

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE
PLÁNTULAS DE CAFÉ (*Coffea arabica*) VARIEDAD LEMPIRA**

POR:

EMELINA MELGAR HERNÁNDEZ

TESIS



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

MAYO, 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE
PLÁNTULAS DE CAFÉ (*Coffea arabica*) VARIEDAD LEMPIRA**

POR:

EMELINA MELGAR HERNÁNDEZ

ESMELYM OBED PADILLA, M. Sc.

Asesor principal

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO.**

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

MAYO, 2016

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis y la obtención de mi título universitario, se lo dedico de manera especial a mi madre querida: La **Sra. Evarista Hernández**, quien ha sido el pilar fundamental en mi formación integral y profesional.

A mis queridos hermanos **Rubén Melgar, Adrián Melgar, Carlos Humberto Melgar, Mario Reiniery Melgar, Juan Manuel Melgar** y a mi querida hermana **Leocadia Melgar**. Quienes me han brindado su cariño y apoyo incondicional contribuyendo grandemente en el alcance de mi mayor logro.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Creador del Universo, por haberme dado la oportunidad de crecer profesionalmente y poner todos los medios para que pueda alcanzar un propósito de mucha importancia en mi vida, **Gracias mi Dios.**

Agradezco de manera muy especial a la Sra. Evarista Hernández, quien es la persona más importante en mi vida y fundamental para el alcance de mi mayor logro hasta la fecha, **Gracias Mamá.**

Agradezco al Sr. Isaías Melgar, por sus buenos consejos, **Gracias Papá.**

Agradezco a seis personas muy importantes en mi vida: Rubén, Adrián, Carlos, Reiniery, Juan y Leocadia, quienes han sido incondicionales en todo momento y me han brindado su cariño y apoyo. **Gracias hermanos queridos**, sin ustedes no hubiese sido posible.

A esas personas que me brindaron su amistad y me concedieron el honor de conocerles y compartir con ellos muy buenos momentos durante estos años, **Gracias**, que Dios les bendiga y sigan creciendo profesionalmente.

Un agradecimiento especial a mis asesores por haberme brindado su apoyo y compartir sus experiencias y conocimientos.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	2
2.1 General	2
2.2 Específicos	2
III REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 Importancia del café en Honduras.....	3
3.2 Situación actual del café en Honduras	3
3.3 Caracterización general de la actividad cafetalera	4
3.4 Semillero de café.....	4
3.4.1 Selección de semilla	4
3.4.2 Preparación del semillero	5
3.4.3 Siembra de la semilla	5
3.5 Viveros de café.....	5
3.5.1 Características del suelo para el llenado de bolsas	6
3.5.2 Trasplante del almácigo a la bolsa	6
3.5.3 Sombra en el vivero.....	7
3.5.4 El riego en el vivero	7
3.5.5 Fertilización.....	7
3.5.6 Época de trasplante.....	7
3.6 Los sustratos.....	8
3.6.1 Características que debe tener un buen sustrato	8
3.6.2 Criterios para la selección de sustratos.....	10
3.6.3 Los sustratos orgánicos	11

3.6.3.1. Estiércol	11
3.7. Relación carbono-nitrógeno (C/N).....	13
3.8. Mineralización de sustratos orgánicos	15
3.9 Nutrición del cafeto.....	16
3.9.1 Balance nutricional.....	16
3.9.2 Funciones y síntomas de deficiencia de los nutrientes en el café.....	17
3.9.2.1. Macronutrientes.....	17
3.9.2.2. Micronutrientes	19
IV MATERIALES Y MÉTODO	21
4.1 Localización del experimento	21
4.2 Materiales y equipo	21
4.3 Manejo del experimento.....	21
4.3.1. Selección y beneficiado de la semilla.....	22
4.3.2. Establecimiento del semillero	22
4.3.3. Composteo de los sustratos	22
4.3.4. Preparación de los sustratos	23
4.3.5. Llenado de las bolsas.....	23
4.3.6. Trasplante a vivero	23
4.4 Diseño experimental.....	24
4.5 Variables evaluadas.....	25
4.5.1. Altura de las plántulas	25
4.5.2. Diámetro del tallo.....	26
4.5.3. Número de hojas.....	26
4.5.4. Área foliar	26
4.5.5. Presencia de deficiencias nutricionales	26
4.6 Análisis estadístico.....	27
4.7 Análisis económico	27

V RESULTADOS	28
5.1 Altura de la planta	30
5.2 Diámetro del tallo.....	32
5.3 Número de hojas.....	33
5.4 Área foliar	33
5.5 Presencia de deficiencias nutricionales	35
5.5.1. Deficiencias de nitrógeno (N)	36
5.5.2 Deficiencia de hierro (Fe)	37
5.6. Análisis económico	37
VI CONCLUSIONES.....	39
VII RECOMENDACIONES	40
BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXOS	44

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Contenido de macronutrientes de los estiércoles	12
Cuadro 2. Análisis químico de los sustratos, Campamento, Olancho	13
Cuadro 3. Calidad edáfica según los valores en la relación C/N	13
Cuadro 4. Niveles de nutrimentos en las hojas del café	16
Cuadro 5. Descripción de los tratamientos	25
Cuadro 6. Características de las deficiencias nutricionales en el café	27
Cuadro 7. Prueba de medias para las variables: altura de planta, diámetro del tallo, numero de hojas y área foliar.	29
Cuadro 8. Deficiencias nutricionales en las plántulas de café	35
Cuadro 9. Costo económico por cada uno de los tratamientos evaluados	38

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Promedio para la variable altura de la planta de café, según el tratamiento evaluado.....	31
Figura 2. Promedio para la variable diámetro del tallo, según el tratamiento evaluado.	32
Figura 3. Promedios para la variable número de hojas, según el tratamiento evaluado.....	33
Figura 4. Promedios para la variable área foliar, según el tratamiento evaluado.....	34

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Esquematización del diseño experimental (Croquis)	45
Anexo 2. Análisis de varianza para la variable altura de la planta de café	45
Anexo 3. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo de la planta de café	46
Anexo 4. Análisis de varianza para la variable número de hojas de la planta de café	46
Anexo 5. Análisis de varianza para la variable área foliar de la planta de café	46
Anexo 6. Establecimiento del experimento.....	47
Anexo 7. Trasplante	47
Anexo 8. Vivero 30 DDT	48
Anexo 9. Vivero 76 DDT	48
Anexo 10. Medición de las variables: diámetro del tallo (A) y Altura de la planta (B)	49
Anexo 11. Medición de las variables: número de hojas (C) y área foliar (D).....	49
Anexo 12. Tratamientos: T1 (A), T2 (B) y T3 (C)	50
Anexo 13. Tratamientos: T4 (D), T5 (E) y T6 (F)	50
Anexo 14. Tratamientos: T7 (G), T8 (H) y T9 (I).....	51
Anexo 15. Diferencia de cada tratamiento en una planta.....	51
Anexo 16. Tratamiento con mejor respuesta en las variables evaluadas	52
Anexo 17. Tratamiento que presenta la media menor en las variables evaluadas	52
Anexo 18. Deficiencia leve de hierro	53
Anexo 19. Deficiencia moderada de hierro.....	53
Anexo 20. Deficiencia severa de hierro	54
Anexo 21. Deficiencia de nitrógeno.....	54

Melgar Hernández, E. 2016. Evaluación de Sustratos Orgánicos en la Producción de Plántulas de Café (*Coffea arabica*) en la zona de Catacamas, Olancho, Honduras. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho. 65 p.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la sección de cultivos industriales de la Universidad Nacional de Agricultura ubicada en el municipio de Catacamas en el departamento de Olancho. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de distintas proporciones de dos sustratos orgánicos (vacaza y cerdaza) en la producción de plántulas de café (*Coffea arabica*). Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) constituido por nueve tratamientos, los cuales son: T1 (100% vacaza), T2 (100% cerdaza), T3 (100% Suelo, testigo relativo) T4 (50% suelo + 50 % vacaza), T5 (50% suelo + 50 % cerdaza), T6 (75% suelo + 25 % vacaza), T7 (75% suelo + 25 % cerdaza), T8 (50% suelo + 25 % cerdaza+ 25% vacaza) y T9 (50% vacaza + 50 % cerdaza); en el tratamiento testigo (T3) se hizo dos aplicaciones de 18-46-0 (a los 30 y 70 ddt). Se evaluaron cinco variables: altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar y presencia de deficiencias nutricionales. Según el análisis de varianza, los sustratos orgánicos usados en distintas proporciones tienen un efecto altamente significativo ($P < 0.01$) sobre las variables altura de la planta y área foliar, un efecto significativo ($P > 0.01$, < 0.05) sobre la variable diámetro del tallo y un efecto no significativo ($P > 0.05$) sobre la variable número de hojas de la plántula de café. Se presentaron deficiencias nutricionales principalmente de nitrógeno y hierro en los tratamientos: T1, T2 y T9. El T8 fue el tratamiento que manifestó una mejor respuesta en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de café, según las variables evaluadas, mostrando una altura de la planta de 7.52 cm, 0.20 cm de en el diámetro del tallo, 118.5 cm² de área foliar, 6.38 número de hojas y no se manifestó ningún síntoma de deficiencia de nutrientes, por lo que se considera a la combinación: 50% suelo + 25 % cerdaza+ 25% vacaza, como el mejor sustrato para medio de producción de plántulas y por ende el mejor tratamiento.

Palabras claves: sustrato, materia orgánica, relación C/N, mineralización.

INTRODUCCIÓN

La actividad cafetalera ha sido uno de los principales pilares de la sostenibilidad económica, social y ambiental en el país. Por su calidad, sabor y aroma Honduras se posesiona como el mayor exportador del grano en la región Centroamericana, el tercero en Latinoamérica y en el sexto a nivel mundial (IHCAFE 2013).

La producción de viveros de café, es una actividad realizada por los caficultores cada año, por tanto, la presente investigación será de mucha importancia para todos aquellos productores de café del país interesados en producir plántulas de calidad a bajo costo, aprovechando los recursos disponibles y contribuyendo a reducir la contaminación ambiental. Generalmente los caficultores, usan como sustrato solamente suelo (15 a 20 cm) sin incorporar material orgánico ya sea de origen animal o de origen vegetal y si lo hacen no tienen conocimiento acerca de las proporciones adecuadas a usar como medio de producción.

La presente investigación se realizó en busca de alternativas de nutrición para las plantas de café en la etapa de vivero; fase fundamental en la producción de café de calidad. El manejo adecuado en esta etapa garantiza mejores niveles de productividad y mayor longevidad en el cafeto. Se sabe que los sustratos orgánicos de diversas fuentes son el elemento básico para la producción de plántulas de calidad y a bajo costo. Los estiércoles de animales son una de las principales fuentes de materia orgánica, y el uso de estos sustituye a los fertilizantes sintéticos, debido a que virtualmente contienen todos los nutrimentos que requieren las plantas para su crecimiento y desarrollo (Mueller et al. 1994). Por tal razón se evaluó el efecto de dos sustratos orgánicos (vacaza y cerdaza) en distintas proporciones sobre la producción de plántulas de café.

II OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar el efecto de dos sustratos orgánicos (vacaza y cerdaza) en diferentes proporciones, en la producción de plántulas de café (*Coffea arabica*) var. Lempira, en la Universidad Nacional de Agricultura

2.2 Específicos

Evaluar el efecto de los tratamientos sobre el comportamiento de las plántulas de café, mediante la medición de una serie de parámetros; como ser: altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar y presencia de deficiencias nutricionales

Identificar el sustrato o las proporciones que favorezcan el crecimiento y desarrollo de las plántulas de café.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Importancia del café en Honduras

La actividad cafetalera ha sido uno de los principales pilares de la sostenibilidad económica, social y ambiental del país. Es una de las actividades humanas que a lo largo del siglo XX, transformó nuestro paisaje, la economía y la cultura de miles de familias rurales. Es el rubro de mayor influencia en el sector agrícola; más de 110,000 familias son beneficiadas directamente de la explotación del cultivo; por lo tanto, vincula aproximadamente un millón de empleos directos e indirectos, en las labores de mantenimiento, cosecha, comercialización y procesamiento e industrialización del grano (IHCAFE 2013)

3.2 Situación actual del café en Honduras

Actualmente existen 112,000 productores los cuales siembran más de 400 mil manzanas de café en 15 de 18 departamentos y 224 de 298 municipios. Es un cultivo de mucha importancia para el medio ambiente ya que el 98 % del cultivo se siembra bajo sombra forestal, es una protección contra los incendios forestales, evita la erosión y ayuda a la recuperación de los suelos degradados, protegiendo las cuencas acuícolas. (IHCAFE 2015)

El café por consiguiente es el principal rubro de exportación agrícola contribuyendo con el PIB Agrícola un 36 %, PIB Nacional 5%, por lo tanto sostiene económicamente al 20% de la población nacional, generando divisas de \$1,439 millones. (IHCAFE, 2015)

3.3 Caracterización general de la actividad cafetalera

La mayoría de las fincas de café están localizadas en zonas montañosas, con las plantaciones en terrenos de ladera generalmente, donde se ha dejado parte de la cubierta arbórea natural para sombra del café o se ha eliminado para sembrar café y árboles especiales de sombra (CLACDS, 1999).

Las tierras cafetaleras se encuentran en zonas de captación de cuencas hidrográficas y están localizadas a latitudes comprendidas entre los 400 a 1,500 msnm. El 70% de las plantaciones se sitúan entre los 700 y 1,300 msnm; un 26% está arriba de los 1,300 msnm y el restante 4% se localiza en altitudes inferiores de 700 msnm. Las altitudes superiores a los 700 msnm son aptas para el cultivo de café de la especie *C. arábica* y son apropiadas para la producción de los mejores tipos comerciales del grano. Las tierras ocupadas con café suponen condiciones edáficas favorables, sin embargo, deben de aplicarse los nutrientes limitantes para alcanzar los niveles de productividad deseados mediante el uso de fertilizantes (CLACDS, 1999).

3.4 Semillero de café

Es un programa de tecnificación para el cultivo del café, el propósito fundamental es obtener buenas cosechas y además que el producto obtenido sea de calidad. Este proceso comienza desde la selección de la variedad, considerando las características propias de la misma y también de su capacidad de producción (FAO 2006)

3.4.1 Selección de semilla

Debe provenir de plantas sanas, vigorosas y productivas que tengan menos del 5% de granos vanos, asegurándose de la pureza genética de la variedad deseada; se cosechan las cerezas maduras de la parte media de la planta, se despulpan a mano, se fermentan por 14 a 27 horas de acuerdo a la temperatura del lugar, se lava y se seca la semilla a la sombra.

Posteriormente se selecciona la semilla tipo planchuela, eliminando la semilla pequeña y deforme (caracol, triángulo y elefante) (FAO 2006).

3.4.2 Preparación del semillero

Como el semillero sólo se utilizará para germinar la semilla, no es necesario que el suelo o sustrato sea muy fértil. Puede utilizarse suelo, siempre y cuando no sea muy arcilloso, y algunas mezclas como arena + suelo + pulpa de café, en proporciones iguales procurando que la pulpa de café esté bien descompuesta (fermentada). Uno de los factores importantes para tener éxito en el semillero, es la desinfección del suelo, labor que protegerá al cultivo de maleza, plagas y enfermedades y que redundará en una mejor calidad de la planta (PROCAFE 2014).

3.4.3 Siembra de la semilla

Se siembra en surcos espaciados a diez centímetros, se deposita la semilla a chorrillo y se cubre con una capa del mismo sustrato, procurar que quede a una profundidad de 2 centímetros. Las camas se tapan con algún material vegetal (hoja de plátano, palma o bambú) la cual se retira cuando empiezan a germinar las primeras semillas, lo que ocurre entre los 40 y 60 días, dependiendo de la temperatura del lugar (PROCAFE 2014).

3.5 Viveros de café

El éxito de la futura siembra dependerá de la calidad de la planta que se lleve al campo, la hechura de un buen vivero es parte fundamental en el éxito de la futura plantación.

3.5.1 Características del suelo para el llenado de bolsas

El suelo utilizado para el llenado de las bolsas debe provenir de la parte superficial del mismo, con buenas características de fertilidad las cuales se pueden mejorar haciendo uso de abonos orgánicos, y por consiguiente se producirán plantas de excelente calidad (FIAGRO 2005).

Textura del suelo: el suelo debe tener como características una textura franca o suelta que posea porcentajes equilibrados de arena, arcilla y limo. Si el suelo es muy arcilloso es necesario mezclarle arena para mejorar su drenaje, al contrario sucedería si el suelo fuera muy arenoso (FIAGRO 2005).

La materia orgánica: es recomendable el uso de abonos orgánicos principalmente aquellos que se encuentran disponibles en la finca como la pulpa de café y los estiércoles de animales de granja, al usar tales abonos, debe estar previamente descompuestos (FIAGRO 2005)

3.5.2 Trasplante del almácigo a la bolsa

Un día antes del trasplante es necesario realizar un riego profundo con el propósito de facilitar la extracción de las plántulas. El desarrollo adecuado para realizar la siembra es cuando la plántula está en etapa de chapola, (cuando sus hojas cotiledóneas están abiertas) (ICAFEMAG 1989). Para realizar el trasplante es necesario tomar en consideración las siguientes precauciones:

- Selección de plántulas sanas, vigorosas y con raíz bien formada
- Evitar la deshidratación
- Cuando se siembra la plántula se debe enterrar hasta el cuello de la raíz.

3.5.3 Sombra en el vivero

En nuestro país, por lo general los viveros se hacen bajo una sombra construida en forma de ramada, la cual se prepara por medio de madera, alambre y ramas de plantas propias de la región, esto asegura un microclima óptimo para que las plantas puedan tener buen desarrollo (Ordoñez s.f).

3.5.4 El riego en el vivero

El agua es de suma importancia para que la planta de café se desarrolle normalmente, durante la época seca se recomienda efectuar riegos con el propósito de mantener la planta en continuo crecimiento y evitar el efecto perjudicial de un déficit hídrico. La frecuencia del riego dependerá de la duración e intensidad del período seco y de la sombra que tenga el vivero (ICAFE-MAG 1989).

3.5.5 Fertilización

El sustrato para llenar las bolsas de manera tradicional debe ser enriquecido con la mezcla de abono orgánico y fertilizante químico de la fórmula 18-46-0, sin embargo, será necesario reforzar la fertilización, ya sea en forma granular o diluida, lo que estimulará un adecuado crecimiento de la planta de café. Así mismo se obtendrán plantas sanas, vigorosas, con buen vigor vegetativo las cuales asegurarán el éxito de la inversión (ICAFE-MAG 1989).

3.5.6 Época de trasplante

Es importante realizar el trasplante al campo definitivo en épocas de abundante precipitación, lo cual favorecerá una rápida adaptación de la planta y disminuirá el riesgo de pérdidas.

Debe de planificarse la construcción de viveros entre los meses de marzo y abril, para efectuar la siembra al campo definitivo a los 4 ó 5 meses de edad cuando por lo menos posea 6 pares de hojas verdaderas. En todo caso se debe de planificar que la siembra coincida con las lluvias, ya que esto favorecerá el pegue de la futura plantación (Ordoñez s.f).

3.6 Los sustratos

En la actualidad los sustratos son el principal medio de producción de plántulas, el cual brinda las condiciones adecuadas, en sus primeras etapas de vida del cultivo, asegurando un mayor porcentaje de plántulas producidas presentando las condiciones óptimas para ser llevadas al campo definitivo. (OIRSA 2009).

3.6.1 Características que debe tener un buen sustrato

Propiedades físicas: estas estudian la distribución volumétrica del material sólido, el agua y el aire, así como su variación en función del potencial matricial. Se describen:

Porosidad: es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, es decir, por aire o agua en una cierta proporción, su valor óptimo es sobre el 80-85%.

Agua fácilmente disponible: es la diferencia entre el volumen de agua retenido por el sustrato después de haber sido saturado con agua y dejado drenar, valor óptimo 20-30%.

Capacidad de aireación: se define como la proporción de volumen del sustrato del cultivo que contiene aire después de que dicho sustrato ha sido saturado con agua y dejado drenar, sus valor óptimo es 20-30%, esto es importante ya que las raíces requieren oxígeno para mantener su actividad metabólica y crecimiento.

Granulometría: el tamaño de los gránulos o fibras condicionan el comportamiento del sustrato, varía su densidad aparente y su comportamiento hídrico, a causa de su porosidad externa, que aumenta el tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría.

Densidad aparente: se define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen aparente del sustrato húmedo, es decir, incluyendo el espacio poroso entre las partículas.

Estructura: granular como la de la mayoría de los sustratos minerales, que no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, o fibrilar que depende de las características de las fibras.

Propiedades químicas: estas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del sustrato, reacciones de solución e hidrólisis de contribuyentes minerales, reacciones de intercambio de iones y reacciones de biodegradación de materiales orgánicos. Se describen a como sigue:

Capacidad de intercambio catiónico: se define como la suma de los cationes que puede ser adsorbidos por unidad de peso del sustrato. Dichos cationes quedan retenidos frente al efecto lixivante del agua y están disponibles para la planta.

Disponibilidad de nutrientes: la disponibilidad de nutrientes que posea un sustrato para cultivo dependerá de su origen, orgánico o inorgánico, así aunque posea un alto contenido de nutrientes en disponibilidad, nunca será suficiente para cumplir con el requerimiento nutritivo completo de una planta.

Salinidad: se refiere a la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato. Esto se puede dar por: fertilizantes insolubles, alto contenido de sales en el agua de riego o cuando el sustrato posee un alto contenido de capacidad de intercambio catiónico.

pH: el pH es un factor determinante en el desarrollo de una planta, ya que altera el funcionamiento de otros, como la capacidad de intercambio catiónico, disposición de nutrientes, actividad biológica y otros, por lo que el nivel óptimo oscila entre un rango de 5.5-7.

Propiedades biológicas: la velocidad de descomposición está en función de la población microbiana y de las condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato; esta puede provocar deficiencias de oxígeno, nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. La disponibilidad de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas) determina la velocidad de descomposición. (Infoagro s.f.).

3.6.2 Criterios para la selección de sustratos

La relación beneficio/costo: el costo es el factor principal que determina el uso del tipo de sustrato a utilizar, debido al costo que presenta el acarreo del sustrato, lo que indica que tipo de sustrato se puede utilizar y por consiguiente el beneficio que genera.

Facilidad de manejo o compatibilidad: el uso de los nuevos materiales nos conlleva a realizar programas de investigación, experimentación, con el objeto de presentar un producto apropiada a las condiciones partículas a las que se requiere con el sustrato.

Libre de patógenos: se debe realizar estudios para asegurarse que el sustrato estén libre de organismos que puedan causar efectos negativos en el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

Impacto ambiental: el cuál debe ser amigable con el ambiente y evitar que provoque alteraciones al medio ambiente.

Disponibilidad en la región o zona: el material a utilizar debe estar disponible en la zona para reducir los costos y mejor disponibilidad al momento de ser utilizado.

3.6.3 Los sustratos orgánicos

Dentro de este grupo se encuentra una serie de sustratos residuos y subproductos de diferentes actividades, aunque este tipo de materiales deben ser previamente acondicionados mediante un proceso de compostaje. Los sustratos orgánicos poseen características como retención de humedad, estabilidad, oxigenación entre otras, que se comportan de manera diferente en cada sustrato (Morales 1999 citado por Flores 2013).

Según Gallardo 1998 citado por Flores 2013, las características físicas de los sustratos están directamente asociadas a la capacidad de promover y retener aire a las raíces de las plantas. Un sustrato está constituido por partículas sólidas y espacios libres que dejan entre sí a los cuales se les denominan poros que conforman el espacio poroso.

3.6.3.1. Estiércol: es una mezcla de excrementos animales, consistente en alimentos no digeridos más ciertos desperdicios corporales y cama (material inerte usado en el piso de los chiqueros).

El estiércol formado con el excremento del ganado es el más importante de los abonos orgánicos, ya que todas las sustancias orgánicas del estiércol se transforman en humus y esto hace favorable las propiedades físicas del terreno, al que hace blando e hidróscopo (Rigau, 1965 citado por Severiano 2014)

Estiércol de Bovino (Vacaza): estudios en países asiáticos nos reporta que el estiércol de vacuno es un buen abono y se usa directamente en zonas de cultivo intensivo y cultivos hortícolas. (FAO, 1979 citado por Severiano 2014).

Los aportes del estiércol independientemente de su acción beneficiosa como enmienda orgánica, ponen a disposición del cultivo elementos fertilizantes que se liberan lentamente y que los cultivos aprovechan en sucesivos años, entre los estiércoles suelen haber bastante diferencias, en primer lugar por la especie animal de que proceden y también por el grado de humedad, tiempo de elaboración, forma en que está hecho (Guerrero 1996, citado por Zeveriano 2014).

Estiércol de porcino (Cerdaza): según Melvin et al 1988 citado por Guzman 2013, el control de los desechos de la producción porcina se ha vuelto muy importante como consecuencia de sistemas de producción intensivos, escasa mano de obra, restricciones del medio ambiente más rigurosas, cuando se aplican.

Ensminger, 1970, menciona que, en términos generales el 80% del total de los elementos nutritivos de los alimentos ingeridos por el cerdo, toman finalmente la forma de estiércol.

En el cuadro 1, se muestra el contenido de macronutrientes en porcentaje, que contienen los estiércoles de vaca y de cerdo en base seca, según un análisis realizado en el Zamorano.

Cuadro 1. Contenido de macronutrientes de los estiércoles

Estiércol	Total en base seca (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Vaca	1.8	1.0	1.7	1.1	0.6
Cerdo	3.1	5.3	1.0	1.3	1.9

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

En el cuadro 2, se presentan los contenidos de micronutrientes, materia orgánica (M. O), valores de pH y la relación carbono nitrógeno (C/N) de los sustratos orgánicos: vacaza y cerdaza.

Cuadro 2. Análisis químico de los sustratos, Campamento, Olancho

Material	pH	M. O.	C/N	Zn ppm	Mn Ppm	Fe ppm	Cu ppm	B %
Vacaza	7.09	7.4	18	48	107	14	0.5	0.016
Cerdaza	7.38	7.16	20	81	101	10	0.5	0.0005

Fuente: Laboratorio de suelos, IHCAFE. S. P. S.

3.7. Relación carbono-nitrógeno (C/N)

La relación carbono-nitrógeno determina el grado de mineralización de la materia orgánica que existe en el suelo, así como el tipo de humus que se encuentra en él. Cuanto menor sea el valor de la relación mayor será el grado de mineralización de la materia orgánica y, por tanto, la calidad edáfica será superior (cuadro 3).

Cuadro 3. Calidad edáfica según los valores en la relación C/N

Relación C/N	Mineralización (Calidad edáfica)
<8	Muy buena
8-12	Buena
12-15	Mediana
15-20	Deficiente
20-30	Mala
>30	Muy mala

Fuente: Sierra B, Rojas W. sf

La relación C/N es un parámetro que evalúa la calidad de los restos orgánicos de los suelos.

Los microorganismos necesitan del carbono como fuente de energía (oxidán el C y lo devuelven a la atmósfera como CO₂) y del nitrógeno para incorporarlo a su protoplasma y ambos los toman de los restos vegetales. El C en los restos vegetales es aproximadamente el 60%. El N es elemento minoritario, y por él compiten las raíces de las plantas y los microorganismos. Llega a ser un factor limitante (Flores S, sf).

En el proceso de descomposición se produce la mineralización o transformación de los componentes inorgánicos presentes en la materia orgánica (N, P, etc.) en formas minerales solubles que pueden ser absorbidas por las plantas. Así el nitrógeno orgánico de los aminoácidos y proteínas se transforma en su forma amoniacal que es oxidado con relativa rapidez a nitrato. La pérdida de carbono en forma gaseosa como anhídrido carbónico es muy superior a la del nitrógeno por lo que el cociente C/N entre las cantidades de carbono y de nitrógeno inicialmente presentes en la materia orgánica disminuye a lo largo del proceso y se hace tanto más pequeño cuanto mayor sea el grado de descomposición (Flores S, sf)

La relación C/N en el suelo mide la rapidez con la que se descompone la materia orgánica y su riqueza en nitrógeno. Cuando la relación C/N es alta significa que hay mucha energía y poco nitrógeno; por tanto prácticamente todo el N liberado es tomado por los microorganismos del suelo, quedando muy poco libre para ser utilizado por las plantas (Flores S, sf).

Cuando la relación C/N es baja significa que hay mucho nitrógeno y poca energía. Una parte del N liberado es tomado por los microorganismos y el resto es incorporado al suelo y puede ser absorbido por las plantas (Flores S, sf).

3.8. Mineralización de sustratos orgánicos

Mineralización es la degradación completa de un compuesto a sus constituyentes minerales, en donde el carbono orgánico es oxidado hasta CO_2 . Dado que la descomposición de un sustrato orgánico por medio del proceso de respiración aeróbica tiene como productos principales a CO_2 y H_2O (Mustin, 1987).

Mediante el proceso de fotosíntesis y la energía solar, los productores primarios, extraen nutrientes del medio ambiente en forma de compuestos inorgánicos, los que sintetizan biológicamente (biosíntesis) y transforman en compuestos orgánicos que son incorporados a las células y los tejidos. Estos materiales orgánicos acumulados representan de forma directa o indirecta la fuente de energía para otros integrantes de la pirámide trófica. Antes de que estos nutrientes puedan ser utilizados nuevamente como alimento para los organismos fotosintéticos deben volver a su estado inorgánico (Mustin, 1987).

La conversión del estado orgánico al estado inorgánico es conocida como “mineralización”, la cual se debe en gran parte a la descomposición de los restos vegetales y animales, así como de los productos orgánicos de la excreción de animales. Los principales agentes de la mineralización son las bacterias no fotosintéticas y los hongos. A este grupo de microorganismos se le denomina genéricamente “descomponedores primarios”. Los descomponedores primarios se caracterizan por su facilidad de propagación, su elevada velocidad metabólica y de crecimiento y su gran diversidad fisiológica, lo que les confiere una alta y eficiente capacidad colectiva para degradar los compuestos orgánicos naturales a su alcance (Graetz, 1997).

En un proceso de degradación, aproximadamente el 75% de la materia orgánica se mineraliza por completo; el 25% restante, que no se mineraliza, se transforma en humus. (Graetz, 1997)

3.9 Nutrición del cafeto

El suelo es un ente natural que proporciona al café el suplemento de nutrientes y agua. Es importante conocer el comportamiento y la dinámica de los nutrientes teniendo las siguientes fases: La reserva del suelo (factor cantidad), su transformación o dinámica (factor capacidad), y la concentración del suelo (factor intensidad).

3.9.1 Balance nutricional

Para que toda planta pueda desarrollarse normalmente requiere de un suministro constante y balanceado de nutrientes. Tan pronto la carencia de uno o varios elementos nutritivos está en pocas cantidades o bajas concentraciones en el medio donde éstas crecen se manifiestan las deficiencias. (Valencia, 1998)

Cuadro 4. Niveles de nutrimentos en las hojas del café

Nutrimento	Bajo	Adecuado	Alto
Nitrógeno	2	2.6	3.5
Fosforo	0.1	0.15	0.2
Potasio	1.5	2.1	2.6
Calcio	0.4	0.75	1.5
Magnesio	0.1	0.25	0.4
Azufre	0.1	0.15	0.25
Hierro ppm	40	70	200
Manganeso ppm	25	50	100
Zinc ppm	10	15	30
Cobre ppm	3	7	20
Boro ppm	25	40	90
Molibdeno ppm	0.5	0.08	-

Fuente: Moya C. y Zantua, M.I. (1991). Santa Bárbara, Honduras

3.9.2 Funciones y síntomas de deficiencia de los nutrientes en el café

Las deficiencias nutricionales pueden detectarse por unos signos Visibles principalmente en las hojas nuevas o desarrolladas del cafeto así como en el crecimiento y desarrollo general de los tallos ramas, raíces y frutos. Veamos cómo se manifiestan éstos con la carencia de los distintos elementos necesarios para el crecimiento normal del cultivo de café (Valencia, 1998)

3.9.2.1. Macronutrientes

Nitrógeno (N): interviene en todo el proceso de formación de los tejidos para el crecimiento de las plantas, además es el elemento que da mayor respuesta a la producción del cafeto y durante la producción. Entre las funciones del nitrógeno están: forma parte de las moléculas de proteínas, participa en la transferencia de información genética y en la fotosíntesis y experimenta gran movilidad en la planta.

Los síntomas visibles de una deficiencia de nitrógeno se presentan primero en las hojas viejas o desarrolladas del arbusto y progresa hacia las partes jóvenes cuando se torna severa. Se presenta una clorosis uniforme que avanza de la base hacia el ápice de la hoja y de la vena central hacia los bordes de ésta.

Fosforo (P): su mayor consumo se presenta en el período de crecimiento, es decir durante sus tres primeros años de vida. Desempeña un papel importante en muchos aspectos de la respiración, en las primeras etapas del desarrollo del cafeto, es el responsable de formarlo vigorosamente, con buen sistema de raíces y luego como promotor de la floración y del desarrollo del fruto en la etapa de producción.

Los síntomas visibles de una deficiencia de P se presentan con una coloración rojiza en las hojas más viejas en las ramas inferiores del arbusto.

Potasio (K): su uso primordial por parte de la planta se hace durante la producción. Influye en procesos metabólicos como fotosíntesis, respiración, síntesis de clorofila, nivel hídrico en las hojas, apertura y cierre de estomas y como activador enzimático y partícipe del flujo y translocación de metabolitos en la planta.

La deficiencia de K en el cafeto se caracteriza al comienzo por una mancha a manera de banda de color amarillo pardo en el margen de las hojas. Estas se tornan necróticas más tarde.

Calcio (Ca): juega un papel importante como regulador en el crecimiento de las plantas, en su desarrollo y habilidad para adaptarse a las condiciones adversas del ambiente.

El síntoma más típico de una deficiencia de calcio es una clorosis marginal de las hojas nuevas. La clorosis está regularmente asociada con una deformación de la hoja la cual adquiere una forma convexa y con la formación de corcho en la venas del envés de éstas.

Magnesio (Mg): participa en el proceso de fotosíntesis y en el metabolismo de carbohidratos (glicólisis), así como en la integración de ribosomas.

Cuando existe una deficiencia de Mg se presenta una clorosis en la nervadura de las hojas más viejas de la plantas. Aparecen unas franjas verdes a lo largo de la nervadura central de la hoja formando una cuña invertida hacia el pecíolo.

Azufre (S): es constituyente de tres aminoácidos (cistina, cisteína y metionina) que hacen parte de todas las proteínas vegetales.

Los síntomas de la deficiencia son muy similares a los del nitrógeno por lo que debe tenerse sumo cuidado en las observaciones.

3.9.2.2. Micronutrientes

Boro (B): desempeña funciones fisiológicas asociadas a las relaciones hídricas, metabolismo del nitrógeno, almacenamiento de azúcares, formación de metaxilema en ápices gemulares.

La deficiencia de Boro se manifiesta en las hojas jóvenes las cuales son de tamaño reducido, elongadas, deformes y de textura coriácea

Cobre (Cu): Es necesario para la formación de clorofila. Es el metal componente de la oxidasa del ácido ascórbico, fenolasas y tirosinasa.

Las hojas presentan nervaduras salientes (costillas), clorosis leve y manchas pardas asimétricas. Las hojas más jóvenes aparecen distorsionadas, con una forma de S, por falta de crecimiento de los nervios y pierden su color verde.

Hierro (Fe): es componente estructural de moléculas de porfirina y participa en la síntesis de la clorofila y en el sistema de transporte de electrones en el proceso de fotosíntesis

Una clorosis progresiva del tejido de las hojas jóvenes que se torna blanquecino en casos severos son síntomas típicos de la insuficiencia de hierro. Se destaca el que toda la venación de la hoja permanece verde en un limbo verde-amarillento. Las hojas mantienen su tamaño normal. El hierro es poco móvil en la planta.

Manganeso (Mn): además de actuar en la respiración, participa específicamente en el metabolismo del nitrógeno y en la fotosíntesis, y ejerce influencia en el transporte y utilización del hierro en la planta.

Las hojas nuevas y jóvenes pierden su color, resaltando el color verde de las venas, a veces como franjas verdes difusas a lo largo de estas.

Molibdeno (Mo): Requerido para la asimilación normal del nitrógeno, importante en el metabolismo del fósforo y del ácido ascórbico, y está asociado a los mecanismos de absorción y traslación del hierro.

De acuerdo con Carvajal, inicialmente se desarrollan manchas amarillas cerca de los márgenes y se tornan amarillo-pardas y necróticas primeramente en el centro. Desde la parte central sucede un rizamiento de las hojas.

Cinc (Zn): Favorece el crecimiento de los frutos y de las plantas, así como la absorción del fósforo, además es responsable de la síntesis de auxinas (hormonas del crecimiento).

Las hojas nuevas y jóvenes se muestran pequeñas y angostas, con pérdida de color, y resalta el verde de las venas. Las hojas se agrupan en forma de rosetas por acortamiento de los nudos de la rama, achaparramiento del cafeto y producción de frutos pequeños.

Cloro (Cl): Responsable de la expansión de la lámina foliar y su turgencia, y contribuye en la calidad de los frutos y el crecimiento de las raíces.

La literatura no reporta sintomatología por deficiencia de cloro, lo que hace suponer que las cantidades existentes en la mayoría de los suelos agrícolas son suficientes.

IV MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Localización del experimento

La investigación tuvo inicio el 12 de noviembre del 2015, fecha en la cual se realizó el trasplante del café en chapola y finalizó el 28 de enero del 2016. El ensayo se estableció en la sección de cultivos industriales de la Universidad Nacional de Agricultura, la cual está ubicada en el municipio de Catacamas, Olancho, Honduras C.A. Área geográfica con una temperatura promedio anual de 25 °C, 67.66% HR, 1311.25 mm de precipitación pluvial y una altura de 350 msnm. (Servicio Meteorológico Nacional 2015).

4.2 Materiales y equipo

Para el establecimiento del diseño experimental se hizo uso de los siguientes materiales: plántulas de café en chapola, suelo, estiércol precompostado de ganado bovino (vacaza), estiércol de ganado porcino (cerdaza o porcinaza), cinta métrica, cabuya, estacas de madera, croquis de campo, bolsas de polietileno de 6x8. El equipo necesario: machete, azadón, almágana.

4.3 Manejo del experimento

La evaluación se llevó a cabo durante la etapa de vivero. Previo al establecimiento del ensayo fue necesario realizar el semillero, para obtener las plántulas (chapola), las cuales fueron trasplantadas a los diferentes medios de producción (sustratos evaluados), no sin antes hacer una cuidadosa selección de estas, asegurándose de trasplantar solamente aquellas plántulas con las mejores características (bien formadas, buen desarrollo radicular, sanas y sin defectos).

El ensayo se constituyó por nueve tratamientos, incluyendo el testigo relativo (suelo + 18-46-0), cuatro repeticiones por tratamiento. En total se establecieron 36 unidades experimentales (parcelas), cada una con 16 unidades de observación (plántulas).. Para la toma de los datos se seleccionaron cuatro plántulas de cada unidad experimental, es decir, 16 plántulas por tratamiento.

4.3.1. Selección y beneficiado de la semilla

Este procedimiento se llevó a cabo siguiendo los criterios preestablecidos por el IHCAFE, iniciando con la selección del fruto, estos se cosecharon en su estado óptimo de madurez concentrándose en la sección de mayor producción en el árbol y la rama. Es necesario mencionar que los frutos que no están completamente maduros tienen un menor porcentaje de germinación. Posteriormente a la cosecha se hizo el despulpado de los frutos, manualmente; después de 24 horas de fermentación de las semillas se hizo el lavado de las mismas (durante este proceso se eliminaron las semillas defectuosas y vanas) las cuales se pusieron sobre una maya, bajo sombra, para su óptimo secado.

4.3.2. Establecimiento del semillero

Para la siembra de la semilla se hizo uso de una era construida de concreto, donde se utilizó suelo como medio de producción. Se colocó la semilla en surcos con una distancia de cinco centímetros y a chorro continuo. Se sembró aproximadamente una libra de semilla de café var. Lempira. Después de la siembra se colocó una cubierta vegetal, la cual se mantuvo hasta que se produjo la germinación (45 días después de la siembra).

4.3.3. Composteo de los sustratos

Se usaron dos sustratos orgánicos: vacaza y cerdaza, en diferentes proporciones (cuadro 5).

El uso de los estiércoles como medio de producción de plántulas constituye una excelente alternativa para ahorrar costos y producir plántulas de calidad. El uso de los estiércoles requieren de un proceso de composteo previo, necesario para facilitar el control y la optimización de parámetros operacionales, para obtener un producto final con suficiente calidad, tanto desde el punto de vista sanitario (reducción de microorganismos patógenos) como de su valor fertilizante; por consiguiente, después de hacer la recolección de los estiércoles se realizó el proceso de composteo diario durante seis semanas.

4.3.4. Preparación de los sustratos

La preparación de los sustratos consistió en la combinación de las distintas proporciones de los sustratos, según los tratamientos evaluados (cuadro 5). Fue necesario el uso de las siguientes cantidades de sustrato: 5.63 qq (quintales) de suelo, 3.52 qq de vacaza y 3.52 qq de cerdaza, en total 12.67 qq de sustrato.

4.3.5. Llenado de las bolsas

Se utilizaron bolsas de polietileno para vivero de 6x8. Se hizo el llenado de 576 bolsas con los sustratos preparados según los tratamientos (cuadro 5).

4.3.6. Trasplante a vivero

El trasplante a bolsa se realizó el 12 de noviembre, fecha en la cual se encontró uniformidad en las plántulas del semillero. Se trasplantaron solamente aquellas plántulas que presentaban la abertura de sus hojas cotiledóneas y con su raíz bien formada (chapola).

4.3.7. Preparación y manejo del vivero

El vivero se ubicó en un lugar adecuado: terreno plano, limpio a su alrededor y con suficiente sombra (no fue necesario la instalación de sombra). Se proporcionó riego diario (excepto cuando llovía), y se realizó monitoreo continuo de plagas y enfermedades, así como control manual de malezas.

4.4 Diseño experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), constituido por nueve tratamientos con cuatro repeticiones, en donde se establecieron 16 unidades de observación (plántulas) por repetición. En total se establecieron 36 unidades experimentales con 576 unidades de observación.

Modelo estadístico $X_{ij} = \mu + \tau + \epsilon_{ij}$

Dónde:

X_{ij} = Variable aleatoria observable

μ = Media general

τ = Efecto de i – esimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental, distribución normalmente, con promedio cero, varianza y no correlacionados.

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN		
	VACAZA (%)	CERDAZA (%)	SUELO (%)
T1	100	-	-
T2	-	100	-
T3 (Testigo relativo) *	-	-	100
T4	50	-	50
T5	-	50	50
T6	25	-	75
T7	-	25	75
T8	25	25	50
T9	50	50	-

Fuente: propia

* Se hizo dos aplicaciones de 18-46-0; la primera a los 30ddt y una segunda a los 70ddt.

4.5 Variables evaluadas

La toma de datos se realizó a los 76 DDT (días después de trasplante).

Se hizo la medición de cuatro plántulas por unidad experimental, tomando las plántulas del centro, las cuales representaban el área útil de la parcela.

4.5.1. Altura de las plántulas

La medición de la altura de la planta se efectuó con una regla graduada en centímetros (cm), desde la base del tallo hasta la yema apical de la plántula (anexo10).

4.5.2. Diámetro del tallo

El diámetro del tallo se midió en centímetros (cm), utilizando como instrumento el cartabón o pie de rey, este se colocó a una altura de 2 cm de la base del tallo (anexo 10).

4.5.3. Número de hojas

Se realizó el conteo de las hojas, considerando únicamente las hojas verdaderas por cada planta (anexo 11).

4.5.4. Área foliar

Para la medición del área foliar, se hizo uso de una hoja de papel milimetrado. Se colocó el papel milimetrado sobre la hoja de la planta (anexo 11) y se determinó el área que esta cubrió, una vez obtenida el área de cada una de las hojas se hizo la sumatoria para obtener el área foliar total de la plántula.

4.5.5. Presencia de deficiencias nutricionales

La presencia de deficiencias nutricionales en las plántulas de café se determinó mediante observación. Partiendo del conocimiento de la función que realizan los macro y micronutrientes esenciales en las plantas, así como los síntomas que indican la carencia de ellos, se determinó la presencia de deficiencias principalmente de nitrógeno N y de hierro Fe, las cuales se clasificaron en tres categorías: leve, moderado y severo, como se describe en el cuadro 6.

Cuadro 6. Características de las deficiencias nutricionales en el café

Categoría	Características	
	Nitrógeno (N)	Hierro (Fe)
Leve	▪ Planta con desarrollo normal ▪ Hoja de color verde con pequeñas manchas amarillas	▪ Desarrollo normal ▪ Hoja verde con una ligera clorosis
Moderado	▪ Planta ligeramente pequeña ▪ Hoja verde con coloraciones amarillas	▪ Hoja verde con coloraciones amarillas
Severo	▪ Planta con deficiente desarrollo (pequeña) ▪ Hoja amarilla con quemaduras.	▪ Hoja pequeña ▪ Hoja color marfil sin venación visible.

Fuente: propia

4.6 Análisis estadístico

Se creó una base de datos con la información obtenida de la medición de las variables evaluadas, posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANAVA) utilizando el programa estadístico InfoStat, así mismo se efectuó la comparación de las medias mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.(0.05).

4.7 Análisis económico

Para hacer las debidas recomendaciones sobre cuál de los tratamientos es el más indicado, fue necesario realizar los cálculos que nos permitan conocer los costos que representa cada uno de los tratamientos evaluados (cuadro 9).

V RESULTADOS

En el cuadro 7 se observan los promedios para las variables evaluadas: altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas y área foliar.

El análisis de varianza realizado con el programa InfoStat evidencia que efectivamente existen diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para las variables altura de la planta y área foliar; diferencias significativas ($P > 0.01$, $p < 0.05$) en la variable diámetro del tallo, no obstante la variable número de hojas no presentó significancia en las medias ($P > 0.01$). Según la prueba de medias de Tukey el tratamiento con mejor respuesta es el T8, sustrato en el cual se hizo la combinación de un 25% de vacaza y un 25% de cerdaza más 50% de suelo.

En el cuadro 7 se muestra el coeficiente de variación (C.V) y el coeficiente de determinación (R^2) obtenidos en el análisis de varianza (ANAVA) para cada una de las variables evaluadas.

Cuadro 7. Prueba de medias para las variables: altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas y área foliar.

TRATAMIENTO	VARIABLES			
	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Número de hojas	Área foliar (cm ²)
T1: 100% Vacaza	5.57 bc	0.17 ab	5.88	72.5 abc
T2: 100% Cerdaza	5.45 c	0.17 b	5.75	49.25 bc
T3: 100% Suelo (Testigo relativo)	5.34 c	0.18 ab	5.5	35.13 b
T4: 50% Suelo + 50 % Vacaza	7.28 a	0.19 ab	6.5	110.38 ab
T5: 50% Suelo + 50 % Cerdaza	6.94 ab	0.19 ab	6.13	94.13 abc
T6: 75% Suelo + 25 % Vacaza	7.36 a	0.19 ab	6.25	104 ab
T7: 75% Suelo + 25 % Cerdaza	7.15 a	0.19 ab	6.5	114.13 ab
T8: 50% Suelo + 25 % Cerdaza+ 25% Vacaza	7.52 a	0.2 b	6.38	118.5 a
T9: 50% Vacaza + 50 % Cerdaza	6.33 abc	0.19 ab	5.88	85 abc
Significancia	**	*	ns	**
R ²	0.73	0.43	0.37	0.42
CV	8.88	6.59	8.22	33.11

Fuente: Propia

ns: No significativo

*: Significativo

** : Altamente significativo

R²: Coeficiente de determinación

CV: Coeficiente de variación.

Valores con letras iguales no son significativamente diferentes según la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia al 5% (0.05).

5.1 Altura de la planta

El análisis de varianza para la variable altura de la planta (anexo 2), muestra que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en los promedios obtenidos según el tratamiento en evaluación. Se realizó la comparación entre las medias de los tratamientos usando la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia de 5% (0.05) mediante la cual se observó que el tratamiento ocho (T8) fue el que presentó una mayor altura en las plántulas de café (7.52 cm) como se muestra en la figura 1. En contraste el tratamiento que manifestó una altura menor en las plántulas de café (5.34 cm) fue el T3 o testigo relativo (100% suelo+18-46-0).

Según el análisis químico de los estiércoles vacaza y cerdaza realizado en el Laboratorio de suelos de la Escuela Panamericana Zamorano, estos materiales orgánicos contienen cantidades nutricionales aceptables, principalmente macronutrientes, valores cercanos a los niveles foliares óptimos de las plántulas de café, no obstante hay algunos elementos (principalmente micronutrientes) que no están presentes en estos materiales en cantidades suficientes como lo es el caso del hierro, por tal razón se puede ver afectado el crecimiento y desarrollo óptimo de la planta.

El desarrollo óptimo de las plántulas de café, reflejado en la variable altura en el tratamiento 8, se asocia con los niveles de nutrientes que por sí solos aportan los estiércoles vacaza y cerdaza, 1.8 y 3.1 respectivamente. Si bien es cierto para este tratamiento se hizo la combinación de ambos estiércoles y suelo, lo que indica que el contenido macro y micro nutrientes presente en el sustrato es óptimo para que las plantas puedan crecer y desarrollarse sin dificultades.

En contraste con lo anteriormente descrito el tratamiento 3 (testigo relativo), fue el que presento plántulas con una menor altura, dicho resultado está asociado al bajo contenido de materia orgánica en el suelo, no obstante se hicieron dos aplicaciones de 18-46-0, como lo hacen comúnmente los caficultores, a pesar de ello el desarrollo de las plántulas fue deficiente en comparación con el tratamiento 8 y el resto de los tratamientos.

Si bien es cierto toda planta necesita de una serie de elementos esenciales para su óptimo desarrollo tanto macronutrientes como micronutrientes, en mayores y menores cantidades respectivamente. Por lo que se deduce que el deficiente desarrollo de las plántulas es debido a que el sustrato suelo no aportó los niveles adecuados de nutrientes que las plántulas de café requieren en etapa de vivero.

El fertilizante sintético (18-46-0) aporta nitrógeno y fósforo, sin embargo se debe tomar en consideración que la planta necesita principalmente cerca de 16 elementos que son esenciales para poder realizar sus funciones y obtener un desarrollo óptimo.

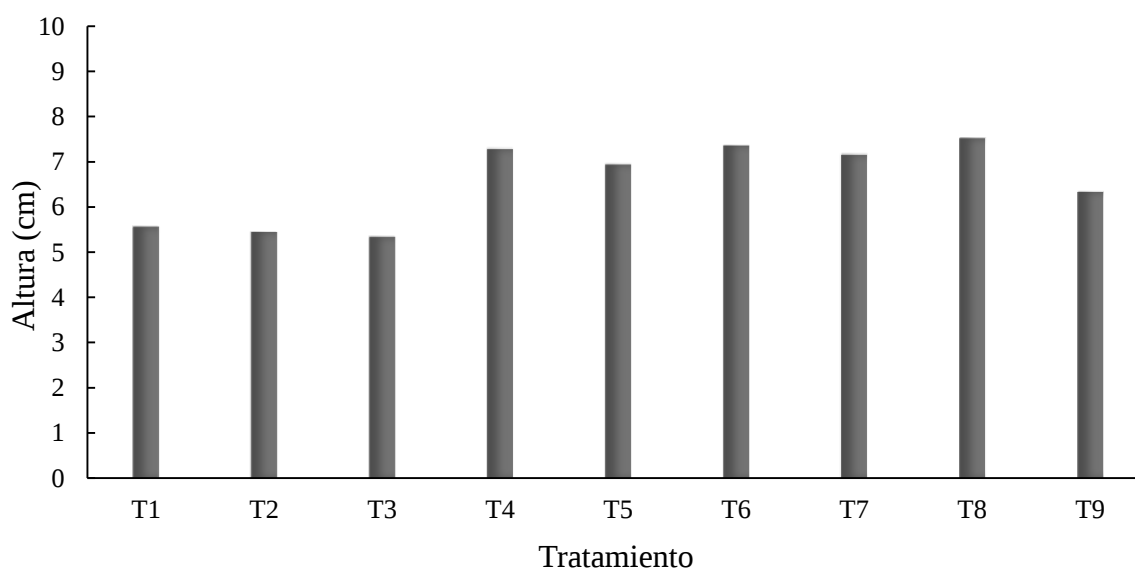


Figura 1. Promedio para la variable altura de la planta de café, según el tratamiento evaluado.

5.2 Diámetro del tallo

El análisis de varianza para la variable diámetro del tallo, muestra que existen diferencias significativas ($P > 0.01$, $p < 0.05$) entre las medias de los tratamientos evaluados. La prueba de significancia al 5% (0.05), Tukey, señala (figura 2) que el tratamiento en el cual se obtuvo plantas con mayor diámetro del tallo es nuevamente el T8 (0.20 cm). Los tratamientos con menor diámetro del tallo son T1 y T2 con 0.17 cm.

El estiércol contiene un buen número de nutrientes esenciales para las plantas. Casi la mitad del nitrógeno que contiene el estiércol está en forma amoniacal, si se maneja bien, es disponible casi inmediatamente para las plantas (Terry L, sf)

Tanto el estiércol de bovino como el de porcino son fertilizantes orgánicos por excelencia debido a su alto contenido en nitrógeno y en materia orgánica y al realizar la combinación de ambos sustratos más suelo, se obtiene un sustrato con buenas características que favorecen el desarrollo de la planta.

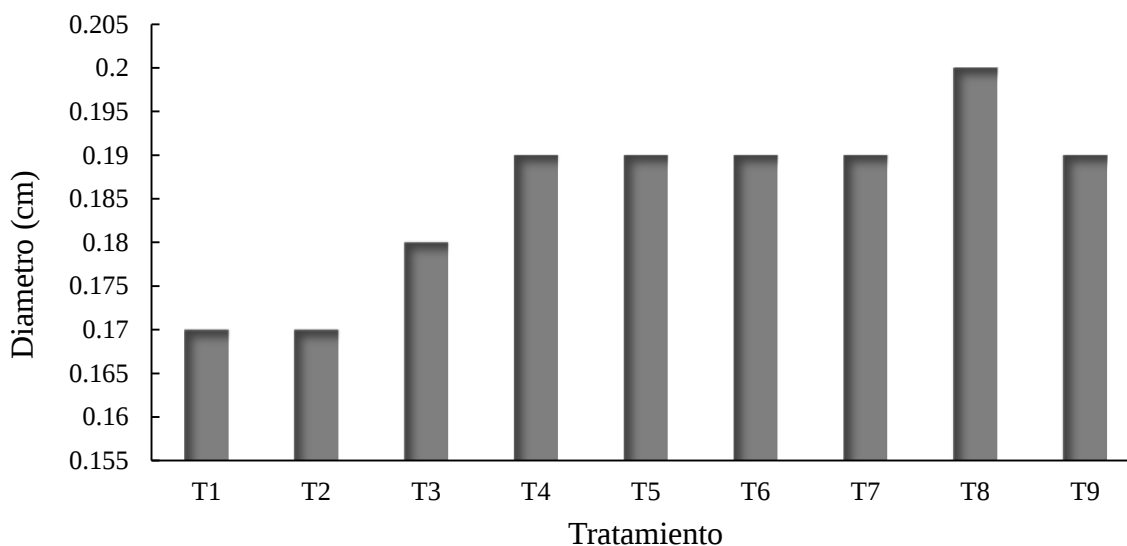


Figura 2. Promedio para la variable diámetro del tallo de la planta de café, según el tratamiento evaluado.

5.3 Número de hojas

Evidentemente el análisis de varianza indica que el efecto de los sustratos usados sobre la variable número de hojas, no es significativo ($P>0.01$). aunque estadísticamente los tratamientos son iguales es el T8 el que presenta una media mayor 6.50, seguido por los tratamientos 4 y 7. El tratamiento que mostro un menor número de hojas fue el 3 (testigo relativo), con una media de 5.50.

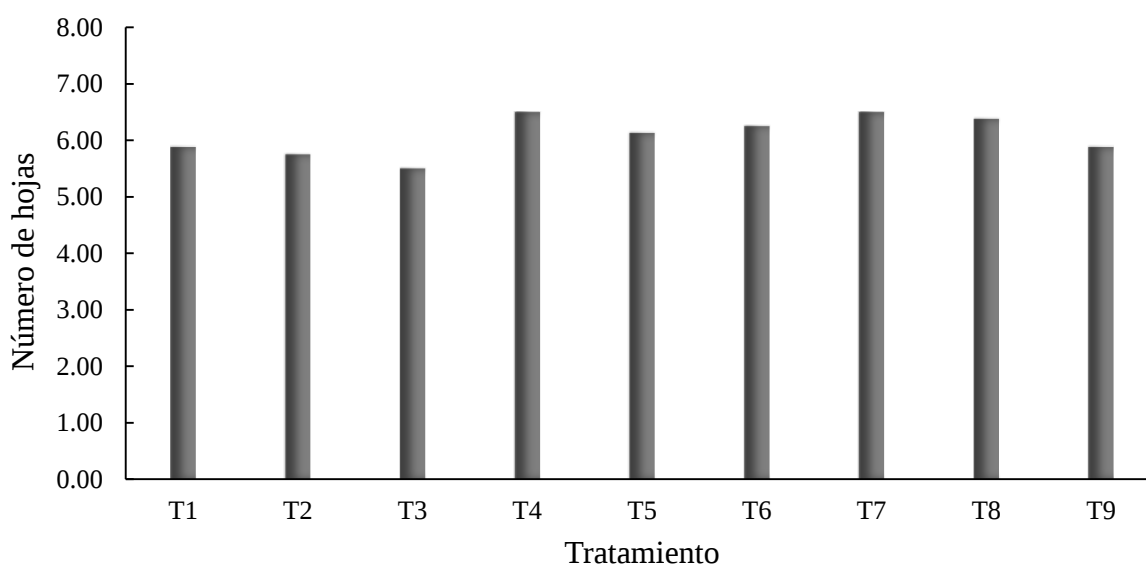


Figura 3. Promedios para la variable número de hojas de la planta de café, según el tratamiento evaluado.

5.4 Área foliar

Según el análisis de varianza el efecto de los sustratos orgánicos en la variable área foliar es altamente significativa ($p<0.01$); según la prueba de significancia de Tukey, el tratamiento que manifestó una área foliar mayor en las plántulas de café fue el T8 y el que manifestó un valor menor en el área foliar es el T3 (testigo relativo).

El crecimiento y desarrollo óptimo de las plántulas de café, está relacionado con el aporte balanceado de nutrientes. Si bien es cierto la materia orgánica del suelo contiene cerca del 5% de N total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes (Sierra B, Rojas W, sf).

Existen muy diversas fuentes de materia orgánica que aportan carbono al suelo, tanto de origen animal como de origen vegetal. Los materiales usados más frecuentemente son los estiércoles (deyecciones solidas de animales) (Sierra B, Rojas W, sf).

El estiércol formado con el excremento del ganado (porcino, bovino) es una de las fuentes más importantes de abonos orgánicos, ya que todas las sustancias orgánicas de estos estiércoles se transforman en humus y esto hace favorable las propiedades físicas del sustrato, al que hace blando e hidrosópico (Sierra B, Rojas W, sf).

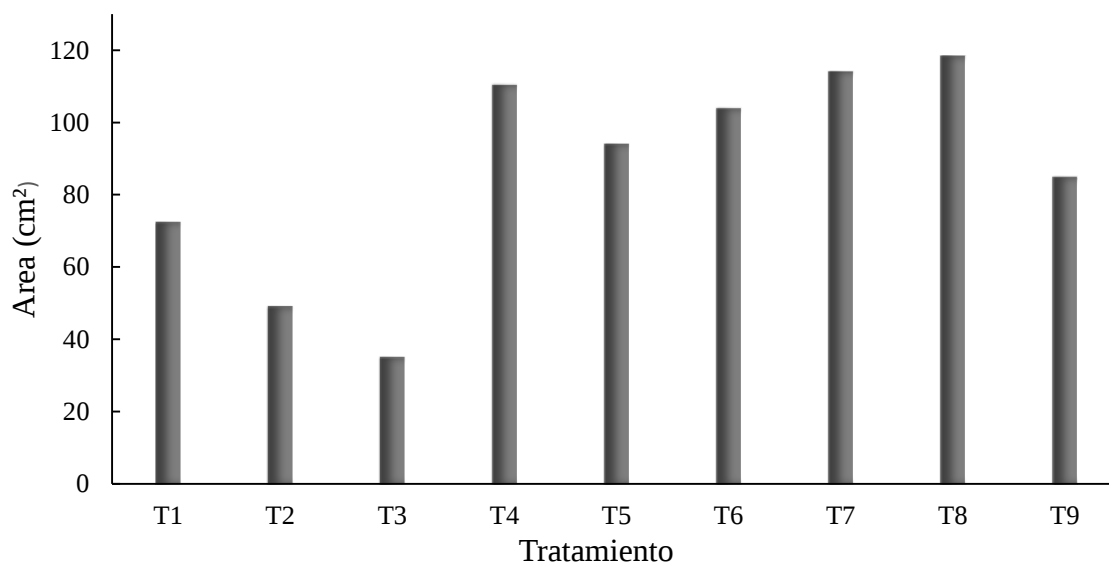


Figura 4. Promedios para la variable área foliar de las plántulas de café, según el tratamiento evaluado.

5.5 Presencia de deficiencias nutricionales

Para que una planta pueda desarrollarse normalmente requiere de un suministro constante y balanceado de nutrientes. La carencia de uno o varios elementos nutritivos ya sea por bajas concentraciones o por problemas de disponibilidad relacionada con algunos parámetros (relación C/N, pH, entre otros) en el medio donde éstas crecen se manifiesta en la presencia de síntomas de deficiencias nutricionales. Cuando esto ocurre el crecimiento y desarrollo normal de las plantas es anormal. En casos severos de una nutrición defectuosa las plantas presentan síntomas visibles relacionados con el o los elementos que estén deficientes. Algunos de los síntomas más comunes son la clorosis, deformación y tamaño de las hojas, defoliación, pobre crecimiento, necrosis y muerte regresiva (Valencia, 1998).

Regularmente la deficiencia de un elemento produce siempre los mismos síntomas característicos. Conocer estos síntomas permite tomar las medidas correspondientes para corregir la deficiencia y devolver a la planta a su estado nutricional adecuado (Valencia, 1998).

En el cuadro 8 se muestran las deficiencias nutricionales de Nitrógeno y de Hierro presentes en tres de los nueve tratamientos evaluados, las cuales se clasificaron en tres categorías: leve, moderado y severo.

Cuadro 8. Deficiencias nutricionales en las plántulas de café

Tratamiento	Deficiencias nutricionales					
	NITROGENO			HIERRO		
	Leve	Moderado	Severo	Leve	Moderado	Severo
T1: 100% Vacaza		X				X
T2: 100% Cerdaza		X				X
T9: 50% Vacaza + 50 % Cerdaza	X				X	

Fuente: propia

5.5.1. Deficiencias de nitrógeno (N)

En los tratamientos T1 y T2 se presentaron deficiencias moderadas de nitrógeno y en el tratamiento T9 se presentó una deficiencia leve del elemento. Las deficiencias de este elemento están asociadas principalmente con uno de los principales parámetros que evalúan la calidad de los restos orgánicos como lo es la relación C/N.

La relación C/N de la vacaza y cerdaza es de 18 y 20 respectivamente, la cual se considera alta e indica que por cada molécula de nitrógeno hay 18 moléculas de carbono en el caso de la vacaza y 20 en la cerdaza y según el cuadro 3 la mineralización de la materia orgánica cuando hay una relación C/N 15-20 es deficiente, es decir que el nitrógeno orgánico presente en el sustrato pasa por un proceso muy lento de conversión a nitrógeno mineral. El nitrógeno también es usado por los microorganismos para descomponer las cantidades altas de materia orgánica, por lo tanto se dará la competencia de tal elemento entre los microorganismos y la planta, por lo que la disponibilidad del nitrógeno para la planta se verá limitada.

Se considera que los microorganismos necesitan del carbono como fuente de energía (oxidar el C y lo devuelven a la atmósfera como CO₂) y del nitrógeno para incorporarlo a su protoplasma y ambos los toman de los restos orgánicos. El C en los restos animales o vegetales es aproximadamente el 60%. El N es elemento minoritario, y por él compiten las raíces de las plantas y los microorganismos, por tal razón llegan a ser un factor limitante, manifestándose de esta manera en el desarrollo deficiente de la planta, debido a que esta necesita de este elemento para llevar a cabo sus procesos vitales (Flores S, sf).

5.5.2 Deficiencia de hierro (Fe)

El hierro es el componente estructural de moléculas de porfirina (son importantes en numerosas actividades metabólicas fundamentales) y participa en la síntesis de la clorofila y en el sistema de transporte de electrones en el proceso de fotosíntesis (Juárez M, Sánchez A, sf)

La deficiencia de hierro presentes en las plántulas de café en los T1, T2 de forma severa y moderada en el T9, están relacionadas con la carencia de hierro en los estiércoles. Los aportes de hierro de la vacaza y cerdaza apenas son de 14 y 10 ppm respectivamente, cantidades que no suplementan los niveles óptimos requeridos por el café.

El hecho de que los estiércoles carezcan de hierro se debe a que los animales para transportar el hierro dentro de su cuerpo emplean unas proteínas llamadas transferrinas. Para almacenarlo emplean la ferritina y la hemosiderina. El hierro entra en el organismo al ser absorbido en el intestino delgado y es transportado o almacenado por esas proteínas. La mayor parte del hierro se reutiliza y muy poco se excreta (Haro V, 2006).

5.6. Análisis económico

Para calcular el coste económico que implique cada uno de los tratamientos evaluados, se tomó en consideración el precio de los sustratos orgánicos (vacaza y cerdaza), y también el precio del fertilizante usado en el tratamiento testigo como se observa en el cuadro 9.

Se debe tomar en cuenta que si el caficultor tiene a disposición estos sustratos en su finca, sus gastos se limitarán solamente al pago del jornal, para realizar las actividades como ser: recolección, composteo, llenado de bolsas, entre otras actividades relacionadas, por lo que la producción de plántulas de café a nivel de vivero implica un bajo costo, si se hace uso de los recursos disponibles en la finca.

Cuadro 9. Costo económico para cada uno de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Material	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo total (Lps)	Costo para 1000 plantas (Lps)
1	vacaza	140.80	Lb	0.50	70.40	1,173.57
2	Cerdaza	140.80	Lb	0.50	70.40	1,173.57
3	18-46-0	1.00	Lb	6.55	6.55	109.19
4	Vacaza	70.40	Lb	0.50	35.20	586.78
5	Cerdaza	70.40	Lb	0.50	35.20	586.78
6	Vacaza	46.90	Lb	0.50	23.45	390.91
7	Cerdaza	46.90	Lb	0.50	23.45	390.91
8	Vacaza	35.20	Lb	0.50	17.60	586.78
	Cerdaza	35.20	Lb	0.50	17.60	
					35.20	
9	Vacaza	70.40	Lb	0.50	35.20	1,173.57
	Cerdaza	70.40	Lb	0.50	35.20	
					70.40	

Fuente: propia

VI CONCLUSIONES

La materia orgánica de origen animal (estiércoles) incorporada en el medio de producción (sustrato) produce un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo de las plántulas de café, siempre y cuando no sea usado el estiércol puro, es decir al 100%, como en los tratamientos T1 y T2.

El sustrato que o favoreció el crecimiento y desarrollo en las plántulas de café fue el compuesto por: 50% suelo + 25% vacaza + 25% cerdaza, que corresponde al tratamiento ocho (T8).

Los tratamientos T4, T6 y T7 manifestaron un comportamiento estadísticamente igual al T8, en la variable altura de la planta y promedios cercanos en el resto de las variables, además de no encontrarse en ellos deficiencias nutricionales. Por lo tanto, se considera que las proporciones usadas en estos tratamientos constituyen un sustrato adecuado que permite obtener plántulas con óptimo crecimiento y desarrollo.

Los tratamientos T1, T2 y T9 manifestaron síntomas de deficiencias nutricionales, principalmente de nitrógeno y hierro, por lo que se consideran sustratos o proporciones no adecuadas para la producción de plántulas de café.

VII RECOMENDACIONES

Se recomienda usar como medio de producción en viveros de café, un sustrato compuesto por 50% suelo, 25% vacaza y 25% cerdaza, como se usó en el tratamiento ocho (T8), dado que fue el sustrato que favoreció el crecimiento y desarrollo de las plántulas de café.

Para producir plántulas de calidad a un menor costo (en comparación con el T8) se recomiendan los tratamientos T6 y T7, los cuales presentaron promedios similares en las variables evaluadas a los obtenidos en el T8, manifestando un óptimo desarrollo en las plántulas.

El uso de sustratos orgánicos de origen animal al 100%, no es recomendable, debido a que poseen un efecto negativo sobre el desarrollo normal de la planta, manifestándose en la presencia de deficiencias de nitrógeno y hierro.

BIBLIOGRAFÍA

Abad, M. Noguera, P. y Carrión, C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo, Coord. Gavilán, M. pp 113-127. 3ª edición Mundí Prensa. Madrid.

Agrilab. 1998. Recomendaciones generales para el cultivo del café. Agrilab, Guatemala. 7p.
<http://infocafes.com/descargas/biblioteca/349.pdf>

ANACAFE, Asociación Nacional del Café, Manual de Fertilización del Café Disponible EN https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_Fertilizacion

Burnett, C. 1974. Empleo de materiales orgánicos y fertilizantes. Boletín sobre suelos N°27 FAO Roma 5 pág.

Carvajal, J. 1984. Cafeto, cultivo y fertilización. IIP, Berna. 254p.
<http://infocafes.com/descargas/biblioteca/349.pdf>

CLACDS. 1999 Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible. La caficultura en Honduras. Pág 25.

Cruz, Villa M, Montolla R. 2013. Revista Bio Ciencias Sustratos en la Horticultura. Mexico... Pag 19. (En línea) consultado 22 sep. 2015 Disponible en:
<http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/03-02/biociencias3-2-2.pdf>.

Ensminger, M.E 1970. Producción porcina. Centro regional de ayuda técnica, Agencia para el desarrollo internacional AID. Buenos Aires, Argentina; Pedro García, librería, editorial e inmobiliaria. 540 p.

FAO. 2006. Semilleros para café (en línea) consultado 20 sep. 2015. Disponible en: <http://teca.fao.org/es/read/3723>.

FIAGRO. 2005. Manual de Caficultura Orgánica (en línea). Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/99333587/2005-FIAGRO-Manual-de-Caficultura-Organica#scribd>

Flores S. Agricultura Ecológica Manual y Guía Didáctica. Disponible en <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3948>

Flores, 2013. Efecto de cinco sustratos orgánicos en la producción de plántulas de café (a nivel de vivero. Tesis de grado. Disponible en La Biblioteca Digital, Vicente Alemán en la Universidad Nacional de Agricultura.

Guzman, 2013. Uso de cerdaza como componente del sustrato para la Producción de pilones de pino; Mexico, tesis de grado. Disponible en: <http://www.biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/17/Guzman-Efren.pdf>

Haro V, 2006. Facultad de Veterinaria y Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Tesis Doctoral. Biodisponibilidad de diferentes compuestos de hierro. Universidad de Murcia, España.

ICAFFE-MAG. 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo del café, San José (Costa Rica). p. 25-40.

IHCAFE, 2013. Información Estadística al 26 de Agosto. Disponible en: <http://www.ihcafe.hn/index.php?option=com>.

IHCAFE, 2015. Información Estadística al 26 de Agosto. Disponible en: <http://www.ihcafe.hn/index.php?option=com>.

Juárez M, Sánchez A. Hierro en el sistema suelo-planta. Depto. Agroquímica y Bioquímica. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante, España.

Musalem S., M. A. y Fierros G., A. M. 1979. Viveros y plantaciones forestales. Departamento de Bosques. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 85 p.

OIRSA, 2009. Producción de sustratos para vivero Proyecto regional para el fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria para los cultivos de exportación no tradicional vifinex.

Ordoñez, sf. Guia técnica de producción de semilleros y viveros de café. Honduras. Capítulo 4. Disponible en http://www.ihcafe.hn/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=31:tec-guia-produccionsemilleros&id=1:area-tecnica&Itemid=143&start=20.

PROCAFE, 2014. Pasos para la elaboración de un semillero (en línea) consultado 20 sep. 2025. Disponible en: http://www.procafe.com.sv/menu/Investigacion/Elaboracion_viveros.htm.

Sierra B, Rojas W. Materia Orgánica y su efecto como enmienda y mejorador de la productividad de los cultivos.

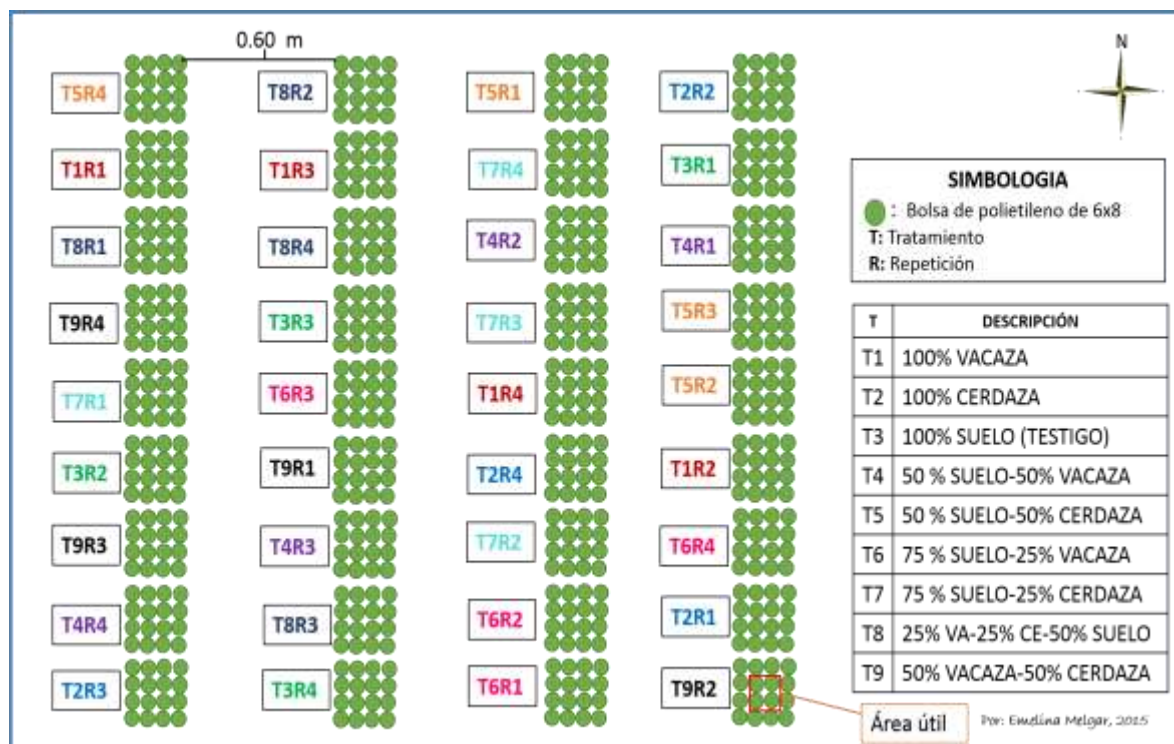
Valencia, G. 1998. Manual de Nutrición y Fertilización del Cafeto. Agroinsumos del Café S.A. Manizales, Colombia.

Zeeveriano, 2014. Efecto de cuatro tipos de abonos orgánicos sobre el rendimiento del forraje de *Leucaena leucocephala*, Perú. Tesis de grado. Disponible en: <http://www.dspace.unapiquitos.edu.pe/handle/unapiquitos/230>.

.

ANEXOS

Anexo 1. Esquematización del diseño experimental (Croquis)



Anexo 2. Análisis de varianza para la variable altura de la planta de café

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	25.26	8	3.16	9.33	<0.0001**
Error	9.14	27	0.34		
Total	34.39	35			

CV: 8.88 R²: 0.73

** : Altamente significativa

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo de la planta de café

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	3.10E-03	8	3.80E-04	2.58	0.0313*
Error	4.00E-03	27	1.50E-04		
Total	0.01	35			

CV: 6.59 R²: 0.43

*: Significativo

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable número de hojas de la planta de café

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	4	8	0.5	2	0.0853 ns
Error	6.75	27	0.25		
Total	10.75	35			

CV: 8.22 R²: 0.37

ns : no significativo

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable área foliar de la planta de café

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	27778	8	3472.25	4.19	0.002**
Error	22401.5	27	829.69		
Total	50179.5	35			

CV 33.11 R² 0.55

** : Altamente significativo

Anexo 6. Establecimiento del experimento



Anexo 7. Trasplante



Anexo 8. Vivero 30 DDT



Anexo 9. Vivero 76 DDT



Anexo 10. Medición de las variables: diámetro del tallo (A) y Altura de la planta (B)



Anexo 11. Medición de las variables: número de hojas (C) y área foliar (D)



Anexo 12. Tratamientos: T1 (A), T2 (B) y T3 (C)



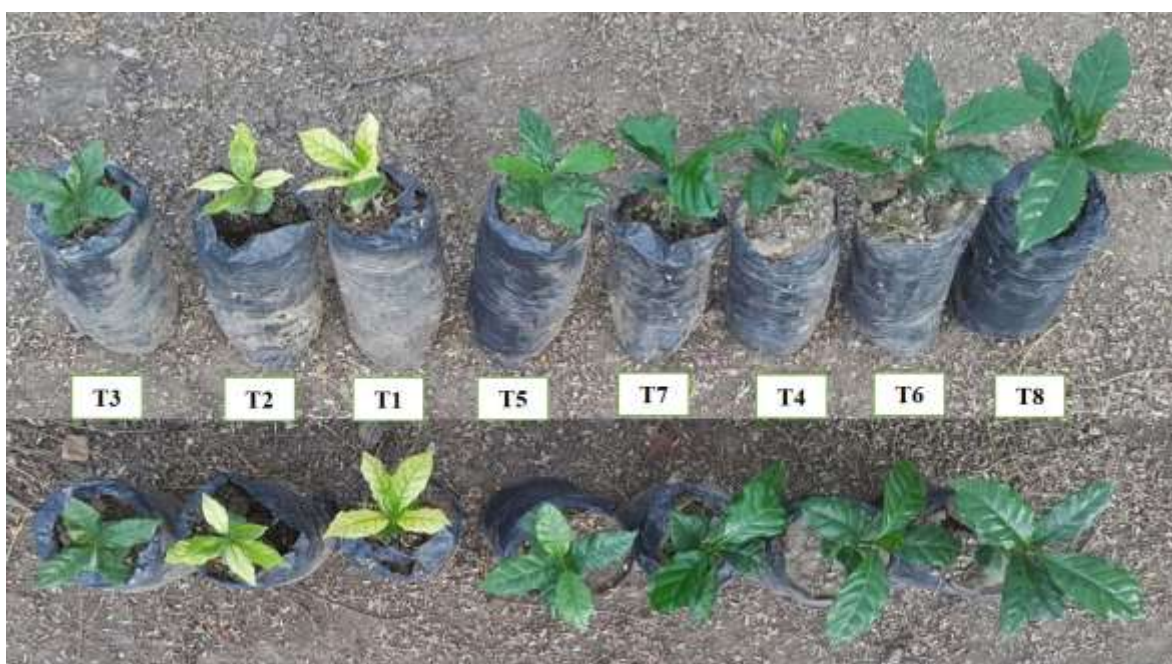
Anexo 13. Tratamientos: T4 (D), T5 (E) y T6 (F)



Anexo 14. Tratamientos: T7 (G), T8 (H) y T9 (I)



Anexo 15. Unidad observacional por cada tratamiento evaluado, de menor a mayor desarrollo.



Anexo 16. Tratamiento con mejor respuesta en las variables evaluadas



Anexo 17. Tratamiento que presento la media menor en las variables evaluadas



Anexo 18. Deficiencia leve de hierro



Anexo 19. Deficiencia moderada de hierro



Anexo 20. Deficiencia severa de hierro



Anexo 21. Deficiencia de nitrógeno

