

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA



“EVALUACIÓN DE TRES FERTILIZANTES ORGÁNICOS, EN LA FASE DE ALMÁCIGO DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arábica*) VARIEDAD BOURBÓN, EN LA ALDEA PUENTE ALTO DEL MUNICIPIO DE BARILLAS, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO DURANTE EL PERÍODO 2008-2009”.

SERGIO RAÚL LÓPEZ CASTILLO

Quetzaltenango, Septiembre del 2,012.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE AGRONOMÍA



“EVALUACIÓN DE TRES FERTILIZANTES ORGÁNICOS, EN LA FASE DE ALMÁCIGO DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arábica*) VARIEDAD BOURBÓN, EN LA ALDEA PUENTE ALTO DEL MUNICIPIO DE BARILLAS, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO DURANTE EL PERÍODO 2008-2009”.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Presentado a las autoridades de la División de Ciencia y Tecnología del Centro Universitario de Occidente, Universidad de San Carlos de Guatemala.

POR

SERGIO RAÚL LÓPEZ CASTILLO

Previo a conferírsele el título de

INGENIERO AGRÓNOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

Quetzaltenango, Septiembre de 2,012.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

AUTORIDADES

Rector Magnífico: Dr. Carlos Estuardo Gálvez Barrios.

Secretario General: Dr. Carlos G. Alvarado Cerezo.

CONSEJO DIRECTIVO

Directora General CUNOC: Licda. María del Rosario Paz Cabrera.

Secretario Administrativo: Lic. César Haroldo Milian Raquena.

REPRESENTANTES DE LOS DOCENTES

Dr. Oscar Arango B.

Lic. Teódulo Cifuentes.

REPRESENTANTES DE LOS ESTUDIANTES

Br. Luís E. Rojas Menchú.

Br. Víctor Lawrence Díaz Herrera.

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa.

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez.

UNIVERSIDAD SAN CALOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN

TÉCNICO PROFESIONAL

PRESIDENTE

Ing. Agr. Raúl Estuardo Hidalgo Paz.

EXAMINADORES

Ing. Agr. MSc. Carlos Gutiérrez L.

Ing. Agr. MSc. Henry López Galindo.

SECRETARIO

Ing. Agr. MSc. Henry López Galindo.

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa.

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA

Ing. Agr. MSc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

NOTA: “Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en el presente trabajo de graduación”. (Artículo 31 del reglamento de Exámenes Técnicos Profesionales del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango, septiembre de 2012

HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO

HONORABLE MESA DE PROTOCOLO Y ACTO DE JURAMENTACIÓN

De conformidad con las normas que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo titulado:

“EVALUACIÓN DE TRES FERTILIZANTES ORGÁNICOS, EN LA FASE DE ALMÁCIGO DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) VARIEDAD BOURBÓN, EN LA ALDEA PUENTE ALTO DEL MUNICIPIO DE BARILLAS, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO, DURANTE EL PERÍODO 2008-2009”.

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Sergio Raúl López Castillo

Quetzaltenango, 25 de julio de 2,012.

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa.
Director de División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente

Estimado Director:

Me dirijo a Usted para hacer de su conocimiento que en cumplimiento de la asignación que esa Dirección me hiciera, he proporcionado al estudiante **Sergio Raúl López Castillo**, la asesoría requerida para su investigación titulada:

EVALUACIÓN DE TRES FERTILIZANTES ORGÁNICOS, EN LA FASE DE ALMÁCIGO DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) VARIEDAD BOURBÓN, EN LA ALDEA PUENTE ALTO DEL MUNICIPIO DE BARILLAS, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO. DURANTE EL PERIODO 2008-2009

Al haber concluido ésta, tanto en su etapa de campo como de gabinete, me permito hacer constar a Usted, que considero que dicho trabajo es merecedor de su APROBACIÓN, para su PUBLICACIÓN, pues constituye un valioso aporte para el sector Hulero del país.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Atentamente.



Ing. Agr. Raúl Estuardo Hidalgo Paz
Colegiado 1,289

ASESOR



Quetzaltenango, 6 de septiembre de 2012.

Ing. Agr. M. Sc. Héctor Alvarado Quiroa.
Director de la División de Ciencia y Tecnología.
Centro Universitario de Occidente.

Apreciable Señor Director:

Atendiendo al nombramiento que la Dirección a su cargo me confiriera, a través del Oficio No.31/SDCT/2012, de fecha 6 de agosto/2012, me permito informarle que he concluido la revisión del trabajo de graduación del estudiante universitario SERGIO RAÚL LÓPEZ CASTILLO, titulado:

“ EVALUACIÓN DE TRES FERTILIZANTES ORGÁNICOS EN LA FASE DE ALMÁCIGO DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arábica*) VARIEDAD BOURBÓN, EN LA ALDEA PUENTE ALTO DEL MUNICIPIO DE BARILLAS, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO, DURANTE EL PERÍODO 2008 - 2009”.

Aprovecho la oportunidad para indicarle la importancia del trabajo, el cual cumple con los requisitos para su aprobación.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Agr. M. Sc. Carlos E. Gutiérrez L.
Colegiado 372
REVISOR.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Occidente

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

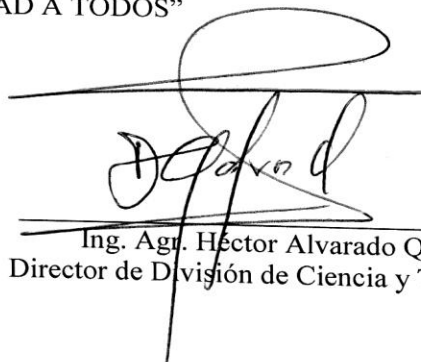
Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 023-AGR-2012 de fecha veintiuno de septiembre del año dos mil doce del (la) estudiante: SERGIO RAUL LÓPEZ CASTILLO con Carné No 200130489 emitida por el Coordinador de la Carrera de AGRONOMIA, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN titulado:

“EVALUACIÓN DE TRES FERTILIZANTES ORGANICOS EN LA FASE DE ALMACIGO DEL CULTIVO DE CAFÉ (Coffea arabica) VARIEDAD BOURBON EN LA ALDEA PUENTE ALTO DEL MUNICIPIO DE BARILLAS, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO, DURANTE EL PERIODO 2008-2009 .”

Quetzaltenango, 21 de septiembre de 2012.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Agr. Héctor Alvarado Quiroa
Director de División de Ciencia y Tecnología



ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por acompañarme incondicionalmente en cada paso del camino recorrido. Sin Él no hubiese podido cumplir esta meta.

A MIS PADRES

Vitalino Abel López Morales y Rogelia Violeta Castillo, por sus grandes esfuerzos, lucha y sacrificio. Por su inmenso amor y dedicación, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida y principalmente en mi carrera, Padres reciban este triunfo como muestra de mi agradecimiento.

A MI ESPOSA

Yoselyn Yamily Villatoro Castillo con todo el amor del mundo, gracias por el cariño, comprensión y especialmente el amor y apoyo brindado.

A MIS HERMANOS

Lourdes Patricia, Claudia Lucrecia y Roger Abel por compartir este éxito en mi vida y especialmente el amor y apoyo brindado, además que este triunfo sea un ejemplo para que sigan adelante en sus estudios.

A MIS ABUELOS

Francisca Noriega (QEPD), Lea Castillo, Raúl Agustín y Zoyla Morales a quienes dedico mi triunfo con inmenso amor.

A MIS TIOS Y TIAS

De quienes siempre recibí una ayuda, un sabio consejo, un apretón de manos, un abrazo o un beso, que han sido de bendición para mi vida.

A MIS PRIMOS Y PRIMAS

Por los que siento un cariño muy especial y me han brindado momentos muy bellos en mi vida que nunca olvidaré.

A MIS AMIGOS

Especialmente a Joaquín Rodríguez Melgar (QEPD), que fue una de las personas que me motivo en seguir mis estudios universitarios y demás con quienes he compartido diferentes momentos en mi vida, con aprecio y cariño sincero.

AGRADECIMIENTOS

A UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

Por haberme llenado de conocimientos durante los años de estudio.

A LA ASOCIACIÓN BARILLENSE DE AGRICULTORES (ASOBAGRI).

Por haberme abierto las puertas para la realización de esta investigación, así también por todo el apoyo brindado.

A MI ASESOR

Ingeniero Agr. Raúl Estuardo Hidalgo Paz por su tiempo, colaboración y experiencia aportada en la realización de la presente tesis que ayudó a que pudiera alcanzar mi meta.

A MI REVISOR

Ingeniero Agr. Msc. Carlos Gutiérrez por el apoyo incondicional brindado en la realización de mi tesis.

A LOS DISTINGUIDOS PROFESIONALES

Ing. Agr. Msc. Henry López, Ing. Agr. Msc. Carlos Gutiérrez, Ing. Juan Bolaños, Ing. Agr. Msc. Néstor Alvarado, Ing. Agr. Ronny Velasco, Ing. Agr. Gilberto García, Ing. Agr. Pedro Eduardo Bautista, Ing. Agr. Msc. Edgar Ronaldo Gómez. Quienes compartieron sus experiencias y conocimientos conmigo para desarrollarme como profesional.

“EVALUACIÓN DE TRES FERTILIZANTES ORGÁNICOS, EN LA FASE DE ALMÁCIGO DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) VARIEDAD BOURBÓN, EN LA ALDEA PUENTE ALTO DEL MUNICIPIO DE BARILLAS, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO DURANTE EL PERÍODO 2008-2009”.

INDICE

No.	CONTENIDO	PÁGINA
	RESUMEN	
1.	INTRODUCCION.....	1
1.1	OBJETIVOS.....	3
1.2	HIPOTESIS.....	4
2.	MARCO TEORICO.....	5
2.1	ANTECEDENTES.....	5
2.1.1	Indicaciones generales para la fertilización de cafeto.....	5
2.2	REVISION DE LITERATURA.....	6
2.2.1	Aspectos agroecológicos del cultivo del café.....	6
2.2.2	Almácigos.....	6
2.2.3	Preparación del sustrato para llenado de bolsas.....	7
2.2.4	Ordenamiento de bolsas.....	7
2.2.5	Sombra.....	7
2.2.6	Riegos.....	8
2.2.7	Manejo fitosanitario.....	8
2.2.8	Fertilización en almácigos.....	8
2.3	TÉCNICAS DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA.....	9
2.3.1	Aplicación de abonos orgánicos.....	9
2.3.2	Abonos orgánicos que se pueden utilizar.....	10
2.3.3	Composta.....	10
2.3.4	Pasos y técnicas para la elaboración de la composta.....	12
2.3.5	Lombricompost o vermicomposta.....	14
2.3.6	Factores que inciden en el proceso.....	15
2.3.7	Pasos para la producción de la vermicomposta o lombricompost...	16
2.4	OTROS ABONOS ORGANICOS.....	17
2.4.1	Pulpa de café.....	17
2.4.2	El Purín.....	17
2.4.3	Purín de biodigestores.....	17
2.5	NUTRICIÓN DEL CAFETO.....	17
2.6	FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS EN EL CULTIVO DE CAFÉ...	19
3.	METODOLOGÍA.....	24
3.1	RECURSOS	24
3.1.1	Humanos	24
3.1.2	Físicos.....	24
3.1.3	Económicos.....	24
3.2	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	24

3.2.1	Clima y zona de vida.....	25
3.2.2	Condiciones edáficas.....	25
3.3	DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
3.4	DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO.....	26
3.5	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	27
3.6	VARIABLES DE RESPUESTA.....	28
3.7	MANEJO AGRONÓMICO DEL EXPERIMENTO.....	28
3.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	31
4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	32
4.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	32
4.1.1	Peso de área foliar en gramos	32
4.1.2	Peso de raíz en gramos.....	33
4.1.3	Número de cruces por planta.....	35
4.1.4	Altura de planta.....	37
4.2	COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	38
4.2.1	Análisis económico.....	38
5.	CONCLUSIONES.....	41
6.	RECOMENDACIONES.....	42
7.	BIBLIOGRAFIA.....	43
8.	ANEXOS.....	45

INDICE DE CUADROS

No.	CONTENIDO	PÁGINA
1.	Relación C/N de algunos materiales.....	11
2.	Contenido de nutrientes de algunos materiales utilizados en aboneras....	14
3.	Contenido de nutrientes de materiales vegetales utilizados en aboneras...	14
4.	Cuadro de elementos requeridos por las plantas.....	19
5.	Calendario de fertilizaciones realizadas a la evaluación en la época lluviosa del año 2008 y el primer trimestre del año 2009 en la aldea Puente Alto.....	30
6.	Análisis de varianza de peso de área foliar en gramos.....	32
7.	Prueba de medias Tukey de peso de área foliar.....	32
8.	Presentación final de medias de peso de área foliar.....	33
9.	Análisis de varianza de peso de raíz en gramos.....	34
10.	Prueba de medias Tukey de peso de raíz.....	34
11.	Presentación final de medias de peso de raíz	34
12.	Análisis de varianza de número de cruces por planta.....	36
13.	Prueba de medias Tukey de número de cruces.....	36
14.	Presentación final de medias de número de cruces.....	36
15.	Análisis de varianza para altura de planta en centímetros.....	37
16.	Prueba de medias Tukey para altura de planta.....	37
17.	Presentación de media de altura de la planta.....	38
18.	Costos de producción de la investigación.....	39
19.	Análisis de los costos variables (CV) y biomasa total, para la determinación de la tasa marginal de eficiencia (TME) en la producción de plántulas de café.....	39

INDICE DE FIGURAS

No.	CONTENIDO	PÁGINA
1.	Tamaño de la unidad experimental o bloque.....	27

RESUMEN

La evaluación se llevó a cabo en la aldea Puente Alto del municipio Santa Cruz Barillas, del departamento de Huehuetenango, con un grupo de personas organizado que forma parte de la Asociación Barillense de Agricultores ASOBAGRI. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar 3 fertilizantes orgánicos aplicados en dilución a plántulas en almacigo del cultivo de café (*Coffea arabica*) variedad Bourbón, con la finalidad de comprobar el desarrollo de las plántulas de café en etapa de almacigo.

Los fertilizantes orgánicos usados en esta investigación fueron: el lombricompost, producto obtenido de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*) comúnmente llamada coqueta roja; el fertilizante llamado composta (testigo), que es resultado de la mezcla de diferentes materiales orgánicos que se someten al proceso de descomposición y el fertilizante orgánico de la casa Tigma 100% natural. La dosis de los fertilizantes aplicados fue, para los tratamientos, de 4.54 kg disuelto en 7.57 litros aplicando 0.025 litros a cada plántula respectivamente. Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar, con un total de 3 tratamientos distribuidos en 6 repeticiones o bloques. Para esta investigación se evaluaron las siguientes variables: a) peso de área foliar en gramos, b) peso de raíz en gramos, c) número de cruces por planta, d) altura de la planta. La evaluación tuvo un tiempo de duración de 12 meses. Con respecto a la variable de peso de área foliar en gramos presenta un coeficiente de variación de 4.402% y mediante la prueba de medias de Tukey se determinó que el tratamiento B el cual representa al fertilizante de lombricompost, presentó una media de 19.3833; por otra parte la variable de peso de raíz en gramos, presenta un coeficiente de variación de 4.113 y mediante la prueba de Tukey el tratamiento B que es el fertilizante de lombricompost, presentó una media de 4.617, también es de mencionar que los tratamientos A y C en este análisis presentan una similitud; en cuanto a la variable de número de cruces por planta estadísticamente hablando presenta un coeficiente de variación de 8.207%, y por la prueba de medias de Tukey el tratamiento B presentó una media de 2.317, por otra parte la última variable evaluada que fue la altura de la planta presentó un coeficiente de variación de 4.002% y por medio de la evaluación de medias presentó una media de 27.86; además es de mencionar que el tratamiento B (Lombricompost), reporta una tasa marginal de 20.895 por lo tanto, este tratamiento presenta un valor de biomasa total más alto, tanto como raíz, tallos y hojas.

1. INTRODUCCION

El cultivo de café es uno de los principales productos de exportación de Guatemala. La caficultura en Guatemala, debido al fuerte ingreso de divisas que genera, a los muchos trabajadores que emplea, al área que todavía ocupa y a un considerable número de agricultores que se dedican a esta actividad, tiene una gran importancia como actividad económica a nivel nacional.

En la actualidad este cultivo está siendo afectado por varios factores, entre los cuales se pueden mencionar: plagas y enfermedades, bajos precios en el mercado internacional, encarecimiento de insumos etc. Dado a estos factores surge la necesidad de hacer investigaciones desde los primeros estadios vegetativos del café, que permitan un mejor manejo en la producción de plantas de café de buena calidad específicamente en la caficultura orgánica.

El café orgánico se está posicionando en el mercado mundial con mucho éxito. La preocupación por preservar el ambiente está incidiendo en la preferencia de aquellos bienes de consumo cuya producción no daña al entorno natural. El café guatemalteco armoniza con el espacio físico en el que se cultiva, lo que ha facilitado de alguna manera aproximarse a la obtención de plántulas de buena calidad que permitan obtener como resultado la obtención de mayores cosechas y por consiguiente un grano que llene las expectativas y demandas del consumidor, pero es necesario actuar ordenadamente para obtener principalmente plántulas orgánicas de mejor calidad y con menores costos.

En las actuales circunstancias del desarrollo de la caficultura orgánica, es importante saber qué tan eficientes pueden ser algunas técnicas para la fertilización en almácigos de café orgánico, debido a que esta actividad ha sido realizada de generación en generación, sin embargo, en la actualidad no se le ha dado mucha importancia en evaluar y experimentar qué fertilizantes orgánicos dan mejores resultados para la obtención de plántulas de buena calidad; para la presente se pusieron a prueba 3 fertilizantes orgánicos los cuales fueron sometidos a un experimento con el fin de evaluar el desarrollo vegetativo de la plántulas en etapa de almacigo; es importante señalar que otros países caficultores inclusive del área de Centro América, tienen una considerable ventaja en el campo de la caficultura orgánica lo cual ha dado como resultado, la generación de mejores técnicas para la obtención de plantas vigorosas, de tal manera que esta actividad está dirigida al productor de la Asociación Barillense de Agricultores que se dedica a la actividad denominada como caficultura orgánica, de tal forma que ese es el propósito de esta investigación.

Las variables de respuesta fueron: peso de área foliar en gramos, para poder obtener la variable de desarrollo de hojas, lo cual permite una mayor fotosíntesis de la plántula; peso de raíz en gramos, esto permite determinar un porcentaje de mayor absorción de nutrientes

a través de las ramificaciones de la raíz por lo cual entre más pesada esté la raíz quiere decir que hubo mejor desarrollo de las mismas; número de cruces por planta, se hizo para determinar que habrá mayor número de bandolas y por lo mismo existirá mayor número de nudos en donde se formarán los frutos; la altura de la planta se evaluó para determinar el crecimiento de la parte aérea debido a que el tallo es el órgano más fuerte y soporta el sistema vascular del arbusto y también si existe una altura considerable, las hojas de las plántulas de café no tienen contacto con el suelo, por lo cual minimizamos el riesgo de enfermedades fungosas que se encuentre en las áreas de siembra.

La investigación consistió en evaluar 3 fertilizantes orgánicos, Lombricompost, compost (testigo) y Tigma 100% natural, dichos insumos fueron aplicados en dilución equivalente a 25 cc de cada fertilizante a plántulas de almacigo de café (*Coffea arabica*) variedad Bourbon, con la finalidad de obtener plántulas de buena calidad y de esta forma contribuir con la tecnificación sobre la aplicación de los mismos en almácigos de una forma sostenible, brindando recomendaciones técnicas que permitan incrementar la productividad de una plantación para obtener mayores ganancias.

Por esta razón, el presente estudio permitió evaluar dentro de la fase de almácigos de café, cual es el mejor fertilizante orgánico que pueda dar resultados óptimos para la obtención de plantas de buena calidad. La evaluación se llevó a cabo en la aldea Puente Alto ubicada en el municipio de la Villa de Santa Cruz Barillas departamento de Huehuetenango y tuvo una duración de 12 meses, empezando con la selección de semilla y elaboración del semillero en el mes de marzo del año 2008, trasplantando la planta del semillero al área experimental en el mes de junio del mismo año en donde seguidamente se realizó la primera fertilización, tomando en cuenta que a cada 30 días se llevó a cabo esta actividad y el experimento culminó en el mes de marzo del año 2009.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL:

- Generar tecnología a través de la aplicación de 3 fertilizantes orgánicos para la producción de plantas de café variedad Bourbon en la etapa de almácigos en el área rural del municipio de Santa Cruz Barillas del departamento de Huehuetenango.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar el desarrollo vegetativo de la planta de café (*Coffea arábica*), a través del peso foliar, peso radicular, el número de cruces por planta y altura de la planta en cada uno de los tratamientos de fertilizantes.
- Identificar el mejor tratamiento por medio de la prueba de medias mediante el factor de Tukey.
- Establecer la respuesta económica de los tratamientos evaluados.

1.2 HIPÓTESIS

- 1.2.1** Ho. Los tres tratamientos de fertilizantes son iguales en almácigos de café (*Coffea arábica*) variedad Bourbon, en respuesta a las variables altura de la planta, número de cruces, peso radicular y foliar evaluadas.
- 1.2.2** Ha. De los tres fertilizantes evaluados en almácigos de café (*Coffea arábica*) variedad Bourbon, al menos un tratamiento es diferente a los demás en respuesta a las variables altura de la planta, número de cruces, peso radicular y foliar evaluados.

2. MARCO TEORICO.

2.1 Antecedentes:

2.1.1 Indicaciones Generales para la fertilización del cafeto:

Pérez Solano y Gutiérrez Zamora, explican que la fertilización varía de acuerdo a la fertilidad natural del suelo. De ahí que la mejor guía para realizar esta práctica, sea la de contar anticipadamente con el resultado del análisis de suelos, con el fin de realizar la fertilización con una base científica. (17)

Los mismos autores explican que el cafeto exige para su desarrollo y producción, que le sean suplidas una serie de necesidades nutricionales, lo que implica que los elementos deben estar disponibles oportunamente, en cantidades suficientes y balanceadas. Estos elementos pueden provenir de las reservas naturales de tipo orgánico y mineral existentes en el suelo, o del uso racional de fertilizantes aplicados al suelo o al follaje. (17)

En Chile en el año 2002, Marcela Fernández llevó a cabo la conversión de lombricomposta sólido a líquido para su uso en sistemas de riego para distintos cultivos agrícolas (cítricos, viñas, otros). El abono orgánico (Lombricomposta) que se utilizó, fue obtenido del estiércol de ganado, el cual fue procesado por la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para su uso como fertilizante orgánico en la obtención de productos agrícolas. (6)

Obando Jiménez, et.al revelan que plantas de café fertilizados con aplicaciones superficiales (sin incorporar) de pulpa descompuesta entre 6 y 12 kilos reportan similares rendimientos que las plantas abonadas con productos sintéticos. Estos investigadores también sustentan que el poder residual de las aplicaciones de pulpa es a corto plazo, lo que hace necesario que se aplique todos los años sin provocar toxicidad en el cultivo. (16)

2.2 REVISION DE LITERATURA:

El cultivo del café tiene gran importancia dentro de la economía del país, ya que esta genera uno de los mayores ingresos económicos de Guatemala. Los problemas de experimentación agrícola persiguen objetivos fundamentales que se relacionan íntimamente con el logro de la información confiable. Para la obtención de una buena plantación de café hay que prestar atención a las etapas iniciales del cultivo, tales como la selección de la semilla, el buen manejo del semillero y del almacigo, para lo cual ANACAFE sugiere que la semilla debe de ser obtenida por proveedores responsables que posean plantaciones de café con variedades bien identificadas y que han mostrado buenas producciones a través de varios años, estando especialmente libres de plagas y enfermedades. (2)

2.2.1 Aspectos Agroecológicos del cultivo del café.

La especie arábica en plantaciones naturales de Etiopía está a 1300 y 1800 metros sobre el nivel del mar; 6 y 9 grados de latitud Norte estación con 4 a 5 meses. Su precipitación pluvial es de 1500 a 1800 mm anuales.

En Colombia, Costa Rica, Guatemala, México, Camerún e Indonesia la cantidad de lluvias sobrepasan los 1800 mm anuales.

La especie arábica en temperaturas de 0 hasta -2 grados centígrados, que son raras en el Estado de Paraná, Brasil, durante el invierno austral mueren los cafetos. También los ascensos de temperaturas encima de los 30 grados centígrados afectan a la especie, especialmente si el aire es seco, que incrementa la deshidratación del arbusto y finalmente este se ennegrece y cae. La probabilidad de establecer una plantación ideal son mayores, cuando se hacen dentro del límite óptimo de sus factores climatológicos y edáficos. (4)

2.2.2 Almacigos.

Manuel Matheu Piloña, indica que los almacigos deben de prepararse con una tierra suelta arenosa y húmida, en esta forma su semillero pasará fuerte y sano a su almacigo, también indica que debemos de comprender que mientras mejor sea la preparación y cuidados del semillero, mejor será la germinación de la semilla, más rápida y buen desarrollo de la matita. También dice que la experiencia le ha demostrado que si la plantita viene fuerte desde su primera edad, por haber sido bien nutrida desde su germinación, pasa al almacigo al ser trasplantada, con más pujanza, saludable y vigorosa; plantita que va demostrando lozanía (vigor y frondosidad), pero no hay que forzar su fertilización porque podría degenerar. (18)

La producción de plantas vigorosas y sanas en almácigos es fundamental para una futura plantación de café; la bolsa más adecuada para utilizar es la de polietileno negro, perforada, de 7 por 10 pulgadas y por lo menos 2 milésimas de grosor. (1)

2.2.3 Preparación del sustrato para llenado de bolsas.

El sustrato recomendado es una mezcla de 50 por ciento de tierra negra y 50 por ciento de abono orgánico, cuando la fuente de abono es composta o pulpa de café procesada en abonera; si se trabaja con lombricompost la mezcla puede ser de 75 por ciento de tierra negra y 25 por ciento de este material. El sustrato debe estar libre de terrones, piedras, palos, raíces y otros; para lo cual debe tamizarse con malla de un cuarto de pulgada. También es recomendable que el material que se utilice como sustrato se deje expuesto al sol durante varios días, haciéndole volteos periódicos, minimizando con esto, riesgos de ataque de plagas y enfermedades. (1)

2.2.4 Ordenamiento de bolsas.

Las bolsas se colocan en hileras dobles con calles de 40 a 50 cms, enterrándolas ligeramente, dependiendo de la temperatura y de la humedad del ambiente y el suelo. La facilidad de riego y el uso de sombra permitirán menor profundidad en la colocación de bolsas, ahorrando con ello trabajo y costos. El tratamiento del sustrato, específicamente para el control de nemátodos, se hace con flor de muerto (*Tagetes sp.*) molida, la que se incorpora durante la mezcla de material para el llenado de bolsas, también puede aplicarse tabaco molido (uso restringido para casos muy necesarios y localizados), a razón de tres a 5 gramos por bolsa.

El tiempo óptimo para realizar el trasplante es cuando la plántula está en la etapa de “soldadito”, debiendo enfatizar los siguientes aspectos:

- a) Selección de plántulas sanas y con buena conformación de raíces.
- b) Evita la deshidratación.
- c) Durante el trasplante, tener cuidado de no enterrar demasiado las plántulas y hacer poda de la raíz cuando esta sea demasiado larga. (1)

2.2.5 Sombra.

La sombra es esencial para obtener plantas sanas y vigorosas en el almacigo, y se puede proporcionar de 2 maneras:

- a) **Sombra con tapescos:** se construye con postes de madera (horcones o tarros), a una altura mínima de 1.70 metros del suelo, para facilitar la realización de las labores culturales dentro del almacigo. Los postes van colocados cada tres o cuatro hileras para

que soporten el peso de varas atravesadas, sobre las cuales se colocan hojas de banano y de palma, entre otros. (1)

- b) Sombra viva natural:** se siembra cada dos o tres hileras de bolsas, con posturas distanciadas a un metro; estableciéndolas de seis a ocho semanas antes del trasplante. (1)

2.2.6 Riegos.

En el verano deberán regarse las plantas con una penetración adecuada del agua en el sustrato, lo cual se logra haciendo picados periódicos y con aflojamiento de la tierra en las bolsas. (1)

2.2.7 Manejo fitosanitario.

El programa fitosanitario dependerá del manejo integrado del almacigo. En la medida que se realicen las labores culturales en forma adecuada, las plantas presentarán un estado normal de sanidad, y solo en casos muy necesarios deberán hacerse aspersiones foliares con caldo bordelés (5 onzas de sulfato de cobre más 5 onzas de cal, en 4 galones de agua. (1)

2.2.8 Fertilización en almácigos.

Chong, citado por Muller Aguilar, explica que la fertilización de un almácigo es de gran importancia, debido a que si no se realiza esta actividad trae como consecuencia la obtención de plantas raquílicas y mal formadas. Con respecto a esto, existen varias recomendaciones como por ejemplo que el fertilizante que se debe de aplicar al almácigo debe ser alto en contenido de nitrógeno y fósforo, para el desarrollo aéreo y estímulo del sistema radical, así mismo sostiene que, la fertilización debe iniciarse cuando la planta tenga 3 ó 4 pares de hojas verdaderas. (14)

Obando Jiménez, et.al establecieron que las aplicaciones de pulpa de café descompuesta mezclado con nitrógeno, fósforo y potasio, mejoran notablemente el crecimiento de plantas de café en almácigo en comparación con plantas en donde no se aplicó dicha pulpa. (16)

Obando Jiménez, et.al citan que en Colombia, Uribe y Salazar revelan que plantas de café fertilizados con aplicaciones superficiales (sin incorporar) de pulpa descompuesta entre 6 y 12 kilos reportan similares rendimientos que las plantas abonadas con productos sintéticos. Estos investigadores también sustentan que el poder residual de las aplicaciones de pulpa es a corto plazo, lo que hace necesario que se aplique todos los años sin provocar toxicidad en el cultivo. (16)

B. Nápoles, et.al establecieron que aplicaciones de diferentes tipos de materia orgánica en la etapa de vivero, generaban resultados altamente significativos en los factores de masa fresca de la parte foliar y radical y masa seca foliar de las plántulas de café variedad Catuai. (15)

Por otro lado Sánchez Castillo citado por Idilio Amílcar Telles, recomienda abonarlas con 20-20-0 al mes de sembradas las plantas, a razón de 5 gramos por bolsa y repetir la misma operación a cada 30 días durante la vida del almácigo y como complemento aplicar un abono foliar a cada 20 o 40 días a razón de un litro de abono foliar por 100 litros de agua para asperjar 5000 plantas. (21)

La base principal de la fertilización orgánica es la adición de abonos orgánicos y tiene la finalidad de restituir al suelo los nutrientes que la planta utiliza para su desarrollo y producción. Los abonos orgánicos influyen en las características físicas, químicas y biológicas del suelo:

- a) **Físicas:** mejoran la retención de la humedad, disminuyen los efectos de la erosión, mejoran la infiltración del agua y la aireación en el suelo y brindan mayor porosidad a los suelos compactos.
- b) **Químicas:** Aportan nutrientes en forma natural, hacen asimilables muchos minerales para la planta, ayudan a corregir las condiciones tóxicas del suelo, contribuyen a retener los nutrientes y retardan el proceso de cambio de reacción de (pH).
- c) **Biológicas:** Incrementan los macro y microorganismos. (1)

2.3 Técnicas de fertilización orgánica.

2.3.1 Aplicación de abonos orgánicos.

La aplicación de abonos orgánicos deberá hacerse de preferencia al inicio de las lluvias, se recomienda hacer análisis de suelos y de los abonos orgánicos antes de la fertilización para determinar su contenido nutricional. (9)

La fertilización se realizará basándose en productos orgánicos de preferencia con materiales que provengan de la misma región, finca o parcela, siendo la pulpa de café la fuente principal. El efecto de los abonos orgánicos es lento pero duradero, de ahí, que el objetivo es mejorar la estructura del suelo y mantener reservas nutricionales, para que la planta se alimente cuando lo necesita o requiera. (9)

La materia orgánica posee todos los elementos mayores y menores que necesitan las plantas de café, pero por liberarlos lentamente sus efectos pueden apreciarse concretamente hasta los dos o tres meses, por lo que se recomienda que al iniciar la conversión, se hagan

aplicaciones continuamente por 2 a 3 años, para luego ciclar las aplicaciones, es decir un año aplicar y el siguiente no, dependiendo de la fertilidad natural del suelo. (9)

2.3.2 Abonos orgánicos que se pueden utilizar.

Composta, Lombricompost, abonos verdes y abonos foliares. Los abonos orgánicos son la base de la fertilización orgánica, los cuales deberán provenir de recursos mismos de las parcelas, es decir recursos locales. (9)

2.3.3 Composta.

Es el resultado de la degradación de una mezcla de materiales orgánicos por acción de microorganismos, y tiene la finalidad de potenciar la fertilidad natural del suelo. El objetivo de su elaboración es la reducción de compuestos orgánicos y complejos, para obtener de ellos compuestos sencillos, parcialmente inorgánicos, que sean asimilables gradualmente por las plantas. La descomposición de los residuos orgánicos en la elaboración de la composta se realiza con la fermentación aeróbica (en presencia del aire), la cual se lleva a cabo en forma natural a través de bacterias, hongos y otros microorganismos que producen cambios en la materia orgánica por medio de su metabolismo. Este proceso puede verse afectado por los factores siguientes: (1)

a) Relación Carbono/Nitrógeno:

La relación carbono/nitrógeno es la cantidad de carbono por unidad de nitrógeno contenido en los tejidos de las plantas, la cual varía dependiendo del material. La fuente de carbono se encuentra en mayor proporción en residuos vegetales secos, como rastrojos de maíz, trigo, maicillo, zacates, frijol, entre otros. La fuente de nitrógeno se encuentra principalmente en el estiércol de animales, hojas verdes de cualquier planta (específicamente en las leguminosas) desechos de hortalizas y otros. El nitrógeno es esencial para la descomposición de la materia orgánica. Si el material orgánico tiene poca cantidad de nitrógeno con relación al carbono presente, entonces la abonera tiene un alto contenido de materiales, como rastrojo de maíz, zacate seco o descompuesto. En ese caso la actividad bacteriana tiende a disminuir y el proceso se retarda. Si el material agregado a la abonera contiene mucho nitrógeno (estiércol y leguminosas, por ejemplo), los microorganismos procesarán el sustrato, liberando hacia la atmósfera parte del nitrógeno en forma de amoníaco. Los microorganismos requieren para su normal desenvolvimiento en la abonera, una relación de 25 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno. Una relación de 30 a 40 partes de carbono por una parte de nitrógeno automáticamente tiene el proceso de humificación de la materia orgánica, ya que hay un proceso de fijación del nitrógeno. Mientras más alto sea el contenido en carbono, más tiempo tomará el proceso de descomposición de la materia orgánica. (1)

Cuadro 1. Relación C/N de algunos materiales.

Materiales	Relación C/N	Materiales	Relación C/N
Aserrín	500/1	Papel	200/1
Hojasca de encino	150/1	Hojasca de aliso	100/1
Rastrojo de granos básicos	70/1	Paja de avena	50/1
Helechos	43/1	Mostaza	26/1
Papa (planta)	25/1	Pastos	20/1
Alfalfa	16/1	Tabaco	13/1
Monte verde	12/1	Cascara de maní	11/1
Apazote	11/1	Pescado	6/1
Hueso molido	5/1	Sangre y tripas	3/1
Orina	0.8/1	Estiércol de caballo	25/1
Estiércol de vaca	18/1	Estiércol aves	15/1
Estiércol de cerdo	12/1	Estiércol de cabros	15/1
Estiércol de oveja	10/1	Estiércol de conejo	10/1
Estiércol de gallina	7/1		

Fuente: (Manual de caficultura orgánica 1999), Fertilización Orgánica, Altertec, 1994.

b) El Oxígeno:

El oxígeno es esencial en el proceso de oxidación, durante el cual, por acción de los microorganismos, al degradar la materia orgánica se libera la mayor parte del carbono en forma de gas y calor. Una parte del carbono que no es liberado es utilizada por los microorganismos en combinación con el nitrógeno, para la formación de su propia estructura celular. La oxigenación de la abonera se favorece haciendo volteos cada 15 días, lo cual contribuye al proceso de oxidación en beneficio de la vida microbiana de la composta. Es recomendable no excederse en los volteos, ya que fácilmente se pueden escapar otros compuestos como el nitrógeno. (1)

c) La temperatura:

En la fermentación aeróbica, la temperatura sube hasta 75 °C, permaneciendo así durante un tiempo, para luego disminuir gradualmente a unos 40 grados centígrados (fase mesófila) y finalmente llega a temperatura ambiente (fase de maduración). Cuando la abonera alcanza temperaturas de 75 °C los gérmenes

patógenos se destruyen, pero las bacterias y hongos benéficos pueden sobrevivir. (1)

d) La humedad:

El agua es esencial para el proceso biológico de la abonera; por lo tanto, es necesario proveerla en forma adecuada. En la fase inicial de elaboración, debe humedecerse cada capa de material que se va agregando, del tal manera que el material quede con 50 a 60 % de humedad. Posteriormente, los riesgos dependerán del estado en que se encuentre el material cuando se le practique la prueba correspondiente. (1)

e) Factor pH:

En la fase mesófila (temperatura ambiente y hasta 40 °C), el pH tiende a ser ácido, llegando a valores de 2.5, el que posteriormente, en la fase de temperaturas altas, llega alcalinizarse alcanzando valores de 8.5, para estabilizarse, finalmente, en rangos de 6.5 a 7.5. (1)

2.3.4 Pasos y técnicas para la elaboración de la composta.

- a) Los materiales normalmente utilizados para la elaboración de la composta son pulpa de café (40%), estiércol de ganado (20%), residuos de cosechas (rastros) y/o monte verde (20%), cal dolomítica (3%), cenizas (5%), roca fosfórica (1%), tierra negra con humus (5%) y desechos orgánicos de cocina y otros (6%). (1)
- b) Para garantizar que el abono orgánico conserve sus nutrientes, es aconsejable hacer la abonera bajo techo o bien protegerla de la lluvia con material plástico. El lugar debe ser aplanado con una ligera inclinación para drenar el exceso de agua. (1)
- c) Las dimensiones comunes de una abonera son: 2 metros de ancho en la base por 1.50 metros de ancho en la parte superior (forma trapezoidal), 1.50 metros de altura y el largo necesario. Otras alternativas para la elaboración de la composta pueden ser las aboneras en corral, que se recomiendan para casos de riesgos de molestias por animales domésticos. Para las aboneras en fosas será necesario hacer una excavación en una parte alta de terreno, para evitar anegamiento. (1)
- d) Colocar postes de bambú agujereados o cualquier otro material equivalente en medio de los materiales a procesar, de tal forma que sirvan para oxigenar y mejorar la infiltración de agua de riego dentro de la abonera. Estos postes se colocan a cada metro de longitud. (1)

- e) Los Materiales se colocarán en capas, en el siguiente orden: una capa inicial de monte verde y/o rastrojos de cultivos bien picados, de aproximadamente 50 cm. de espesor, luego una capa de pulpa de café de 25 cm de grosor, sobre la pulpa de café, aplicar al voleo una capa fina de roca fosfórica, a razón de 4 libras por metro cuadrado, luego, colocar una capa de 25 cm. de estiércol de ganado (bovinos, aves, equinos), sobre el estiércol, se aplica una capa fina de ceniza a razón de 16 libras por metro cuadrado, sobre la capa de ceniza, espolvorear una capa de cal dolomítica, a razón de 8 libras por metro cuadrado. Con la aplicación de la cal, se concluye la primera etapa de colocación de materiales, y para aprovechar el espacio se puede sobreponer una segunda etapa de estos, siguiendo el mismo orden. Después de colocados los materiales (en dos capas), aplicar una capa de tierra negra con humus (dos centímetros), a manera de cubrir toda la abonera. (1)
- f) Si la abonera se elaboró a la intemperie, cubrirla con hojas de banano u otro material vegetal durante el verano; mientras que en invierno deberá protegerse con plástico. (1)
- g) Será necesario hacer riegos a cada 8 días y volteos a cada 15, favoreciendo con esto una adecuada fermentación y descomposición de los materiales. Los riegos y volteos dependerán del contenido de humedad y temperatura de la abonera, lo que puede determinarse introduciendo una regla de madera o un machete. Pueden presentarse dos casos: Si la regla o machete sale seco y caliente en la abonera, significa que la misma se está calentando en exceso y requiere urgentemente humedad, si la regla o machete sale húmedo y frío, la abonera tiene exceso de agua o está mal preparada; por lo tanto, los microorganismos no están trabajando bien, entonces los materiales deberán voltearse inmediatamente, si la regla o machete sale húmedo y caliente, indica que la abonera está funcionando bien. Si se lleva el control necesario para un adecuado proceso la composta se cosechará en 3 meses aproximadamente, que es cuando el material huele a tierra fértil y tiene color negro obteniéndose de 10 a 11 quintales por metro cúbico de material procesado. (1)

Cuadro 2. Contenido de nutrientes de algunos materiales utilizados en aboneras.

Material	Porcentaje					mg/kg					
	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Cl	Mn	Zn	S
Estiércol de Vacunos	0.7	2.5	4.0								
Estiércol de Vacunos	1.5	0.5	1.3								
Estiércol de Ovejas	1.8	0.7	2.2								
Estiércol de Cerdos	1.1.	0.5	0.7								
Gallinaza	3.96	3.0	1.0								
Pulpa de café	2.0	0.19	3.0	1.5	0.25						
Roca fosfórica	0.0	33.0	0.0	33.2	0.2			0.1	0.03		0.3
Cal dolomítica	0.0	0.00	0.0	21.5	11.4	0.01	0.001	0.0	0.11	0.0	0.3
Ceniza	0.0	1.8	5.5	23.3	2.2	0.2	0.1	0.2	0.8	0.2	0.4

Fuente: (Manual de caficultura orgánica 1999), Fertilización Orgánica, Alartec, 1994.

Cuadro 3. Contenido de nutrientes de materiales vegetales utilizados en aboneras

Material	Porcentaje					mg/kg					
	N	P	K	Ca	Mg.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
Sauco	4.6	0.25	2.8	0.88	0.28	70.26	11.18	82.78	30.21	16.89	10.33
Palo de pito	4.9	0.29	1.5	1.45	0.25	35.96	7.74	108.9	93.93	28.91	23.95
Aliso	2.99	0.12	0.74	0.49	0.17	12.58	8.04	117.9	149.4	13.97	20.86
Girasol Silvestre	4.16	0.22	2.48	1.25	0.82	28.01	15.84	148.6	111.3	33.58	38.04
Higüerillo	5.5	2.5	1.25	1.28	0.28	18.47	10.43	103.2	41.18	26.91	41.77
Madre cacao	2.0	0.18	2.25	0.68	0.21	38.47	5.50	122.0	37.37	9.34	41.77
Tabaquillo	3.1	0.18	2.57	1.36	0.12	53.26	17.50	329.9	56.47	52.81	55.67

Fuente: (Manual de caficultura orgánica 1999), Fertilización Orgánica, Alartec, 1994.

2.3.5 Lombricompost o Vermicomposta.

Otra de las alternativas para la producción de abono orgánico es el vermicompostaje, que consiste en la utilización de las lombrices de tierra, principalmente la lombriz californiana o coqueta roja (*Eusemia foetida*), para la transformación de materiales orgánicos (pulpa fresca de café, estiércol fresco de ganado o mezcla de estos), en un abono de excelente calidad. (1)

La lombricultura es una biotecnología que utiliza a una especie de lombriz (*Eisenia foetida*) domesticada para la producción de abono orgánico que es utilizada para la fertilización de una amplia gama de cultivos agrícolas. Este anélido recicla todo tipo de materia orgánica y lo transforma en subproductos, como: humus, exudados y carne de lombriz. (17)

Esta biotecnología data sobre la actividad que han realizados los anélidos durante millones de años en la transformación de la materia orgánica en humus, tal es el caso que se ha industrializado este proceso con la finalidad de obtener en un período corto de tiempo y en un espacio reducido productos de la misma calidad (propiedades físicas, químicas y biológicas) que los obtenidos de forma natural (sin la intervención del hombre). (17)

2.3.6 Factores que inciden en el proceso.

a) Temperatura:

La temperatura del material debe oscilar entre 18 y 25 °C, pero puede soportar hasta 30 °C. Por arriba de esa temperatura, pueden morir las lombrices. (12)

b) Humedad:

El material debe ser húmedo, para evitar que se reseque el cuerpo de las lombrices (éstas respiran a través de su piel) y para que ingieran más fácilmente los alimentos. Sin embargo, no debe ser en exceso, porque provocaría que las lombrices se ahoguen. La humedad adecuada debe ser entre el 75 y el 85%. (1)

c) Ventilación:

Debido a que la lombriz necesita del oxígeno para vivir, su ambiente debe estar suficientemente ventilado. Esto se logra regulando la humedad en el sustrato y evitando su compactación al momento de colocarlo en los recipientes. (1)

d) El pH:

Se refiere a la acidez o alcalinidad de los materiales a procesar. El intervalo óptimo es de 6.5 a 7.5 (cercano a la neutralidad). Si el pH es muy ácido o muy alcalino, puede matar las lombrices o disminuir su reproducción. (1)

2.3.7 Pasos para la producción de la vermicomposta o lombricompost.

- a)** La materia orgánica a transformarse puede ser: estiércol (ganado bovino, equino, caprino, ovino entre otros), pulpa de café, residuos de banano (tallos, hojas y fruta), residuos de cultivos o pastos. Todos los materiales en forma simple, o mezcla de ellos, pueden ser transformados por las lombrices, siempre que sean prefermentados por término de 15 días, para evitar altas temperaturas. (1)
- b)** El lugar donde se producirá la vermicomposta debe estar protegido de la lluvia (bajo techo), del viento, de la luz solar directa y de animales, como aves, hormigas y lagartijas, enemigos principales de las lombrices. Para la producción comercial de la vermicomposta, se construirán canteros de madera (tablas o trozos), tarro o block. Las dimensiones de los canteros deben ser de 1 metro de ancho por 1 metro de altura y de longitud variable, según el volumen de material disponible. Cuando interesa hacer un pie de cría para reproducirlas, será suficiente utilizar cajas de madera de 40 cm. de ancho y de 80 cm. de longitud. (1)
- c)** En ambos casos, previo a agregar las lombrices, comprobar las condiciones del material a procesar (pH, temperatura y humedad), en forma práctica de la manera siguiente: agregar al material prefermentado 50 lombrices adultas y dejarlas durante 2 horas. Si no se mueren o se escapa más de una, significa que el sustrato es el adecuado y se procede a agregar la cantidad total de lombrices; de lo contrario es necesario mejorar las condiciones antes de poner las demás lombrices. (1)
- d)** Luego de comprobar que las condiciones del sustrato son las adecuadas, agregar en la superficie de los canteros 500 lombrices adultas (1 libra aproximadamente), por metro cubico de material. (1)
- e)** Cada 10 días, revisar el desempeño de las lombrices y extraer el abono que va quedando en la superficie. Las lombrices degradan el material de la superficie y paulatinamente van profundizando, hasta consumir toda la materia orgánica y transformarla en humus. El abono es fácil de distinguirlo dentro del material aun no degradado, porque es de color negro y con textura de suelo poroso. A partir de los dos medios a tres meses, las lombrices habrán transformado toda la materia orgánica en abono necesario, entonces, agregarles nuevo sustrato. Las lombrices no deben permanecer mucho tiempo sin alimento, porque al consumir su propia excreta pueden intoxicarse fácilmente. (1)

2.4 Otros abonos orgánicos.

En algunos casos, se aplican abonos orgánicos simples para el abonado de las plantaciones, que es cuando la materia orgánica utilizada proviene de una sola fuente. Por ejemplo, solamente de pulpa de café o de cualquier estiércol de ganado. Para poder utilizar estos materiales deberán procesarse en aboneras siguiendo el mismo procedimiento de elaboración de la composta. (1)

2.4.1 Pulpa de café.

Para convertir la pulpa de café en abono orgánico simple, los mejores resultados se obtienen cuando los montículos o apilamientos de pulpa son volteados con frecuencia de 8 a 15 días y, preferencia, si se les aplica agua anticipadamente. (1)

2.4.2 El Purín.

Es el líquido resultante de la fermentación de estiércol de ganado bovino u ovino. La preparación de este tipo de abono se basa en la fermentación anaeróbica, con la finalidad de estimular al máximo el calentamiento del material. De esta manera se realiza la pasteurización natural y se eliminan riesgos de contaminación por patógenos existentes en los materiales procesados. (1)

2.4.3 Purín de Biodigestores.

El purín es el producto líquido que aún conserva de 0.5 a 5% de sólidos en suspensión, que se deriva del proceso anaeróbico del biodigestor y que puede utilizarse como fertilizante foliar al suelo, a partir de los 30 a 60 días, según la ubicación de las fincas. La Proporción de materia prima, para la obtención de un buen purín, dependerá del tipo de estiércol a utilizarse en biodigestor; siendo recomendable la siguiente:

- a) 50% de agua y 50% de estiércol, si se va a trabajar con estiércol de bovinos u ovinos. 75% de agua y 25% de estiércol. Para el buen funcionamiento del biodigestor, debe cuidarse la calidad de materia prima, así como la temperatura de la digestión, la que deberá estar entre 25 y 35 °C y con pH alrededor de 7.0. (1)

2.5 Nutrición del cafeto.

El cafeto exige para su desarrollo y producción, que le sean suplidas una serie de necesidades nutricionales, lo que implica que los elementos deben estar disponibles oportunamente, en cantidades suficientes y balanceadas. Estos elementos pueden provenir

de las reservas naturales de tipo orgánico y mineral existentes en el suelo, o del uso racional de fertilizantes aplicados al suelo o al follaje. (20)

El café requiere de al menos 16 elementos nutritivos, llamados elementos esenciales, tres de ellos, el carbono, hidrógeno y oxígeno los toma la planta del agua y aire, mientras que los trece restantes son tomados del suelo a través del sistema radical (raíces), o absorbidos por vía foliar. (22)

Los elementos, se pueden agrupar de acuerdo a las cantidades en que son requeridas por la planta:

- a) **Elementos mayores:** Son los que absorben en altas cantidades, tal como el nitrógeno, fósforo, potasio, hidrógeno y oxígeno.
- b) **Elementos secundarios:** Se absorben en cantidades intermedias, como el calcio, magnesio y azufre.
- c) **Elementos menores:** La planta los absorbe en pequeñas cantidades y son el boro, zinc, cobre, hierro, manganeso, cloro y molibdeno. (22)

El nivel natural disponible de elementos esenciales en el suelo, se ve afectado por factores tales como la humedad del suelo, régimen de lluvias, reacción del suelo (pH), contenido natural de nutrimentos y capacidad de extracción del cultivo. (22)

Cuando en el suelo el nivel y disponibilidad de uno o varios elementos esenciales es bajo, se produce una deficiencia o carencia de éste, lo que provoca un crecimiento y desarrollo anormal de la planta. (22)

Si la deficiencia es muy severa, se manifiestan una serie de síntomas muy evidentes, tal como clorosis (amarillamiento), necrosis (muerte del tejido) o deformación de las hojas. (22)

Esto se traduce en una disminución de la cosecha. Por ésta razón es importante prevenir y/o corregir deficiencias nutricionales. (22)

Cuadro 4. Cuadro de elementos requeridos por las plantas.

Elementos (primarios)	Mayores	Elementos (secundarios)	Mayores	Elementos Menores
Nitrógeno	(N)	Calcio	(Ca)	Hierro (Fe)
Fósforo	(P)	Magnesio	(Mg.)	Zinc (Zn)
Potasio	(K)	Azufre	(S)	Boro (B)
Hidrógeno	(H ₂)			Manganeso (Mn)
Oxígeno	(O)			Cobre (Cu)
				Molibdeno (Mo)
				Cloro (Cl)

Fuente: (Manual de caficultura orgánica 1999), Fertilización Orgánica, Alartec, 1994.

2.6 Funciones de los elementos en el cultivo de café.

Carvajal explica que el propósito de la adición de fertilizantes al cafeto es suplir elementos minerales esenciales en cantidad adecuada para el máximo cumplimiento de los ciclos vegetativo y reproductor. Los suelos agrícolas por lo general son incapaces de suplir todos los elementos requeridos en cantidad suficiente y, sobre todo, durante muchos años del cultivo. A continuación se presenta una reseña respecto a la función de la planta desempeñan los elementos esenciales que suplen a los cultivos. (3)

a) Nitrógeno:

Influye, en forma especial, en el desarrollo vegetativo que influye la formación en el desarrollo de la hoja, lo cual tiene una relación muy estrecha con las cosechas. Regula la absorción del fósforo y el fortalecimiento de las raíces. Este elemento es el principal constituyente de las proteínas. Forma parte de la clorofila, por lo que su deficiencia en las plantas se manifiesta por pérdida uniforme del color verde de las hojas hasta alcanzar un tono amarillento cuando la deficiencia es muy severa. Este es el elemento más importante en la fertilización del café en nuestras condiciones. Su deficiencia está muy generalizada en todo el país y la respuesta del cultivo a su aplicación como fertilizante es muy marcada. (3)

b) Fósforo:

Su principal efecto es el desarrollo de las raíces, esto es muy importante, especialmente en las primeras fases de desarrollo de la planta, como en el caso de los almácigos de café. En este estado es cuando más se necesita estimular el crecimiento de las raíces, de las cuales va a depender la nutrición y anclaje de la planta. Este elemento influye también en la fructificación y en la calidad de los frutos. Su movilización es muy limitada, no profundiza ni se desplaza mucho al ser aplicado al suelo, varios experimentos han demostrado que el café responde poco a

las aplicaciones de fósforo, tal vez por tratarse de un cultivo perenne, el cual puede absorber este elemento en forma continua y durante periodos largos, llenando así sus exigencias. Los síntomas de deficiencia de fósforo en el café se manifiestan por muchas manchas rojizas o pardo-rojizas en las hojas. (3)

c) Potasio:

Su función principal tiene relación con el endurecimiento y resistencia de los tejidos de sostén, como el tallo y las ramas, produciendo estructuras más fuertes resistentes al encame, con la calidad de fibra y con la calidad de los frutos, como sabor, fragancia, cualidades de almacenamiento, etc. Además a este elemento se le atribuye un efecto importante en la resistencia de las plantas al ataque de enfermedades y plagas. También influye en los fenómenos de respiración contribuyendo a mantener la economía del agua en la planta, reduciendo así su tendencia a la marchitez. La deficiencia de potasio en la planta se caracteriza por la muerte del tejido de la hoja, principiando por el ápice, y extendiéndose por los bordes, observándose una demarcación bien definida del tejido muerto y el tejido vivo. Se ha observado una relación antagónica entre el nitrógeno y el potasio; un exceso del primero puede inducir una deficiencia del segundo o viceversa. También es importante mencionar que existen relaciones antagónicas, entre potasio, el calcio y el magnesio, los cuales deben tomarse en cuenta al hacer planes de fertilización. (3)

d) Calcio:

Aunque por lo general el calcio se aplica a suelos ácidos con el fin principal de elevar el pH a valores adecuados, este elemento es también de vital importancia en la nutrición de la planta. Como nutriente hasta aplicar al suelo pequeñas cantidades del mismo para cubrir demandas de la planta. En cambio, como enmienda, se necesitan cantidades mucho mayores para producir un cambio de la relación del pH. Entre las funciones del calcio está la regulación de estado de turgencia del plasma coloidal, lo cual es necesario para la realización normal de las reacciones metabólicas influyendo en esta forma en la economía acuosa de la planta. En forma contraria a la acción del potasio, el calcio, causa la contracción del plasma, con lo cual fomenta la transpiración y la reducción de la absorción del agua. Un exceso de calcio inhibe la asimilación de potasio y viceversa. Su exceso en el suelo puede inducir no solo la manifestación de deficiencias de potasio sino también de elementos menores, como hierro, boro, zinc y manganeso. El calcio tiene poco movimiento de traslación en la planta, acumulándose en los tejidos adultos. Como consecuencia de ello, los síntomas de deficiencia se presentan primero en los tejidos más jóvenes como las hojas que rodean los ápices vegetativos. El calcio actúa como activador de enzimas, entre las que merecen especial mención la adenosín trifosfatasa, la ATPasa, la amilasa y la fosfolipasa (3)

e) Magnesio:

Este elemento es constituyente de la clorofila. Participa en la síntesis de los carbohidratos, proteínas, vitaminas y otras sustancias. Debido a que gran parte del magnesio es fácilmente trasladable en la planta. Estos se revelan por la desaparición de la clorofila en forma moteada o de manchas pardo-amarillentas, en los espacios comprendidos entre las nervaduras de las hojas lo cual es de esperarse en vista de la imprescindible participación de magnesio en la síntesis de la clorofila. Este elemento puede fijarse en el suelo en forma no asimilable, siendo preferible, en tales casos, su administración a la planta por medio de aspersiones foliares, en lugar de aplicaciones al suelo. (3)

f) Azufre:

Es constituyente de algunos aminoácidos y de ciertas proteínas y enzimas. El contenido de azufre en las plantas es a veces similar al del fósforo. Sus síntomas de deficiencias son semejantes a las del nitrógeno, manifestándose por el amarillamiento uniforme de las hojas y la reducción del crecimiento vegetativo. (3)

g) Boro:

Se le encuentra particularmente en los ápices vegetativos, en las flores y en los tejidos de conducción, floema, siendo su presencia especialmente en los sitios donde se verifica una activa división celular. Tiene además una gran importancia en la germinación del polen, en la formación de los frutos, flores y raíces, en la adsorción de cationes y en otros procesos. Este elemento presenta poca actividad y movilidad en la planta, lo cual implica un poco traslación de los tejidos adultos a los centros de mayor demanda. En el cafeto, esta deficiencia se manifiesta por la muerte de las yemas terminales y la consiguiente aparición de un gran número de brotes adicionales, los cuales le dan a las puntas de las bandolas la apariencia de palmillas. Su aplicación al suelo o al follaje debe hacerse con mucha prudencia, ya que un exceso puede ser tóxico para la planta. (3)

h) Hierro:

Es un constituyente esencial de varias enzimas, desempeña un importante papel catalizador en la planta, razón por la cual viene a ser el elemento clave en diversas reacciones, tales como la respiración y la fotosíntesis. La formación de la clorofila está relacionada con la presencia de hierro, sin que este sea un componente de su estructura. Los suelos fuertemente alcalinos, así como también los que contienen mucho ácido fosfórico, pueden sufrir una deficiencia secundaria de hierro debido a la fijación de los compuestos disponibles de este elemento. El hierro contiene poca capacidad de traslación en la planta lo cual motiva la aparición de los primeros síntomas de su deficiencia en los brotes jóvenes, en el cafeto la deficiencia de hierro se manifiesta por la decoloración de las hojas, permaneciendo las venas de color

verde. Las hojas mantienen su tamaño y formas normales, a diferencia de la deficiencia de Zinc, dado que el hierro que se aplica al suelo, es frecuentemente fijado antes de ser absorbido por las raíces, resulta un tanto complicado corregir su deficiencia. (3)

i) Zinc:

Los conocimientos que se tienen sobre las funciones específicas, de este elemento son muy limitados. No obstante ello, la frecuente manifestación de los síntomas de su deficiencia en diversos frutales, demuestra su importancia en el metabolismo vegetal. Bajo este tipo de deficiencia las plantas sufren, junto con la misma atrofia de los cloroplastos, un achaparramiento y enanismo, así como la formación de rosetas. Estas últimas tienen su origen en el considerable acortamiento de los entrenudos de las ramas jóvenes. En el café, la deficiencia de zinc se manifiesta por este achaparramiento y la formación de rosetas de las cuales las hojas son pequeñas y angostas, sobresaliendo de color verde las nervaduras. (3)

j) Manganeso:

Al igual que el hierro, el manganeso también es imprescindible en la formación de la clorofila y en la respiración. Participa además en la síntesis de las proteínas y en la formación de ácido ascórbico, vitamina C; la deficiencia de manganeso en el café se manifiesta por una tenue decoloración de la hoja, conservando las nervaduras su color verde oscuro, junto con la parte del parénquima, a los lados y a lo largo del nervio. Los síntomas de deficiencia se manifiestan en las hojas de las bandolas, hasta el tercero o cuarto nudo. Se diferencia de la deficiencia de hierro, ya que en el caso de este último la decoloración es más clara, con una reticulación delgada. El amarillamiento de las hojas de los extremos de las bandolas también a veces se atribuye a la deficiencia de manganeso. (3)

k) Cobre:

El contenido de cobre de la mayoría de suelos varía desde menos de cinco partes por millón hasta 100 partes por millón y las plantas contienen desde cinco hasta quince partes por millón. Su función conocida en la nutrición de las plantas es principalmente en las reacciones de oxidación-reducción. Se ha demostrado que es un metal esencial que constituye un numeroso grupo de sistemas enzimáticos que están relacionados o que se ocupan de las reacciones de oxidación-reducción. Cuando se presenta una deficiencia de cobre en las plantas, por lo regular las hijas son de color verde azulado y el nivel de proteínas puede ser muy bajo. Los efectos a lo que en inglés se llama “die-back”, que resultan de las deficiencias de cobre, sugieren la inactividad del elemento cuando las disponibilidades son bajas. (3)

1) Molibdeno:

Este es requerido por la planta en dosis mínimas para que sus procesos fisiológicos y su más ligera demasía conduzcan a serios daños en las plantas. Este elemento esencial se encuentra en pequeñas cantidades en los suelos, desde menos de 1.0 partes por millón hasta 2.0 partes por millón. Es necesario para la reducción de nitratos en las plantas, una falta de molibdeno prevendrá a la síntesis de los aminoácidos y proteínas. Una deficiencia de molibdeno reducirá la formación de vitamina A y también este elemento es necesario para regular la disponibilidad de hierro en la planta. Este elemento parece aliviar los efectos dañinos de los elementos pesados. La presencia de fosfatos, favorecen la absorción de molibdeno por la planta. (3)

3 METODOLOGÍA.

3.1 Recursos.

3.1.1 Humanos.

- Asesor del Punto de Investigación.
- Asociación de Caficultores de la Aldea Puente Alto.
- Técnico de producción y Gestión de calidad (ASOBAGRI)

3.1.2 Físicos.

- Libreta de campo.
- Cámara fotográfica.
- Equipo de cómputo.
- Regla graduada en cms.
- Balanza analítica.
- Abono de Lombricompost.
- Abono de Compost (Testigo).
- Abono orgánico Tigma.
- Ceniza
- 396 Plantas orgánicas de *Coffea Arábica* Variedad Bourbon
- Bolsas de polietileno negro, perforada, de 7 por 10 pulgadas de 2 milésimas de grosor.
- Cinta métrica.
- Balde plástico
- Palas.
- Azadón.
- Pita.

3.1.3 Económicos: Proporcionados por la Asociación Barillense de Agricultores ASOBAGRI.

3.2 Descripción del área de estudio.

El experimento se llevó a cabo en la Aldea Puente Alto del municipio de Barillas del Departamento de Huehuetenango.

La aldea Puente Alto se encuentra ubicada en las coordenadas: Latitud: 15° 46' 51" Longitud: 91° 22' 59" y a 19 Km. del Municipio de Barillas y a 138 Km. de la cabecera departamental de Huehuetenango. El clima de La Aldea Puente Alto está denominado

dentro del tipo de clima templado, y se encuentra a una altitud promedio de 1500 mts. sobre el nivel del mar. La aldea Puente Alto presenta una temperatura media anual de 19 a 28 grados centígrados y una temperatura mínima a 14 grados centígrados; la vía de acceso a la comunidad es por medio de un camino de terracería al sur occidente del Municipio.

La Aldea Puente Alto, colinda al norte con la comunidad de Wanchén, al sur con la comunidad de Yaltziquin, al oeste con la comunidad de Yulatizu y al este con la comunidad de San Agustín.

La precipitación pluvial ocurre a finales del mes de Mayo a Octubre; período en que se cultiva el maíz y el frijol en asociación.

3.2.1 Clima y zona de vida.

La clasificación de zona de vida de la aldea de Puente Alto según Holdridge, se encuentra clasificado en el Bosque muy Húmedo subtropical (BMHS), y se encuentra a una altitud que varía en los rangos de 0 a 500; de 500 a 1,000 y 1,000 a 1,500 sobre el nivel del mar. La precipitación pluvial anual registrada es de 2,000 a 4,000 milímetros, Temperatura media anual entre 24 a 30 °C. Esta formación ocupa solamente un 7 % de la superficie del país en las vertientes del Atlántico y del Pacífico, pero tiene una enorme importancia en la economía del país. Produce la mayor parte del café, que es un renglón, muy importante. (8)

3.2.2 Condiciones edáficas.

Según Simmons, la comunidad de Puente Alto se encuentra en los suelos de los cerros de Caliza, estos suelos se encuentran en cuatro quintas partes de Huehuetenango. Es una región de pendientes inclinadas, colinas escarpadas altiplanicies casi planas, ciertas zonas están intensamente cultivadas y densamente pobladas, los suelos en su mayoría son de textura mediana. Aunque se encuentran suelos pesados predominan los pobres e imperfectamente drenados. Estos son de color gris oscuro a gris. La pendiente oscila entre los rangos de 0 a 5 % a 45 % y más. Estos suelos tienen potencial para cultivos como arroz, hule, caña de azúcar, cacao, pimienta, vainilla, cardamomo, café, pastos y bosque latifoliado. (20)

3.3 Descripción de la investigación.

La presente investigación sobre la respuesta de café orgánico a la fertilización con 3 abonos orgánicos (composta (testigo), Lombricompost y fertilizante orgánico Tigma) se realizó con el objetivo de evaluar qué fertilizante produce un mejor desarrollo vegetativo en etapa de almacigo para la obtención de plántulas de buena calidad del cultivo de *Coffea arabica* variedad Bourbon para la Asociación Barillense de Agricultores.

La evaluación tuvo un tiempo de duración de 12 meses, iniciando con las actividades de la investigación en el mes de Marzo 2008 y culminando en el mes de Marzo del 2009.

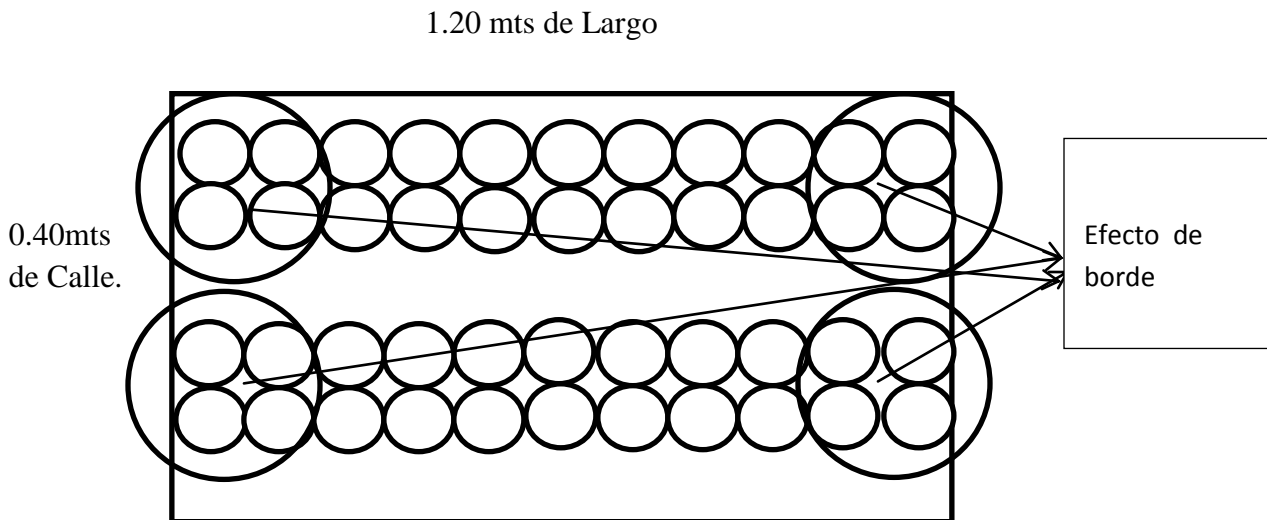
La investigación comenzó con la elaboración del semillero en el mes de abril y el trasplante se realizó a principios del mes de junio; las siguientes actividades del manejo agronómico de la investigación se realizaron en la época lluviosa debido a que hay un mayor aprovechamiento de las lluvias constantes y la humedad presente en el suelo.

3.4 Descripción del diseño:

Para dar respuesta a las hipótesis y a los objetivos planteados en la evaluación, se utilizó el diseño experimental de bloques al azar.

El Diseño contó con 3 tratamientos y 6 repeticiones con un total de 18 unidades experimentales (ver figura 1), cada unidad experimental contó con 22 plantas a doble postura, y por efecto de borde se tomaron 14 plantas centrales como parcela neta; de las cuales se tomaron al azar 10 plantas, las dimensiones de cada bloque fueron 0.20 mts de ancho por 1.20 mts de largo y la distancia entre calles de los tratamientos y repeticiones fue de 0.40 mts, el área que se utilizó en este experimento fue de 33 m². El número total de plantas que se establecieron en la investigación fue de 396, de las cuales se evaluaron 180 plantas tomando en cuenta que de las 14 plantas de la parcela neta se seleccionaron 10 plantas al azar, que seguidamente se sometieron a las investigaciones para analizar las variables a considerar.

Figura 1. Tamaño de la unidad experimental



Fuente elaborada por el autor.

El modelo estadístico que se utilizó en la investigación es el siguiente:

Modelo Estadístico: $Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$.

En donde:

Y_{ij} = Es el valor esperado del i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque

U = Es el valor de la media general

T_i = Es el efecto de la i -ésimo tratamiento

B_j = Es el efecto de la j -ésimo repetición o bloque.

E_{ij} = Es el error experimental asociado a la j - i -ésima unidad experimental.

3.5 Descripción de los tratamientos:

Los tratamientos efectuados fueron los siguientes:

- a) **Fertilizante Compost (Testigo):** este fertilizante fue elaborado con varios materiales que se recolectaron en las parcelas de algunos socios de la aldea Puente Alto, las cuales fueron: pulpa de café, hojas secas, monte verde picado, ceniza, tierra negra, broza, tallo de banano picado, estiércol de ganado equino y agua, todos estos materiales fueron colocados en capas de 10 a 15 centímetros que seguidamente se mezclaron entre sí, formando un montículo de materia orgánica que luego fue cubierta con Nylon negro; seguidamente la abonera se estuvo volteando a cada 2 días para que la misma pudiera perder el exceso de calor provocado por la descomposición de los diferentes materiales utilizados. La cosecha del abono fue a los 35 días después de su elaboración lo cual permitió utilizar 1 quintal del mismo en todo el experimento.

- b) **Fertilizante Lombricompost:** este fertilizante fue producido por la lombriz californiana también llamada comúnmente como coqueta roja (*Eusemia foetida*); los materiales que se utilizaron para el alimento de las lombrices fueron: hojas secas, pulpa de café oreada y Estiércol de ganado equino oreado; la pileta que se utilizó para la producción del abono fue de 1 metro y medio de largo por 0.70 centímetros de alto, se utilizaron 4 pies de cría de lombriz que transformaron la materia orgánica dos meses y medio antes del experimento.

- c) **Fertilizante Tigma 100% Natural:** este fertilizante fue donado a ASOBAGRI por la casa comercial Tigma la cual en su momento pidió al departamento de producción hacer algunos estudios sobre el comportamiento de este en plantas orgánicas; según el representante de esta casa comercial este fertilizante está compuesto de ácido húmico al 50%.

3.6 Variables de respuesta.

Se consideraron las siguientes variables:

- a) **Altura de plantas:**

Esta variable fue medida al final del estudio, utilizando una regla en centímetros.

- b) **Número de cruces:**

La determinación del número de cruces por planta se realizó al final del experimento, con un conteo visual por planta.

- c) **Peso en base húmeda del área foliar de plantas:**

Para la determinación del resultado de esta variable, fue necesario trasladar el material al laboratorio de ASOBAGRI en donde se realizó el peso de hojas en una balanza analítica según cada tratamiento.

- d) **Peso en base Húmeda del área radicular de las plantas.**

Para la determinación del resultado de esta variable fue necesario trasladar el material al laboratorio de ASOBAGRI en donde se realizó el peso de las raíces en una balanza analítica según cada tratamiento.

3.7 Manejo agronómico del experimento.

El manejo del experimento se realizó en la Aldea Puente Alto del Municipio de Barillas del Departamento de Huehuetenango, en donde se realizaron las siguientes actividades:

- a) **Definición del área para la elaboración del experimento:** esta actividad se realizó en un terreno con topografía plana, que contaba con riego y estaba cercado en donde se evitó la entrada de animales domésticos.
- b) **Selección de la Semilla:** Esta actividad se realizó mediante la selección de plantas representativas, vigorosas, que provinieron de plantaciones certificadas de la comunidad; seguidamente se realizó la prueba del fruto vano en donde se recolectaron 100 frutos que se sumergieron en agua para determinar el porcentaje de cerezas vanas tomando en cuenta que es aceptable el 5 % de cerezas defectuosas, seguidamente se realizó el despulpado en forma manual para no dañar las semillas, se eliminaron los granos que tenían defectos como elefante, caracol y granos lastimados, después se almacenó la semilla en un lugar fresco.
- c) **Preparación y siembra del semillero:** la preparación del semillero se realizó mediante la preparación de un tablón y se le agregaron los siguientes materiales: al sustrato se le agregó una parte de abono orgánico (composta y lombricompost) y 3 de tierra bien suelta (franco arenoso) las cuales se tamizaron con malla de ¼ de pulgada para eliminar palos, raíces, terrones, piedras y otros. Para el control de plagas y enfermedades, fue necesario juntar el material con tiempo para exponerlo al sol, seguidamente se efectuaron volteos constantes antes de hacer el tablón.
- d) **Siembra:** La forma en que se realizó esta actividad fue en banda de 20 centímetros y un espacio de 5 centímetros entre banda, se dejó este espacio con el fin de que hubiese ventilación para evitar proliferación de enfermedades sobre al tablón; terminada la siembra se tapó con unos 2 centímetros de tierra fina.
- e) **Riego:** esta actividad se realizó a cada 2 o 3 días, con el motivo de que el suelo tenía que estar húmedo para provocar la germinación de las semillas, por otra parte se controló la humedad para prevenir enfermedades como el mal de talluelo.
- f) **Preparación de almácigo:** como primer paso para poder realizar esta actividad se hizo una preparación del sustrato para el llenado de bolsas; el material adecuado que se utilizó fue una mezcla de 50 % de abono orgánico y 50 % de tierra negra; el sustrato se dejó libre de terrones, piedras, palos y otros, el cual fue tamizado o cernido con malla de ¼ de pulgada; la tierra negra se desinfectó con agua caliente y se dejó expuesta al sol tomando en cuenta que se estuvo volteando para disminuir la proliferación de enfermedades.
- g) **Hechura de tapesco:** el tapesco que se construyó a una altura de 1.80 metros de alto, se hizo de este tamaño para facilitar el manejo de las plantas, debido a que se necesita una adecuada aireación y regulación de la sombra.
- h) **Ordenamiento de bolsas:** las bolsas adecuadas que se utilizaron fueron de 7 por 10 pulgadas y 2 milésimas de grosor, se ordenaron en bloques de 22 plantas que tenían

una dimensión de 20 centímetros de ancho por 1.20 de largo, equivalente a 11 plantas por hilera, dejando 40 centímetros de calle.

- i) **Trasplante a la bolsa:** El trasplante se realizó cuando las plantas estaban en etapa de “soldadito y mariposa”, tomando en cuenta los siguientes aspectos: se seleccionaron plantas sanas con abundante raíz, que se mantuvieron sumergidas en agua para evitar la deshidratación, seguidamente se podaron las raíces para evitar el ahogamiento, después se realizó el trasplante a la bolsa
- j) **Limpia:** se realizó manualmente quitando las malezas de las bolsas y las calles de los tratamientos o bloques.
- k) **Fertilización:** se realizó de la siguiente manera: los fertilizantes que se utilizaron en esta investigación fueron 3 los cuales fueron clasificados con letras mayúsculas A, B y C, (Compost (testigo) A, Lombricompost B y el fertilizante Orgánico Tigma C), de los cuales se utilizaron 10 libras de cada insumo por cada aplicación y fueron diluidos en 7.57 litros de agua; seguidamente cada fertilizante fue aplicado en dilución equivalente a 0.025 litros para cada plantita que se encontraba en los bloques o tratamiento durante 10 meses. La aplicación de fertilizante en este experimento se realizó después que fue trasplantada la plantita, tomando en cuenta que se hicieron 10 aplicaciones a cada 30 días esto quiere decir que la investigación tuvo una duración de plan de fertilización de 10 meses empezando en Junio del año 2008 y culminando con la recolección de datos en el mes de Marzo de 2009.

Cuadro 5. Calendario de fertilizaciones realizadas a la evaluación en la época lluviosa del año 2008 y el primer trimestre del año 2009 en la aldea Puente Alto.

TRAT.	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO
Compost (Testigo)	Lunes /9/2008	Miercoles/9/2008	Sabado/9/2008	Martes/9/2008	Jueves/9/2008	Lunes/10/2008	Miercoles/10/2008	Sabado/10/2009	Martes/10/2009	Martes/10/2009
Lombricompost	Lunes/9/2008	Miercoles/9/2008	Sabado/9/2008	Martes/9/2008	Jueves/9/2008	Lunes/10/2008	Miercoles/10/2008	Sabado/10/2009	Martes/10/2009	Martes/10/2009
Tigma 100% Natural	Lunes/9/2008	Miercoles/9/2008	Sabado/9/2008	Martes/9/2008	Jueves/9/2008	Lunes/10/2008	Miercoles/10/2008	Sabado/10/2009	Martes/10/2009	Martes/10/2009

Fuente elaborada por el autor.

- l) **Riego:** esta actividad se realizó siempre y cuando el experimento lo necesitó; se realizó por la mañana, a cada 2 días o según lo requiriera dejando bien húmedo el sustrato de la bolsa.
- m) **Manejo Fitosanitario:** Para evitar enfermedades en las plantas se realizaron los trabajos culturales y agronómicos a su debido tiempo y en forma adecuada; el

material que se utilizó para el control de hongos fue una aplicación de té de ceniza a cada mes y cuando lo requería el experimento.

3.8 Análisis Estadístico:

Con los resultados obtenidos en la investigación se procedió a efectuar el análisis de varianza para cada una de las variables evaluadas y a realizar la comparación de medias por el método de Tukey cuando el caso lo ameritó.

4 Análisis y Discusión de resultados:

4.1 Análisis Estadístico.

4.1.1 Peso de área foliar en gramos.

En el cuadro 6 se encuentran los resultados obtenidos expresados en gramos de área foliar de cada uno de los tratamientos evaluados, se puede ver que existe diferencia estadística entre los tratamientos, debido a que el factor calculado sobrepasa totalmente el factor tabulado así mismo también se presenta el coeficiente de variación que fue de 4.402 %

Además mediante el análisis de prueba de medias según Tukey se determinó que el fertilizante foliar que mejores resultados presenta es el tratamiento B que representa al fertilizante orgánico a base de lombricompost teniendo una media de 19.3833 de área foliar en gramos sobrepasando así al tratamiento A el cual es a base de compost y al tratamiento C que es el fertilizante orgánico Tigma 100% natural, pero también es de mencionar que los tratamientos A y C en este análisis tienen similitud con respecto a los resultados obtenidos. (Ver cuadro No. 8)

Cuadro 6. Análisis de varianza de peso de área foliar en gramos.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F calculada para la prueba de varianza	F tabulada	
					5%	1%
BOQUES	5	2.147	0.42934667	(NS) 0.8958471	3.33	5.64
TRATAMIENTO	2	122.325	61.1627167	**127.618185	4.1	7.56
ERROR	10	4.793	0.47926333			
TOTAL	17	129.265				

C.V. 4.402%

NS: No hay significancia estadística.

** : Alta significancia estadística.

Cuadro 7. Prueba de medias Tukey de peso de área foliar.

TRATAMIENTO		B	A	C
		19.3833	14.305	13.49
C	13.4917	5.89167	0.81333	---
A	14.305	5.07833	---	---
B	19.3833	---	---	---

Cuadro 8. Presentación final de medias de peso de área foliar.

Tratamiento	Media	Literal
B	19.38	a
A	14.31	b
C	13.49	b

Comparador Tukey: 1.097 al 5%

Con respecto a esta variable se puede determinar que el peso del área foliar en almácigos de café es de gran importancia; en esta investigación se pudo determinar que hubo un mayor desarrollo del sistema aéreo lo cual permitió obtener un peso significativo del área foliar, también es de mencionar que hubo una mayor fotosíntesis que permitió un buen desarrollo de la planta y por lo cual también hubo una mayor absorción de los nutrientes en los bloques que fueron fertilizados con el abono de lombricompost; por otra parte, en el análisis efectuado a los fertilizantes se puede observar que los elementos mencionados se encuentran en mayores cantidades en el fertilizante de lombricompost, por lo tanto la fertilización por medio del abono lombricompost permite un mejor desarrollo anatómico y fisiológico de las plantas.

Fisiológicamente el nitrógeno es absorbido mayoritariamente por el cafeto en la forma de NO_3^- y NH_4^+ , que se convierten continuamente en compuestos orgánicos en este caso en el sistema aéreo de la planta que seguidamente experimenta gran movilidad en la planta; el calcio forma parte de la estructura de la pared celular de los vegetales, y juega un papel importante en la formación de estructuras constituidas por lípidos y por lo consiguiente la formación de membranas celulares; las funciones del magnesio se destacan en la participación de la fotosíntesis y en el metabolismo de los carbohidratos (glicólisis) y también es un vital nutriente que forma parte de la clorofila, también es de mencionar que la capacidad de absorción del fósforo por las plantas difiere entre especies e inclusive entre variedades. Las formas iónicas H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} , son las que son absorbidas por mecanismos activos y forman rápidamente compuestos orgánicos, se dice también que la mayor parte del cobre se encuentra en los cloroplastos, donde forma parte de la plastocianina involucrada en la transferencia de electrones; el hierro es el componente de la ferredoxina, molécula involucrada en la transferencia de electrones en la fotosíntesis, es un metal activador de la peroxidasa, catalasa, oxidasa del citocromo, aconitasa, nitrogenasa y otras enzimas; el manganeso actúa en la respiración, y participa específicamente en el metabolismo del nitrógeno, en los cloroplastos actúa favoreciendo el mantenimiento de la estructura de la membrana, también es uno de los activadores enzimáticos más importantes para la normal ocurrencia del ciclo de Krebs. (4)

4.1.2 Peso de raíz en gramos.

En el cuadro 9 se encuentran los resultados obtenidos expresados en gramos de área radicular de cada uno de los tratamientos evaluados, donde se puede ver que existe una alta diferencia estadística entre tratamientos, debido a que el factor calculado sobrepasa al factor tabulado así mismo también se presenta el coeficiente de variación que fue de 4.113%

Mediante el análisis de prueba de medias según Tukey se determinó que el fertilizante foliar que mejores resultados presenta es el tratamiento B que representa al fertilizante orgánico a base de lombricompost teniendo una media de 4.617 de peso de la raíz en gramos, estando por arriba ligeramente del tratamiento A el cual es a base de compost y al tratamiento C que es el fertilizante orgánico Tigma 100% natural, pero también es de mencionar que los tratamiento A y C en este análisis tienen similitud con respecto a los resultados obtenidos. (Ver cuadro 11)

Cuadro 9. Análisis de varianza de peso de raíz en gramos.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada para la prueba de varianza	F tabulada	
					5%	1%
BOQUES	5	0.221	0.04414222	(NS)1.78288381	3.33	5.64
TRATAMIENTO	2	5.694	2.84717222	(**)114.995961	4.1	7.56
ERROR	10	0.248	0.02475889			
TOTAL	17	6.163				

C.V.: 4.411%

NS: No hay significancia estadística.

** : Alta significancia estadística.

Cuadro 10. Prueba de medias Tukey de peso de raíz.

TRATAMIENTO		B	A	C
		4.6167	3.50167	3.358
C	3.3583	1.2583	0.14333	---
A	3.5017	1.115	---	---
B	4.6167	---	---	---

Cuadro 11. Presentación final de medias de peso de raíz.

Tratamiento	Media	Literal
B	4.617	a
A	3.502	b
C	3.358	b

Comparador Tukey: 0.249 al 5%

La función de la raíz es de suma importancia para el cultivo del café, para su desarrollo, larga vida, y fructificación. De la buena formación del sistema radicular y especialmente la raíz central, principal o pivotante, como se le conoce en el cultivo, depende en gran parte el desarrollo de los tallos, ramas, frutos y hojas del café. La raíz está compuesta de la pivotante o principal, secundarias, terciarias, cuaternarias y pelos absorbentes, siendo éstos

últimos los encargados de absorber de la tierra la humedad y fertilizantes, que transmitidos por el sistema radicular nutren y alimentan a la planta, la que también se ayuda con sus recursos logrados mediante la transpiración de las hojas; por otra parte se pudo observar el crecimiento de la raíz de las plantas de café que fueron sometidas al experimento con abono lombricompost, presenta un peso mayor a las demás plantas que fueron fertilizadas con los abonos de composta y tigma; por otra parte es de mencionar que el elemento que permite un mejor desarrollo de las raíces, especialmente en las primeras fases de desarrollo de la planta es el fósforo, y por lo cual en el análisis realizado a los fertilizantes estudiados se observa que este elemento se presenta en mayor cantidad en el sustrato de lombricompost, esto quiere decir que en etapa de almácigos se necesitan fertilizantes altos en fósforo para poder obtener raíces de buen crecimiento que permiten una buena nutrición y anclaje de la planta.

Fisiológicamente el fósforo forma parte de las moléculas fundamentales que preservan y transfieren energía, como adenosín-trifosfato (ATP) y uridín-trifosfato (UTP), La experiencia ganada hasta ahora respecto al suministro de fósforo al café, señala que la respuesta es de suyo importante en cafetos jóvenes, desde la planta en viveros hasta 2-3 años después del trasplante; una vez que el sistema radical ha alcanzado plena funcionalidad la dosis puede ser disminuida e incluso eliminada durante algún período pues la planta lo requiere en pequeñas cantidades y su capacidad de extracción por las raíces es alta. (4)

4.1.3 Número de cruces por planta.

En el cuadro 12 se encuentran los resultados obtenidos expresados en número de cruces por planta de cada uno de los tratamientos evaluados, observándose que existe significancia estadística entre bloques y a la vez también existe una alta diferencia estadística entre tratamientos, debido a que el factor calculado sobrepasa totalmente el factor tabulado en las tablas estadísticas, así mismo también se presenta el coeficiente de variación que fue de 8.207%

El análisis de prueba de medias según Tukey, determinó que el fertilizante foliar que mejores resultados presenta es el tratamiento B que representa al fertilizante orgánico a base de lombricompost teniendo una media de 2.317 cruces por planta estando por arriba del tratamiento A el cual es a base de compost y al tratamiento C que es el fertilizante orgánico Tigma 100% natural. . (Ver cuadro 14)

Cuadro 12. Análisis de varianza del número de cruces por planta.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada para la prueba de varianza	F tabulada	
					5%	1%
BOQUES	5	0.396	0.07922222	(*)3.79255319	3.33	5.64
TRATAMIENTO	2	3.258	1.62888889	(**)77.9787234	4.1	7.56
ERROR	10	0.209	0.02088889			
TOTAL	17	3.863				

C.V.: 8.21%

** Alta significancia estadística

* Significancia estadística

Cuadro 13. Prueba de medias Tukey del número de cruces.

TRATAMIENTO		B	A	C
		2.3167	1.68333	1.283
C	1.2833	1.0333	0.4	---
A	1.6833	0.6333	---	---
B	2.3167	---	---	---

Cuadro 14. Presentación final de medias del número de cruces.

Tratamiento	Media	Literal
B	2.317	a
A	1.683	b
C	1.283	c

Comparador Tukey: 0.229 al 5%

La formación de cruces en las plantas de almácigo de café es de importancia porque las cruces desempeñan el papel de la formación de la planta y seguidamente de las ramas o bandolas en las cuales se da la formación de hojas flores y frutos. Esta variable como se puede observar en los resultados obtenidos en el experimento, dio una mayor formación de cruces con el fertilizante de lombricompost, teniendo en cuenta que uno de los nutrientes que permitió este desarrollo fue el potasio el cual tiene una relación y resistencia de los tejidos de sostén y las ramas permitiendo el desarrollo de las cruces en las plantas, por otra parte es de mencionar también que este elemento se encuentra en una cantidad mayor en el fertilizante de lombricompost que se evaluó.

Fisiológicamente el potasio afecta procesos metabólicos muy variados, como la fotosíntesis, respiración, síntesis de clorofila y el nivel hídrico de las hojas, además el potasio lo contienen los tejidos vegetales en mayor cantidad que los demás cationes lo que confirma su alto requerimiento por las plantas, no obstante está presente en todos los tejidos vegetales principalmente en los tejidos aéreos por lo cual experimenta gran movilidad, ha sido reportado que el potasio favorece la conversión de energía lumínica a energía química,

además incrementa el efecto del nitrógeno y contribuye a la fijación del nitrógeno atmosférico, acelera y mejora el flujo y traslación de los metabolitos. Las investigaciones con fuentes de potasio indican la existencia de efectos fisiológicos importantes en pruebas efectuadas en plantas de vivero y adultas de 4 años de edad al suministrar el cloruro o sulfato de potasio; se sabe que el cloruro se acumula en cantidades altas en la hojas del café y que contenidos de más de 2,875 ppm en el cuarto par de hojas se asocian con quemaduras; investigaciones realizadas en Colombia sobre el efecto de las fuentes de potasio permitieron concluir que la producción fue mayor. (4)

4.1.4 Altura de planta.

En el cuadro 15 se encuentran los resultados obtenidos expresados en altura de la planta de cada uno de los tratamientos evaluados, donde se puede ver que existe diferencia estadística entre tratamientos, siendo el factor calculado el que sobrepasa al factor tabulado en las tablas estadísticas, así mismo también se presenta el coeficiente de variación que fue de 4.002%

Mediante el análisis de prueba de medias según Tukey, se determinó que el fertilizante foliar que mejores resultados presenta es el tratamiento B, que representa al fertilizante orgánico a base de lombricompost teniendo una media de 27.86 de altura de la planta, estando por arriba del tratamiento A el cual es a base de compost y al tratamiento C que es el fertilizante orgánico Tigma 100% Natural. . (Ver cuadro 17)

Cuadro 15. Análisis de varianza para altura de planta en centímetros.

FV	G.L.	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
BOQUES	5	3.974	0.79470222	(NS) 0.901	3.33	5.64
TRATAMIENTO	2	246.995	123.497406	(**) 139.966	4.1	7.56
ERROR	10	8.823	0.88233889			
TOTAL	17	259.792				

C.V.: 4.002%

NS No hay significancia estadística

** Alta significancia estadística

Cuadro 16. Prueba de medias Tukey para altura de planta.

TRATAMIENTO	B	A	C
	27.868	23.7417	18.81
C	18.80667	9.0617	4.935
A	23.74167	4.1267	---
B	27.86833	---	---

Cuadro 17. Presentación de la prueba de medias de altura de la planta según Tukey.

Tratamiento	Media	Literal
B	27.8683	a
A	23.7417	b
C	18.8067	c

Comparador Tukey: 1.488 al 5%

La variable de altura de la planta se puede decir que es un factor también de importancia, demuestra que existe un buen desarrollo de las mismas, tomando en cuenta que las plantas pudieron desarrollar tallos fuertes con un área foliar y radicular de buena calidad; por otra parte los resultados obtenidos en esta variable se debe a que hubo mayor absorción de Zinc y Potasio que permitieron el excelente desarrollo de las mismas, debido a que la principal función del Potasio en almácigos de café tiene relación con el endurecimiento y resistencia de los tejidos de sostén, como por ejemplo el tallo y las ramas. Por otra parte el Zinc permite un desarrollo vegetativo específicamente en las plantas jóvenes debido a que si este elemento se encuentra deficiente la planta sufre un achaparramiento y enanismo, así como la formación de rosetas (hojas pequeñas y angostas) y seguidamente el acortamiento de los entrenudos de las ramas jóvenes. Los resultados obtenidos en el laboratorio de los fertilizantes evaluados demuestran que el lombricompost fue el que presentó un mayor porcentaje de Zinc y Potasio.

Fisiológicamente el Potasio influye en los fenómenos de respiración contribuyendo en mantener la economía del agua en la planta, reduciendo así su tendencia a la marchitez, mientras el Zinc es el responsable de la síntesis de auxinas al actuar como activador de la enzima responsable de la formación del triptófano, el aminoácido precursor de la síntesis del ácido 3-indol acético (AIA)., es activador de la deshidrogenasas, nucleótido piridinico, es un nutrimento estabilizador de las fracciones ribosomales y, además, promueve la síntesis de citocromo C. (4)

4.2 Costos de producción.

4.2.1 Análisis Económico.

Se puede observar en el cuadro 18, los costos efectuados para el establecimiento de cada uno de los tratamientos, para determinar si existe alguna diferencia entre cada uno de ellos, económicamente hablando, siendo los datos siguientes los que se obtuvieron:

Cuadro 18. Costos de Producción de la Investigación.

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/UNIDAD	C. TOTAL
LOMBRICOMPOST	SACOS	1	Q 60.00	Q 60.00
COMPOST	SACOS	1	Q 50.00	Q 50.00
ABONO TIGSA H10	SACOS	1	Q 90.00	Q 90.00
PITA PLÁSTICA	ROLLO	1	Q 3.00	Q 3.00
BOLSAS DE POLIETILENO	PAQUETES	1	Q 75.00	Q 75.00
PREPARACIÓN DEL SEMILLERO	JORNAL	1	Q 40.00	Q 40.00
ELABORACIÓN DE SUSTRATO PARA EL LLENADO DE BOLSAS	JORNAL	2	Q 40.00	Q 80.00
LLENADO DE BOLSAS	JORNAL	3	Q 40.00	Q 120.00
ELABORACION DEL TAPESCO	JORNAL	4	Q 40.00	Q 160.00
TRAZO DEL DISEÑO	JORNAL	1	Q 40.00	Q 40.00
TRASPLANTE	JORNAL	1	Q 40.00	Q 40.00
LIMPIAS	JORNAL	10	Q 40.00	Q 400.00
CONTROL DE ENFERMEDADES (FUMIGACIONES CON TE DE CENIZA)	JORNAL	10	Q 40.00	Q 400.00
FERTILIZACIONES	JORNAL	10	Q 40.00	Q 400.00
RECOLECCIÓN DE PLANTAS PARA OBTENCIÓN DE RESULTADOS	JORNAL	1	Q 40.00	Q 40.00
TOTAL				Q 1,998.00

Además, al hacer una comparación más detallada de los costos particulares de cada tratamiento se realizó un análisis en los datos relacionados con la biomasa total, así como los costos variables de cada uno de los tratamientos. En el cuadro 19 se presenta un resumen del análisis económico realizado a los tratamientos evaluados en almacigo de café.

Cuadro 19. Análisis de los costos variables (CV) y biomasa total, para la determinación de la Tasa Marginal de Eficiencia (TME) en la producción de plántulas de café.

Tratamiento	Costos Variables (Q./1000 plantas)	Incremento C. V.	Rendimiento	Incremento Biomasa	TME %
			Biomasa Total		
A	Q 125.00	Q -	17.6633	0	0
B	Q 150.00	Q 25.00	22.885	5.2217	20.89%
C	Q 225.00	Q 75.00	18.1084	-4.7766	-6.37%

Fuente: Estudio Económico, 2012.

Luego de determinar los costos variables para cada tratamiento y de realizar el análisis de Costo-Efectividad a través del método de presupuestos parciales, se determinó la tasa marginal de eficiencia para los tratamientos en función de la biomasa total (Peso del área foliar más peso de raíz), siendo el tratamiento B (Lombricompost) el que dio como resultado una tasa marginal de eficiencia de 21%. Por lo tanto este tratamiento es el que presenta alta tasa marginal de eficiencia, según el cuadro 19 y presenta el valor de biomasa total más alto.

5. CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos se formulan las siguientes conclusiones:

- 5.1. Según los resultados obtenidos en el análisis de varianza, en cada una de las variables de respuesta (altura de la planta, número de cruces, peso radicular y foliar), se demostró que existe diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos evaluados (A compost, B lombricompost y C fertilizante orgánico Tigma), por lo tanto se rechaza la hipótesis nula planteada anteriormente (1.2.1).
- 5.2. El tratamiento B (Lombricompost), presentó los mejores resultados en cuanto a desarrollo foliar y radicular en la etapa de almácigo de plantas de café (*Coffea arabica*), presentando las mejores medias de cada una de las variables evaluadas. También reporta un valor de 20.89% de tasa marginal de eficiencia, siendo en consecuencia que además de producir significativa biomasa total, es el tratamiento más económico. Por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa (1.2.2)
- 5.3 El lombricompostaje de la pulpa de café, el estiércol de equinos y la materia seca (hojarasca) produjo abono orgánico de alto valor nutritivo con contenidos dentro de los niveles adecuados que ha establecido el laboratorio ANALAB.

6. RECOMENDACIONES.

En base a las conclusiones obtenidas se recomienda lo siguiente:

- 6.1. Se recomienda utilizar una fertilización a base de lombricompost específicamente en las plantaciones de almácigo en el cultivo de café (*Coffea arábica*,) con fin de mejorar la producción de plantas de café.
- 6.2. Incrementar la producción de lombrices para obtener un mejor fertilizante que facilite la asimilación de los nutrientes en almácigo, y utilizar este tipo de abono orgánico en las plantaciones ya establecidas en producción porque contienen los elementos óptimos para un mejor rendimiento de la planta de café (*Coffea arábica*)
- 6.3. Apoyar a los grupos de agricultores que se dedican al cultivo del café (*Coffea arábica*) en esta región, por medio de instituciones que faciliten y desarrollen capacitaciones técnicas y brinden seguimiento sobre el café orgánico de la región guatemalteca.

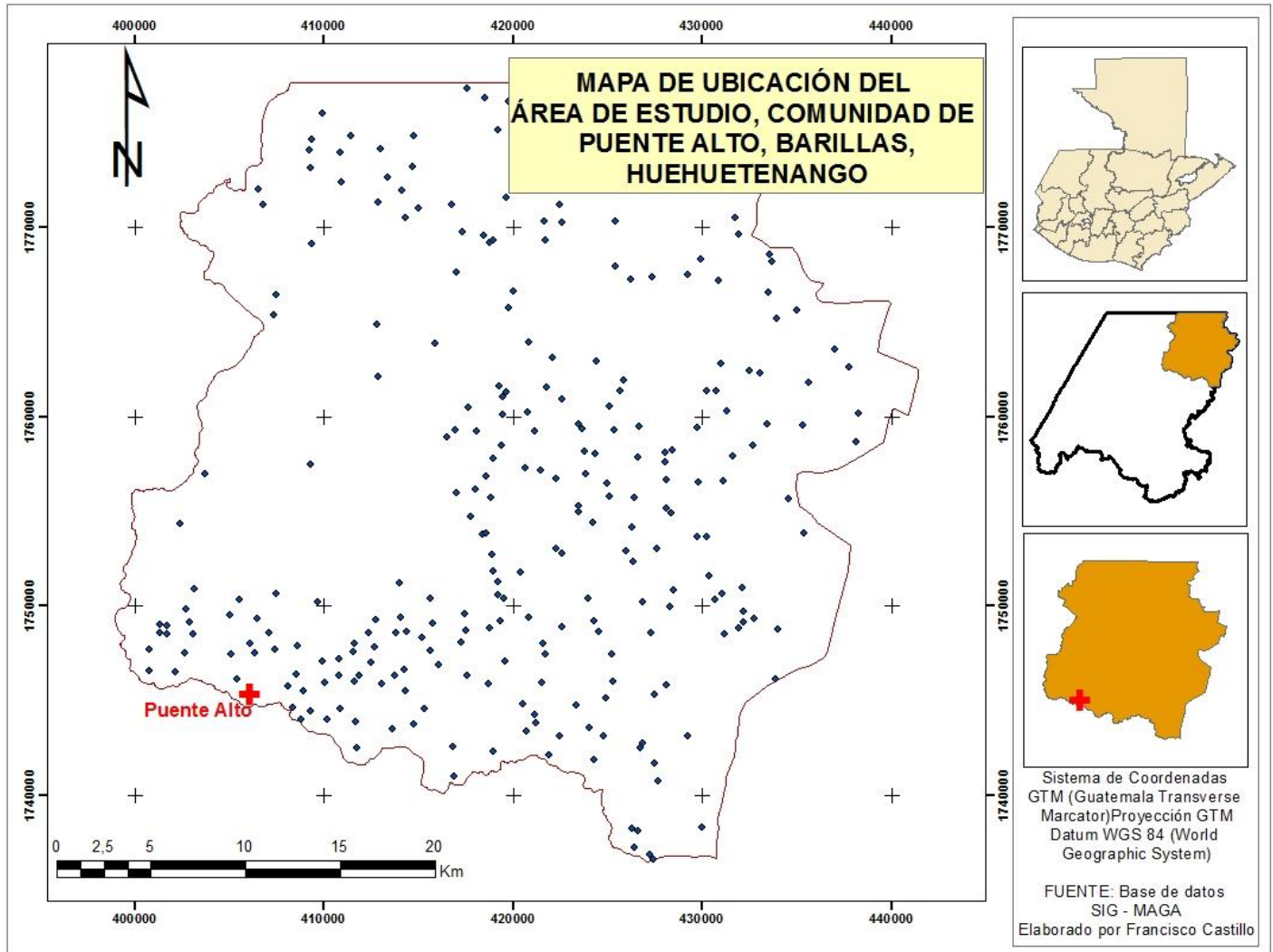
7. BIBLIOGRAFÍA

1. Anacafe. 1999. Manual de caficultura orgánica sobre abonos orgánicos, pasos y técnicas para la elaboración de la composta, manejo de semilla y semilleros. 159 Pág.
2. Anacafe. 1998. Manual de caficultura sobre manejo de semilleros y almácigos, manejo de sombra del cafetal, manejo del tejido productivo del café. 318 Pág.
3. Carvajal, J. F. 1984. Cafeto cultivo y fertilización segunda edición. Instituto Internacional de la Potasa Berna/Suiza. 254 Pág.
4. Castillo, A. E. Marzo de 1988. Respuesta de almácigos de café. (coffea arábica) a la fertilización suplementaria con micronutrientes, Quetzaltenango, Guatemala.
5. Chong, P. 1980. Establecimiento de almácigos de café, Revista Cafetalera mensual, Guatemala. No. 190; 28-30.
6. Fernández, M. 2007. Nueva veta para el humus de lombriz (en línea). Disponible http://www.chilepotenciaalimentaria.cl/content/view/3465/Nueva_veta_para_el_humus_de_lombriz.html. Chile.
7. Guía técnica de caficultura de anacafe, edición 2006. Marco conceptual de la caficultura convencional y orgánica, aspectos agronómicos, aspectos de cosecha y postcosecha. Guatemala. 214 Pág.
8. Holdridge, L. 1976. Mapas de zonas de vida. Guatemala, INAFOR.
9. Ismam. Mayo de 1990. manual práctico del cultivo biológico del café orgánico. Motozintla, Chiapas, México. 333 pág.
10. John wiley and sons, 1994. Diseño y Análisis de Experimentos volumen i. Klaus hinkelmann - oscar kempthorne. inc.
11. Lombricultura. <http://www.lombricultura.cl/HomLombri.htm>
12. Mérida, E. R. Octubre 1980. Ensayo sobre comparación de diversos medios de desarrollo del cafeto en almácigos en bolsa, región la Democracia, Huehuetenango, Guatemala.
13. Montgomery, D. 1991. Diseño y análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica.

14. Muller, K, P. Marzo de 1992. Respuesta de almácigos de café. (*coffea arábica*) a diferentes mezclas de sustrato, combinado con fertilizante disuelto en condiciones del Patrimonio Agrario colectivo El Porvenir, municipio de San Pablo, departamento de San Marcos. Quetzaltenango. 56 Pág.
15. Nápoles, B; Tabares, G; Cariacedo, C; Ochoa, M; Bustamante, C; Pérez, J. 2010. Influencia de diferentes fuentes y proporciones de materia orgánica en interrelación con la aplicación de fertilizante químico en el crecimiento de *Coffea arábica* var. Catuaí en fase de vivero, Colombia.
16. Obando, J; Fonseca, C; Mora, R. 2011. Tecnología de Café Efecto de la interacción de la fertilización química y orgánica sobre la producción de café (en línea). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sabana Sur, San José, Costa Rica. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/Agricola/indexagric.htm>
17. Pérez, V; Gutiérrez, G. 1986. Manual de recomendaciones para cultivar café. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Oficina del Café. 3 Ed., San José, Costa Rica, No. 41; 9-13.
18. Piloña, M. P. 1975. Manual instructivo práctico del cultivo y proceso del café. Guatemala Centro América. 225 Pág.
19. Programa cooperativo. 1983. Manual de recomendaciones para cultivar café. Oficina del café Ministerio de Agricultura y Ganadería San José Costa Rica. 122 Pág.
20. Simmons, C; Tarano, J.M. y Pinto, H. 1950. Clasificación de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Editorial José Pineda Ibarra.
21. Telles, I. A. Abril de 1987. Respuesta de almácigos de café a la aplicación de abono "Fertipest". Quetzaltenango.
22. Velasco, R. S. 2005. Plan de manejo del sistema del cultivo de café Orgánico. Asociación Bitenam/A'xola/Adipy/Adinthe/Procuch, Huehuetenango, Guatemala. 67 Pág.

8. ANEXOS

ANEXO 1. Mapa de localización de la aldea Puente Alto, municipio de Santa Cruz Barillas, departamento de Huehuetenango.



Fuente: Base de datos cartográficos de ASOBAGRI.

ANEXO 2. Análisis estadístico de las variables evaluadas en el experimento.

Peso de área foliar en gramos

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	SUMA	Promedio
A	14.25	16.57	13.92	13.86	13.48	13.75	85.83	14.305
B	19.73	19.27	19.30	19.10	19.36	19.54	116.30	19.383333
C	13.44	13.47	13.82	13.18	13.61	13.43	80.95	13.491667
Sumatoria	47.42	49.31	47.04	46.14	46.45	46.72	283.08	15.727

Fuente: el autor (2008)

C.V. = 4.402%

FV	G.L.	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
BOQUES	5	2.147	0.42934667	0.8958471	3.33	5.64
TRATAMIENTO	2	122.325	61.1627167	127.618185	4.1	7.56
ERROR	10	4.793	0.47926333			
TOTAL	17	129.265				

Fuente: el autor (2008)

TRATAMIENTO		B	A	C
		19.3833	14.305	13.49
C	13.4917	5.89167	0.81333	---
A	14.305	5.07833	---	---
B	19.3833	---	---	---

Fuente: el autor (2008)

Tratamiento	Media	Literal
B	19.38	a
A	14.31	b
C	13.49	b

Fuente: el autor (2008)

Peso de área radicular en gramos.

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	SUMA	Promedio
A	3.83	3.57	3.64	3.19	3.12	3.66	21.01	3.5016667
B	4.65	4.51	4.60	4.71	4.52	4.71	27.70	4.6166667
C	3.40	3.42	3.41	3.22	3.32	3.38	20.15	3.3583333
Sumatoria	11.88	11.50	11.65	11.12	10.96	11.75	68.86	3.826

Fuente: el autor (2008)

C.V. = 4.113%

FV	G.L.	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
BOQUES	5	0.221	0.04414222	1.78288381	3.33	5.64
TRATAMIENTO	2	5.694	2.84717222	114.995961	4.1	7.56
ERROR	10	0.248	0.02475889			
TOTAL	17	6.163				

Fuente: el autor (2008)

TRATAMIENTO		B	A	C
		4.6167	3.50167	3.358
C	3.3583	1.2583	0.14333	---
A	3.5017	1.115	---	---
B	4.6167	---	---	---

Fuente: el autor (2008)

Tratamiento	Media	Literal
B	4.617	a
A	3.502	b
C	3.358	b

Fuente: el autor (2008)

Número de cruces por planta

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	SUMA	Promedio
A	1.80	1.70	1.60	1.40	1.80	1.80	10.10	1.6833333
B	2.20	2.20	2.50	2.10	2.50	2.40	13.90	2.3166667
C	1.20	1.20	1.20	1.10	1.80	1.20	7.70	1.2833333
Sumatoria	5.20	5.10	5.30	4.60	6.10	5.40	31.70	1.761

Fuente: el autor (2008)

C.V. = 8.207%

FV	G.L.	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
BOQUES	5	0.396	0.07922222	3.79255319	3.33	5.64
TRATAMIENTO	2	3.258	1.62888889	77.9787234	4.1	7.56
ERROR	10	0.209	0.02088889			
TOTAL	17	3.863				

Fuente: el autor (2008)

TRATAMIENTO		B	A	C
		2.3167	1.68333	1.283
C	1.2833	1.0333	0.4	---
A	1.6833	0.6333	---	---
B	2.3167	---	---	---

Fuente: el autor (2008)

Tratamiento	Media	Literal
B	2.317	a
A	1.683	b
C	1.283	c

Fuente: el autor (2008)

Altura de la planta (cms.).

Tratamientos	I	II	III	IV	V	VI	SUMA	Promedio
A	23.44	23.66	23.82	23.80	23.63	24.10	142.45	23.741667
B	27.74	27.13	30.00	27.99	27.47	26.88	167.21	27.868333
C	18.95	18.93	19.26	16.59	19.65	19.46	112.84	18.806667
Sumatoria	70.13	69.72	73.08	68.38	70.75	70.44	422.50	23.472

Fuente: el autor (2008)

C.V.= 4.002%

FV	G.L.	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
BOQUES	5	3.974	0.79470222	0.90067686	3.33	5.64
TRATAMIENTO	2	246.995	123.497406	139.965955	4.1	7.56
ERROR	10	8.823	0.88233889			
TOTAL	17	259.792				

Fuente: el autor (2008)

TRATAMIENTO		B	A	C
			27.868	23.7417
C	18.80667	9.0617	4.935	---
A	23.74167	4.1267	---	---
B	27.86833	---	---	---

Fuente: el autor (2008)

Tratamiento	Media	Literal
B	27.8683	a
A	23.7417	b
C	18.8067	c

Anexo 3. Fotografías selección de semilla y hechura del semillero.



Anexo 4. Fotografías de los bloques del diseño experimental en campo.





Anexo 5. Fotografías de los fertilizantes orgánicos (lombricompost, compost y Tigma) utilizados en el experimento.



Anexo 6. Fotografías de aplicación de fertilizante a plantas del experimento.



Anexo 7. Fotografías de la obtención de resultados de las variables del experimento.



Peso fresco del área foliar de las plantas



Peso del área radicular de las plantas.




Conteo del número de cruces de las plantas.



Medición de la altura de las plantas

Anexo 8. Resultado del análisis de laboratorio de los fertilizantes utilizados en la investigación.

Orden: 15.235															
Propietario: ASOBAGRI															
Finca: Puente Alto en Jurisdicción de Barillas H															
Entrega: Otro método de entrega															
															
<h2>Análisis de Abono Orgánico</h2>															
Investigador:		Sergio Raúl López Castillo													
		%							ppm				%		
No.	Identificación de la muestra	pH	*C/N	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	*C.O.	*M.O.	Ceniza
	Niveles Adecuados	7.3-9.1	9.5-16.5	0.8-2.8	0.3-1.7	0.5-1.9	0.8-6.9	0.4-1.4	8.9-35.9	1470-9123	58-997	23-180	11.-34	37-38	21-62
1	Lombricompost	7.7	16.67	2.37	0.83	2.31	5.26	1.73	12.68	1885.60	492.00	98.80	39.34	71.00	29.00
2	Compost	7.4	14.37	2.51	0.75	2.11	4.70	1.66	11.92	1760.40	480.21	88.62	36.31	65.00	35.00
3	Tigsa	6.80	18.09	2.06	0.60	1.70	4.59	1.39	9.44	1512.00	456.00	91.20	37.22	67.00	33.00

* N

* P2 O5

* K2O

* CaO

Observaciones: Dichos niveles son por lo tanto extremadamente generales, y en consecuencias a la hora de usarlos para interpretar hay que considerarlos como tales.

* MgO

* C.O.

* M.O.

* C/N

Fecha de Ingreso: 4/04/2008

Fecha Entrega: 28/04/2008


ING. HUMBERTO GIMENEZ
JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS

Los resultados de este informe son válidos únicamente para las muestras recibidas en el laboratorio y en su impresión original. El laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le dé a este informe. La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

5a. calle 05-50, zona 14 Guatemala, Guatemala, C.A. e-mail: analab@anacafe.org www.laboratorioanalab.com telefono y fax: (502) 23374173, pbx: (502) 24213700 ext.193,194,195,196,197