

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

EVALUACION DE PROPORCIONES DE PULPA DE CAFE Y SUELO Y NIVELES DE  
NITROGENO EN LA PRODUCCION DE PLANTULAS DE CAFE (Coffea arabica L.) EN  
ALMACIGO, SANTA ROSA DE LIMA, SANTA ROSA.

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR:

ERICK ESTUARDO SOLANO DIVAS

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 1,999.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. William Roberto Escobar López
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Alejandro Hernández Figueroa
VOCAL CUARTO	Br. Jacobo Bolvito Ramos
VOCAL QUINTO	Br. José Domingo Mendoza
SECRETARIO	Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada

Guatemala, septiembre de 1,999.

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Distinguidos miembros:

De la manera más atenta y de acuerdo con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración, el trabajo de tesis titulado:

EVALUACION DE PROPORCIONES DE PULPA DE CAFE Y SUELO Y NIVELES DE  
NITROGENO EN LA PRODUCCION DE PLANTULAS DE CAFE (Coffea arabica L.)  
EN ALMACIGO, SANTA ROSA DE LIMA, SANTA ROSA.

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente:



Erick Estuardo Solano Divas

## ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS todopoderoso que me ha iluminado en el camino y permitido alcanzar una de mis metas.

Mi abuelita:

Mercedes Alvarez Herrarte, con agradecimiento sincero por el apoyo incondicional brindado siempre.

Mi abuelito:

Miguel Angel Divas Ortega, por sus sabios consejos, como un homenaje a su memoria. (Q.E.P.D)

Mi madre:

Blanca Esther Divas de Solano, eterno agradecimiento a sus sacrificios, esfuerzos y desvelos.

Mi padre:

Walter Solano Alvarez, por haberme dado la vida.

Mis hermanos:

Evelyn, Anayansi y Alexander con amor.

Mis tíos y tías:

Como muestra de cariño y agradecimiento en especial a Rosy Divas y Berta Divas. (Q.E.P.D)

A las familias:

Duarte Navarro, García Divas y Quevedo Divas por el apoyo brindado.

Mis amigos y compañeros:

Fredy Aguilar, Enrique Amaya, Héctor Sánchez, Héctor Paz, Juan Regalado, Jorge Salazar, Nelson Barrera, Ottoniel Herrera, María Valladares, Olivia Avila Folgar, Ingrid Muralles, Carlos Alvarez, Jorge Donis, Federico Chuy (Q.E.P.D) y en especial a Laura Silvana Donis Mejicanos.

## TESIS QUE DEDICO

A:

Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

Mi grupo de sistemas de La Caoba, San Luis  
Petén, Petén.

La comunidad de la aldea Chapas, en especial  
a Carlos Solares, por la ayuda prestada  
durante mi práctica profesional.

Escuela Urbana para Varones, Nueva Santa  
Rosa.

Instituto Nacional de Educación Básica,  
Nueva Santa Rosa.

Colegio La Salle, Antigua Guatemala.

Colegio Italiano, Guatemala.

Nueva Santa Rosa.

## AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores, Ing. Agr. Efraín Medina Guerra y Marco Romilio Estrada Muy, por su aporte científico y orientaciones en el transcurso del trabajo para la realización de esta tesis.

El Ing. Agr. Aníbal Sacbajá Galindo, por su apoyo incondicional otorgado a la culminación de este trabajo.

El Ing. Agr. Roderico Estrada Muy, por su valiosa colaboración en el análisis estadístico de la investigación.

El Ing. Agr. Jorge Fernando Salazar y al Sr. Jhonatan Wong por su ayuda prestada en el desarrollo del trabajo.

Mis profesores en especial al Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy, Ing. Agr. Marino Barrientos, Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes que con su esfuerzo en la enseñanza permitieron que lograra culminar mi objetivo como profesional.

Toda mi familia y amigos que me ha brindado su apoyo en el transcurso de todos los años.

	Página
RESUMEN	vii
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEORICO	3
3.1 Marco Conceptual	3
3.1.1 Importancia del cultivo del café en Guatemala.	3
3.1.2 Composición química de la pulpa de café	4
3.1.3 Usos de la pulpa de café	6
3.1.4 Situación actual de la pulpa de café, en Guatemala	7
3.2 Marco Referencial	10
3.2.1 Antecedentes de investigación realizados con pulpa de café	10
3.2.2 Localización y límites del área	11
3.2.3 Condiciones climáticas	12
3.2.4 Topografía	12
3.2.5 Suelos	12
4. OBJETIVOS	13
4.1 Objetivo general	13
4.2 Objetivos específicos	13
5. HIPOTESIS	14
6. METODOLOGIA	15

	Página
8. CONCLUSIONES	38
9. RECOMENDACIONES	39
10. BIBLIOGRAFIA	40
11. APENDICE	42

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
1	Tipos de café de Guatemala, según la altura en que se cultiva.	4
2	Contenido de cenizas y minerales en la pulpa de café.	5
3	Composición química porcentual de diferentes abonos orgánicos.	6
4	Análisis químico tanto del suelo como de la pulpa de café, que formó parte del sustrato a evaluar en el presente estudio. Santa Rosa de Lima, 1998.	15
5	Rangos de concentración de nutrientes tanto del suelo y pulpa de café.	16
6	Tratamientos evaluados en la presente investigación. Santa Rosa de Lima, 1998.	16
7	Nivel de nutriente, fuente, número de aplicación, dosis por aplicación, concentración del fertilizante en solución y dosis total del fertilizante aplicado. Santa Rosa de Lima, 1,998.	21
8	Resumen del análisis de varianza en cada una de las variables para los 15 tratamientos, en la evaluación de proporciones de pulpa de café, y niveles de nitrógeno en almácigo de café, ( <i>Coffea arabica</i> L.), Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. 1,998.	27
9	Resumen de la comparación múltiple de medias (Tukey) para las variables estudiadas en los 15 tratamientos.	28
10	Resumen de análisis de varianza para el arreglo factorial 2 * 6 para las variables evaluadas.	31
11	Resumen de la comparación múltiple de medias (Tukey) para el factor nitrógeno.	33
12	Resumen de la comparación múltiple de medias (Tukey) para variables que reportaron diferencias significativas entre tratamientos.	34
13	Análisis de correlación para las variables Biomasa total, vs diámetro de planta, altura de planta y número de cruces.	35

Cuadro	Descripción	Página
14	Análisis de los costos variables y biomasa total, para la determinación de la Tasa Marginal de Eficiencia (TME) en la producción de mil plantulas de café, Santa Rosa de Lima, Santa Rosa, 1998.	36
15	"A". Resultados obtenidos para la variable diámetro basal medida en mm.	43
16	"A". Resultados obtenidos para la variable altura de planta medida en cm.	43
17	"A". Resultados obtenidos para la variable de número de cruces.	44
18	"A". Resultados obtenidos para la variable peso seco de hojas medido en g.	44
19	"A". Resultados obtenidos para la variable peso seco de tallos medido en g.	45
20	"A". Resultados obtenidos para la variable para peso seco de raíces medido en g.	45
21	"A". Resultados obtenidos para la variable peso seco total medido en g.	46
22	"A". Resumen del Desglose de los costos variables para la producción de 1,000 plantulas de café, en almácigo.	47

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
1	Aleatorización de tratamientos para el Diseño de Bloques al Azar y Croquis de Campo. Santa Rosa de Lima. 1,998.	18

**EVALUACION DE PROPORCIONES DE PULPA DE CAFÉ Y SUELO Y  
NIVELES DE NITROGENO EN ALMACIGO DE CAFÉ (Coffea arabica L.), EN  
SANTA ROSA DE LIMA, SANTA ROSA.**

**EVALUATION OF PROPORTION OF COFFEE PULP AND SOIL AND  
LEVELS OF NITROGEN IN COFFEE NURSERIES (Coffea arabica L.)  
IN SANTA ROSA DE LIMA, SANTA ROSA.**

**RESUMEN**

El trabajo de investigación se realizó en el municipio de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa, teniendo como objetivo evaluar el efecto de diferentes proporciones de pulpa de café y suelo, así como diferentes niveles de nitrógeno en la producción de plántulas de café, (Coffea arabica L.), en almácigo, determinando con lo anterior, la proporción de pulpa de café, y suelo en el sustrato y el nivel de nitrógeno que presente la mayor cantidad de biomasa en la plántula de café a nivel de almácigo y además determinar económicamente el tratamiento que presente la producción de plántulas de café, en almácigo con mayor Tasa Marginal de Eficiencia.

Las variables de respuesta fueron: diámetro basal (mm), altura de planta (cm), número de cruces, biomasa de hojas (g), biomasa de tallos (g), biomasa de raíces (g) y biomasa total (g).

Se utilizó un diseño de Bloques al azar con quince tratamientos y tres repeticiones; los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, en los cuales

existió diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos para todas las variables de respuesta, por lo que se procedió a realizar una comparación múltiple de medias.

Con los resultados que se obtuvieron en el experimento se realizó un análisis utilizando el modelo estadístico del Diseño de Bloques al Azar con arreglo factorial 2 x 6 para evaluar los efectos simples y la interacción entre los factores, proporción suelo:pulpa y niveles de Nitrógeno.

Cuando existió diferencia significativa en los correspondientes análisis de varianza para las variables en estudio, se realizaron pruebas de Tukey al 5% de significancia, para el factor Nitrógeno y para la interacción.

Con base en los objetivos planteados y los resultados obtenidos se obtuvieron las principales siguientes: los tratamientos que presentaron la mayor producción de biomasa total en la plántula de café a nivel de almácigo sin presentar diferencia estadística entre los mismos fueron a) sustrato compuesto por un 50% de suelo y un 50% de pulpa de café y se aplicaron indistintamente niveles de Nitrógeno por bolsa de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 gramos en 3 aplicaciones. b) sustrato que estuvo compuesto por 70% de suelo y 30% de pulpa de café y se aplicaron niveles de Nitrógeno por bolsa de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 gramos en 3 aplicaciones. c) sustrato que estuvo compuesto por 100% de suelo y al cual se le aplicó 1.5 g de Nitrógeno y 1.5 g de Fósforo por bolsa, en 5 aplicaciones más elementos menores. Además el tratamiento cuyo sustrato estuvo compuesto por 70% de suelo y 30% de pulpa y al cual fue aplicado 0.5 g de N/bolsa, fue el que reportó la más alta Tasa Marginal de Eficiencia con un valor de 567.21%, siendo en consecuencia que además de producir significativa biomasa total es el tratamiento más económico.

## 1. INTRODUCCION

Debido al continuo aumento en el precio de los fertilizantes químicos y considerando que cada año se obtienen 463,636 toneladas de pulpa de café como subproducto del beneficiado en Guatemala, el caficultor se ve en la necesidad de buscar alternativas para poder reducir los costos de producción. Una de esas alternativas es la utilización de la pulpa de café; sin embargo, para que la pulpa esté totalmente descompuesta, deje de ser un contaminante y pueda ser utilizada como abono orgánico directamente en los almácigos, debe permanecer en descomposición por un período aproximado de un año. (4)

Se conoce que en la mayoría de las fincas, la pulpa de café, no se utiliza adecuadamente o es eliminada en su totalidad, aún cuando se sabe de sus ventajas como abono orgánico para la caficultura.

El objetivo fue determinar la proporción de pulpa de café y suelo, así como el nivel de nitrógeno que presente la mayor cantidad de biomasa en la plántula de café (*Coffea arabica* L.), a nivel de almácigo y el tratamiento que presente la producción de plántulas de café en almácigo con mayor Tasa Marginal de Eficiencia.

Para el efecto se evaluaron 15 tratamientos, al combinar proporciones de suelo y pulpa, así como los niveles de nitrógeno que fueron aplicados al sustrato, en el municipio de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa.

## 2. *PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA*

En Guatemala, los volúmenes de pulpa de café producidos son muy significativos, principalmente debido al aumento de la producción en los últimos años. Esta acumulación de grandes volúmenes de pulpa presenta características dramáticas, ya que en la época de beneficiado de café, la pulpa se ha convertido en una fuente de contaminación al ambiente, debido a que se generan hospederos de moscas, zancudos y roedores; además, se producen olores fétidos desagradables para la población y la contaminación de las fuentes de agua, debido a la lixiviación.

Por otro lado, en nuestro medio, para preparar el sustrato que sirve de base en la producción de plántula de café a nivel de almácigo, se acostumbra tomar la capa superficial de los terrenos. Con esto se está provocando la pérdida de la mejor capa del suelo, hasta el punto de haberse agotado las áreas donde puede formarse éste, motivando que en algunas fincas se ha llegado a la necesidad de tener que comprar suelo superficial para la fase de almácigos.

El uso continuo de fertilizantes inorgánicos provoca un aumento en los costos de producción, lo que obliga al caficultor a no realizar todas las fertilizaciones necesarias, provocando una reducción en el rendimiento y la calidad de la plántula.

Con base en la problemática descrita, el presente trabajo, tiene por objetivo determinar la proporción de pulpa de café, así como el nivel de nitrógeno que presente la mayor cantidad de biomasa en la plántula de café, (*Coffea arabica* L.) a nivel de almácigo y el tratamiento que presente la producción de plántulas de café, en almácigo con mayor Tasa Marginal de Eficiencia.

### 3. *MARCO TEORICO*

#### 3.1 *MARCO CONCEPTUAL*

##### 3.1.1 *IMPORTANCIA DEL CULTIVO DEL CAFE EN GUATEMALA*

El café, ha sido por más de 150 años el principal producto de exportación de Guatemala, por lo que se ha constituido en el rubro de mayor importancia económica. Aporta el 12% del Producto Interno Bruto (PIB), proporciona empleo al 11% de la Población Económicamente Activa (PEA), da ocupación permanente a 200 mil personas y utiliza una fuente laboral de 60 millones de jornales anuales. (14)

Ocupa el 6.4% de las tierras cultivadas del país, en un total de 43,700 fincas entre pequeñas, medianas y grandes, incluyendo las cooperativas, cultivándose en 394,000 manzanas en 20 de 22 departamentos. (10)

Tomando como referencia el volumen de producción exportable, Guatemala se clasifica entre los primeros cinco países así: Brasil, Colombia, Indonesia, México y Guatemala.

Los cafés de Guatemala, están comprendidos entre los suaves de Centro América, e incluida esta clasificación general se encuentra otra más específica, controlada estrechamente por la altitud en que se cultiva. Es así como en Guatemala se tienen siete tipos de café, cada uno con sus propias y bien definidas características de taza. (6)

Los siete tipos de café, para exportación pueden observarse en el cuadro 1.

CUADRO 1. *Tipos de café de Guatemala, según la altura en que se cultiva.*

<b>TIPO</b>	<b>% DE COSECHA</b>	<b>ALTURA EN MSNM</b>
Bueno Lavado	8.0	Hasta 610
Extra Bueno Lavado	9.4	610 a 762
Prima Lavado	14.8	762 a 914
Exta Prima Lavado	11.9	914 a 1,067
Semi Duro	12.4	1,067 a 1,219
Duro	13.6	1,219 a 1,371
Estrictamente Duro	29.9	1,371 a más.

Fuente: ASOCIACION NACIONAL DEL CAFE. (9)

### 3.1.2 COMPOSICION QUIMICA DE LA PULPA DE CAFE

La pulpa de café, ya deshidratada contiene cerca de 10% de proteína cruda, 21% de fibra cruda, 8% de cenizas y 4% de extracto libre de nitrógeno. Es de interés indicar también que la composición química de la pulpa de café, deshidratada y fermentada es muy similar a la de la pulpa de café, deshidratada no fermentada. Otros compuestos orgánicos que están presentes en la pulpa de café, son los taninos, las sustancias pécticas totales, los azúcares reductores, los azúcares no reductores, la cafeína, el ácido clorogénico y el ácido cafeico total. Estas sustancias son de interés con respecto a su uso potencial como materia prima para uso industrial y para la formulación de dietas para animales, ya que se cree que estos compuestos son los responsables de la toxicidad observada en la pulpa de café. Además, debido a su alto contenido de agua y de azúcares, la pulpa se contamina fácilmente con hongos y otros microorganismos capaces de producir toxinas. (4)

La pulpa de café, está constituida tanto por microelementos como por macroelementos en diferentes proporciones, razón por la cual se considera útil en las aplicaciones como abono orgánico.

Estudios realizados demuestran que su composición química está constituida por: N, P, K, Ca, Mg, Mn, S, B, Fe, Cu, y Zn. (1)

Los niveles en los que se encuentra son considerados como adecuados para su utilización en la nutrición de los cafetos y como material que contribuye al mejoramiento de la estructura de los suelos y mejora los contenidos de humedad de los mismos. (1)

Braham y Bressani (4), reportan el contenido promedio de minerales en la fracción de cenizas de la pulpa de café, obtenidos, los cuales son mostrados en el cuadro 2. Acá se indican, entre otros, el contenido alto de Potasio (K), así como los elementos restantes en especial el Carbono (C) y el Fósforo (P).

CUADRO 2. *Contenido de cenizas y minerales en la pulpa de café.*

COMPUESTO	CONTENIDO
Ceniza	8.3%
C	554.0 mg
P	116.0 mg
Fe	15.0 mg
Na	100.0 mg
K	1765.0 mg
Mg	trazas
Zn	4.0 ppm
Cu	5.0 ppm
Mn	6.25 ppm
B	26.0 ppm

Fuente: Braham y Bressani. (4)

Suárez de Castro, (1960), citado por Braham y Bressani (5), indica que 100 libras de pulpa de café seco, equivalen en base a su composición química a 10 libras de fertilizante inorgánico: 14-3-37 o bien a 20 libras de 7-1.5-18.5. Esto refleja la cantidad elevada de Potasio (K) que contiene la pulpa de café, y su alto valor como abono orgánico.

### 3.1.3 USOS DE LA PULPA DE CAFE

Es hasta en la actualidad que se han tomado en serio los problemas que acarrea la contaminación con la pulpa de café; ésta ha sido utilizada para la producción de fertilizante orgánico, por medio de la fermentación natural, proceso en el que se libera gas biológico. (13)

En el cuadro 3 se presenta la composición química de varios materiales orgánicos, donde se observa que la materia orgánica de la pulpa de café, contiene más nitrógeno y potasio que los otros materiales.

CUADRO 3. *Composición química porcentual de diferentes abonos orgánicos.*

COMPONENTE	PULPA DE CAFE	ESTIERCOL	COMPOST RESIDUOS AGRICOLAS	ESTIERCOL DE POLLO
Materia orgánica	91.50		15.60	----
Nitrógeno	1.94	0.50	1.20	1.60
Fósforo	0.28	0.25	0.83	1.50
Potasio	3.61	0.50	0.98	0.80

Fuente: Braham y Bressani. (4)

El contenido de nitrógeno en la pulpa de café, se ha estimado que es tres veces más alto que el estiércol de bovinos, y de 2 a 7 veces en potasio.

El mantenimiento de materia orgánica en los suelos es de suma importancia, ya que ciertos suelos sufren un rápido agotamiento por la actividad bacteriológica durante todo el año. La aplicación de la pulpa de café, como materia orgánica, se realiza de distintas formas, una es la aplicación de la pulpa fresca directamente de los pulperos a la plantación; y otra es secar o descomponer la pulpa antes de su aplicación.(4)

La pulpa que se va fresca al cafetal, no sufre un verdadero o completo nivel de bioestabilización, que es necesario para asegurar un mejor aprovechamiento de la misma como acondicionador de los suelos y por lo tanto, para reducir la cantidad de abono químico que se necesita para obtener una respuesta determinada de la producción. Este problema de biodegradación y

estabilización de la pulpa crece conforme aumenta la cantidad a tratar. Para los beneficios pequeños puede bastar un sistema de trincheras ventiladas para el almacenamiento de la pulpa escurrida. Para grandes volúmenes se hace necesario sistemas mecánicos de aireación. Este procedimiento produce una pulpa estabilizada en cuatro semanas; el problema es la mano de obra utilizada para su manejo y el área a utilizar, ya que se requiere de volteo semanal.

Rodas (13), señala que en almácigo de café, la fuente de materia orgánica, para agregarle al suelo, es de más fácil acceso y económica, es la pulpa de café, debidamente descompuesta.

Según Braham y Bressani (4), resulta indudable que la calidad de un abono orgánico, en términos de sus propiedades para el crecimiento de las plantas, es directamente proporcional a la materia orgánica utilizada; en ese sentido, el abono orgánico producido a partir de la pulpa de café, se ubica entre los mejores desechos de origen vegetal y supera incluso en algunos componentes a varios desechos de origen animal.

### **3.1.4 SITUACION ACTUAL DE LA PULPA DE CAFE EN GUATEMALA**

En Guatemala la producción de café, ha sido en la últimas décadas un rubro importante de la actividad económica, siendo el mayoritario en cuanto a la producción agrícola se refiere y la principal fuente de divisas. El café del comercio mundial, proviene de dos tipos de procesos:

- a) proceso brasileño por el cual se preparan los llamados cafés "naturales"; y
- b) proceso húmedo que se practica en toda el área centroamericana, México y Colombia por el cual se prepara los llamados cafés "suaves". (2)

En el proceso húmedo la fruta fresca es despojada de la cáscara o sea la pulpa; el grano recién desplumado se somete a un proceso de fermentación natural en el cual se degrada el mucílago o sea la capa de miel que lo recubre, posteriormente los residuos se eliminan por fricción mecánica al lavarse con cantidades substanciales de agua. (2)

El grano lavado se seca en patios o mecánicamente, para obtener el llamado "café, pergamino". Al eliminar el pergamino por fricción mecánica o sea la cubierta celulósica que encierra cada grano, se obtiene el llamado café, en "oro", el cual es producto destinado a la exportación. (2)

Por cada 100 Kg. de fruta de café, se obtienen alrededor de 40 Kg. de pulpa fresca y 20 Kg. de mucílago que se biodegrada en la fermentación y se elimina en las aguas de lavado. (2)

Actualmente la pulpa de café, es aprovechada en las pequeñas fincas o parcelas, en las cuales el beneficiado del café, se hace en forma manual por los mismos dueños y la pulpa producida se acumula junto con las basuras domésticas. La misma se descompone naturalmente en un proceso largo y con poco control, obteniéndose al final de por lo menos un año, un abono que se lleva de nuevo al campo durante la época de preparación de almácigos, que se efectúa fuera de la época de la cosecha. (6)

En las medianas y grandes fincas de Guatemala, se construyen depósitos temporales para la pulpa, en los cuales generalmente se llevan a cabo fermentaciones que producen mal olor y proliferación de moscas.

Al terminar la cosecha o durante la misma, este material en plena descomposición se transporta a los cafetales para ser usado como simple cobertura o bien se apila para su lenta descomposición y posterior uso como abono orgánico. (2)

El problema es más agudo en los beneficios que tradicionalmente compran café a pequeños y grandes productores como en el caso de Guatemala, para quienes la disposición de la pulpa constituye un serio problema. Muchos beneficios la lanzan directamente a los ríos, contaminándolos seriamente, otros la amontonan sin construir facilidades adecuadas para evitar que las aguas que drenan de dichos montones lleguen a los ríos menos aún para buscar su rápida descomposición, que sería lo deseable. (2)

Algunos pagan por desalojar la pulpa acumulada en sus depósitos ya que estos son receptáculos o grandes criaderos de moscas y otras plagas ocupando considerablemente cantidad de espacio. Es de

lamentar que las reglamentaciones ambientales en los países centroamericanos no existan, o sean muy generales y poco definidas, o bien no se tiene un sistema que obligue a que se cumplan. (2)

La producción de abono orgánico no es la única alternativa para la utilización de la pulpa de café, esta puede ser utilizada como energético, alimento para animales y como base para productos químicos. (2)

La pulpa de café, que se ha degradado naturalmente en períodos de tiempo largos y cuyo producto es estable se ha empleado tradicionalmente para mezclarla con tierra para los almácigos de café. La cantidad de pulpa necesaria para preparar almácigos y hacer una resiembra anual del 15% de la población de cafetos, asciende a aproximadamente unas 136,000 toneladas para Guatemala, tomando como base un área cultivada de 251.000 ha. una densidad de 3,580 plantas por ha. el empleo de 0.5 kg. de abono orgánico por bolsa de almácigo y una conversión de pulpa de café orgánico del 50% en peso.(14)

Es indudable que la cantidad de pulpa producida por área de cafetal es insuficiente para utilizarla como fuente de elementos nutrientes para el mismo cafetal manejado intensivamente. Sin embargo constituye un material valioso para las plantas jóvenes en el almácigo, tanto al emplearse sola como en mezclas con fertilizantes. (3)

Aunque el abono orgánico a partir de pulpa de café, es empleado y producido actualmente, su elaboración es muy ineficiente. Debido a la gran variabilidad en disponibilidad de pulpa diaria entre los diferentes beneficios, la manera como se opera y su grado de mecanización, no puede pensarse en desarrollar un sistema único, que degrade en forma adecuada la pulpa y que sea aplicable para todas las instalaciones de beneficiado de café. (3)

## 3.2 MARCO REFERENCIAL

### 3.2.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACION REALIZADOS CON PULPA DE CAFE

Parra en Colombia, en 1959 (12), estudió el efecto de la pulpa descompuesta, sobre el crecimiento de plántulas de café, tanto aisladamente como en combinación con el nitrógeno, el fósforo y el potasio. El crecimiento se determinó midiendo los pesos frescos y secos de las plántulas.

Con las aplicaciones de pulpa de café y de fósforo, se observó un aumento en el crecimiento de las plántulas con relación a los testigos, (sin pulpa). El nitrógeno, en cambio, disminuye significativamente el crecimiento. En cuanto a la fertilidad del suelo, se observó que las aplicaciones de pulpa de café, aumentan el contenido de materia orgánica, las bases intercambiables, la capacidad total de cambio y el valor del pH.

Valencia en Colombia, en 1972 (16), usando suelo y pulpa descompuesta de café, en proporción 3:1, para almácigos de café, obtuvo a los seis meses de edad de las plántulas, diferencias altamente significativas en el tamaño y peso, al compararlas con los tratamientos de suelo solo. Los resultados mostraron que a medida que se incrementan las proporciones de pulpa descompuesta, aumenta el tamaño y el peso seco de las plántulas. Sin embargo, los aumentos de crecimiento con proporciones de pulpa mayores que la mitad de la mezcla por volumen, son pequeños, lo que permite sugerir que la proporción de volúmenes más aconsejable sea mitad pulpa y mitad suelo.

Cadena (1982) citado por Valencia en Colombia, estudió el uso de la pulpa descompuesta de café, para el control de la Mancha de Hierro (Cercospora coffeicola Berk y Cooke) en almácigos y realizó un experimento en donde usó como sustrato suelo mezclado con pulpa descompuesta en distintas proporciones (0-25-50-75 y 100% de pulpa). Estos tratamientos se probaron con y sin control químico de la Mancha de Hierro (Captafol, aplicado quincenalmente). A los seis meses se evaluó el índice de infección, el porcentaje de defoliación y el peso de la parte aérea por planta.

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos con pulpa y sin fungicida, en cuanto al control de la Mancha de Hierro, pero sí con el tratamiento sin pulpa y sin fungicida. El mejor tratamiento fue el de una parte de pulpa (25%) y tres partes de suelo (75%). Se comprobó el efecto benéfico del uso de la pulpa para la obtención de plantas sanas y vigorosas en los almácigos de café.

Muller, en el municipio de San Pablo, San Marcos, en 1,992, (11), evaluó diferentes porcentajes de pulpa de café, descompuesta en una mezcla con suelo para el llenado de bolsas para almácigos de café, combinando con una, dos, tres y cinco aplicaciones de fertilizante químico disuelto.

Las variables evaluadas fueron: diámetro basal (mm), altura de planta (cm), número de cruces, peso en base seca del sistema radicular y foliar (11).

Las variables: diámetro basal, altura de planta, número de cruces y peso seco de raíces, no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, no así para las variables peso seco de tallos y peso seco de hojas, en donde al aplicar la prueba de Tukey, se encontró que los mejores tratamientos fueron: 50% de suelo y 50% de pulpa, sin aplicación de fertilizante, 50% de suelo más 50% de pulpa, con una fertilización, 50% de suelo y 50% de pulpa con 2 fertilizaciones, 60% de suelo más 40% de pulpa con 2 fertilizaciones, 50% de suelo más 50% de pulpa con 3 fertilizaciones y 80% de suelo más 20% de pulpa con una aplicación, además de haber sido los más rentables. (11).

### **3.2.2 LOCALIZACION Y LIMITES DEL AREA**

El área donde se realizó el experimento se encuentra ubicado en el municipio de Santa Rosa de Lima, perteneciente al departamento de Santa Rosa; la cabecera municipal se encuentra situada a una latitud de  $14^{\circ}23'18''$ , a una longitud de  $90^{\circ}7'42''$  y una altitud de 946 msnm. (7)

Distancia de la cabecera departamental 25 kilómetros, y de la ciudad capital 73 kilómetros, en carretera asfaltada transitable toda época del año. (7)

El municipio de Santa Rosa de Lima colinda al norte con Mataquescuintla (Jalapa); al este con Nueva Santa Rosa y Casillas (Santa Rosa); al sur con Nueva Santa Rosa, Cuilapa y Barberena (Santa Rosa); al oeste con Santa Cruz Naranjo (Santa Rosa) y Fraijanes (Guatemala). (7)

### **3.2.3 *CONDICIONES CLIMATICAS***

La temperatura máxima se encuentra entre los 30 y 35 °C, con mínimas entre los 10 y 15 °C y una temperatura media de 23 °C, la región cuenta con una precipitación media anual de 1200 mm. (7)

De la Cruz (5) caracteriza la región dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical templado.

### **3.2.4 *TOPOGRAFIA***

Los terrenos son de topografía plana con suaves ondulaciones y pendientes no mayores del 20%. (7)

### **3.2.5 *SUELOS***

Los suelos pertenecen a la serie Alzatate, que son suelos de la Altiplanicie Central, originados sobre aluvión, pómez y ceniza volcánica en el periodo cuaternario. (15)

#### **4. OBJETIVOS**

##### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el efecto de diferentes proporciones de pulpa de café y suelo, así como diferentes niveles de nitrógeno en la producción de plántulas de café (Coffea arabica L.), en almácigo, en Santa Rosa de Lima, Santa Rosa.

##### **4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar la proporción de pulpa de café y suelo, así como el nivel de nitrógeno que presente la mayor cantidad de biomasa en la plántula de café (Coffea arabica L.), a nivel de almácigo.
- Determinar el tratamiento que presente la mayor Tasa Marginal de Eficiencia.

## 5. ***HIPOTESIS***

- El nivel de 50% de pulpa de café y 50% de suelo en el sustrato, produce plántulas de café (Coffea arabica L.) con mayor diámetro basal, mayor altura, mayor número de cruces y en general con mayor biomasa.
- El tratamiento que incluye la aplicación de 1.5 g de N por bolsa, producirá plántulas de café, con mayor diámetro basal, mayor altura, mayor número de cruces y en general con mayor biomasa.
- El tratamiento cuyo sustrato tiene un nivel de 50 % de pulpa de café, además de 1.5 g de N por bolsa es el que produce la plántula de café, con mayor biomasa y mayor Tasa Marginal de Eficiencia (TME).

## 6. METODOLOGIA

### 6.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

En la presente investigación se utilizó plántulas de café, (*Coffea arabica* L.) c.v. Catuaí, cuya popularidad ha provocado que muchos caficultores compren y vendan semilla con mucha facilidad. El Catuaí es una variedad de porte bajo. La silueta del cafeto es casi cilíndrica. La copa del cafeto aunque más angosta que la base, no acusa una punta sino un cono comprimido.

El suelo utilizado en el sustrato, fue obtenido de una unidad productiva que transforma caña de azúcar en panela (trapiche) cercana al área experimental. El análisis químico de dicho suelo se presenta en el cuadro 4.

La pulpa de café utilizada en el sustrato, fue recolectada en la unidad productiva donde se realizó el experimento, la cual se encontraba distribuida a la intemperie durante un período aproximado de 12 meses. Esta pulpa no tuvo ningún tratamiento ni volteos.

El análisis químico de la pulpa de café, se presenta en el cuadro 4.

CUADRO 4. *Análisis químico tanto del suelo como de la pulpa de café, que formó parte del sustrato evaluado en el presente estudio. Santa Rosa de Lima, 1998.*

Sust.	pH	ug/ml		mcq/100g		Ppm							
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn				
Suelo	7.1	124	110	17.78	3.29	0.50	20.5	10.0	23.5				
						%				ppm			
		C/N	C	N	MO	P	Ca	K	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
Pulpa	9.1	9:1	28.00	3.21	48.00	0.01	1.62	2.63	0.33	20	100	875	155

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelo y Planta "Salvador Castillo Orellana", Facultad de Agronomía, USAC.

CUADRO 5. Rangos de concentración de nutrientes, tanto de suelo como de pulpa para el cultivo del café.

Sust.	pH	Ug/ml		meq/100g		Ppm				
		P	K	Ca	Mg	Al	Fe	Mn	Zn	
Suelo	5.5-6.5	10-15	130-160	3-6	0.8-1.7	1.0	10-20	5-20	2.4	
							ug/ml			
Pulpa	0.11-0.15	1.90-2.5	1.1-1.5	0.29-0.35			Cu	Fe	Mn	Zn
							6-9	91-105	50-150	14-18

Fuente: ANACAFE (9)

## 6.2 TRATAMIENTOS

Los tratamientos evaluados, se observan en el cuadro 6, al combinar proporciones de suelo con pulpa de café, así como los niveles de Nitrógeno que fueron aplicados al sustrato.

CUADRO 6. Tratamientos evaluados en la presente investigación. Santa Rosa de Lima, 1998.

No.	PROPORCION		FERTILIZACION AL SUELO (g/bolsa)
	SUELO %	PULPA %	
1	70	: 30	0 g de N
2	70	: 30	0.5 g de N
3	70	: 30	1.0 g de N
4	70	: 30	1.5 g de N
5	70	: 30	2.0 g de N
6	70	: 30	2.5 g de N
7	50	: 50	0 g de N
8	50	: 50	0.5 g de N
9	50	: 50	1.0 g de N
10	50	: 50	1.5 g de N
11	50	: 50	2.0 g de N
12	50	: 50	2.5 g de N
13	100	: 00	1.5 N - 1.5 P (a 30,60,90,120,150 ddt*) Testigo relativo Más elementos menores**
14	100	: 00	Testigo absoluto (sin fertilización)
15	50	: 50	1.5 N - 1.5 P - 1.5 K más elementos menores**

N = Nitrógeno

P = Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

K = Potasio (K<sub>2</sub>O)

\* ddt = días después del trasplante.

\*\* 4% Zinc (Zn), 4% Hierro (Fe), 3% Manganeseo (Mn), 0.5% Cobre (Cu), 1.5% Boro (B), 0.05% Molibdeno (Mo), 2% Oxido de Magnesio (MgO), 2.8% Azufre (S).

### 6.3 *DISEÑO EXPERIMENTAL*

El diseño experimental utilizado fue el de Bloques al Azar, para bloquear el efecto de la luminosidad sobre las bolsas, con 15 tratamientos y 3 repeticiones. Cada unidad experimental contó con 32 plántulas, la parcela neta consistió en 12 plántulas, sobre las que se evaluaron las variables en estudio

La aleatorización de los tratamientos en el área experimental se presenta en la figura 1.

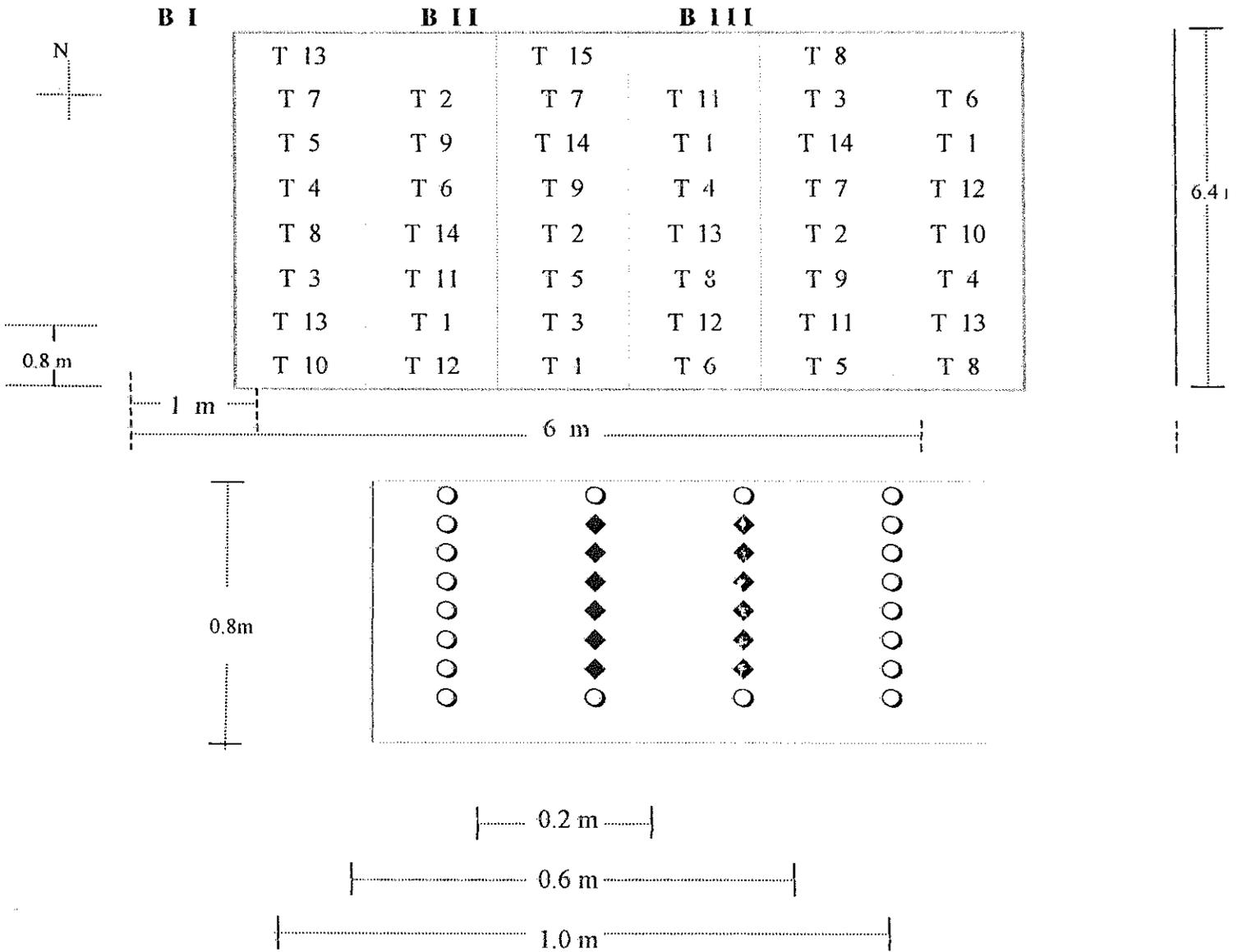


Figura 1. Aleatorización de tratamientos para el Diseño de Bloques al Azar y Croquis de campo.

Referencias:

- = bolsa de la parcela bruta de borde y cabecera
- ◆ = bolsa de la parcela neta.
- Area total = 33.6 m<sup>2</sup>
- Parcela Bruta = 32 plántulas
- Parcela Neta = 12 plántulas.

#### 6.4 *VARIABLES DE RESPUESTA*

- **Diámetro basal:**

El diámetro basal de las plántulas de café, fue tomado a los 7 meses después del transplante en el área de estudio, con la ayuda de un medidor de diámetros "Vernier", tomándose la medida en milímetros a 5 cm del cuello.

- **Altura de planta:**

Esta variable fue medida en el lugar del experimento, a los 7 meses luego del transplante, utilizándose para ello una cinta métrica, midiéndose a partir de la base del tallo, hasta el ápice de la planta.

- **Número de cruces:**

La determinación del número de cruces por planta se realizó al final del periodo de estudio en cada uno de los tratamientos, con un conteo visual por planta.

- **Biomasa de raíces, parte aérea y total de la plántula:**

Para la medición de resultados de estas variables, fue necesario trasladar las plantas de cada parcela neta, al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se realizaron los análisis por separado de raíces, tallos y hojas. La determinación de peso seco se realizó a través de un horno de Convección a 70 °C por aproximadamente 48 horas hasta obtener peso constante.

## **6.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **6.5.1 ELABORACION DEL SEMILLERO**

La semilla de café, c.v. Catuaí fue comprada a un caficultor de la región. El semillero se realizó en un terreno plano, seco y soleado, cerca de donde se realizó el experimento. El sustrato utilizado fue a base de arena de río cernida, desinfectándola previamente con 25 cc de Derozal (Benzimidazol Carbendazim) más 25 cc de Previcur (Propamocarb - Clorhidrato) por 15 lts de agua, aplicándose esto 4 días antes de la siembra.

La siembra se realizó en bandas de unos 5 cm de ancho y 5 cm de separación entre bandas, cuidando de no sobreponer unas en otras, a manera de que quedaran bien distribuidas.

Los tablones ya sembrados se cubrieron con paja de Jaraguá (Hyparrhenia rufa), se colocó directamente sobre la superficie del suelo, para propiciar condiciones más estables de humedad, temperatura y luz al semillero.

El agua se proporcionó por medio de un riego controlado de 2 a 3 veces por semana o en días alternos.

### **6.5.2 PREPARACION DE LA BOLSA**

Se llenó la bolsa con la mezcla de suelo y pulpa de acuerdo con el respectivo tratamiento. La bolsa a utilizar fue de 7" x 10" de polietileno negro.

La bolsa se colocó en hileras dobles con un ancho de calle de 0.40 m. y se colocaron dos hileras dobles entre cada calle y la distancia entre cada hilera doble de 0.20 m.

### **6.5.3 DESINFECCION Y DESINFESTACION DE LA BOLSA**

Se realizó utilizando Metil Ditiocarbamato de Sodio (Trimatón), a una concentración del 2 % (1 lt de producto por 50 lt de agua). Esta actividad se llevó a cabo 20 días antes del trasplante.

#### 6.5.4 TRASPLANTE

El trasplante se realizó cuando el café estaba en estado de soldado y no se hizo antes de transcurrir 20 días después de aplicar Metil Ditiocarbamato de Sodio. Se usaron plantas sanas, vigorosas y bien conformadas, evitando la deshidratación, enterrando las plantitas hasta el cuello de la raíz y en una posición lo más firme posible.

#### 6.5.5 FERTILIZACION AL SUELO

La fertilización al suelo se realizó con base en los tratamientos especificados en el cuadro 6, al combinar proporciones de suelo con pulpa de café, así como los niveles de Nitrógeno.

CUADRO 7. Nivel del nutriente, fuente, número de aplicaciones, dosis por aplicación, concentración del fertilizante en solución y dosis total del fertilizante aplicado. Santa Rosa de Lima, 1,998.

Nivel del Nutriente Aplicado (g/bolsa)	Fuente	Número de Aplicaciones	Dosis por Aplicación (g/bolsa)	Concentración del Fertilizante en Solución	Dosis Total del Fertilizante (g/bolsa)
0.0 g de N	-----	-----	-----	-----	-----
0.5 g de N	Urea	3	0.34 g de urea	0.68%	1.02 g urea
1.0 g de N	Urea	3	0.71 g de urea	1.42%	2.13 g urea
1.5 g de N	Urea	3	1.08 g de urea	2.16%	3.24 g urea
2.0 g de N	Urea	3	1.43 g de urea	2.36%	4.29 g urea
2.5 g de N	Urea	3	1.80 g de urea	3.60%	5.40 g urea
1.5 g de N +	20-20-0	5	1.5 g De	3.00%	7.5 g de
1.5 g de P			20-20-0		20-20-0
1.5 g de N +					
1.5 g de P +	15-15-15	3	3.33 g De	6.66%	10.0 g de
1.5 g de K +			15-15-15		15-15-15
Elementos Menores					

de urea/bolsa, por aplicación con una dosis total de fertilizante de 1.02 g de urea/bolsa en las tres aplicaciones.

Para el nivel de 1.0 g de N por aplicación se realizó una dilución del fertilizante al 1.42%, aplicándose 0.71 g de urea/bolsa, al realizarse las tres aplicaciones se cumple con una dosis total de fertilizante de 2.13 g de urea/bolsa.

Cuando se aplicó 1.5 g de N se hizo una dilución de 2.16%, aplicándose 1.08 g de urea/bolsa, con una dosis total de 3.24 g de urea en las tres aplicaciones.

Y para los niveles de 2.0 y 2.5 g de N, se hicieron diluciones de 2.36 y 3.60%, aplicándose 1.43 y 1.8 g de urea/bolsa, haciendo una dosis total de fertilizante de 4.29 y 5.40 g de urea respectivamente en las tres aplicaciones.

Las aplicaciones se realizaron a los 15, 75 y 120 días después del trasplante.

También se trabajó con un testigo relativo que es como los caficultores comúnmente lo aplican en la zona.

En ese sentido, las diluciones se realizaron de igual manera que lo descrito anteriormente, con la diferencia que el sustrato no tenía pulpa y el número de aplicaciones fue de 5, a razón de una cada mes, después del trasplante. La dosis total fue de 1.5 g de N y de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por bolsa, utilizando la fórmula 20-20-0, que es la que el caficultor utiliza comúnmente. En consecuencia, se aplicó 7.5 g de fertilizante 20-20-0 por bolsa en total.

Se trabajó con un tratamiento completo, utilizándose 1.5 N, 1.5 P y 1.5 K más elementos menores, se realizó una dilución del fertilizante al 6.66%, y se aplicó 3.33 gramos de fertilizante 15-15-15 por bolsa por aplicación, con una dosis total de 10 g de fertilizante por bolsa en las tres aplicaciones, éstas se realizaron a los 15, 75 y 120 días después del trasplante, utilizándose para ello proporciones de 50% de suelo y 50% de pulpa.

Además se trabajó con un testigo absoluto, el cual no se le incorporó ningún tipo de fertilizante orgánico e inorgánico.

Para realizar la dilución se utilizó un recipiente de volumen aforado, una balanza convencional, y una probeta para efectuar la aplicación de 50 cc a cada bolsa en función de cada tratamiento.

#### **6.5.6 FERTILIZACION FOLIAR**

Las fertilizaciones foliares se aplicaron a los tratamientos 13 y 15 cada quince días después de un mes que las plántulas han sido trasplantadas, utilizando el fertilizante foliar Fetrilon-Combi 2 que tiene las siguientes características: 4% Zinc (Zn), 4% Hierro (Fe), 3% Manganeseo (Mn), 0.5% Cobre (Cu), 1.5% Boro (B), 0.05% Molibdeno (Mo), 2% Oxido de Magnesio (MgO) y 2.8% Azufre (S), utilizándose en cada aplicación 50 g por 15 litros de agua. Se aplicó aproximadamente 50 cc/planta.

#### **6.5.7 CONTROL DE MALEZAS**

El control de malezas se realizó manualmente. Las limpieas se realizaron cada vez que fue necesario.

#### **6.5.8 CONTROL FITOSANITARIO**

A manera preventiva se aplicó cada 2 ó 3 semanas 1 kg de Ferbam (Tridimetilditiocarbamato de hierro) más 125 cc de adherente dispersante en 200 litros de agua.

#### **6.5.9 LA SOMBRA**

Se utilizó como sombra para las plántulas de café, una sombra muerta. Para el efecto, se colocó sobre tapescos de 2 m de altura, ramas secas de especies propias de la región.

### 6.5.10 RIEGO

Para proveer de agua a las plántulas en época seca se tuvo un sistema de riego fijo por aspersión a baja presión.

## 6.6 ANALISIS ESTADISTICO

Con los resultados que se obtuvieron en el experimento se procedió a efectuar un análisis de varianza (ANDEVA) para los 15 tratamientos, con el diseño de bloques al azar simple, para cada una de las variables evaluadas.

El modelo lineal utilizado para este análisis, fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta de la i-j-ésima unidad.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$B_j$  = Efecto del j-ésimo bloque.

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a la i-j-ésima unidad experimental.

Asimismo se realizó un análisis de varianza a través de un Diseño de Bloques al Azar con arreglo factorial 2x6. Esto se realizó con los tratamientos del 1 al 12 con el objeto de evaluar los efectos simples y de interacción entre los factores proporción suelo:pulpa y fertilización nitrogenada

En este caso, el modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + P_j + N_k + (PN)_{jk} + E_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta de  $ijk$ -ésima unidad.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$B_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo bloque.

$P_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima proporción suelo: pulpa.

$N$  = Efecto del  $k$ -ésimo nivel de nitrógeno.

$(PN)_{jk}$  = Efecto de la  $j$ - $k$ -ésima interacción entre la proporción suelo pulpa y el nivel de Nitrógeno.

$E_{ijk}$  = Efecto del error experimental asociado a la  $i$ - $j$ - $k$ -ésima unidad experimental.

Cuando existió diferencia estadística significativa en los correspondientes análisis de varianza para las variables en estudio, se realizaron pruebas de Tukey al 5% de significancia, para la interacción o efectos simples.

Se efectuó un análisis de correlación entre las variables dependientes: diámetro basal, altura de planta, número de cruces, y la variable independiente de biomasa total de la plántula.

## 6.7 *ANALISIS ECONOMICO*

El análisis económico se realizó sobre la base de 1,000 plantas del almácigo de café, producidas, y se tomaron los precios actuales de cada uno de los materiales y mano de obra utilizados en el ensayo.

El análisis económico se efectuó con el método de Tasa Marginal de Eficiencia de costos variables.

Los pasos que se siguieron fueron:

1. Se cuantificó el costo variable de los factores que manifestaron significancia en el análisis de prueba de medias para la variable biomasa total.
2. Se determinó el incremento al costo variable de cada tratamiento.
3. Se determinó el incremento de biomasa total de cada tratamiento.

4. Se determinó la Tasa marginal de Eficiencia (TME).

Donde:

$$TME = \frac{\text{Incremento Biomasa Total}}{\text{Incremento C.V}} * 100\%$$

C.V. = Costos Variables

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos, según los objetivos y metodología planteados en el presente estudio.

Para verificar si existió alguna diferencia significativa entre los tratamientos, se procedió a realizar un análisis de varianza para todas las variables de respuesta evaluadas.

CUADRO 8. *Resumen del análisis de varianza en cada una de las variables para los 15 tratamientos, en la evaluación de proporciones de pulpa de café, y niveles de nitrógeno en almacigo de café, (Coffea arabica L), Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. 1,998.*

VARIABLE DE RESPUESTA	Cmt	Cm e	F. C	Pr > F	C.V. (%)
Diámetro basal	1.63	0.56	2.92	0.0063 *	19.41
Altura de planta	88.78	14.93	5.94	0.0001 *	15.49
No. de cruces	1.31	0.36	6.63	0.0014 *	38.14
Biomasa de hojas	3.70	0.69	5.31	0.001 *	33.67
Biomasa de tallos	0.82	0.12	6.80	0.0001 *	25.55
Biomasa de raíces	0.70	0.22	3.17	0.0037 *	34.88
Biomasa total	11.76	1.85	6.33	0.0001 *	26.20

\* Diferencia estadísticamente significativa.

Cmt = Cuadrado medio de tratamientos.

Cme = Cuadrado medio del error.

En el cuadro 8 se observa que existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en todas las variables de respuesta, por lo que se procedió a realizar una prueba múltiple de medias.

En el cuadro 9, se muestra el resumen de la comparación múltiple de medias para todas las variables evaluadas en el Diseño de bloques al Azar simple.

CUADRO 9. Resumen de la comparación múltiple de medias (Tukey) para las variables estudiadas en los 15 tratamientos.

Biomasa total (g)	Biomasa de raíces (g)	Biomasa de Tallos (g)	Biomasa de Hojas (g)	Número de cruces	Altura (cms)	Diámetro (mm)
T9 8.58 a	T2 2.09 a	T9 2.2 a	T9 4.73 a	T7 2.46 a	T9 31.78 a	T7 4.62 a
T2 7.91 ab	T7 2.05 a	T2 2.11 ab	T2 3.70 ab	T9 2.39 a	T7 31.29 ab	T9 4.54 a
T4 6.66 abc	T4 1.82 ab	T7 1.84 abc	T13 3.61 abc	T2 2.13 ab	T2 31.23 abc	T2 4.49 ab
T7 6.5 abc	T5 1.77 ab	T3 1.79 abc	T10 3.29 ab	T3 2.15 ab	T3 29.65 ab	T4 4.36 ab
T10 6.28 abcd	T9 1.65 ab	T4 1.63 abcd	T4 3.20 abc	T4 2.02 ab	T4 27.32 abc	T10 4.36 ab
T3 6.2 abcd	T3 1.63 ab	T13 1.58 abcde	T5 2.82 abc	T10 1.83 ab	T13 26.80 abc	T5 4.21 ab
T13 6.16 abcd	T10 1.41 ab	T10 1.57 abcde	T3 2.78 abc	T5 1.71 abc	T8 26.25 abc	T8 4.19 ab
T5 5.94 abcd	T12 1.2 ab	T8 1.35 abcde	T7 2.59 abc	T13 1.69 abc	T10 26.21 abc	T3 4.16 ab
T8 4.67 abcd	T11 1.18 ab	T5 1.34 abcde	T8 2.14 bc	T8 1.64 abc	T1 24.82 abcd	T13 4.09 ab
T11 4.3 bcd	T8 1.17 ab	T11 1.32 abcde	T11 1.8 bc	T2 1.48 abc	T5 24.25 abcd	T11 3.83 ab
T12 3.61 cd	T15 1.12 ab	T12 1.07 bcde	T15 1.67 bc	T1 1.35 abc	T11 21.28 abcd	T12 3.64 ab
T15 3.47 cd	T13 0.97 ab	T1 0.95 de	T1 1.46 bc	T15 1.19 abc	T12 21.1 abcd	T15 3.58 ab
T1 3.36 cd	T1 0.94 ab	T15 0.67 e	T12 1.33 bc	T11 1.11 abc	T15 19.66 bcd	T14 2.91 ab
T6 2.19 d	T14 0.86 ab	T14 0.55 e	T6 1.3 c	T6 0.5 bc	T14 18.89 cd	T1 2.63 ab
T14 2.18 d	T6 0.41 ab	T6 0.47 e	T14 0.76 c	T14 0.0 c	T6 13.44 d	T6 2.22 b

• Tratamientos unidos con la misma letra son estadísticamente iguales.

### 7.1 ANALISIS DE LA BIOMASA

Para la variable biomasa total que significa el peso seco promedio de una planta en gramos debe analizarse en relación a sus principales componentes que son la biomasa de raíces, de tallos y de hojas.

En ese sentido es importante analizar los valores medios en gramos que para esta variable nos presenta el cuadro 9. El tratamiento 14 (testigo absoluto) que consistió en 100% de suelo sin fertilización presentó los valores más bajos de raíces, tallos y hojas con una biomasa total de 2.18 g/planta. Es evidente que al no incluir una adecuada proporción de pulpa la cual contiene un 3.21% de nitrógeno (cuadro 4), ni este nutriente en forma química, la plántula de café fue incapaz de desarrollar un adecuado metabolismo y por ende presentó el valor más bajo en estas variables.

El tratamiento 13 (testigo relativo), que consistió en 100% de suelo más la aplicación de 1.5 g de nitrógeno y 1.5 g de fósforo más elementos menores tuvo un comportamiento estadísticamente diferente al testigo absoluto, en virtud de que si bien el fósforo aplicado a un sustrato demasiado alto en este elemento (124 ug/ml) pudo haber afectado su desarrollo radicular con 0.97 gramos (cuadro 9), el nitrógeno aplicado más elementos menores mejoró el metabolismo y la biomasa en tallos y hojas, produciendo una biomasa total de 6.16 g/planta cuyo valor es estadísticamente igual a los tratamientos que incluyen pulpa en el sustrato más nitrógeno y que presentan los mayores valores de biomasa, como lo son el tratamiento 9 (50% de suelo y 50% de pulpa más 1.0 g de nitrógeno) y el tratamiento 2 (70% de suelo y 30% de pulpa más 0.5 g de nitrógeno), cuya biomasa total asciende a 8.58 y 7.91 gramos por planta respectivamente.

## 7.2 NUMERO DE CRUCES, ALTURA Y DIAMETRO BASAL

Tal como fue observado en la biomasa el tratamiento 14 (testigo absoluto), constituido por 100% de suelo y sin fertilización, así como el tratamiento 6 constituido por 70% de suelo y 30% de pulpa más 2.5 g de N/bolsa produjeron en general los valores más bajos para el número de cruces, altura de planta y diámetro basal (cuadro 9), siendo estadísticamente diferentes al tratamiento 7 (50% de suelo, 50% de pulpa y 0 g de nitrógeno) y al tratamiento 9 (50% de suelo y 50% de pulpa más 1 g de nitrógeno por bolsa), cuyas variables presentan los más altos valores. Nuevamente la no presencia de nitrógeno en la pulpa ni en forma química en el tratamiento 14 no permitió el crecimiento vegetativo en las diferentes zonas meristemáticas de la parte aérea presentando deficiente desarrollo diametral, longitudinal o apical y en las yemas axilares. Por otro lado el tratamiento 6 al haberse aplicado el nivel mas alto de nitrógeno (2.5 g de N/bolsa), lo cual significó el suministro de 1.8 g de urea por bolsa en la primera aplicación realizada a los 15 días después del trasplante provocó severos daños a los tejidos de la plántula por toxicidad, provocando los valores más bajos para todas las variables estudiadas como puede observarse en el cuadro 9.

Es de hacer notar el efecto que tuvo el 50% de pulpa sin fertilizante nitrogenado en el tratamiento 7 sobre el diámetro basal, altura de plántula y el número de cruces, lo cual pudo deberse al contenido de nitrógeno en la pulpa (3.21%), así como al alto contenido de materia orgánica, de bases intercambiables y a la capacidad total de intercambio presentes en la pulpa de café, tal como fue observada por Parra (12).

### **7.3 ARREGLO FACTORIAL**

En el cuadro 10 se presenta el resumen del análisis de varianza con arreglo factorial 2 x 6 para todas las variables evaluadas. Por la estructura del modelo factorial se excluyen del análisis los tratamientos 13, 14 y 15.

CUADRO 10. Resumen del análisis de varianza para el arreglo factorial 2 x 6 para las variables evaluadas.

DESCRIPCION	VARIABLES F. V.														
	A						B						AB		ERROR
	CM	FC	Pr>F	CV %	CM	FC	Pr>F	CM	FC	Pr>F	CM	FC	Pr>F	CM	
Diámetro basal (mm)	2.4232	3.66	0.689NS	20.66	1.9556	2.95	0.0347*	1.4311	2.16	0.0959NS	0.66				
Altura de planta (cm)	12.94	0.79	0.384NS	15.75	144.87	8.82	0.0001*	39.35	2.40	0.0704NS	16.46				
No. de cruces	0.275	0.67	0.4210NS	36.93	1.236	3.02	0.0319*	0.822	2.01	0.1175NS	0.409				
Biomasa de hojas (g)	0.099	0.15	0.7091NS	31.72	4.69	6.91	0.00005*	2.55	3.76	0.0130*	0.67				
Biomasa de tallos (g)	0.284	7.67	0.1634NS	25.09	1.048	7.67	0.0003*	0.515	3.77	0.0129*	0.136				
Biomasa de raíces (g)	0.0000	0.0000													
	2500	2500	0.9921NS	34.36	0.616	2.5	0.618NS	0.0129	3.93	0.0107*	0.246				
Biomasa total (g)	0.099	0.37	0.5790NS	25.10	14.85	7.74	0.0002*	9.134	4.76	0.0043*	1.92				

A = Proporciones Suelo - Pulpa

B = Fertilización Nitrogenada

AB = Interacción

Es evidente que en cuanto al efecto simple de las proporciones 30 y 50% de pulpa en el sustrato no provocaron variación significativa en la expresión de todas las variables estudiadas. Esto implica que ignorando el efecto de cualquier nivel de fertilización nitrogenada es igual aplicar cualquiera de estas proporciones de pulpa en el sustrato.

El factor correspondiente a la fertilización nitrogenada la cual se aplicó en los niveles de 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 g de N/planta, analizado en su efecto simple, si provocó diferencias estadísticamente significativas entre dichos niveles, independientemente de la proporción de pulpa en el sustrato, para todas las variables estudiadas excepto para la biomasa de raíces, la cual presentó una  $Pr > F$  de 0.618.

La fertilización nitrogenada en interacción con las proporciones de pulpa en el sustrato presentó diferencias estadísticamente significativas entre los respectivos tratamientos tanto a nivel de la biomasa total como de sus principales componentes como lo son biomasa de raíces, de tallos y de hojas, no así para las variables: diámetro basal, altura de planta y número de cruces, en donde tales tratamientos son estadísticamente iguales.

Para profundizar en el análisis del efecto de la fertilización nitrogenada tanto en su forma simple como en su interacción con las proporciones de pulpa en el sustrato, en el crecimiento y desarrollo de la plántula de café, a continuación se presenta el cuadro 11 la comparación múltiple de medias, a través de la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), respecto a las variables altura de planta, número de cruces y diámetro basal, las cuales presentaron diferencia significativa por efecto de los distintos niveles de nitrógeno.

CUADRO 11. Resumen de la comparación múltiple de medias (Tukey) para el factor nitrógeno.

NIVELES DE FERTILIZACION CON N/BOLSA		ALTURA (cm)	No. DE CRUCES	DIAMETRO BASAL (mm)
B3	(1.0 g)	B3 30.71 a	B3 2.27 a	B4 4.360 a
B2	(0.5 g)	B2 28.74 ab	B4 1.92 ab	B3 4.353 a
B1	(0.0 g)	B1 28.05 ab	B1 1.90 ab	B2 4.342 a
B4	(1.5 g)	B4 26.76 ab	B2 1.88 ab	B5 4.025 a
B5	(2.0 g)	B5 22.77 bc	B5 1.41 ab	B1 3.628 a
B6	(2.5 g)	B6 17.27 c	B6 0.99 b	B6 2.932 a

\* Tratamientos que tengan al menos una letra en común son estadísticamente iguales.

De dicho cuadro se deduce que el nivel de nitrógeno que provocó la mayor variación fue aquel que consistió en aplicar 2.5 g de N/bolsa, reportando la altura de planta, el número de cruces y el diámetro basal más bajos, en virtud de que al haber aplicado 1.8 g de urea en solución por bolsa, cuando la plántula tenía 15 días de haber sido trasplantada, los tejidos principalmente del sistema radicular incipiente presentaron daños fisiológicos por exceso de nitrógeno en la solución del sustrato, lo cual consecuentemente alteró el metabolismo y desarrollo normal de la planta. Los niveles restantes en términos generales presentaron valores estadísticamente iguales para sendas variables.

El cuadro 12 presenta un resumen de la comparación múltiple de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), tanto para la biomasa total, como para la biomasa de tallos, de hojas y de raíces, cuyos tratamientos reportaron diferencias significativas por efectos de la interacción entre la fertilización nitrogenada y las proporciones de pulpa en el sustrato.

CUADRO 12. Resumen de la comparación múltiple de medias (Tukey) para las variables que reportaron diferencias significativas entre tratamientos.

TRAT/VARIABLE	BIOMASA TOTAL (g)	BIOMASA DE TALLOS (g)	BIOMASA DE HOJAS (g)	BIOMASA DE RAICES (g)
(50% pulpa+50% suelo+1.0 g N/bolsa)	T9 8.58 a	T9 2.2 a	T9 4.73 a	T2 2.09 a
(70% suelo+30% pulpa+0.5 g N/bolsa)	T2 7.91 a	T2 2.11 a	T2 3.7 ab	T7 2.5 ab
70% suelo+30% pulpa+ 1.5 g N/bolsa)	T4 6.66 ab	T7 1.84a	T10 3.29 ab	T4 1.82 ab
(50% pulpa+50% suelo+ 0 g N/bolsa)	T7 6.5 ab	T3 1.79ab	T4 3.2 ab	T5 1.77 ab
(50%pulpa+50% suelo+ 1.5 g N/bolsa)	T10 6.28 ab	T4 1.63ab	T5 2.82 ab	T9 1.65 ab
(70% suelo+30% pulpa +1.0 g N/bolsa)	T3 6.20 ab	T10 1.57ab	T3 2.78 ab	T3 1.63 ab
(70% suelo+30% pulpa+2.0 g N/bolsa)	T5 5.94 ab	T8 1.35ab	T7 2.59 ab	T10 1.41 ab
(50% pulpa+50% suelo+0.5 g N/bolsa)	T8 4.67 ab	T5 1.34ab	T8 2.14 ab	T12 1.2 ab
(50%pulpa+50%suelo +2.0 g N/bolsa)	T11 4.30 ab	T11 1.32ab	T11 1.8 ab	T11 1.18 ab
(50%pulpa+50%suelo +2.5 g N/bolsa)	T12 3.61 ab	T12 1.07ab	T1 1.46 b	T8 1.17 ab
(70% suelo+30% pulpa+0 g N/bolsa)	T1 2.36 b	T1 0.95ab	T12 1.33 b	T1 0.94 ab
(70% suelo+30% pulpa+2.5 g N/bolsa)	T6 2.19 b	T6 0.45 b	T6 1.3 b	T6 0.41 ab

Tratamientos que tengan al menos una letra en común son estadísticamente iguales.

Al analizar en este cuadro el comportamiento de la biomasa de tallos, de hojas y de raíces, se puede observar de que al menos en la biomasa de hojas los tratamientos T1 (70% de suelo y 30% de pulpa más 0 g de N/bolsa), el tratamiento 12 (50% de suelo y 50% de pulpa más 2.5 g de N/bolsa) y el tratamiento 6 (70% de suelo y 30% de pulpa más 2.5 g de N/bolsa), presentaron los valores más bajos y significativamente diferentes al resto de tratamientos, repitiéndose esta situación para la biomasa de tallos en cuanto al tratamiento 6 y reflejándose en la biomasa total en cuanto al tratamiento 1 y dicho tratamiento 6.

Esta situación hace consistente que tanto en el efecto simple como en el de interacción del más alto nivel de nitrógeno evaluado (2.5 g de N/bolsa), al dañar fisiológicamente el sistema radicular de la plántula

por exceso de nitrógeno en la solución del sustrato, principalmente en la primera aplicación efectuada a los 15 días del trasplante, obstaculizó el normal transporte de agua y nutrientes a la parte aérea de la plántula, observándose en muchos casos lesiones en los tejidos de las hojas por plasmólisis, lo cual pudo disminuir la capacidad fotosintética de la misma.

Tal parece que cuando el sustrato posee un 30% de pulpa y 70% de suelo, al aplicar la dosis más alta de nitrógeno (2.5 g) o al no aplicar el mismo producen los rendimientos más bajos de biomasa total en la plántula de café ya que al aplicar estos mismos niveles de nitrógeno en un sustrato que contiene un 50% de pulpa produce una biomasa total estadísticamente igual a los tratamientos probablemente por los atributos que Parra (12), observó en la pulpa de café, los cuales favorecen la referida interacción.

#### 7.4 ANALISIS DE CORRELACION

En el cuadro 13 se presenta el análisis de correlación entre las variables dependientes: diámetro de tallo, altura de planta y número de cruces y la variable independiente de biomasa total.

CUADRO 13. *Análisis de correlación para las variables Biomasa total, vs diámetro de planta, altura de planta y número de cruces.*

VARIABLES	Diámetro Basal	Altura de planta	Número de Cruces
Biomasa Total	0.76813	0.81297	0.78249 *
	0.0001	0.0001	0.0001**

\* = Coeficiente de correlación (r)

\*\* = Pr > F

El cuadro anterior evidencia que existe una asociación positiva y altamente significativa entre la biomasa total producida por las plántulas de café, y las variables de diámetro basal, altura de planta y número de cruces, lo que en consecuencia indica que al aumentar el valor de al menos una de estas variables, aumenta el valor de la biomasa total.

Esta correlación puede permitir en futuros estudios explorar a través de un análisis de regresión, la posibilidad de predecir el comportamiento de la biomasa total a partir de las variables dependientes mencionadas.

## 7.5 ANALISIS ECONOMICO

Este análisis se realizó con base en los datos relacionados con la biomasa total, así como con los costos variables de cada uno de los tratamientos. En el cuadro 14 se presenta un resumen del análisis económico realizado a los tratamientos evaluados de café, en Santa Rosa de Lima, Santa Rosa.

CUADRO 14. *Análisis de los costos variables (C.V) y Biomasa Total, para la determinación de la Tasa Marginal de Eficiencia (TME) en la producción de mil plántulas de café. Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. 1,998.*

Tratamientos Proporción suelo: pulpa	Costos variables (Q./1000) plantas	Incremento C.V	Rendimiento de Biomasa Total (g) *	Incremento Biomasa Total	TME %
T1 70 : 30 + 0 g N	140.00	10.08	0.00	0.00	0.00
T2 70 : 30 + 0.5 g N	142.41	2.41	23.75	13.67	567.21
T9 50 : 50 + 1.0 g N	174.82	32.41	25.76	2.01	6.20

- Valor total de las 3 repeticiones.

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 no dominados en función de su biomasa total siendo ellos el tratamiento 2 (70% de suelo y 30% de pulpa más 0.5 g de N/bolsa) y el tratamiento 9 (50% de suelo y 50% de pulpa más 1.0 g de N/bolsa), los cuales dieron como resultado una TME de 567.21 y 6.20% respectivamente.

Estos tratamientos que presentan las más altas tasas marginales de eficiencia son los que en el cuadro 12 también presentan los más altos valores de biomasa total así como de tallos y hojas.

## 8. CONCLUSIONES

1. El tratamiento que presentó la mayor producción de biomasa total en las plántulas de café a nivel de almácigo, fue:

1.1 El sustrato compuesto por un 70% de suelo y un 30% de pulpa de café donde se aplicaron indistintamente niveles de nitrógeno por bolsa de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 gramos en 3 aplicaciones sin presentar diferencias estadísticas.

2. El sustrato compuesto por un 70% de suelo y un 30% de pulpa de café y al cual fué aplicado 0.5 g de N/bolsa, fue el que reportó la más alta Tasa Marginal de Eficiencia, con un valor de 567.21% siendo en consecuencia que además de producir significativa biomasa total, es el tratamiento más económico.

3. La fertilización nitrogenada en un nivel mayor a 2.0 g de N/bolsa provoca daños fisiológicos que afectan negativamente el desarrollo normal de la plántula de café en almácigo.

4. La interacción de la composición del sustrato en cuanto a suelo y pulpa, y la fertilización con nitrógeno, presenta efectos significativos sobre la producción de biomasa de hojas, de tallos, de raíces y de biomasa total, no así para el diámetro basal de tallo, altura de plántula y número de cruces.

## 9. *RECOMENDACIONES*

1. Para producir plántula de café a nivel de almácigo se recomienda utilizar un sustrato compuesto por 70% de suelo y 30% de pulpa de café descompuesta aplicando 0.5 g de N/bolsa distribuido en 3 aplicaciones por ser el más económico y producir significativa biomasa, tomando en cuenta las condiciones bajo las cuales se realizó el presente estudio.

## 10. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE, E.F. 1966. La utilización del grano de café y de sus productos. Guatemala, ICAITI. 431 p.
2. ALVAREZ MEJIA, W. G. 1989. Producción acelerada de abono orgánico a partir de pulpa de café, en una planta productora. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 194 p.
3. ARANDA, E. 1989. Perspectivas de la utilización de lombrices en la transformación de pulpa de café, en abono orgánico. México, Instituto Mexicano del Café. Boletín Técnico de Café. 8 p.
4. BRAHAM, J.B.; BRESSANI, R. 1978. Pulpa de café; composición, tecnología y utilización. Guatemala, INCAP. 152 p.
5. CRUZ, J. R. DE LA. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
6. FIGUEROA, L. 1980. Nuestro café, fuente de desarrollo. Guatemala, Asociación Nacional del Café. 25 p.
7. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1980. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. tomo 3, p. 644 - 647.
8. HERNANDEZ, M. 1988. Manual de caficultura. Guatemala, Asociación Nacional del Café. 297 p.
9. LOPEZ, E.; DEL VALLE, R.; CARRILLO, E. 1992. Café: un cultivo conservacionista del medio ambiente. Revista Cafetalera (Gua) no. 319: 11-13.
10. MC SWEENEY, J. 1988. El subsector café, de Guatemala. Guatemala, USAID/Agencia para el Desarrollo Internacional. Reporte No. 29, p. 33.
11. MULLER AGUILAR, K.P. 1992. Respuesta del almácigo de café, (*Coffea arabica* L.) a diferentes tratamientos combinando suelo, pulpa de café, y fertilización disuelta, en condiciones del patrimonio agrario colectivo El Porvenir, Municipio de San Pablo, Departamento de San Marcos. Tesis Ing. Agr. Quetzaltenango, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario de Occidente, División de Ciencia y Tecnología, Carrera de Agronomía. 71 p.

12. PARRA, H.J. 1959. El valor fertilizante de la pulpa de café. CENICAFE (Col.) 10(10): 441-460.
13. RODAS, C. 1990. Contaminación de ríos por subproductos del beneficiado. Revista Cafetalera. (Gua.) no. 312: 23-26.
14. SANCHEZ GARCIA, J. 1992. El café, como cultivo conservacionista del medio ambiente. Guatemala, Asociación Nacional del Café. p. 17
15. SIMMONS, Ch.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Traducido por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p.
16. VALENCIA, A.G. 1990. Producción potencial de café, según condiciones del suelo. Chinchiná, Colombia, Centro Nacional de Investigaciones de Café. p. 16.



## 11. *APENDICES*

## 11.1 APENDICE UNO

Datos de campo obtenidos en el experimento.

CUADRO 15 "A". Resultados obtenidos para la variable diámetro basal medida en mm:

No. TRATAMIENTOS	DESCRIPCION TRATAMIENTO			REPETICIONES			Total	Media
	% SUELO	% PULPA	APLICACION DE FERTILIZANTES	I	II	III	Yi	Ȳi
1	70	30	0	0.29	3.90	3.70	7.89	2.63
2	70	30	3	4.36	4.54	4.58	13.48	4.49
3	70	30	3	4.20	4.40	3.90	12.50	4.16
4	70	30	3	4.20	4.80	4.08	13.08	4.36
5	70	30	3	4.33	4.20	4.11	12.64	4.21
6	70	30	3	0.00	3.16	3.50	6.66	2.72
7	50	50	0	4.83	4.75	4.30	13.88	4.62
8	50	50	3	3.33	4.58	4.66	12.57	4.19
9	50	50	3	4.63	4.66	4.33	13.62	4.54
10	50	50	3	4.00	5.08	4.00	13.08	4.36
11	50	50	3	3.80	3.83	3.88	11.51	3.83
12	50	50	3	4.00	3.60	3.33	10.93	3.64
13	100	00	5	4.08	4.66	3.54	12.28	4.09
14	100	00	0	2.75	3.00	3.00	8.75	2.91
15	50	50	3	3.54	3.80	3.80	10.74	3.58
TOTALES				52.34	62.56	58.71	173.61	

CUADRO 16 "A". Resultados obtenidos para la variable altura de planta medida en cm:

No. TRATAMIENTOS	DESCRIPCION TRATAMIENTO			REPETICIONES			Total	Media
	% SUELO	% PULPA	APLICACION DE FERTILIZANTES	I	II	III	Yi	Ȳi
1	70	30	0	18.21	29.10	27.16	74.47	24.82
2	70	30	3	28.54	32.90	32.25	93.69	31.23
3	70	30	3	27.33	32.09	29.54	88.96	29.65
4	70	30	3	25.80	28.00	28.16	81.96	27.32
5	70	30	3	23.00	26.00	23.17	72.77	24.25
6	70	30	3	0.00	18.83	21.50	40.33	13.44
7	50	50	0	30.16	32.91	30.80	93.87	31.29
8	50	50	3	15.77	29.41	33.58	78.76	26.25
9	50	50	3	30.36	32.16	32.83	95.35	31.78
10	50	50	3	20.85	31.58	26.20	78.63	26.21
11	50	50	3	20.20	20.00	23.66	63.86	21.28
12	50	50	3	22.50	21.80	19.00	63.30	21.10
13	100	00	5	25.91	31.25	23.25	80.41	26.80
14	100	00	0	16.41	19.00	21.27	56.68	18.89
15	50	50	3	18.00	19.00	22.00	59.00	19.66
TOTALES				323.04	404.03	394.03	1122.04	

CUADRO 17 "A". Resultados obtenidos para la variable número de cruces:

No. TRATAMIENTOS	DESCRIPCION TRATAMIENTO			REPETICIONES			Total Yi	Media Ȳi
	% SUELO	% PULPA	APLICACION DE FERTILIZANTES	I	II	III		
1	70	30	0	0.69	2.30	1.66	4.05	1.35
2	70	30	3	1.63	2.36	2.41	6.40	2.13
3	70	30	3	1.83	2.81	1.81	6.45	2.15
4	70	30	3	2.20	2.30	1.58	6.08	2.02
5	70	30	3	3.33	1.60	1.22	5.15	1.71
6	70	30	3	0.00	0.00	1.50	1.50	0.5
7	50	50	0	2.00	3.00	2.40	7.40	2.46
8	50	50	3	0.44	2.08	2.41	4.93	1.64
9	50	50	3	2.09	2.50	2.58	7.17	2.39
10	50	50	3	1.14	2.75	1.60	5.49	1.83
11	50	50	3	1.00	1.00	1.33	3.33	1.11
12	50	50	3	2.00	0.80	1.66	4.46	1.48
13	100	00	5	1.83	2.16	1.08	5.07	1.69
14	100	00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	50	50	3	1.18	1.00	1.40	3.58	1.19
TOTALES				19.76	26.66	24.64	71.06	

CUADRO 18 "A". Resultados obtenidos para la variable peso seco de hojas medido en g:

No. TRATAMIENTOS	DESCRIPCION TRATAMIENTO			REPETICIONES			Total Yi	Media Ȳi
	% SUELO	% PULPA	APLICACION DE FERTILIZANTES	I	II	III		
1	70	30	0	0.54	2.10	1.75	4.39	1.46
2	70	30	3	2.45	4.09	4.58	11.12	3.70
3	70	30	3	2.16	4.18	2.00	8.34	2.78
4	70	30	3	3.40	3.20	3.00	9.60	3.20
5	70	30	3	2.33	3.60	2.55	8.48	2.82
6	70	30	3	0.00	2.16	1.75	3.91	1.30
7	50	50	0	1.83	3.66	2.30	7.79	2.59
8	50	50	3	0.77	2.50	3.16	6.43	2.14
9	50	50	3	4.54	5.08	4.58	14.20	4.73
10	50	50	3	2.14	5.75	2.00	9.89	3.29
11	50	50	3	1.60	2.16	1.16	5.42	1.80
12	50	50	3	2.00	1.00	1.00	4.00	1.33
13	100	00	5	4.33	4.00	2.50	10.83	3.61
14	100	00	0	0.58	0.72	1.00	2.30	0.76
15	50	50	3	1.81	1.40	1.80	5.01	1.67
TOTALES				30.48	45.60	35.63	111.71	

CUADRO 19 "A". Resultados obtenidos para la variable peso seco de tallos medido en g:

No. TRATAMIENTOS	DESCRIPCION TRATAMIENTO			REPETICIONES			Total	Media
	% SUELO	% PULPA	APLICACION DE FERTILIZANTES	I	II	III	Yi	Ŷi
1	70	30	0	0.54	1.50	0.83	2.87	0.95
2	70	30	3	2.09	2.09	2.16	0.34	2.11
3	70	30	3	1.60	1.90	1.81	5.37	1.79
4	70	30	3	1.60	1.80	1.5	4.90	1.63
5	70	30	3	1.33	1.60	1.11	4.04	1.34
6	70	30	3	0.00	1.16	0.25	1.41	0.47
7	50	50	0	1.60	2.08	1.8	5.54	1.84
8	50	50	3	0.66	1.66	1.75	4.07	1.35
9	50	50	3	2.45	2.50	1.66	6.61	2.20
10	50	50	3	1.14	2.08	1.5	4.72	1.57
11	50	50	3	1.80	1.16	1.0	3.96	1.32
12	50	50	3	1.50	1.40	0.33	3.23	1.07
13	100	00	5	1.58	1.91	1.25	4.74	1.58
14	100	00	0	0.41	0.54	0.72	1.67	0.55
15	50	50	3	0.63	0.60	0.8	2.03	0.67
<b>TOTALES</b>				19.05	23.98	18.47	61.50	

CUADRO 20 "A". Resultados obtenidos para la variable peso seco de raíces medido en g:

No. TRATAMIENTOS	DESCRIPCION TRATAMIENTO			REPETICIONES			Total	Media
	% SUELO	% PULPA	APLICACION DE FERTILIZANTES	I	II	III	Yi	Ŷi
1	70	30	0	0.72	1.10	1.00	2.82	0.94
2	70	30	3	5.54	2.00	1.75	6.29	2.09
3	70	30	3	2.08	1.36	1.45	4.89	1.63
4	70	30	3	1.70	2.70	1.08	5.48	1.82
5	70	30	3	1.66	2.00	1.66	5.32	1.77
6	70	30	3	0.00	1.00	0.25	1.25	0.41
7	50	50	0	2.16	2.41	1.60	6.17	2.05
8	50	50	3	0.44	1.58	1.50	3.52	1.17
9	50	50	3	1.54	2.08	1.33	4.95	1.65
10	50	50	3	1.14	2.05	0.60	4.24	1.41
11	50	50	3	1.00	1.66	0.88	3.54	1.18
12	50	50	3	2.00	0.60	1.00	3.60	1.20
13	100	00	5	1.00	1.16	0.75	2.91	0.97
14	100	00	0	0.50	1.27	0.81	2.58	0.86
15	50	50	3	1.18	0.80	1.40	3.38	1.12
<b>TOTALES</b>				19.66	24.22	17.06	60.94	

CUADRO 21 "A". Resultados obtenidos para la variable peso seco total medido en g:

No. TRATAMIENTOS	DESCRIPCION TRATAMIENTO			REPETICIONES			Total	Media
	% SUELO	% PULPA	APLICACION DE FERTILIZANTES	I	II	III	Yi	Ŷi
1	70	30	0	1.98	4.70	3.58	10.38	3.36
2	70	30	3	1.08	8.18	8.49	23.75	7.91
3	70	30	3	5.90	7.44	5.26	18.60	6.2
4	70	30	3	6.70	7.70	5.58	19.98	6.66
5	70	30	3	5.32	7.20	5.32	17.84	5.94
6	70	30	3	0.00	4.32	2.25	6.57	2.19
7	50	50	0	5.65	8.15	5.70	19.50	6.5
8	50	50	3	1.87	5.74	6.41	14.02	4.17
9	50	50	3	8.53	9.66	7.57	25.76	5.58
10	50	50	3	4.42	10.33	4.10	18.75	6.28
11	50	50	3	4.40	4.98	3.54	12.92	4.3
12	50	50	3	5.50	3.00	2.33	10.83	3.61
13	100	00	5	6.91	7.07	4.50	18.48	6.16
14	100	00	0	1.49	20.53	2.53	6.55	2.18
15	50	50	3	3.62	2.80	4.00	10.42	3.47
<b>TOTALES</b>				<b>69.19</b>	<b>93.80</b>	<b>71.16</b>	<b>234.15</b>	

## 11.2 APENDICE DOS

CUADRO 22 "A". Resumen del desglose de los costos variables para la producción de 1,000 plántulas de café, en almácigo.

Tratamiento	Costos Variables (Q)	Biomasa Total (g)
T1	140.00	10.08 D
T2	142.41	23.75 ND
T3	144.82	18.6 D
T4	147.23	19.98 D
T5	149.64	17.84 D
T6	152.05	6.57 D
T7	170.00	19.50 D
T8	172.41	14.02 D
T9	174.82	25.76 ND
T10	177.23	18.85 D
T15	179.50	10.42 D
T11	179.64	12.92 D
T12	182.05	10.83 D
T14	200.00	6.55 D
T13	254.82	18.48 D

D = DOMINADO

ND = NO DOMINADO



FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

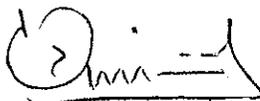
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE PROPORCIONES DE PULPA DE CAFE Y SUELO Y NIVELES DE NITROGENO EN LA PRODUCCION DE PLANTULAS DE CAFE (Coffea arabica L.) A NIVEL DE ALMACIGO, EN SANTA ROSA DE LIMA, SANTA ROSA"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: ERICK ESTUARDO SOLANO DIVAS

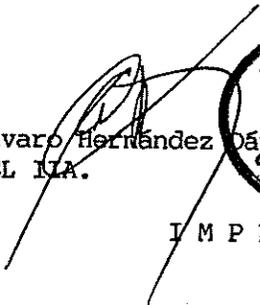
CARNET No: 8616722

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Edgar Martínez Tambito  
Ing. Agr. Eugenio Orozco y Orozco  
Ing. Agr. José Jesús Chonay Pantzay  
Ing. Agr. William R. Escobar López

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

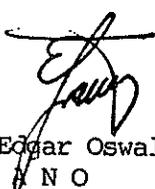
  
Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy  
A S E S O R

  
Ing. Agr. Efraín Medina Guerra  
A S E S O R

  
Ing. Agr. M.Sc. Alvaro Hernández Dávila  
DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E

  
Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera  
D E C A N O



cc:Control Académico  
Archivo  
AH/prr.

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C. A.  
TELEFONO 476-9794 § FAX (502) 476-9770  
E-mail: [lia@usac.edu.gt](mailto:lia@usac.edu.gt) § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>