se deja de alimentar durante 8 días, por medio de una pala se extrae la capa superior de 20 cm. a todo lo largo del lecho y por los bordes del mismo. Se depositan estos materiales en bolsas, quedando el humus en el fondo, libre de lombrices, de larvas y de huevos, luego se saca y se lleva a los sitios donde se utilizará. Se devuelve al lecho la primera capa extraída y se alimenta de nuevo.

6.13.4 Aplicaciones Prácticas. El producto libera el 50% de los nutrientes en el primer semestre o año y el resto en los años siguientes. Con adiciones constantes se van construyendo reservas de nutrientes en el suelo.

La mezcla de lombricompuestos ha dado mejores resultados en la producción vegetal que los lombricompuestos individuales. El tomate responde mejor a la mezcla de lombricompuesto y gallinaza. La morera se comportó mejor con la mezcla de varios lombricompuestos que cuando se utilizaron separados. Igual cosa sucede con el crisantemo variedad Súper White utilizando lombricompuesto de residuos de pompón, de clavel, de statice, de kikuyo y bovinaza. (Abonos Orgánicos por Jairo

Gómez). Se caracteriza por su alto contenido bacteriológico. Dos billones de bacterias por gramo, lo que le proporciona la característica de hacedor de vida. Modulo Agricultura Biológica.

6.14 Lombricompost (Humus o Abono de Lombriz).

El lombrihumus, es la excreta de la lombriz Coqueta Roja (*E. foetida*), cuya alimentación se basa en residuos bio-degradables pre-compostados. El lombricompost, o humus de lombriz, es un biofertilizante con gran estabilidad estructural, que contribuye a mantener y mejorar la estructura y estabilidad de los suelos, proveyéndoles resistencia a la erosión, adecuada porosidad y permeabilidad al agua, favoreciendo la liberación progresiva de los nutrimentos, poniéndolos a disposición de las plantas a la velocidad que las mismas pueden aprovecharlos, evitando la erosión de los suelos y la pérdida de nutrimentos hacia los ríos y mantos freáticos. (FUNDESYRAM, 2018).

6.14.1 Bondades del lombricompost para el suelo y las plantas: La incorporación de materia orgánica como acondicionador es una buena gestión en el manejo de suelos, repone los nutrientes extraídos por los cultivos, mientras mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas a largo plazo (Álvarez de Brito *et al.*, 1995). En la gama de alternativas para la adición de materia orgánica al suelo destaca la incorporación de humus de lombriz o vermicompost, debido a que posee gran estabilidad, elevado contenido en fibra bacteriana y alto contenido de nutrientes asimilables para las plantas (Manaf *et al.*, 2009). (Felipe Salinas Vásquez, 2014)

La lombricultura es una técnica orgánica, en la que por medio del manejo de procesos naturales en el suelo permite favorecer su dinámica y como consecuencia, obtener un impacto positivo en el ámbito agrícola (Hatti *et al.*, 2010), social y económico (Gheisari *et al.*, 2010). La aplicación de humus mejora la germinación y crecimiento de diferentes especies (Subler *et al.*, 1998; Atiyeha *et al.*, 2000) por la cantidad de nutrientes presentes en el vermicompost y que no se encuentran totalmente en los fertilizantes químicos, como nitrógeno, fósforo, potasio soluble, así como calcio y magnesio (Orozco *et al.*, 1996). (Felipe Salinas Vásquez, 2014).

6.15 Las micorrizas

Las plantas han desarrollado numerosas estrategias desde que colonizaron los ecosistemas terrestres, para hacer frente a los diversos retos bióticos y abióticos. Una de las más eficaces es la capacidad de los sistemas de raíces, para establecer

relaciones simbióticas mutualistas benéficas con los microorganismos. La micorriza, una forma intrincada de asociación de las raíces con algunos grupos de hongos, es la más frecuente y representa a los órganos de absorción de la mayoría de las plantas en la naturaleza (Gianinazzi-Pearson, 1984). Esta asociación cumple una función muy importante en la explotación eficaz de los recursos minerales del suelo y en la protección de las raíces contra una serie de patógenos. Por ello, las micorrizas son fundamentales para la supervivencia de muchos taxones de plantas en diversos ecosistemas, incluyendo muchas especies de cultivo (Bethlenfalvay & Linderman, 1992).

El término micorriza describe la asociación simbiótica de las raíces de plantas con hifas de hongos especializados del suelo, y se considera el órgano principal involucrado en la captación de nutrientes por la mayoría de las plantas terrestres. Se pueden distinguir siete tipos de asociaciones en función de su morfología y de los taxones de plantas asociados con hongos: 7) Arbuscular. También llamada micorriza vesicular-arbuscular. Es una asociación entre las raíces de la mayoría de plantas vasculares y un grupo pequeño de hongos del nuevo phylum Glomeromycota (Schübler, Schwarzott, & Walker, 2001). Esta micorriza se caracteriza por la presencia de una hifa intra o intercelular, arbuscúlos (hifas finamente ramificadas que participan en el intercambio de nutrientes), micelio extra-radical que conecta a la raíz con el suelo, y esporas formadas en el micelio extra-radical. Algunas especies forman estructuras llamadas vesículas que son porciones de hifa que se llenan de cuerpos lipídicos, dando a este grupo el nombre de micorriza vesicular-arbuscular. (Gutierrez, 2012).

6.15.1 Efectos benéficos individuales de las especies que integran el consorcio. Hongos formadores de micorrizas arbusculares (AMF): Diversos estudios han demostrado los efectos benéficos de la asociación simbiótica entre los AMF y las plantas (Gosling et al. 2006; Franken et al. 2007; Akhtar & Siddiqui, 2008; Kapoor et al. 2008), tales como:

- Incremento en la superficie de absorción, de agua y de nutrimentos, de los pelos radiculares, más la que se produce por la cobertura producida por el hongo.
- Incremento de la vida útil de las raíces absorbentes.
- Mejoramiento de la absorción iónica y acumulación eficiente, especialmente, en el caso del fósforo.
- Solubilización de minerales que se encuentran en el suelo, facilitando su absorción por las raíces de las plantas.

- Aumento de la capacidad fotosintética de la planta, por ende, la producción de biomasa de las plantas.
- Resistencia de raíces a infecciones causadas por patógenos, ocupación de los espacios radiculares.
- Incremento de la tolerancia de las plantas a toxinas del suelo (orgánicas e inorgánicas), valores extremos de acidez del suelo.
- Disminuye el estrés causado por factores ambientales.

Finlay (2004) menciona que, recientemente, existe una mayor atención en observar la interacción de los AMF con las comunidades microbianas de la rizosfera y las repercusiones en las plantas hospedadoras. La nueva perspectiva incluye el estudio de la multifuncionalidad de los AMF, en procesos como:

- Movilización de N y P a partir de polímeros orgánicos.
- Posible liberación de nutrientes de las partículas minerales o de roca.
- Efectos sobre el ciclo del carbono.
- Interacciones con plantas heterótrofas.
- Mediación de respuestas de las plantas a factores de estrés, como la sequía, la acidificación del suelo y la salinidad (Beauchamp et al. 2009).
- Biorremediación de suelos contaminados con compuestos tóxicos y metales pesados (Cheung et al. 2008).
- Protección contra patógenos de plantas.
- Posibles interacciones con grupos de otros microorganismos del suelo.
- Inducción de resistencia sistémica en plantas (Hause et al. 2007; Hause & Schaarschmid, 2009). (Cano, M.A: Interacción microorganismos benéficos). (Gutierrez, 2012).

6.15.2 Interacción micorrizas raíz. Los hongos formadores de micorrizas forman una simbiosis con las raíces de las plantas generando una alianza donde ambos ganan,

las plantas suministran al hongo azúcares como fuente de energía y estos en retribución le suministran nutrientes especialmente fósforo.

7. METODOLOGIA

La metodología utilizada para la investigación se desarrolló en diferentes etapas y momentos, para poder llevar a cabo la implementación de un almacigo de café de la variedad castillo con la utilización de humus de lombriz en el sustrato suelo a utilizar.

El estudio consistió en evaluar un almacigo de café en las variables crecimiento de las plantas y el número de hojas, para 4 tratamientos con diferentes proporciones de humus de lombriz en el sustrato que se utilizó para este.

Las etapas en las cuales se desarrolló el trabajo de investigación se mencionan a continuación:

Etapa uno. Elaborar de humus de lombriz a través del procesamiento de pulpa de café mediante la lombricultura para la obtención del insumo para el sustrato.

Etapa dos. Implementar germinador de café de la variedad castillo del rosario utilizado hoy en la zona de cafetera de Antioquia como una de las variedades recomendadas por la FNC.

Etapa tres. Diseñar e implementar el almacigo en los diferentes tratamientos a investigar en la finca.

Etapa cuatro. Realizar prácticas culturales requeridas por el almacigo de café para el buen desarrollo del mismo durante un periodo de cinco meses

Etapa cinco. Recopilar datos de manera organizada utilizando Excel como herramienta de ayuda.

El estudio se llevó a cabo bajo el diseño experimental randomizado o completamente al azar, que busca hallar de manera aleatoria analizar estadísticamente entre tratamientos y mediante ANOVA determinar si hay diferencias significativas.

A continuación, se ira describiendo el paso a paso como se fue desarrollando el estudio de investigación.

7.1 Área de estudio

El proyecto de Investigación se realiza en el municipio de Sopetrán, localizado en la subregión Occidente del departamento de Antioquia. Limita por el norte con el municipio de Olaya, por el este con el municipio de Belmira, por el sur con los municipios de San Jerónimo y Ebéjico y por el oeste con el municipio de Santa Fe de Antioquia. Su cabecera dista 59 kilómetros de la ciudad de Medellín, capital del

departamento de Antioquia. El municipio posee una extensión de 223 kilómetros cuadrados.

La finca “Los morritos” está ubicada en la vereda la Isleta, al Nororiente del Municipio de Sopetrán, a 17 Km de la cabecera municipal, acceso por vía de carretera, las fincas y localidades vecinas brindan una diversidad paisajística, pues a pesar de lo escarpado de su relieve es bastante poblado y cultivado por sus habitantes, debido a las condiciones favorables que se tienen, cuenta con clima templado entre 18 a 22°C y una altura aproximada entre los 1.400 y 1.800 m.s.n.m.

7.2 El análisis de suelo para la investigación

Teniendo en cuenta que el suelo es la base esencial para el anclaje, desarrollo y buenos resultados en el proceso productivo, se procedió a realizar un análisis de suelo al material a utilizar en el almacigo.

Para esta actividad lo que se hizo fue tomar una muestra de suelo de la capa arable del suelo haciendo una calicata de 20 cm de profundidad de donde se tomó un kilogramo de suelo el cual se llevó a la oficina del servicio de extensión de la Federación Nacional de Cafeteros, para que le hicieran el respectivo análisis y así tener los resultado y saber las condiciones físicas y químicas del suelo a utilizar para la investigación, los resultados del análisis de puedes observar en la figura.

Ilustración 2. Resultado análisis de suelo utilizado en la investigación.

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA COMITE DEPARTAMENTAL DE CAFETEROS SERVICIO DE EXTENSION RURAL			
COD	180C013	PROPIETARIO	WILSON ADRIAN ALVAREZ QUICENO
SECCIONAL	OCCIDENTE	FINCA (Nombre y codigo SICA)	LOS MORRITOS
MUNICIPIO	SOPETRAN	LOTE (Nombre y codigo SICA)	1
VEREDA	LA ISLETA	CULTIVO	Café tecnificado
PRECIPITACION	2.000	AREA	1,1
UNIDAD DE SUELOS	Desconocido	ALTITUD	1.855
DENSIDAD APARENTE	0,74	FECHA ANALISIS	05/06/2018
		% SOMBRIO	0
RESULTADOS DEL ANALISIS			
CLASE TEXTUAL			F.Ar.A
ARENA (%)			60,00
LIMO (%)			18,00
ARCILLA (%)			22,00
pH			4,50
MOS (%)			9,90
FOSFORO (mg kg)			37,00
POTASIO (cmol kg)			0,66
CALCIO (cmol kg)			2,00
MAGNESIO (cmol kg)			0,50
ALUMINIO (cmol kg)			1,80
CICE (%)			5,00
SAT DE Al (mg kg)			36,00
AZUFRE (mg kg)			7,00
HIERRO (mg kg)			-
MANGANESO (mg kg)			-
COBRE (mg kg)			-
ZINC (mg kg)			-
BORO (mg kg)			-

Fuente: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

7.3 Variedad de café utilizada

Se utilizaron plántulas (chapolas) de café de la variedad castillo del rosario de 80 días en germinador, se buscó las más uniformes en tallo, hojas, tamaño y raíz como característica Agronómica deseadas para el proceso, esta variedad según datos de FEDECAFE, se ha venido acoplado muy bien a condiciones agroecológicas de la zona cafetera para caficultura colombiana.

7.4 Producción de humus de lombriz para la investigación

En el proceso de producción del humus de lombriz se contó con materia prima y la fuente orgánica para la investigación fue el subproducto pulpa del café, el que se obtuvo del beneficio del café a través de despulpado en la finca los morritos; este proceso consistió en llevar los frutos frescos (cerezas) de café, después de cosechados en campo hasta el beneficiadero, allí se pasaron por una maquina

despulpadora de tracción mecánica bien calibrada, la cual despulpa el grano y separa la almendra de la cascara, dejando esta última disponible para el lombricultivo.

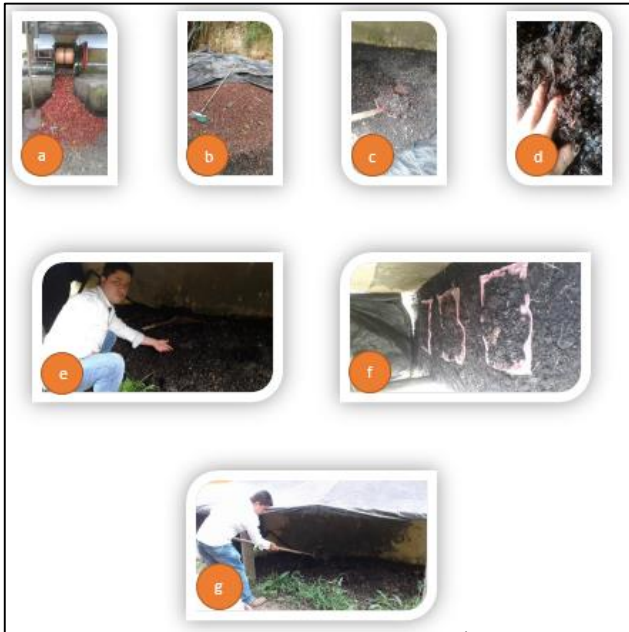
Según ANACAFE, la lombriz roja californiana Coqueta Roja (*E. foetida*) requiere tres elementos básicos para el procesamiento de los desechos orgánicos, estos son: Alimentación, temperatura y humedad, siguiendo este concepto se realizó un lombricultivo para la producción del humus para la investigación.

El lombricultivo se implementó en enero de 2018, siete meses antes de elaborar los almácigos, con el fin de tener la cantidad que se requería y con las condiciones y/o características adecuadas tanto físicas, químicas y biológicas para las respectivas aplicaciones en almácigo

La materia prima (alimento) que se utilizó para la producción del humus fueron 500 kilogramos de desechos de café (pulpa), el cual paso por un pre compostaje en compostera, proceso previo necesario para un mejor desarrollo y mayor eficiencia de las lombrices procesando desechos. En cuanto a la humedad se estuvo haciendo monitoreo constante para brindar la humedad requerida por aspersión a la cama establecida. El material orgánico se suministró cada quince días según la necesidad de alimento observada en campo.

La cosecha se realizó en el mes de Julio de 2018, con una obtención de 240 kilogramos, esto es 48% a 50% del material inicial utilizado. La cosecha se hizo utilizando el sistema de trampas, que consistió en dejar agotar el alimento fresco de las lombrices, para luego colocar costales sobre la cama del lombricultivo y adicionar alimento fresco, lo que atrajo a las lombrices y en dos o tres días ya habían aumentado en el alimento fresco, luego se retiraban los costales y se llevan a una nueva cama. Se repitió esta acción por unas tres veces y se dejó el material con el menor número de lombrices posibles para ser utilizado en el sustrato.

Ilustración 3. Proceso producción de humus de lombriz. a. Obtención de pulpa de café. b. Maduración pulpa de café. c. Alimentación de las lombrices. d. Lombrices procesando pulpa. e. Monitoreo del humus. f. Trapas de lombrices. g. Cosecha de humus.



Fuente: Elaboracion propia.

7.5 El vivero de café

7.5.1 El germinador. Se inició con la implementación del almacigo siguiendo lo recomendado por CENICAFE, se hizo con arena de quebrada cernida, luego se instalaron dos cajones de madera a 30 cm de altura por 40 cm ancho y 40 cm de lado a una altura sobre el suelo de 30 cm, para la prevención del hongo *Rizothonia solani* que se encuentra presente en el suelo según estudios de CENICAFE. Se depositó la arena previamente cernida y se adiciono agua caliente a 100 °C como método alternativo de desinfección.

Seguidamente con la arena desinfectada se colocó la semilla de café a razón de 500 semillas en un área de 0,6 m², la que se tapó con aproximadamente 2 cm de arena cernida por encima de los granos.

Ilustración 4. Implementación de germinador de café. a. Colocación de cajones, vaciado de arena y desinfección con agua hirviendo. b. Preparación de semilla. c. Regado de la semilla homogéneamente. d. Tapado de semilla con arena. e. Cubierta de germinador con malasombra.



Fuente: Autor propio.

7.5.2 Preparación del vivero. La recolección del suelo se hizo de manera tradicional como lo hacen los cultivadores de café en la zona, esto es picando, repicando y recogiendo la capa arable del suelo a unos 20 cm de profundidad, en el mismo lugar donde se ubicó el almacigo.

Seguidamente, se hizo la estructura para la protección del almacigo del agua lluvia y sol, esta se construyó en madera redonda y se recubrió con malla sombra al 60%.

7.5.3 El sustrato. En el llenado de las bolsas hay vario métodos y se usa un sustrato el cual no hay una única manera de hacerlos. El método que se utilizó para esta investigación fue: picar y repicar el suelo en su capa arable a unos 20 cm de profundidad en el lugar donde se hizo el almacigo, el suelo se desmenuzo y limpio de impurezas (Raíces, palos, piedras). Con el suelo limpio se dejó en solarización por un periodo de 20 días, seguidamente se fue adicionando las cantidades de humus propuestos para los tratamientos por separado, el suelo con el humus mezcla se dejó por un mes aproximadamente, tiempo en el cual se le dio 3 movimiento para ir mezclando de manera homogénea los materiales y proceder al llenado de las bolsas.

Ilustración 5. Preparación sustrato para almacigo. a. Recolección del suelo y limpia del mismo. b. Suelo por tratamiento y aplicación de humus de lombriz en diferentes porcentajes.



Fuente: Autor propio.

7.5.4 Llenado de bolsas.

Este se realizó de manera tradicional en el mismo lugar donde quedo el almacigo, allí se llenaron las bolsas de 17x23 cm la más común en la zona para almacigo de café, se adicionó el sustrato, un kilogramo por bolsa manualmente, con tubo de PVC 3" y se acomodaron en hileras de 10 bolsas y grupos de 10 hilera para cada tratamiento, lo que represento un total de 100 bolsas en cada uno de los tratamientos.

7.6 Descripción de tratamientos

7.6.1 Descripción de los tratamientos en cuanto a llenado de las bolsas: El TRATAMIENTO 1 (Testigo) se llenó 100 bolsas con suelo solo, El TRATAMIENTO 2 se llenó 100 bolsas con suelo 75 % y humus 25 %. El TRATAMIENTO 3 se llenó 100 bolsas con suelo 50 % y humus 50 % y el TRATAMIENTO 4 se llenó 100 bolsas con suelo 25 % y humus 75 %.

7.7 Siembra de la chapola y aplicación de micorrizas.

La chapola apenas abrió sus hojas coironales en el germinador, se procedió a seleccionar aquellas sin imperfecciones, luego se sacaron de la arena y se llevaron

al embolsado, allí por cada una de las bolsas se introdujo un palo de 2 cm de diámetro y 10 cm de profundidad en el centro de la bolsa con una estaca cilíndrica y de punta cónica, simulando la forma de cono dentro de la bolsa, se introdujo la chapola teniendo cuidado de, no generar defectos de raíz (cola de marrano), no torcer la raíz principalmente (cofia). Sin cerrar el hueco, se adiciono 20 gramos de micorriza arvascular por plántula, impregnando así la raíz en su rizosfera y se tapó posteriormente con el suelo de la misma bolsa.

Ilustración 6. . Llenado de bolsas y siembra de chapolas. a. Llenado de bolsa con tubo PVC. b. Acomodación de bolsas. c. Formación de hueco en bolsa. d. Introducción de chapola. e. Aplicación de micorrizas. f. Impregnado de micorrizas en la raíz de las chapolas.



Fuente: Autor propio.

7.8 Mantenimiento del almacigo

7.8.1 Manejo de arvenses. En la etapa de vivero es de gran importancia hacer un manejo adecuado de las arvenses, ya que estas serán las primeras en competir por luz, agua y nutrientes con las plántulas, con la eliminación de estas se logró evitar que las hierbas competieran con las plántulas de café, el no hacer esta práctica estas tienden a afectar el desarrollo de las mismas. En el almacigo las arvenses se eliminaron de manera manual, bolsa por bolsa en cada uno de los tratamientos, en un periodo de cinco meses y con una frecuencia de cada 30 días.

7.8.2 Riego

Para el manejo de la humedad en el almacigo se tubo agua cerca al vivero, al igual se contó con una buena disponibilidad de lluvia en la primera etapa del almacigo.

Durante los tres primeros meses en que se desarrolló el almacigo, octubre a Diciembre 2018, estuvo cruzado por el segundo periodo de lluvias para la zona donde se tenía el almacigo, por lo que se presentó lluvias constantes y con ello el agua suficiente para suplir el requerimiento hídrico y para el los meses de enero y febrero 2019 que se presentó fenómeno del niño, se adicono agua cada tres días en horas de la tarde, con esto se garantizó el buen desarrollo del vivero.

Considerando lo sugerido por la Federación Nacional de Cafeteros, el almacigo se hizo cerca (20 m) al tanque de almacenaje de agua de la finca, para prevenir un déficit por agua lluvia y así contar con el agua para riego en caso de que se hubiese requerido para las plántulas en su etapa de almacigo.

7.8.3 Plagas y enfermedades. Las principales enfermedades que pueden observarse en el almacigo son: mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y nematodos (*Meloidogyne incognita* y *M. javanica*). La mancha de hierro puede controlarse con la adición de pulpa descompuesta en mezcla con el suelo, para el llenado de las bolsas. De persistir la enfermedad, las plantas de almacigo deben tratarse preventivamente con aplicaciones de productos azufrados o a base de cobre (previa consulta y autorización del organismo de certificación). También se pone en práctica el control manual mediante la eliminación de hojas enfermas, para bajar la presión de la enfermedad. Los nematodos pueden controlarse con la solarización del suelo antes de mezclarlo con la pulpa descompuesta, es decir, exponiendo al sol el suelo que va a emplearse como sustrato, por una semana y con volteos (dos veces en el día). (Farfa y Sánchez, 2015).

Para la prevención de las enfermedades; mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y nematodos (*Meloidogyne incognita* y *M. javanica*) mencionadas por (Farfa y Sánchez, 2015) en la etapa de almacigo, se hizo solarización por 15 días en la etapa de preparación del sustrato. También se hizo aplicación de micorriza en la raíz de cada una de las chapolas a razón de 20 gramos por planta, así mismo se aplicó un producto a base de cobre (Dithane 45) en dosis sugeridas por el producto de 2,5gr/lit de agua, aplicados por aspersion cada 15 días y un preventivo natural, Alisin a base de ajo y ají, este para ayudar en la prevención de plagas y enfermedades.

El volcamiento (*Rizothonia solani*), es otra de las enfermedades que se debe prevenir en el almacigo, por ello de logro prevenir con el producto a base de cobre antes mencionados.

Ilustración 7. Ilustración 8. Presencia y manejo de enfermedades en el almacigo de café. a. Iniciación de hongo patógeno. b. Necrosamiento de hojas por hongos. c. Muerte descendente de la plántula por hongos patógena. d. Aplicación de Dithane para manejo de hongos.



Fuente: Autor propio.

7. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La información recopilada se basó en la medición de las variables de objeto de la evaluación, durante el periodo de vivero de un almacigo de café, un lapso de tiempo de 9 de septiembre de 2018 a 28 de febrero de 2019, cinco meses con 20 días, tiempo mínimo requerido para la fase de un almacigo de café, según CENICAFE.

Las variables medidas fueron:

- a. Altura de la planta
- b. Número de hojas verdaderas
Ambas variables se midieron a los 5 meses más 20 días desde trasplantadas las chapolas del germinador a las bolsas.
- c. Al finalizar el ciclo del almacigo se tomaron las mediciones de las variables, 30 en total por tratamiento para la altura de las plantas al igual que el número de hojas verdaderas de 30 plántulas por tratamiento, no se tuvo en cuenta las hojas cotiledóneas.

9.1 Diseño experimental

El diseño completamente al azar es una prueba basada en el análisis de varianza, en donde la varianza total se descompone en la “varianza de los tratamientos” y la “varianza del error”. El objetivo es determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, para lo cual se compara si la “varianza del tratamiento” contra la “varianza del error” y se determina si la primera es lo suficientemente alta según la distribución F. (Mellado. Pág. 1).

9.2 Recopilación de la información

La implementación y desarrollo del diseño experimental Randomizado (Diseño al azar), se inició con la determinación de los cuatro tratamientos que se querían desarrollar y las variables a seguir y la forma de la toma de la información.

De acuerdo con la descripción de los tratamientos como quedaron en campo: El TRATAMIENTO 1 (Testigo) se llenó 100 bolsas con solo suelo, El TRATAMIENTO 2 se llenó 100 bolsas con suelo 75 % y humus 25 %. El TRATAMIENTO 3 se llenó 100 bolsas con suelo 50 % y humus 50 % y el TRATAMIENTO 4 se llenó 100 bolsas con suelo 25 % y humus 75 %. La marcación de los tratamientos (T1, T2, T3 Y T4), se hizo marcando con marcador sobre tarros reutilizados donde se colocó los porcentajes de suelo y de humus a utiliza. Para la marcación de las bolsas, se enumeraron fichas del uno al cien, se depositaron en una bolsa, se mezclaron y se

sacó de la bolsa azar, así se dejaron enumeradas las plántulas de cada tratamiento ver figura 5 y 6.

Ilustración 9. Enumeración de los almácigos por tratamiento. a. Fichas marcadas del uno a cien mezcladas. b. Modelo de ficha para cada bolsa. c. Colocación de finca por almácigo.



Fuente: Autor propio.

Ilustración 10. Enumeración de los almácigos por tratamiento. a. Fichas marcadas del uno a cien mezcladas. b. Modelo de ficha para cada bolsa. c. Colocación de finca por almácigo.



Fuente: Autor propio.

Cinco meses y 20 días después de sembradas las chapolas por cada tratamiento se eligieron al azar las plántulas para la toma de datos de las variables propuestas, en cada tratamiento se hizo en forma de X y se midió la altura de la planta y el

número de hojas variedades de cada almacigo elegido, en la tabla 1 se ven los números correspondientes a los cuatro tratamientos.

Tabla 1. Unidades muestrales escogidas al azar por tratamiento.

Muestra	Trat 1	Trat 2	Trat 3	Trat 4
	Nro de almacigo			
1	23	54	5	3
2	44	100	46	32
3	51	32	76	28
4	89	43	61	44
5	60	46	33	56
6	58	76	20	73
7	10	51	93	28
8	43	81	67	97
9	98	87	80	78
10	32	95	18	13
11	27	45	21	9
12	81	41	97	22
13	72	28	19	18
14	12	73	2	48
15	34	85	15	41
16	32	99	85	61
17	66	66	46	93
18	90	70	47	37
19	78	92	28	25
20	51	37	68	43
21	21	47	98	19
22	36	31	7	4
23	58	87	16	11
24	45	79	24	97
25	64	19	53	100
26	30	17	39	27
27	11	36	29	49
28	15	22	77	83
29	62	39	69	35
30	72	21	40	50

Fuente: Elaboración propia.

Las mediciones se realizaron cada 15 días a las variables propuestas: crecimiento de las plántulas y número de hojas verdaderas a cada una de las unidades previamente definidas al azar.

A continuación, en la tabla 2, se pueden observar los datos recopilados en campo de las variables de crecimiento y número de hojas verdades por planta, correspondientes al establecimiento de vivero el cual inicio el 9 de septiembre 2018 y termino el 28 de febrero de 2019 con la medición la recopilación de los datos.

Tabla 2. Registro global de datos del diseño completamente randomizado.

Tratamiento		Trat 1		Trat 2		Trat 3		Trat 4	
Variables		Altura de la planta en cm	Nro de Hojas	Altura de la planta en cm	Nro de Hojas	Altura de la planta en cm	Nro de Hojas	Altura de la planta en cm	Nro de Hojas
Replica	1	15,0	12,0	15,0	14,0	18,0	16,0	14,0	12,0
	2	12,8	10,0	18,2	14,0	19,0	14,0	14,0	12,0
	3	14,4	12,0	19,0	14,0	18,0	14,0	15,0	14,0
	4	16,0	10,0	20,2	18,0	16,0	12,0	13,0	12,0
	5	13,8	12,0	20,2	14,0	20,0	14,0	18,0	12,0
	6	13,0	10,0	16,5	14,0	20,0	14,0	15,0	10,0
	7	12,0	12,0	14,0	12,0	20,0	16,0	18,0	12,0
	8	14,0	10,0	18,0	14,0	14,0	10,0	17,0	12,0
	9	12,8	10,0	17,0	14,0	18,0	14,0	13,0	12,0
	10	10,0	6,0	16,0	16,0	19,0	14,0	13,0	12,0
	11	12,0	8,0	16,0	14,0	21,4	16,0	14,2	12,0
	12	13,5	12,0	13,0	12,0	18,0	14,0	11,0	10,0
	13	15,0	12,0	18,0	14,0	19,0	16,0	18,0	14,0
	14	12,0	10,0	20,0	16,0	19,0	14,0	20,0	14,0
	15	16,0	10,0	19,0	14,0	15,0	14,0	19,0	12,0
	16	16,0	14,0	18,0	14,0	22,0	16,0	14,0	12,0
	17	17,0	12,0	19,0	14,0	18,0	14,0	15,0	10,0
	18	16,0	12,0	18,0	14,0	18,0	14,0	17,0	14,0
	19	13,6	12,0	19,0	14,0	16,0	12,0	16,0	14,0
	20	14,0	12,0	19,0	14,0	16,0	12,0	13,0	12,0
	21	13,0	10,0	16,0	14,0	16,0	12,0	19,0	12,0
	22	17,0	12,0	18,0	14,0	18,0	14,0	19,5	14,0
	23	16,0	12,0	19,0	14,0	20,0	14,0	19,0	14,0
	24	14,0	10,0	17,0	14,0	17,4	14,0	18,4	12,0
	25	14,0	12,0	19,0	12,0	16,0	14,0	17,0	12,0
	26	16,6	12,0	17,0	14,0	17,0	14,0	17,0	12,0
	27	14,2	10,0	18,0	12,0	14,0	12,0	14,0	12,0
	28	16,0	10,0	19,0	14,0	18,0	14,0	17,0	12,0
	29	13,6	10,0	19,0	16,0	16,0	12,0	19,0	12,0
	30	16,0	12,0	20,8	16,0	19,0	14,0	19,0	14,0

Fuente: Elaboración propia.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Análisis de la información

Los datos generados por la investigación fueron procesados en software Stargraphics XVII-X64 de la Universidad, mediante análisis de Varianza – ANOVA y prueba de diferencia mínima significativa (LSD).

Tabla 3. ANOVA para Altura por Tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	257,352	3	85,7839	20,94	0,0000
Intra grupos	475,158	11 6	4,09619		
Total (Corr.)	732,51	11 9			

La tabla 3. ANOVA descompone la varianza de Altura en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 20,9423, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Altura entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 5% de significación. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

De acuerdo a la tabla de ANOVA para la altura de los tratamientos, expreso un valor para P de 0,000 lo que es menor al 0,05 (5%) lo que evidencia una diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 4. Medias para Altura por Tratamiento con intervalos de confianza del 95,0%.

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est. (s agrupada)</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
1	30	14,31	0,369513	13,7925	14,8275
2	30	17,8633	0,369513	17,3458	18,3808
3	30	17,86	0,369513	17,3425	18,3775
4	30	16,2033	0,369513	15,6858	16,7208
Total	120	16,5592			

Esta tabla 4 muestra la media de Altura para cada nivel de Tratamiento. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Están contruidos de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95,0% de las veces.

La tabla de medias para altura con intervalo de confianza 95% para los tratamientos mediante metodología de la diferencia mínima significativa (LSD), evidencia que dos de los tratamientos T2 y T3, se comportaron de manera idéntica en cuanto a sus alturas medias 17,86 cm, igualmente en sus límites inferior 17,34 y límite superior 18,38 cm, el T2 y T3 son los que presentaron los mejores comportamientos en cuanto a su altura en centímetros. Situación contraria se presentó para los otros dos tratamientos T1 (Testigo) y T4, donde el T1 presento el valor medio más bajo de todos con 14,31 cm, seguido del T4 con una altura de 16,2 cm, con una diferencia importante entre ellos al igual que con los tratamientos 2 y 3.

“Para café el rango adecuado de pH se encuentra entre 5,0 y 5,5”.

” Ante condiciones de acidez ($\text{pH} < 5,5$), el exceso de aluminio afecta el crecimiento normal de las raíces; circunstancia que reduce la absorción de los nutrientes y el desarrollo de la parte aérea de la planta ver figura xx. CENICAFE. 2016.

Polanco. 2010. Menciona que “el aumento de la solubilidad debida al pH, hará que para determinados elementos sea máxima (por ejemplo, cuando hay mucha acidez se solubiliza enormemente el aluminio pudiendo alcanzarse niveles tóxicos)”. Con base en lo citado por Polanco y Cenicafè, se puede asociar la razón por la cual el T1 presento uno de los más bajos desempeños, si se relaciona que el análisis de suelos (ver figura 2) que se le hizo al suelo usado para el almacigo fue pH 4,5 y los niveles de aluminio se mostraron entre altos y muy altos. Según esto, el suelo utilizado para el almacigo pudo presentar toxicidad para los almacigos del testigo, razón por la cual estos exhibieron n menor crecimiento en centímetros.

López. A (2017). En su trabajo “Efectos de las diferentes dosis de humus liquido sobre el crecimiento y desarrollo de postras de café”. Cita a Maylew (2004) quien encontró que cuando se redujeron las concentraciones de 1/30 a 1/40 disminuyeron los incrementos del rendimiento del tomate de un 50% a un 30%. Estos resultados evidencian que el bioestimulador debe ser utilizado en dosis adecuadas ya que tanto un defecto como un exceso de este pueden ocasionar efectos negativos.

Así mismo, estudios hechos por CENICAFE plantean que la relación 3:1, 75% de suelo y 25% de lombrinaza son adecuadas para un buen desarrollo del almacigo, en el estudio de investigación realizado para este trabajo, se hallaron resultado iguales para los tratamientos T2 y T3 en proporciones 3:1 y 1:1. Que el tratamiento T3 haya presentado resultado positivo igual con la proporción recomendada por

Cenicafè, puede estar relacionado con que el suelo utilizado presento 60 % de Arenas y un pH de 4,5, al adicionarse el humus en una relación 1:1, este con sus bondades naturales de mejoramiento físico, químico y biológico del suelo, pudo dejar el sustrato en condiciones ideales, similares al T2 proporción 3:1 adecuadas para el almacigo de café.

En cuanto al T4, proporción 1:3 25% suelo y 75% de humus los resultados presentaron diferencias significativas con los tratamientos T2 y T3 a pesar de tener una mayor cantidad de humus presento un menor crecimiento en centímetros con relación a los T2 y T3 para el presente estudio, lo que se comprende según lo expresan Ávila *et al*, Fageria *et al* y Masrchner en otros estudios citados por (Alveiro Salamanca Jimenez, 2008)

Ávila *et al*. Reportan en otros estudios similares, con suelos clasificados como Inceptisoles del municipio de Floridablanca (Santander). Que la humedad gravimétrica del sustrato alcanzo valores promedios de 110 y 175 % para las proporciones 50 y 75%, respectivamente. La humedad en exceso es para las plantas una de las limitaciones que afectan su desarrollo radicular y por ende su crecimiento. Fageria *et al* sostiene que el exceso de humedad reduce la aireación del suelo y el suministro de oxígeno para las raíces e inhibe la actividad de micro organismos benéficos. Al amentar la proporción de lombrinaza se aumentó el pH de sustrato en forma lineal, aun por encima del rango considerado óptimo para el café (5 - 5,5), hasta alcanzar niveles alcalinos donde se observan deficiencia de hierro. (Alveiro Salamanca Jimenez, 2008).

Masrchner afirma que al aumentar el pH se limita la disponibilidad Fe, Mn, Cu, y Zn, y según Epstein y Bloom, así como el pH influye sobre el equilibrio, la solubilidad y la forma iónica predominante de los elementos en el suelo, también afecta el transporte de los iones a través de la membrana de las células epidérmicas y corticales de las raíces de las plantas. (Alveiro Salamanca Jimenez, 2008).

9.2 Pruebas de Múltiple Rangos para Altura por Tratamiento

Tabla 5. Método: 95,0 porcentaje LSD.

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	30	14,31	X
4	30	16,2033	X
3	30	17,86	X
2	30	17,8633	X

Tabla 6. Método: 95,0 porcentaje LSD.

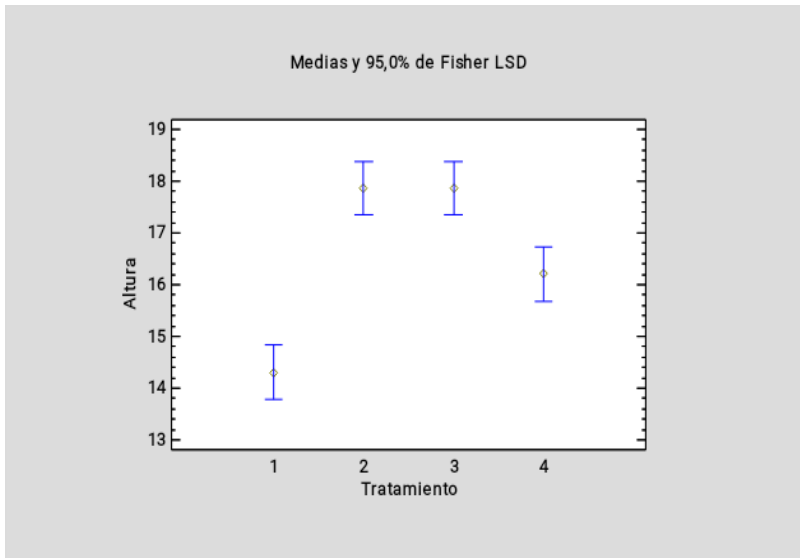
Contraste	Sig	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-3,55333	1,03502
1 - 3	*	-3,55	1,03502
1 - 4	*	-1,89333	1,03502
2 - 3		0,00333333	1,03502
2 - 4	*	1,66	1,03502
3 - 4	*	1,65667	1,03502

* indica una diferencia significativa.

En la tabla 4 se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 5 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Como lo indica la tabla 5 de múltiples rangos donde según la alineación de la homogeneidad de las Xs en las columnas, donde es evidente la diferencia entre las parejas de los tratamientos, el T1 y T2 difieren en -3,55 cm, la pareja T1 y T3 la diferencia es -3,55 cm, y los T1 y T4 aunque hay una reducción a los anteriores sigue siendo importante a diferencia con - 1,89 cm, sin embargo los T2 y T3 su diferencia es de 0,0033 cm por debajo de 0,05 (5%) lo que no es significativo según la LSD y su homogeneidad. En cuanto a los tratamientos T2 y T4 hay diferencia de 1,66 cm igualmente es la diferencia entre T3 y T4 es de 1,65 cm.

Ilustración 11. Grafica de resultado de los tratamientos para crecimiento de las platas.



En la gráfica 10 el tratamiento que presento menor altura fue el T1 (Testigo), seguido del T4 que alcanzó los 16,2 cm, en esta investigación los T2 y T3 fueron los que mostraron mejor resultado y se comportaron de manera homogénea, sin embargo estos tenían diferencia de 0,25 % y 0,50% en la proporción de humus de lombriz respectivamente, caso que indican que con cualquiera de los dos porcentajes se puede tener el resultado esperado de mejor desarrollo de un almacigo con la utilización de humus de lombriz. En este estudio se ha demostrado las bondades de la lombrinaza para la utilización en almácigos de café en cualquiera de las dos proporciones 25 y 50 % de humus que mostraron homogeneidad en crecimiento de las plántulas.

9.3 ANOVA Simple Numero hojas por Tratamientos

Variable dependiente: N° Hojas

Factor: Tratamientos

Número de observaciones: 120

Número de niveles: 4

Se ejecuta un análisis de varianza de un factor para N° Hojas. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de N° Hojas para los 4 diferentes niveles de Tratamientos. La prueba-F en la tabla 3 ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias.

Tabla 7. Resumen Estadístico para N° Hojas.

Tratamientos	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
1	30	10,9333	1,55216	14,1966%	6,0	14,0	8,0
2	30	14,1333	1,27937	9,05213%	12,0	18,0	6,0
3	30	13,8	1,42393	10,3184%	10,0	16,0	6,0
4	30	12,3333	1,18419	9,60152%	10,0	14,0	4,0
Total	120	12,8	1,85889	14,5226%	6,0	18,0	12,0

Tabla 8. Diferentes estadísticos de N° Hojas para cada uno de los 4 niveles de Tratamientos.

Tratamientos	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
1	-2,38637	2,66937
2	1,77304	2,55246
3	-1,04385	0,752363
4	-0,0884437	-0,0921143
Total	-1,66787	2,1311

Esta tabla 7 muestra diferentes estadísticos de N° Hojas para cada uno de los 4 niveles de Tratamientos. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles.

El sesgo estandarizado y/o la curtosis estandarizada se encuentran fuera del rango de -2 a +2 para los 2 niveles de Tratamientos. Esto indica algo de no normalidad significativa en los datos, lo cual viola el supuesto de que los datos provienen de distribuciones normales.

Tabla 9. ANOVA para N° Hojas por Tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	194,4	3	64,8	34,67	0,0000
Intra grupos	216,8	116	1,86897		
Total (Corr.)	411,2	119			

La tabla 8 ANOVA descompone la varianza de N° Hojas en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 34,6716, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que

0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de N° Hojas entre un nivel de Tratamientos y otro, con un nivel del 5% de significación. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se seleccionó Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

De acuerdo a la tabla 8 de ANOVA para número de hojas de los tratamientos, expreso un valor para P de 0,000 lo que es menor al 0,05 (5%) lo que evidencia una diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 10. Medias para N° Hojas por Tratamientos con intervalos de confianza del 95,0%.

			<i>Error Est.</i>		
<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>(s agrupada)</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
1	30	10,9333	0,249597	10,5838	11,2829
2	30	14,1333	0,249597	13,7838	14,4829
3	30	13,8	0,249597	13,4504	14,1496
4	30	12,3333	0,249597	11,9838	12,6829
Total	120	12,8			

La tabla de medias para número de hoja con intervalo de confianza 95% para los tratamientos mediante metodología de la diferencia mínima significativa (LSD), evidencia que uno de los tratamientos el T2 obtuvo los mejores rendimientos en cuando a su número de hojas, con una media de 14,13 hoja por planta, con un límite inferior de 13,78 y límite superior de 14,48. El T3 aun que muestra datos diferentes al T2, no es estadísticamente significativos, presento una media de 13,8 número de hojas para cada almacigo, en cuanto a los tratamientos T1 y T4 se obtuvieron los resultados estadísticamente con una LSD entre ellos y con los T2 y T3, ya que el T1 tuvo una media de 10,9 y el T4 fue de 12,3.

Pruebas de Múltiple Rangos para N° Hojas por Tratamientos

Tabla 11. Método: 95,0 porcentaje LSD.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	30	10,9333	X
4	30	12,3333	X
3	30	13,8	X
2	30	14,1333	X

Tabla 12. Comparación de diferencia significativa.

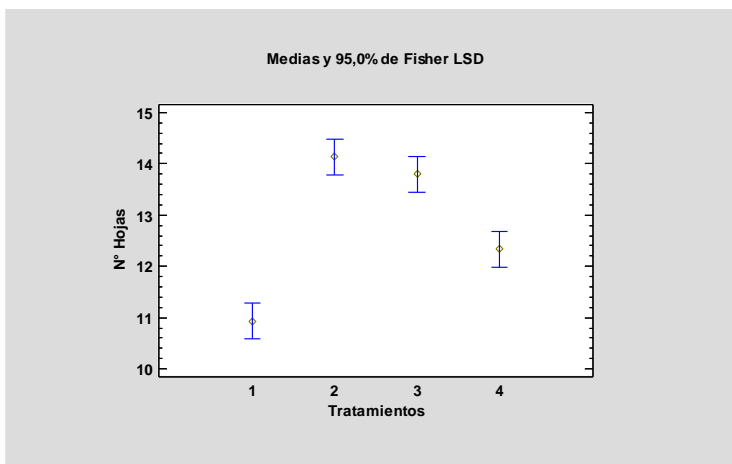
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	-3,2	0,699131
1 - 3	*	-2,86667	0,699131
1 - 4	*	-1,4	0,699131
2 - 3		0,333333	0,699131
2 - 4	*	1,8	0,699131
3 - 4	*	1,46667	0,699131

* indica una diferencia significativa.

Esta tabla 11 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 5 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza

Como lo indica la tabla 10 de múltiples rangos donde según la alineación de la homogeneidad de las Xs en las columnas, donde es evidente la diferencia entre las parejas de los tratamientos en cuanto al número de hojas, el T1 y T2 difieren en - 3,2, la pareja T1 y T3 la diferencia es -3,86, los T1 y T4 aunque hay una reducción a los anteriores sigue siendo importante la diferencia con - 1,4, sin embargo los T2 y T3 su diferencia es de 0,33 por debajo de 0,05 (5%) lo que no es significativo según la LSD y su homogeneidad. En cuanto a los tratamientos T2 y T4 hay diferencia de 1,8 así mismo hay diferencia entre T3 y T4 igual a 1,4 hojas.

Ilustración 12. Grafica de resultado de los tratamientos para número de hojas de las platas.



Nuevamente en esta figura 11 de medias, se ratifica lo que se mencionó en el análisis para el crecimiento de los almácigos, según lo expresan Ávila *et al*, Fageria *et al* y Masrchner en otros estudios citados por (SALAMANCA; SADEGHIAN. 2008. 97 p) y CENICAFE, nuevamente se refleja para la expresión en número de hojas que desarrollaron cada planta en los tratamientos, donde evidencia que los mejores tratamientos fueron el T2 y T3 y los menos positivos los T1 y T4, considerando los argumentos de los estudios citados, los elementos que más pudieron intervenir en los resultados obtenidos fueron el pH, el Al, la humedad y las proporciones de humus por tratamiento que afectaron los elementos anteriores y con ellos los resultados obtenidos.

10. CONCLUSIONES

1. En los resultados obtenidos se puede concluir, que el humus de lombriz si mejoro las bondades físicas, químicas y biológicas del sustrato utilizado y las proporciones 1:3, 1 parte v/v de humus de lombriz y 3 partes de suelo para el tratamiento 2 y la proporción 1:1, 1 parte v/v de humus de lombriz y 1 parte de suelo para el tratamiento 3, pudieron estabilizar el sustrato para el almacigo con lo que fue suficiente para la obtención de los mejores resultados.
2. Con el procesamiento de los desechos de café como la pulpa, mediante la lombricultura se puede contribuir al cuidado del medio ambiente y el aprovechamiento de manera más sostenible en las fincas, al disminuir el uso de agroquímicos en la fase de almacigo del cafeto.
3. La implementación del almacigo en los diferentes tratamiento con la utilización de diferentes proporciones de humus de lombriz, permitió validar las bondades o no de cada uno de los porcentajes utilizados, con ello contar con información fidedigna para la academia, productores y otros.

11. RECOMENDACIONES

1. Utilizar el humus de lombriz para el sustrato de almácigos de café en las proporciones 1:3 o 1:1 v/v ya que son suficientes para el desarrollo de un almácigo en el tiempo recomendado.
2. Tomar la producción de humus mediante el proceso de lombricultura como alternativa para procesar los desechos del café.
3. Desarrollar nuevas investigaciones con el humus de lombriz en otras etapas del café como crecimiento y producción.
4. Implementar estudios de campo con humus de lombriz de diversas fuentes orgánicas de manera individual o en mezclas incluido los desechos del café.

Bibliografía

- Alvaro L. Gaitan B, C. V. (2011). ALMACIGOS DE CAFE: Calidad fitosanitaria, manejo y siembra en campo. *CENICAFE*, 8.
- Alveiro Salamanca Jimenez, S. S. (2008). Almacigos de cafe con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia organica. *CENICAFE*, 12.
- Angela M. Castro Toro, C. A. (2008). Germinadores de cafe. *CENICAFE*, 12.
- ARCILA P., J., FARFÁN V., F., MORENO B., A., & SALAZAR G. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchina: Blanecolor Ltda.
- CENICAFE. (2007). *Sistema de producción de cafe en Colombia*. Chinchina: Blanecolor Ltda.
- CENICAFE. (2013). *Manual del cafetero colombiano*. Bogota: LEGIS.
- CENICAFE. (2015). Cultivemos cafe. *CENICAFE*, 1.
- Colombia, F. N. (12 de 02 de 2018). *Federacion Nacional de Cafeteros de Colombia*. Obtenido de https://www.federaciondefcafeteros.org/particulares/es/sala_de_prensa/detalle/produccion_de_cafe_colombiano_crece_146_en_enero/
- Felipe Salinas Vásquez, L. S. (2014). Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica. *IDESIA*, 99.
- Fernando Farfan Valencia, C. A. (2015). Almacigos para caficultura Organica. *CENICAFE*, 8.
- FUNDESYRAM. (10 de 06 de 2018). *Biblioteca Agroecologia FUNDESYRAM*. Obtenido de <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=2959>
- Gobernacion Norte de Santander. (25 de 03 de 2017). *Enjambre*. Obtenido de <http://www.enjambre.gov.co/enjambre/file/download/188335>
- Gutierrez, G. C. (2012). Interaccion planta-hongos micorrizicos arbusculares. *SCIELO*, 10.
- Hernandez, J. C. (2013). *Edafologia y Fertilidad*. Bogota.
- INFOAGRO. (2017). Composicion quimica del suelo y su pH. *Infoagro*, 10.
- José Raúl Rendón Sáenz, J. C. (2015). Analisis Tecnico del Proceso de Lombricultura en la Pulpa de cafe para la producción de abono organico. *CENICAFE*, 10.

Kahalajabadi, S. S. (2016). La acidez del suelo, una limitante comun para la produccion de cafe. *CENICAFE*, 12.

Khalajabadi, S. S. (2.008). Fertilidad del suelo y nutriciòn del cafe en Colombia. *CENICAFE*, 45.

Pulgarin, J. A. (2007). Establecimiento del cafetal. En *CENICAFE, Sistemas de produccion del cafetero Colombiano*. (pág. 309). Chinchina: Blanecolor Ltda.

