

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

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS, EMPLEANDO LA
TÉCNICA DE TUBETE PARA PRODUCIR PLÁNTULAS DE CAFÉ
(Coffea arábica L.) var. Catuai, EN ETAPA DE VIVERO, FINCA
MONTE MARIA, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ**

TESIS

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

POR

ALDO RENE MARTINEZ SOLIS

En acto de investidura como,

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO**

GUATEMALA, MARZO DE 2005

INDICE GENERAL

Contenido	Página
INDICE DE CUADROS	IV
INDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEORICO	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1 Importancia, Historia y origen del cultivo de café	3
3.1.2 Semilleros, Selección y Preparación de la semilla	5
3.1.3 Etapas que deben seguirse para la elaboración del semillero	6
3.1.4 Época y sistema para hacer el semillero	6
3.1.5 Tratamiento del semillero	7
3.1.6 Cobertura	7
3.1.7 Riego	7
3.1.8 Injerto reyna o hypocotiledonar	8
3.1.9 Uso del propagador	8
3.1.10 Transplante directo a la bolsa	9
3.1.11 Almacigo	9
3.1.12 Almacigo en bolsa	9
3.1.12.1 Lugar para hacer el almacigo	9
3.1.12.2 La Bolsa	9
3.1.12.3 Ordenamiento de las bolsas y transporte	10
3.1.12.4 Sombra	11
3.1.12.5 Riego	11
3.1.12.6 Programa fitosanitario	12
3.1.12.7 Control de malezas	12
3.1.13 Almacigo al suelo	12
3.1.13.1 Condiciones para hacer almacigos al suelo	13
3.1.13.2 Aspectos físicos para hacer un almacigo al suelo	13
3.1.13.3 Poda de Raíz	13

3.1.13.4	Condiciones aceptables de un almacigo	14
3.1.14	Almacigo en tubetes	14
3.1.14.1	Pasos para construir un vivero en tubotes	14
3.1.14.2	Ventajas del tubete	19
3.1.15	Sustratos	19
3.1.15.1	Diferentes tipos de sustratos	20
3.1.15.2	Tratamiento de los sustratos	23
3.1.16	Antecedentes	23
3.2	MARCO REFERENCIAL	24
3.2.1	Localización y descripción del área experimental	24
3.2.2	Condiciones Bioclimaticas	24
3.2.3	Suelos	25
3.2.4	Descripción de la unidad productiva	25
4.	OBJETIVOS	26
4.1	OBJETIVO GENERAL	26
4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	26
5.	HIPOTESIS	26
6.	METODOLOGIA	27
6.1	MATERIAL EXPERIMENTAL	27
6.1.1	Material vegetal a utilizar	27
6.1.2	Tubetes	28
6.1.3	Sustratos	28
6.2	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	29
6.3	DISEÑO EXPERIMENTAL	29
6.4	UNIDAD EXPERIMENTAL	29
6.5	MANEJO DEL EXPERIMENTO	30
6.5.1	Semilleros	30
6.5.2	Transplante a los tubetes	30
6.5.3	Fertilización	30
6.5.4	Control de plagas y enfermedades	31
6.5.5	Control de malezas	32

6.5.6 Riego	32
6.6 VARIABLES DE RESPUESTA EVALUADAS	32
6.6.1 Altura de planta	32
6.6.2 Numero de pares de hojas	32
6.6.3 Biomasa de raíces	32
6.6.4 Curvas de concentración de N,P,K	32
6.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	33
6.7.1 Análisis estadístico	33
6.1.2 Análisis económico	33
7. RESULTADOS	34
7.1 Altura de planta, pares de hojas por plantas y Biomasa de raíces	34
7.2 CURVAS DE CONCENTRACION DE LOS ELEMENTOS EN EL AREA FOLIAR	37
7.2.1 Nitrógeno	38
7.2.2 Fósforo	39
7.2.3 Potasio	39
7.3 PREDICCIÓN DEL CONTENIDO DE NUTRIENTES POR PLANTA	40
7.4 ANÁLISIS ECONOMICO DE LOS TRATAMIENTOS	42
8. CONCLUSIONES	44
9. RECOMENDACIONES	45
10. BIBLIOGRAFÍA	46
11. APENDICE	48

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1	Descripción de los tratamientos evaluados en el cultivo de Café (Coffea Arábica L.) en etapa de vivero empleando la técnica de tubete	29
CUADRO 2	Formulas diluidas utilizadas para los tratamientos del 1 al 5	30
CUADRO 3	Solución nutritiva de elementos mayores para los tratamientos 6 y 7	31
CUADRO 4	Solución nutritiva de elementos menores para los tratamientos 6 y 7	31
CUADRO 5	Resumen de análisis de varianza para las variables altura de plantas Pares de hojas por planta y biomasa de raíz, para cada uno de los tratamientos evaluados, para la producción de plántulas de café (Coffea arábica L.) var. Catuaí, en etapa de vivero	34
CUADRO 6	Análisis de regresión de los sustratos evaluados	40
CUADRO 7	Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados	42
CUADRO 8	Cálculo de la rentabilidad de los tratamientos evaluados	43
CUADRO 9	Análisis de varianza para la variable altura de plantas en cada uno de los sustratos evaluados	49
CUADRO 10	Pruebas de medias de Tukey a un nivel crítico del 5% para los Distintos sustratos evaluados en la variable altura de plantas	49

CUADRO 11	Análisis de varianza para la variable pares de hojas por planta en cada uno de los sustratos evaluados	49
CUADRO 12	Pruebas de medias de Tukey a un nivel crítico del 5% para los distintos sustratos evaluados en la variable pares de hojas por planta	50
CUADRO 13	Análisis de varianza para la variable biomasa de raíz en cada uno de los sustratos evaluados	50
CUADRO 14	Pruebas de medias de Tukey a un nivel crítico del 5% para los distintos sustratos evaluados en la variable biomasa de raíces al Final del experimento	50

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Comparación de la altura media de planta (cm) obtenida por los diferentes tratamientos evaluados	35
FIGURA 2	Comparación del promedio de pares de hojas/planta obtenido por los diferentes tratamientos evaluados	36
FIGURA 3	Comparación del desarrollo radicular (biomasa) producida por los tratamientos evaluados durante el transcurso del experimento	36
FIGURA 4	Comparación del desarrollo foliar(biomasa)/radicular producida por los tratamientos evaluados al final del experimento	37
FIGURA 5	Curvas de concentración de nitrógeno para los diferentes tratamientos evaluados	38
FIGURA 6	Curvas de concentración de fósforo para los diferentes tratamientos evaluados	39
FIGURA 7	Curvas de concentración de potasio para los diferentes tratamientos evaluados	39
FIGURA 8	Análisis de regresión de nitrógeno T4	41
FIGURA 9	Análisis de regresión de fósforo T5	41
FIGURA 10	Análisis de regresión de potasio T7	41
FIGURA 11	Dimensiones y características del tubete	51
FIGURA 12	Ubicación de la finca Monte María, San Juan Alotenango, Sac.	52

EVALUACION DE DIFERENTES SUSTRATOS, EMPLEANDO LA TÉCNICA DE TUBETE PARA PRODUCIR PLÁNTULAS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) var. Catuaí, EN ETAPA DE VIVERO, FINCA MONTE MARIA, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

EVALUATION OF SUBTRATES FOR PRODUCTION OF NURSERY COFFEE PLANTLETS USING PROPILEN POTS IN MONTE MARIA'S FARM, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ.

RESUMEN

En Guatemala la producción de café (*Coffea arabica*), tradicionalmente se realiza en bolsas de polietileno, el cual significa un 9% del costo total de producción, debido a la caída de precios del café se hace necesario reducir los costos en todas las áreas. En lo que respecta a la producción de plántulas de café existe la alternativa de producirlas en tubetes de polipropileno. Los tubetes se empezaron a utilizar en Estados Unidos para la propagación de plántulas pino (*Pinus sp*) y eucalipto (*Eucaliptus sp*). Para contribuir en parte a solucionar esta problemática, el presente trabajo evaluó la eficiencia de siete mezclas utilizadas como sustratos para la producción de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) variedad Catuaí utilizando la técnica de tubete. Dicho estudio se realizó bajo condiciones de Finca Monte María, San Juan Alotenango, Sacatepéquez. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Con base en el Análisis de Varianza y separación de pruebas de medias de Tukey efectuados a la variable biomasa de raíces, altura de planta y pares de hojas, los sustratos de los tratamientos T6 y T7 (cascarilla de arroz, arena y bagazo de caña de azúcar), fertilizados con la solución nutritiva de California fueron los que presentaron diferencia estadística en estas, con respectos a los otros tratamientos.

En cuanto al contenido de nitrógeno foliar, se encontraron patrones distintos en los sustratos evaluados, sin embargo los sustratos que más absorbieron fueron los de fertilización disuelta (T4 y T5), no así a los que se les suministro la solución nutritiva universal de California, esto se debió a que los sustratos de los tratamientos, cuatro y cinco son los que tiene una mayor cantidad de materia orgánica. El comportamiento del contenido de fósforo foliar fue similar en todos los tratamientos a partir del segundo muestreo.

El contenido de potasio foliar es variante en los siete tratamientos evaluados, aunque al final, los tratamientos T6 y T7 (solución nutritiva universal de California) son los que presentaron mayor contenido de Potasio.

Los sustratos a los cuales se les suministro la solución nutritiva universal de California son los que mayor rentabilidad presentan (156.25 %), aunque los sustratos que se les suministro la fertilización disuelta también presentan una rentabilidad aceptable (134.41 %). En cuanto a inversión, ésta fue menor en los tratamientos que utilizaron solución nutritiva universal de California (Q. 800.00 para producir 1,000 plantas).

En primera aproximación se recomienda, utilizar a escala comercial la producción de plántulas de café en tubete, utilizando los sustratos T6 ó T7, fertilizados con la solución nutritiva de California ya que la combinación de dichas técnicas mejora la eficiencia de producción al disminuir los costos y el tiempo necesario para el transplante a campo definitivo. Realizar estudios de adaptación y desarrollo de las plántulas de café producidas en este sistema en campo definitivo.

1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala la actividad cafetalera aportaba aproximadamente el 12% del producto interno bruto (PIB), generando alrededor del 68% de divisas para el país, hasta el año 2,000. Así mismo dicho sector abarca el 53% de la demanda interna de productos agrícolas y es la actividad productiva que genera el mayor número de empleos, absorbiendo una población económicamente activa de 900,000 empleos directos y más de 2.3 millones de empleos indirectos. La caída del precio del grano generó una reducción significativa del ingreso de divisas, que para el 2,001 alcanzó un monto de US\$ 260 millones y se incrementó a US\$ 427 millones durante el 2,002. En el 2,001 fueron despedidos más de 65 mil trabajadores permanentes, mientras otros 84 mil no fueron contratados para la cosecha. En el 2002, 98 mil trabajadores permanentes fueron despedidos y 126 mil no fueron contratados para la recolección del grano (2). El IV Censo Nacional indica que la producción del año agrícola 2,003-2,004 fue de 20,090,757 quintales maduros en 267,905 hectáreas, abarcando más del 40% de la superficie total cultivada con cultivos permanentes y semi-permanentes en Guatemala (8).

En la actualidad el café no escapa a la crisis general que lacera la producción de los diversos cultivos en la región, lo cual hace imperante la implementación y adecuación de tecnología apropiada con el afán de eficientizar el proceso productivo. La producción de café (*Coffea arabica* L.) al igual que otros cultivos posee sus limitantes, siendo una de las principales la etapa concerniente a la elaboración del vivero, que representa un 9% del costo total de producción.

Tradicionalmente en Guatemala, las plántulas de café son trasladadas del almácigo o vivero al campo definitivo, utilizando bolsas de polietileno negro de distintos tamaños, lo cual consume grandes volúmenes de sustrato y mano de obra para el llenado de bolsas, las cuales pueden ser utilizadas una sola vez, además se utilizan grandes extensiones de terreno para la elaboración del almácigo o vivero. El sustrato varía dependiendo de la disponibilidad de recursos en la finca y el criterio del productor, así pues las proporciones

de los materiales utilizados (suelo, abono, materia orgánica, humus, arena), pueden variar incluso en la misma finca.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de siete mezclas utilizadas como sustratos para la producción de plántulas de café variedad Catuai utilizando tubetes (tubos de polipropileno negro de 13 cm de altura, con capacidad de 150 cm³ y un orificio para drenaje en la parte inferior).

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la crisis que atraviesa la caficultura, existe la necesidad de encontrar opciones tecnológicas eficientes y viables, para reducir costos y mejorar las condiciones de las plántulas de café (*Coffea arabica* L.), en etapa de vivero, con el objeto de producir plantaciones vigorosas, uniformes y disminuir la contaminación ambiental.

En la etapa correspondiente a la producción de vivero por lo general los caficultores en Guatemala tradicionalmente utilizan bolsas de polietileno negro, en las cuales se usa una gran cantidad de recurso, como lo son: mano de obra, suelo, materia orgánica, transporte, y por lo regular por no llevar un control en dichos costos se incrementan grandemente, además de esto por un mal control en el desarrollo de la planta en esta etapa es frecuente encontrar deficiencia de masa radical y masa foliar, con relación a la cantidad de sustrato utilizada, además otra desventaja de este sistema es que produce contaminación ambiental, debido a los residuos de bolsas en el campo que no son biodegradables.

Una de las técnicas utilizadas actualmente son los tubetes de polipropileno, este sistema, es una tecnología moderna, que consiste en utilizar un tubo que se llena con sustrato, que debe contar con características específicas que permitan darle al vegetal buena nutrición y crecimiento, para así obtener una planta sana con sistema radicular fuerte y desarrollando además condiciones vegetales adecuadas en un periodo corto. Los tubetes empezaron a utilizarse en la propagación de plantas en Estados Unidos, para producir especies como (*Pinus* sp.), (*Eucaliptus* sp.), Etc. En algunas áreas de Brasil y El Salvador ya se utiliza esta tecnología, en Guatemala la Asociación Nacional del Café (ANACAFE) ha empezado a introducir dicha practica, y actualmente fincas como Eminencia, Escuintla, ya cuenta con un vivero de 10,000 plantas con este sistema, pero sin embargo no existe estudios que proporcionen información sobre los sustratos que se pueden utilizar con esta técnica.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 IMPORTANCIA, HISTORIA Y ORIGEN DEL CULTIVO DE CAFE

La importancia comercial del café en el mundo, lo coloca dentro de los principales productos del intercambio internacional; a mediados del siglo, su extensa comercialización llevo a ser comparada con la del petróleo. A diferencia de este, su producción esta distribuida entre muchos países, donde tienen un papel preponderante en aspectos sociales, económicos y políticos. En la mayoría de países subdesarrollados es la principal fuente de ingreso de divisas. Aceptar la capacidad del café para contribuir al bienestar del país, se debe comprender que la actividad agrícola que depende de precios internacionales tiene altibajos. Que algunos años con pérdidas y que la mayor parte del tiempo, los beneficios no llegan a representar el cinco por ciento del valor de las fincas y sus instalaciones. En las últimas décadas ha prevalecido en los medios políticos y económicos del país, una mentalidad que persigue disminuir la importancia de la caficultura como motor de la economía. Esta forma de pensar ha conseguido que en vez de promover el cultivo de café, se estimule el desarrollo otros sectores (1).

El modelo de sustitución de importaciones y estímulo a la industria en el marco del Mercado Común Centroamericano en la década de los sesenta y el empuje a los productos “no tradicionales” en los últimos años, no han logrado disminuir la importancia de la caficultura. La pregunta es entonces, ¿Cuanto ha perdido el país al no haber dado a la caficultura el estímulo y apoyo que siempre ha merecido? No hubiera sido mejor que al mismo tiempo que se favorecía el desarrollo de la industria, el crecimiento de los “no tradicionales” y los procesos de maquila, también se hubiera fortalecido a la caficultura (1).

El cafeto es originario de Etiopía, África. La especie arábica es indígena de la región que circunda el lago de Tana, localizado en una Latitud entre 12° y 16° Norte. El cafeto fue trasladado de África al Asia por el Mar Rojo y el golfo de Edén; de Etiopía a Yemen, por el puerto de Moka. Aquí se extendió su cultivo en la parte tropical de Arabia, cuyo límite septentrional es el trópico de Cáncer, poco más al norte de la Meca. Los

árabes exportaban su café, primero a Siria, Persia (Irak), Turquía y luego a Europa, cuidando de que el grano perdiera su viabilidad como semilla para evitar su diseminación. Pero con las peregrinaciones a La Meca, el cafeto llega a la India en el siglo XVII con lo que salió de su reducto Arabe y pronto se extendió por Ceilán (Sri Lanka) y luego, por las islas del archipiélago de la Sonda (Indonesia), la mayoría posesiones holandesas en esa época (1).

A principios del siglo XVIII, los holandeses llevaron el cafeto de Java a Holanda, a sus invernaderos del Jardín Botánico de Amsterdam, de donde los distribuyeron a otros jardines botánicos de Europa, incluyendo el de París en Francia. A partir de entonces, ocurren hechos significativos en la historia del Cafeto como cultivo. Uno es su introducción de Holanda a la Guayana Holandesa (Surinam) entre 1,714 y 1,718. Y de aquí a la Guayana Francesa, en 1,719. Por esa época, Francia llevaba el cafeto a sus colonias de las Antillas, estableciendo con éxito en la Isla de Martinica en 1,723. Y de aquí fue llevado a la Isla de Guadalupe. Otro es la introducción hecha por los franceses en su colonia de la isla de Bourbon (hoy Reunión) procedente de Moka, en 1,715. La importancia de estos hechos radica en la introducción del cafeto primero en América y segundo, en la Isla de Bourbon donde se dieron las circunstancias para que el cafeto recibiera un notorio impulso como cultivo (1).

El señor Manuel Rubio, en su trabajo **“Historia del cultivo de Café en Guatemala”**, de 1,968. Cubre con pormenores y de manera muy interesante la introducción del café en Guatemala. Su revisión de literatura constituye una fuente valiosa para citar los datos más sobresalientes en el resumen siguiente. Los padres Jesuitas reciben el crédito de haber introducido el cafeto a Guatemala por el año de 1,760. Quienes lo trajeron como planta ornamental, para sus jardines de en Antigua Guatemala. De allí se propaga a otros lugares como la hacienda del Soyate, Jutiapa, de don Miguel Alvarez de las Asturias. El primer registro de cafeto en plantación data de 1,800 (1).

Como un cultivo en las orillas de la ciudad de Guatemala, sembrado por don Juan Rubio y Gemir. En noviembre 1,813, por Real Orden se impulsa el cultivo de Cafeto al

otorgar exoneración de Alcabala, diezmos y cualquier impuesto, durante diez años, al cacao, café, azúcar y algodón. Estos acuerdos se ratifican y amplían en 1,805. “El Fruto del Cafeto queda exonerado del pago de diezmos y de todo impuesto”. En 1,826 se reglamentó esta medida quedando incluido el cafeto como un cultivo (1).

El 4 de mayo de 1,853 el gobierno decreta: “un premio de 25 pesos por cada mil árboles (cafetos) que se planten y que se encuentren en estado de cosecha y 2 pesos por cada quintal que se exporte por 10 años”. En ese mismo año, se exportaron por Izabal 4 sacos de Café y por Iztapa 46 sacos. En 1,858, se exportaron 480 quintales oro a Europa. A partir de 1,860, surgen las fincas grandes dedicadas al cultivo de café en los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez, Suchitepéquez, Retalhuleu, Escuintla, Alta Verapaz, Jutiapa y Quetzaltenango, donde cobra particular renombre el café de Costa Cuca. En 1,865, el café de Guatemala se hace representar en la exhibición internacional de París.

En 1,871, el cultivo de cafeto era ya un negocio lucrativo. Se constituyó en el renglón principal de la economía de la nación y paso a ocupar el primer lugar entre los productos de exportación. Durante la década de los 70's y 80's del siglo XIX, se abren al café numerosas fincas de otros departamentos como Baja Verapaz, San Marcos, Huehuetenango, Santa Rosa, Sololá, Chimaltenango, Chiquimula, Zacapa, Jalapa, Quiché y Petén. El 6 de diciembre de 1,928 se crea la Asociación General de Agricultores de Oriente (OCOQUA) y esta principia a trabajar con la gremial de Caficultores de la Asociación General de Agricultores (AGA) y poco después con la Asociación de Caficultores de Occidente. El 4 de noviembre de 1,960 fue creada la Asociación Nacional del Café (ANACAFE), y empieza a funcionar el 01 de diciembre del mismo año (1).

3.1.2 SEMILLEROS, SELECCIÓN Y PREPARACION DE LA SEMILLA

En un programa de tecnificación donde el objetivo básico es obtener buenas cosechas de café, es necesario tener cafetos sanos, vigorosos y de buena producción. Esto se logra seleccionando la semilla que garantice la obtención de los resultados deseados. El proceso de selección debe iniciarse desde las plantas madre (variedades), considerando las

características físicas inherentes a la variedad y capacidad de producción. Es importante implementar programas de injertación, utilizando el método Reina o injerto hipocotiledonar (1).

El primer paso es la selección de la fuente de semilla. Se debe elegir entre comprar la semilla o producirla en la empresa. En el primer caso, tenerse cuidado de que el origen sea de absoluta confianza, tomando en cuenta lo siguiente que debe identificarse las plantaciones de cafetos de donde obtiene la semilla, y estos deben mantener la pureza de la variedad, producción y comportamiento; darle el adecuado procesamiento y cuidado al fruto y seleccionar de forma adecuada la semilla (1).

Si el Caficultor, decide producir su propia semilla, deberá observar los aspectos siguientes:

- a) Seleccionar el cafetal de donde colectará el fruto, tratando que los cafetos seleccionados conserven la pureza varietal, alta producción y comportamiento satisfactorio.
- b) Recolector el fruto en el punto óptimo de maduración y en el pico de la producción.
- c) Hacer la primera selección de fruto vano en estado de cereza. Si el porcentaje de cereza que flota es menor de 5%, es una buena planta madre que heredará esta característica en sus descendientes.
- d) El despulpado del fruto debe hacerse en el cuidado de no lastimar la semilla. Para cantidades pequeñas, puede hacerse a mano, para medianas con despulpador a mano; y cantidades mayores exigen el mecánico, que habrá de calibrarse con precisión, revisando con frecuencia su funcionamiento.
- e) Hacer la segunda selección de vanos en estado de pergamino húmedo.

3.1.3 ETAPAS QUE DEBEN SEGUIRSE PARA LA ELABORACIÓN DEL SEMILLERO

- a) Selección del lugar: éste debe ser un sitio plano, seco soleado y con acceso de agua para riego.
- b) Sustrato: debe estar libre de materia orgánica, de preferencia con textura arenosa o franco arenosa, volteado, revuelto y mullido; tamizado o si no libre de objetos extraños y terrones, en camas o tablonas de suelo de 20 centímetros de profundidad, de 1.0 a 1.20 metros. de ancho y largo necesario para la cantidad de semilla a sembrar y debe ser tratado para eliminar la presencia de los siguientes organismos: hongos, bacterias, insectos, nemátodos y malezas (1).

3.1.4 EPOCA Y SISTEMA PARA HACER EL SEMILLERO

El tiempo más adecuado para siembra está relacionado con el periodo de almácigo, altura de finca sobre el nivel del mar y el transplante al campo. Tomando en cuenta la aparición de enfermedades, principalmente el mal del talluelo, es más ventajoso hacerlos durante la época seca (octubre – abril), de acuerdo con la planificación de la finca, respecto a la época de siembra (1).

El agua debe suministrarse de forma controlada. Hay variantes a esta situación y se pueden hacer semilleros en cualquier época del año; pero debe tomarse en cuenta que se requiere de cuidados especiales y un calendario que incluya el transplante de los cafetos, del almácigo al campo definitivo. Es recomendable la realización de almácigos injertados y para ellos debe contemplarse el mismo tratamiento para la hechura de semilleros de café variedad Robusta, la cual se utiliza como porta injerto, calculando una libra de semilla de Robusta por una libra de café comercial. La semilla se puede sembrar en surcos, bandas o al voleo. El sistema más recomendable es en bandas de 5 centímetros de ancho y 5 centímetros de separación entre bandas; cuidando de no colocar una sobre otra, de manera que quede bien distribuida. Dependiendo del volumen de semilla a utilizar; se recomienda la siembra escalonada. Para el caso de semilleros de Robusta, esta debe sembrarse de 8 a 10 días antes de la semilla comercial, para que el tallo del soldadito alcance el diámetro adecuado para efectuar el corte longitudinal (1).

3.1.5 TRATAMIENTO DEL SEMILLERO

La manera más fácil y eficaz de eliminar todos estos agentes potenciales de futuros daños, es por medio de la esterilización del suelo. Esto se logra con un fumigante como el Trimaton 51, que se aplica en dosis de 80 a 100 cc. Por galón de agua / metro cuadrado de semillero. Para la aplicación del Trimaton 51, es conveniente realizar un riego profundo al sustrato y luego se aplica el Trimaton 51, para que el producto se mezcle en el sustrato (1).

Esta aplicación debe realizarse 15 días antes de la siembra, y 12 días después de la aplicación debe hacerse un movimiento del sustrato, utilizando un rastrillo para permitir la aireación, y 3 días después se procede a realizar la siembra (1).

Existen también productos específicos para el control de hongos, nemátodos e insectos, los más utilizados son: una mezcla de Previcur 72 SI (Carbamato propamocarb) + Derosal 50 SC (Benzimidazol carbendazim), para el control de hongos. Para el control de nemátodos e insectos los productos más usados son: Disafos 10G (Terbufos), Counter 10G (Terbufos); en dosis de 20 a 30 gramos por metro cuadrado, dependiendo del sustrato utilizado (1).

3.1.6 COBERTURA

Los tablones ya sembrados deben cubrirse con paja de una especie de gramínea seca, que este libre de semilla; pastos de hojas angosta y larga, el vetiver y jaragua son buenos materiales.

Se puede poner directamente sobre la superficie del suelo o bien sobre una serie de rejas o “marimba” de varas transversales, apoyadas sobre soportes longitudinales. El propósito de esta cobertura es crear condiciones más estables de humedad y temperatura, a la vez protegerlo de la acción directa del agua de riego o de cualquier otro agente extraño.

Las plántulas emergen a la superficie entre los 45 y 50 días de sembradas. En este momento debe levantarse la cobertura, formando un “tapesco” o techo de 0.70 a 1. Metro sobre el semillero, esto permitirá el normal desarrollo de las mismas y facilitará las labores de manejo (1).

3.1.7 RIEGO

Estos deben realizarse de acuerdo a un calendario que se ajuste a las condiciones del lugar, textura del sustrato y cobertura; el cual puede ser de 2 a 3 veces por semana o en días alternos. Si hay riesgos de mal de talluelo al levantar la cobertura, una vez se hayan erguido los soldaditos, conviene hacer una aspersión con un fungicida, como captafol, en dosis de 15 a 25 gramos / galón de agua, benomilo o clorotalonil, en dosis de 2.5, 15 y 10 gramos, respectivamente, en un galón de agua. En intervalo y la lámina de riego dependerá de la cobertura y humedad relativa del lugar en el que se encuentre la finca (1).

3.1.8 INJERTO REINA O HIPOCOTILEDONAR

El injerto Reina se realiza por lo general a los 60 días de haberse iniciado el semillero, teniendo el cuidado de realizarlo en periodo de soldadito debido a que el tejido del tallo aun no se ha lignificado y se evita la transpiración de la planta, el cual consiste en injertar cafetos de la especie (*Coffea arábica*) sobre patrón de la variedad (*Coffea canephora*) variedad Robusta, el cual ha demostrado ser el recurso más práctico y económico para el control de los nemátodos en la plantación.

En el almácigo, cualquier trabajo debe ir complementado con el control químico, para evitar diseminación de los nemátodos durante el transplante (1).

En Guatemala se inició la investigación con el injerto en 1,947 y para 1,962 ya se tenían resultados concluyentes satisfactorios. En 1,964, ANACAFE contrató los servicios de un injertador para adiestrar trabajadores en las fincas. En la actualidad, existen millones de cafetos injertados en el país. Su práctica y empleo se recomiendan como defensa muy eficaz contra los nemátodos, cochinillas de la raíz y otros organismos del suelo. Una persona con destreza puede hacer de 250 a 300 injertos diarios con un pegue del 90%. En la actualidad se ha desarrollado en ANACAFE el uso de la cinta auto adherible Parafilm “M”, la cual sustituye al vendaje tradicional con nylon. Este material facilita la ejecución del vendaje, permite un aumento en el rendimiento, un amarre casi hermético, evitando entradas de agua, y con el transcurso del tiempo, el auto degradación y posterior caída automática de cinta (aproximadamente 60 a 70 días después de realizado el vendaje),

inmediatamente después que los injertos han pegado. Con ello se evita la actividad del desvende, obteniendo una mejor productividad y disminución de daños físicos (1).

3.1.9 USO DEL PROPAGADOR

Después de ejecutar el injerto es conveniente utilizar un propagador, éste consiste en un tablón con las dimensiones similares a las de un semillero y con un suelo franco, el cual se realiza la siembra del soldadito injertado, dejando una distancia de 2.5 cm entre plantas y 8 cm entre hileras. Con ello se logra un mayor control de humedad del suelo, sombra y por consiguiente una mejor selección de los cafetos que serán transplantados a la bolsa (1).

Los soldaditos pueden permanecer por un periodo de 30 a 45 días en el propagador, y luego ser transplantados a la bolsa. El desvende del injerto puede realizarse de 45 a 50 días después de haber realizado el mismo, utilizando para ello una hoja de afeitar, o navaja, teniendo el cuidado de lastimar el tallo (1).

3.1.10 TRASPLANTE DIRECTO A LA BOLSA

Dependiendo de las condiciones de la finca, del sustrato de la bolsa y de la habilidad de los injertadores, se puede obviar el uso del propagador, haciendo el trasplante directamente a la bolsa, en el momento de efectuar el injerto. Debe tenerse el cuidado de que exista una buena humedad en suelo, adecuada sombra y mantener riegos con gota fina, en horas de la mañana y de la tarde, por medio de una bomba de aspersion el pergamino y al tallo (1).

3.1.11 ALMÁCIGO

La elaboración de un buen almácigo es parte fundamental en el éxito de la futura plantación. En Guatemala, existen dos sistemas; en bolsa de polietileno y al suelo. Ambos son adecuados; además, se está evaluando el sistema de almácigos en “tubete”, con potencial prometedor, por lo que el caficultor debe analizar las condiciones propias de la finca, al momento de decidir entre las opciones (1).

3.1.12 ALMÁCIGO EN BOLSA

Aspectos que deben tomarse en cuenta.

3.1.12.1 Lugar para hacer el Almacigo

Este deberá ser de fácil acceso, protegido del viento, con topografía plana o moderadamente inclinada y suelo con buen drenaje, con disponibilidad de riego y de fácil protección contra vandalismo y daño por animales (15).

3.1.12.2 La Bolsa

De acuerdo con los estudios de ANACAFE y la experiencia en las fincas la bolsa más adecuada es la de polietileno negro, perforada, de 3 milésimas de grosor y de 25 cm de alto para un cafeto y de 20 x 25 cm para dos cafetos, éste es el tamaño adecuado de la bolsa para permanecer en el almacigo el tiempo necesario, hasta alcanzar las 3 cruces. Hay variantes debido a extremos en altitud de las fincas, las más bajas por precoces y las más altas por tardías, además del tamaño y número de cruces. Consecuentemente, las bolsas pueden variar de 6 x 10 a 8 x 10 pulgadas (15).

3.1.12.3 Ordenamiento de las bolsas y trasplante

Se coloca en hileras dobles con calles de 40 a 50 cm de ancho. Si se tiene preferencia por sembrar dos cafetos por bolsa, conviene colocarlos de la misma dirección que las hileras de las bolsas. Esta debe enterrarse una profundidad que depende de la temperatura y humedad del ambiente y del suelo. Entre más caliente y seco, mayor será la profundidad que debe enterrarse la bolsa. La disponibilidad del riego y la regulación de la sombra permitirán mayor profundidad con ahorro de trabajo y costos. La profundidad, la textura del suelo, y el agua de lluvia o de riego y a la exposición al sol determinará el grado de compactación de las bolsas, lo cual afecta mucho el desarrollo del cafeto, y el suelo debe mantenerse suelto y la bolsa ceder a la presión de los dedos (15).

El tamaño adecuado es cuando la planta está en la etapa de “soldadito” (tallo con sus hojas cotiledonares, aún encerradas dentro del pergamino). En el trasplante se deben cuidar los aspectos siguientes.

- a) Selección de plántulas sanas y bien formadas.
- b) Evitar la deshidratación.

- c) En la siembra enterrar la plántula, hasta el cuello de la raíz, lo más a plomo posible.

Asignar un encargado específico para dirigir todos los pasos del trasplante. En muchas fincas sumergen las plantas en agua para lavarles el suelo y poder detectar lesiones, manchas y evitar su deshidratación. Esto puede ser negativo cuando hay presencia de “brotes” del mal de talluelo en semilleros, ya que un recipiente con agua contamina y puede diseminar los hongos a gran número de plantitas sanas (15).

Durante el trasplante de las plantitas se debe exponer al aire el menor tiempo posible, por lo que debe trabajarse con cuidado y rapidez, esto se puede lograr tomando secciones del suelo con soldaditos a manera de pilón, o bien utilizar pedazo de brin humedecido con una solución de captafol en dosis de 18 gramo/galón de agua, con un número adecuado de plantitas para dar los pasos siguientes.

- a) Separación de la plántula de pilón.
- b) Revisión de la raíz.
- c) Poda de la raíz.
- d) Siembra en la bolsa (15).

Si el soldadito tiene una raíz de 12 cm de largo, conviene cortarle de 4 a cm 5 de la punta. Si se siembra en toda su longitud al apretarla se puede deformar la raíz, afectando el anclaje, crecimiento y desarrollo de la planta. Cuando se corta la punta hay una compensación debido a que se rompe la tendencia (dominancia apical) de la pivotante a profundizar a expensas de su grosor y emite una mayor cantidad de raíces laterales, hay que poner cuidado en que el “soldadito” quede sembrado con el cuello de la raíz a ras del suelo, para evitar problemas de enfermedades y desordenes de crecimiento (15).

3.1.12.4 Sombra

Dependiendo de las condiciones de la finca, se puede utilizar sombra viva o muerta (tapesco). Las especies a usar como sombra viva deben ser de rápido crecimiento, fácil de manejar y que permitan una penetración uniforme de la luz. Conviene sembrar las semillas

de sombra viva en filas paralelas a las bolsas, intercaladas cada 1 o 2 hileras, según el follaje y la densidad de sombra deseada. Estas deben sembrarse 5 o 6 semanas antes del trasplante de las plántulas a la bolsa. En fincas de zonas altas, húmedas y con frecuencia de días nublados es recomendable reducir a un mínimo la sombra en los almácigos.

Las especies anuales y bianuales, sembrarlas en hilera continua y cuando alcancen el tamaño conveniente para sombra “entresacarlas”, dejando de 4 a 5 plantas por metro, lo que se arranca debe picarse para que quede como cobertura en el propio lugar.

En zonas donde se carece de agua de riego y la época seca prolongada (hasta seis meses) se recomienda que la sombra provenga de enramadas o tapescos que se preparan con madera y ramas de plantas, propias de la región. Para conservar una mejor humedad del suelo, es conveniente en estos casos proteger las plántulas de los vientos, cubriendo los lados del tapesco (15).

3.1.12.5 Riego

La época más adecuada para establecer los almácigos es al inicio de la época de lluvias; para la mayoría de las regiones, a partir de mayo, aunque esto tiene mucho que ver con la edad, tamaño y época en que se desea trasplantar al campo definitivo. El agua es de vital importancia, la de lluvia se complementa con el riego, en los días secos de invierno, así mismo durante todo el verano. Se recomienda la supervisión del riego, para que haga en forma correcta. Cualquiera que sea el equipo y el sistema, debe ponerse especial atención en la penetración adecuada en el suelo de las bolsas. La frecuencia depende del suelo y del ambiente, se debe tener cuidado con la compactación de las bolsas (15).

3.1.12.6 Programa fitosanitario

La protección fitosanitaria es de importancia para la reducción de plantas de café vigorosa y sana, dependiendo de las zonas, así será la influencia de patógenos, que provoquen enfermedades. Se presenta un programa fitosanitario, a manera de guía, puede tener variaciones en las distintas regiones del país. La aplicación de agroquímicos debe iniciarse en la etapa de soldadito, para evitar problemas de mal de talluelo (15).

Es importante realizar una rotación de los productos, para evitar el desarrollo de las resistencias de las plagas a los mismos, así como dejar intervalos mínimos de 20 días entre las aplicaciones de fungicidas (15)

3.1.12.7 Control de malezas

El control de malezas puede realizarse en forma manual o química. El uso de herbicidas pre-emergentes, como alacloro y oxyfluorfen, es efectivo aunque delicado. Se debe tener un control en la aplicación de herbicidas, debido a que se puede provocar fitotoxicidad en la planta, lo cual se puede observar fácilmente por acoloramiento en el follaje, así como deformaciones en la raíz, es conveniente revisar periódicamente para ver el desarrollo de las plantas, principalmente en el área de nuevo crecimiento.

Para disminuir la incidencia de las malezas, se puede utilizar un valioso recurso para el control de malezas, como el uso de cobertura en las calles entre hileras, y utilizar cascabillo (pergamino) de café, arena blanca, sobre el suelo de la bolsa (15).

3.1.13 ALMÁCIGO AL SUELO

El sistema de siembra de los cafetos directamente al suelo, en tablones, es factible y muchas fincas de Guatemala lo prefieren y lo hacen con excelentes resultados, especialmente en la zona cafetalera del oriente de Guatemala. Se recomienda este sistema si se pueden tener las condiciones siguientes (15).

3.1.13.1 Condiciones para hacer almácigos al suelo

- a) Personal técnico y administrativo que tenga conocimiento y experiencia en su hechura y manejo.
- b) Personal de campo responsable y con destreza para el manejo, de acuerdo con un programa definido y ajustado a un calendario.
- c) Dar todos los pasos de la hechura y manejo, de acuerdo con un programa definido y ajustado a un calendario.

- d) Poner especial atención a la preparación de los cafetos para su trasplante al campo, el vigor vegetativo del tallo, ramas y hojas debe guardar relación con el crecimiento de las raíces. La raíz merece un cuidado especial para el trasplante, mayormente si se aplica la práctica de poda de raíz (15).

3.1.13.2 Aspectos físicos para hacer un almácigo al suelo

- a) Todos los aspectos referentes al suelo, están señalados anteriormente en las instrucciones de almácigos en bolsa y se aplican a los almácigos en el suelo.
- b) Cuidar el espesor de los tablones tengan un mínimo de 35 cm.
- c) La textura debe ser franca; la compactación es un problema serio en almácigos.
- d) Sistema de siembra: el distanciamiento que se recomienda es de porte bajo y de 25 x 25 cm para variedad de porte alto.
- e) El buen drenaje de los tablones es de vital importancia.
- f) Los riegos deben programarse para abastecer los tablones del agua necesaria, pero evitando la saturación.
- g) La cobertura vegetal, picada sobre el suelo de estos almácigos es una ayuda para lograr los siguiente:
 - a. Adecuado control de malezas.
 - b. Regulación de la temperatura y humedad del suelo.
 - c. Protección de las raíces de los cafetos.

3.1.13.3 Poda de raíz

La poda de raíces, es una operación fundamental que conviene hacer a los cafetos con dos objetivos, el primero provocar una proliferación y crecimiento acelerado de raíces y uniformar el largo de las raíces (15).

- a) Regar el almácigo para alcanzar una adecuada humedad a una profundidad de 15 cm
- b) Introducir una pala recta y angosta en forma sesgada, entrando de 10 a 15 cm de distancia del cuello de la raíz y penetrando de 10 a 15 cm de distancia del cuello de la raíz y penetrando de 10 a 15 cm para cortarla.
- c) Esta práctica se hace de dos a tres mese antes del trasplante de los cafetos.

3.1.13.4 Condiciones aceptables de un almácigo

La plata de café debe reunir ciertas características deseables que son de importancia básica, las cuales se detallan a continuación.

- a) Tallo recto, grueso, fuerte y sano.
- b) Planta de 3 a 4 cruces.
- c) Un número abundante de hojas.
- d) Que las plantas tengan un buen vigor vegetativo.
- e) El sistema radicular bien abundante y bien distribuido, mostrando la raíz principal y secundarias un sólido anclaje.
- f) El estado del cafeto debe ser sano de buen color libre de daños, tanto la parte aérea como la radicular.

Los cuidados culturales y fitosanitarios son similares al sistema de almácigos en bolsa (15).

3.1.14 ALMÁCIGO EN TUBETES

3.1.14.1 Pasos para construir un vivero en tubetes

a) Construcción de Ramada

El propósito de construir una ramada es proporcionar sombra y mantener una apropiada humedad relativa apropiada dentro del vivero. Se construye con materiales como bambú, concreto, metal o madera; lo importante es que debe tener cubierta de plástico transparente para permitir el paso de luz. La relación luz-sombra que se debe respetar es del 50% para ambos y será regulada con varas de bambú, palma de coco, sarán u otro material apropiado. El tubete debe estar suspendido en una estructura plana, que forme una cuadrícula, ya sea una cama o estante. Estos estantes son mesas de 0.50 m de altura y una superficie de 1 a 1.25 m, contruidos con materiales variados, siendo más recomendables el metal, por ofrecer mejores condiciones y durabilidad (13).

Los materiales factibles de utilizar son angular de 3/4 x 1/8 pulgadas para el marco de la mesa, la superficie es una cuadrícula de 5.5 cm por lado elaborada con alambre, las partes

que sostienen la mesa son de varilla de hierro de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro, reforzadas con travesaños unidos al marco de la cama.

En cada esquina de marco se instala un caño galvanizado de 10cm. de largo y de $\frac{1}{2}$ pulgada. En ellos se acoplaron las cuatro patas de la otra cama al momento de estibarlos para el transporte. Las camas de 1 m tienen capacidad de 256 cuadrículas y la de 1.25 m, 320 aproximadamente, la ventaja de estas estructuras de metal es que pueden usarse tanto en el proceso de producción como el transporte. (13).

b) Lugar de llenado, Condiciones del Sustrato y Como hacer el llenado

El llenado se puede realizar directamente de la era tratada o sobre una mesa, la cual deberá estar desinfectada por Formalina al 10%. Las camas metálicas prestan mucha utilidad, para colocar en ellas el tubete lleno. Una vez estén colocados los tubetes en ellas, se pueden ir estibando, para que posteriormente se acarreen al sitio del vivero. El sustrato debe poseer aproximadamente un 50% de humedad al momento del llenado, esta humedad se puede ocultar observando que el sustrato este húmedo; además que se mantenga suelto, pero que no origine polvo cuando se trabaje con él (12).

El llenado se realiza presionando el suelo hasta el fondo del cono, apelmazar dando pequeños golpes en la parte inferior contra la mesa o pequeña piedra, en donde se está haciendo el llenado. Con esto se evita la formación de vacíos. El sustrato debe quedar al nivel de la abertura superior del cono. La persona que efectúe el llenado debe lavar sus manos con suficiente agua y jabón o con Alcohol de 90 grados con un metro cúbico de sustrato se pueden llenar aproximadamente 5,000 a 5,500 tubetes y en un jornal se pueden llenar 3,500 (un día hombre) (12).

c) Cómo se colocan los tubetes

Los conos o tubetes deben colocarse en cada orificio de la cuadrícula de metal que forma las camas, inicialmente en forma continua hasta el crecimiento de la plantilla llegue a los 5 pares de hojas, a fin de que se aproveche el agua de riego, espacio, etc. A partir del quinto par de hojas deben separarse dejando en toda dirección de cada tubete, una

cuadrícula de por medio sin tubetes y dejarlos así hasta que las plantillas alcancen el tamaño de siembra (12).

d) Época para hacer el vivero y sembrar la semilla

La preparación de los viveros debe hacerse en la segunda quincena de octubre para que a más tardar en la primera quincena de noviembre se pueda sembrar la semilla (12).

La siembra del vivero se hace directa, colocando 2 semillas en cada cono, en hoyos separados uno del otro 1.0 cm y a 1.5 cm de profundidad, debiendo cubrir con sustrato del mismo cono haciendo una ligera presión para no dejar bolsas de aire entre el sustrato y la semilla (13).

Otras alternativas son utilizar “soldadito” o “patacón” también puede usar “concha” propiamente dicha, ya que en estos dos estadios presentan raíz relativamente corta, para facilitar la siembra; la eficiencia del sembrador se disminuye a niveles semejantes de concha en vivero de bolsa (13).

e) Colocado del mulch

El “mulch” se utiliza para evitar que la salpicadura de las gotas del agua de riego erosione el sustrato y deje las semillas al descubierto. Se recomienda usar sácate jaragua u otro similar, el cual debe estar libre de plagas para evitar daños a la semilla y / o plántulas (13).

f) Riego

El riego debe hacerse a diario usando gota fina, para evitar que caiga con fuerza, erosione el sustrato y descubra las semillas. Es importante mantener la humedad sin llegar al encharcamiento del suelo del cono. Si no se cuenta con riego de aspersión (micro aspersión), que sería lo más adecuado, puede utilizarse equipo aspersor manual con poca presión y gota fina (bomba aspersora manual) (12).

g) Fertilización

Realizar cuatro fertilizaciones; dos con fórmula 15-15-15, colocando 1 gramo por planta, la primera a los 90 y la segunda a los 115 días, después de la siembra de la semilla y dos nitrogenadas con Urea 46% N, a los 140 y 165 días después de sembrada la semilla, a razón de 0.5 gramos por planta. El fertilizante se coloca haciendo tres agujeros de 1.5 cm de profundidad, alrededor de la plantita y cerca de las paredes del tubete. Complementar la nutrición al suelo con tres fertilizaciones foliares usando multimineral quelatizado en dosis de 12 cc por galón de agua, a los 90, 150 y 200 días después de sembrada la semilla. (13).

h) Eliminación de malezas

Supervisar constantemente la aparición de malezas. Si estas se emergen, pueden ser eliminadas manualmente cuando presentan poco crecimiento, o bien se puede escardar el sustrato, lo cual también ayuda a la aireación del suelo contenido en el tubete, en caso que se presente compactación de la superficie del sustrato. Si los conos maceteros han perdido sustrato, es necesario reponerlo calzado, pero teniendo en cuenta que debe hacerse con suelo tratado, para evitar reinfestación de la siembra. Una forma de contar con el suelo adecuado para reponer en los tubetes que lo necesiten, es desinfectar un mayor volumen del necesario y almacenar en recipientes herméticamente cerrados para mantenerlo libre de plagas, durante el tiempo que dure el vivero (12).

Es necesario mantener los tubetes en forma vertical, para evitar la pérdida o erosión del suelo por consiguiente evitar también su reposición (calzado), disminuyendo la posibilidad de reinfestar el sustrato y la plantía (12)

i) Control Fitosanitario

Como medida preventiva para evitar el apareamiento de enfermedades, la planta debe mantenerse nutrida con una fertilización adecuada y una sombra bien regulada. La supervisión constante y rigurosa, permitirá detectar en forma oportuna el apareamiento de plagas, las cuales por utilizar suelo tratado no deberían presentarse; sin embargo, en forma preventiva, se pueden hacer aplicaciones con Rizolex 10 gramos por galón, iniciando la primera aplicación cuando la planta se encuentra en estado de “soldadito” y repetir a los 20

y 45 días después de la primera. Para aplicaciones posteriores, alternar con productos como clorotalonil WP-75 a razón de 5 gramos por galón de agua, ciproconazole (Alto100 SL) en dosis de 1.5 cc por galón de agua u oxiclóruo de Cobre 50% metálico utilizando 15 gramos por galón (13).

j) Trasplante al Campo definitivo

La edad apropiada para la siembra en el campo, será cuando la plantita haya alcanzando un promedio de 16 a 20 cm de alto, aproximadamente 9 a 11 “nudos” Que corresponden a cada par de hojas, incluyendo la cotiledonal. Esto se logra de los 6 a 7 meses después de la siembra directa de la semilla. Como regla general, el terreno debe estar limpio, libre de malezas y obstáculos que limiten el trazo y estaquillado del ahoyado para la siembra, estas labores realizadas con la debida anticipación (13).

k) Transporte

Para transportar el vivero al lugar de la siembra se usan las mismas estructuras metálicas superpuestas o estibadas en 2 a 3 unidades cada una, con los tubetes colocados en forma continua hasta llenar toda la continua hasta llenar toda la cuadrícula de la cama metálica. Internamente en la finca, pueden acarrearlos los tubetes en los canastos que se utilizan para el corte de café, en estos caven aproximadamente 50 conos por canasto (13).

l) Sacado del pilón

Para facilitar esta tarea, mantener el suelo del pilón con una buena humedad. Tomar un pedazo de madera rolliza de 2.0 cm de diámetro y 30 cm de largo, dar unos pequeños golpes en la abertura superior manteniendo el tubete en forma vertical, para aflojar el pilón. Posteriormente tomar la planta del tronco y halarla hacia fuera; si no ceder, hacer presión alrededor del tubete con las dos manos, en forma de masaje. Otra forma es tomar el tubete invertido y golpear suavemente la orilla o abertura superior sobre una superficie plana, realizando giros para que los pequeños golpes desprendan el pilón uniformemente (13).

m) Siembra

Para la siembra, el hoyo debe estar abonado, semi compacto y al nivel del suelo. Realizar al centro del hoyo un agujero de 20 cm de profundidad, con la ayuda de una macana de madera de 8 cm de diámetro con punta achatada (13).

n) Cuidados de la Siembra

Dentro de los cuidados tenemos:

- a) Al momento de sacar el pilón, no golpear muy fuerte el tubete ya que podría romperse.
- b) Colocar el fertilizante procurando que no quede en contacto directo con el sistema radicular.
- c) Apisonar bien la tierra, para evitar que queden bolsas de aire.
- d) Cuidar que la planta quede al mismo nivel que tenía en el tubete.
- e) Realizar las obras de conservación de suelos necesarias, como; terraza individual o continua, acequias, barreras vivas, etc. (13).

o) Recolección de los tubetes

Después de efectuada la siembra, los tubetes deben recogerse, lavarse y trasladarlos a la bodega, para guardarlos en cajas o sacos limpios. Antes de ser usados nuevamente, sumergirlos durante 12 horas en una solución de hipoclorito de sodio (lejía comercial), para eliminar cualquier patógeno adherido a las paredes del cono. Esta solución se puede preparar así; si se desea obtener 10 galones de solución de hipoclorito de sodio al 2.5%, mezclar 5 galones de lejía comercial (Hipoclorito de Sodio al 5%), con 5 galones de agua (13).

p) Mantenimiento

Las plantas sembradas en el campo, producidas en viveros usando tubetes, reciben cuidados similares a los que se realizan en una siembra tradicional con relación a la cantidad, dosis y épocas de realizar la fertilización, limpieza, manejo de la sombra temporal, semi permanente, permanente, así como el combate oportuno de plagas (13).

3.1.14.2 Ventajas del tubete

- a) Aumenta la eficiencia de la mano de obra en las labores de llenado de los tubetes, siembra, riego, y por estar concentrado en poco espacio el vivero, facilita su supervisión.
- b) Reduce la cantidad de insumos (fertilizantes, insecticidas, etc.).
- c) Disminuye el tiempo necesario para producir viveros.
- d) Reduce costos de transporte del vivero a la finca y dentro de la finca (un canasto de cosecha tiene capacidad para 50 tubetes).
- e) Se puede producir viveros asépticos, pues que el tubete (plantía) queda suspendida sin contacto con el suelo (no hay contaminación).
- f) Reduce contaminación en el campo, ya que no quedan residuos de bolsas plásticas en el suelo, además de que no se llevan plantas contaminadas con nemátodos.
- g) El área necesaria para los viveros en tubetes es menor que para vivero en bolsa.
- h) La inversión en la compra de tubete se ve justificada con la oportunidad de usarlo varias veces, en cambio la bolsa tradicional debe botarse (5).

3.1.15 SUSTRATOS

Todo el material inerte o cercano a lo inerte, con suficiente capacidad de absorción de agua y el mantenimiento de ella en porosidades propias de su contextura o de su naturaleza física, puede llegar a ser adecuado para el cultivo de las plantas por medio de las soluciones nutritivas. Un listado rápido de estos materiales conocidos como **Sustratos** incluye tanto productos orgánicos como materiales inorgánicos (11).

Entre los productos orgánicos que se usan como sustratos para cultivos en tierra, podemos mencionar; la turba, la fibra de coco, el carbón, las bolitas de poli estireno, cáscara de arroz, aserrín, suelo + materia orgánica. Entre los materiales inorgánicos tenemos: la arena, la grava, cascote y piedras partidas, vermiculita, perlita, lana mineral (14).

3.1.15.1 Diferentes tipos de Substratos

En forma breve se describen las características básicas de cada una de las sustancias que en la actualidad son usadas con mayor asiduidad en cultivos sin tierra con substratos (11).

a) Turba

Es un recurso no renovable del que existen diversos yacimientos alrededor del mundo. Las mejores turbas son las conocidas como turbas altas de sphagnum que se encuentran principalmente en el norte del hemisferio norte y en el sur del hemisferio sur. Esto es, en lugares extremos en su latitud donde millones de años atrás creció el sphagnum, un musgo muy resistente a las temperaturas bajas y a condiciones de crecimiento difíciles. Sin embargo, también hay turbas provenientes de otras partes del planeta que han sido producidas por plantas diferentes al sphagnum, como por ejemplo el “carex” entre otras (11).

b) Suelo + Materia orgánica

El suelo debe ser de textura franca o suelta, proveniente de una mezcla equilibrada de arena, arcilla y limo. La materia orgánica de preferencia que sea proveniente de pulpa de café debidamente descompuesta, seca y desmenuzada. Se mezcla en proporciones de tres de suelo por una me materia orgánica (1).

c) Vermiculita

Es un material inorgánico muy liviano. Los grados hortícolas tienen alta capacidad de intercambio catiónico lo cual es benéfico para su uso en mezclas que incrementan así su capacidad de regulación ácido básica (acción buffer). Fija los iones, Amonio y Fosfato. Al mismo tiempo, durante todo el periodo de la cosecha la Vermiculita libera Potasio y Magnesio, en forma de sus iones, lo cual debe ser considerado seriamente por el formulador y analizado por el usuario durante la duración de la cosecha (11).

d) Perlita

Es un material preparado con sílice volcánica sometida a temperatura que rondan los 1000 ° C para su expansión. Esta se produce como consecuencia de la volatilización de minúsculas cantidades de agua ocluidas en el mineral básico. Es un material blanco, extremadamente liviano, con gran porosidad y absolutamente inerte, tanto en la luz química como biológica, de estructura celular cerrada, y por lo tanto faltándole el efecto esponja, no absorbe mucha agua. Luego de un drenaje, ésta es solamente retenida superficialmente. No libera ningún elemento a la solución nutritiva, pero da una capacidad de aireación mayor a todo sustrato preparado con ella. Es frágil, muy estable, y se la obtiene en el comercio en diversas granulometrías, las partículas de los grados hortícolas de perlita fluctúan entre 1 y 5 mm de diámetro. Por su tratamiento térmico, en la fabricación del expandido, es fitosanitariamente sano (11).

e) Arcilla Expandida (leca)

En cierto aspecto el procedimiento de expansión es similar al de la perlita y se efectúa horneando arcilla a 1,100 ° C a esa temperatura se infla, dando lugar a granos porosos. Con un tamizado posterior se obtiene distintos tamaños de “leca” para diferentes usos: La industria de la construcción, el aislamiento térmico y la horticultura, entre otros (11).

f) Poliestireno

Las bolitas de poliestireno expandido, conocido comúnmente como “telgopor”, son también absolutamente inertes y lo único que hacen es aumentar la capacidad de aireación de las raíces en el sustrato. Es un material que, como la perlita, no se degrada rápidamente en la mezcla durante la cosecha, como lo hace al vermiculita. El telgopor es sumamente liviano. Se ha demostrado que la porosidad de una mezcla de turba y de poliestireno se mantiene prácticamente durante todo el tiempo de la cosecha, no ocurriendo lo mismo en cierta medida en mezcla de turba con perlita, donde hay una disminución de la misma. Como en el caso de la perlita y la vermiculita, las altas temperaturas necesarias para su manufactura hace al poliestireno estéril con respecto a microorganismos, por lo que es otro de los materiales seguros en este aspecto. En general, el poliestireno (telgopor) es

muy difícil usarlo en soledad por extrema dificultad de mojado e inmersión, por lo cual se usa exclusivamente en mezclas (11).

g) Arena

Es uno de los materiales inorgánicos más usados en el desarrollo tradicional de los cultivos hidropónicos. Su uso todavía continúa, aunque no es muy recomendable, a menos que la arena sea cuidadosamente esterilizada. Esto puede hacerse perfectamente por calor directo. Por otra parte el uso de arena requiere un buen manejo de su granulometría con el objeto de obtener su máxima capacidad de drenaje. Esto no siempre es fácil como medida general los granos muy finos deben ser evitados. La esterilización entre cosechas se torna más difícil, los métodos pueden ser diferentes, físicos o químicos, según las posibilidades y el tamaño de la instalación. Un buen lavado previo, y luego calor directo, vapor vivo, bromuro de metilo, etc. Son solo algunos ejemplos a considerar en general, la arena es un sustrato de calidad pobre (11).

h) Grava, Casote y Piedra Partida

Como en el caso de la arena, estos tres sustratos están dentro de los componentes históricos. Las viejas camas de hormigón fueron rellenas con este tipo de materiales. Tienen como la arena el inconveniente de la dificultad del trabajo, ya que son pesados, difíciles de manipular y su esterilización entre cosechas es también complicada. Este autor no los desecha, pues bien manejados pueden dar cosechas hidropónicas muy aceptables pero existiendo materiales y métodos más modernos, solamente pueden ser aconsejables en determinadas circunstancias (11).

i) Aserrín

Es también sustrato orgánico importante, que últimamente ha adquirido mayor relevancia para los cultivos sin tierra. Esto ha ocurrido principalmente en Sudáfrica y en Canadá, en este último país se está utilizando mucho en los cultivos de pepinos. Su facilidad de obtención, bajo costo y ligero peso además de la facilidad de su descarte ecológico cuando finaliza la cosecha, lo ha hecho bastante popular (11).

j) Lana Mineral

Es un material poroso fabricado con piedras de varias clase entre las que prevalecen las diabásicas. Estas piedras son fundidas aproximadamente 1,500 a 1,600 ° C y ese estado líquido son volcadas sobre un disco que gira a gran velocidad y que, por acción de la fuerza centrífuga produce delgadas fibras de un diámetro aproximado a 0.005 mm. Luego se le agrega aditivos y compactantes de forma tal que esas fibras se transforman en un material muy absorbente y moldeable. Con el se fabrican bloques de propagación y de crecimiento, planchas de base y material granulado, todo dedicado al cultivo de plantas (11).

3.1.15.2 Tratamiento de los Sustratos

Se puede utilizar el mismo que en los semilleros, la diferencia principal consiste en la dosis de trimaton 51, utilizando de 4 a 5 litros / tonel de 200 litros y aplicar 50 cc por bolsa, hacer esta aplicación 15 días antes del trasplante previo a realizar un riego profundo. Las afecciones más generalizadas y comunes en Guatemala son: en primer lugar, el mal del talluelo y en el segundo los nemátodos. Para proteger las plantitas recién trasplantadas contra el mal del talluelo se recomienda entre otras, las aplicaciones de productos como Banrot, captafol, Previcur + Derosal, siguiendo las recomendaciones que se dan para el buen control. Las mezclas pueden aplicarse con bombas de mochila, a las bolsas llenas de suelo previamente humedecidas. Si una finca tiene presencia de nemátodos, lo más conveniente es tomar muestras de suelo y enviarlas al laboratorio. Si se confirma la existencia de nemátodos, parásitos, hay que tratar el suelo para erradicarlos; no solo para proteger las plantitas en el almácigo, si no evitar su diseminación en los cafetales de la finca (15).

3.1.16 ANTECEDENTES

PROCAFE de El Salvador (1998), indica que el vivero en tubetes es aquel en que se sustituye la bolsa tradicional de polietileno, por los conos maceteros, hecho basándose en polipropileno y con una capacidad de 150 cc. La adopción de esta alternativa tecnológica tiene una serie de ventajas, tanto económicas como agronómicas y ecológicas, el éxito de esta tecnología depende en gran medida del tipo y calidad de sustrato a usar, el cual debe

tener buena aireación, baja densidad. Por el método tradicional en bolsa con 1 m³ de substrato se llenan 250 a 280 bolsas, mientras que con tubetes se llenan 5,000 tubetes, un jornal llena 500 bolsas, con tubetes 2,500, en 1m² cabe 125 tubetes y en bolsas 25 (12).

Procafé de El Salvador (1999), el uso de la tecnología de tubetes, disminuye el tiempo para producir viveros, reduce los costos de transporte, evita contaminación en el campo, ya que no quedan residuos de bolsa plásticas en el suelo, el costo de producir plántulas en tubete comparado con el sistema normal de almácigo en bolsa, disminuye en un 30% (13).

Véliz Vargas (1999), El uso de la tecnología de tubete, reduce los costos de mano de obra y agro insumos; mayor número de plantas por área, el tubete se puede utilizar por siete años, facilita el manejo, transporte, fiscalización y en la supervisión de labores, se puede ejemplificar que la finca La Paz, del señor Augusto Calvillo, en San Francisco Zapotitlán, Mazatenango, donde tienen 10,000 plantas con la técnica de tubete, de donde se observo un 100% del pegue y muy buena adaptación de la planta, también esta la finca El Zapote del señor Luis Leonowens, en Barberena, Santa Rosa, que fue donde se realizo el primer lote compacto de 18 manzanas, apreciándose un pegue del 99% , adaptación inmediata de la planta sin decaimiento y con un desarrollo acelerado (19).

Coronado Argueta (2000), Los almácigos en tubetes se deben enfocar para su producción al tiempo que el productor quiera reducir, para siembras tempranas, al inicio de las lluvias, iniciando la hechura de estos almácigos en noviembre-diciembre para sacarlos al campo seis meses después, debido al espacio reducido del tubete, las raíces dejan de desarrollarse y la planta entra a un estado latente e inicia la muerte descendente de la misma (4).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL AREA EXPERIMENTAL

La investigación se realizó en la Finca Monte María, ubicada a 14° 23' 26" Latitud Norte y 90° 43' 53" Longitud Oeste, a una altura 1,800 a 3,600 msnm en la región fisiográfica denominada Pendiente Volcánica Reciente en el municipio de San Juan Alotenango, Departamento de Sacatepéquez, Guatemala (16). La topografía es gradualmente ondulada a plana con pendientes que van de 0 a 10%, la elevación promedio es de 770 metros sobre el nivel del mar (7).

3.2.2 CONDICIONES BIOCLIMÁTICAS

La Finca Monte María se encuentra dentro de la zona de vida de bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido (bmh-Sc), es el más indicado para dedicarla a fitocultivos, pues posee los mejores suelos del país. Los cultivos principales son: caña de azúcar, banano, café, hule, cacao, cítricos, maíz, frijol, arroz, citronela y otros. La ganadería también ocupa un lugar muy importante (6).

El régimen de lluvias es de mayor duración; por lo que influyen gradualmente en la composición florística y en la fisionomía de la vegetación y varía entre 2,136 y 4,327 mm en la costa Sur, promediando 3,284 mm de precipitación total anual, las biotemperaturas se encuentran en el rango de 12 a 33 grados centígrados, con una media anual de 24 grados centígrados y la evapotranspiración potencial puede estimarse en promedio de 0.45 (10).

3.2.3 SUELOS

La finca Monte María pertenece a la serie de suelos Alotenango (Al), cuyas características son: Suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica reciente y suelta, de color oscuro con pendientes que van de suaves a inclinadas.

Los suelos son de textura franco arenosa, con un pH de 6.5 el cual va de ligeramente ácido a neutro, el suelo de la superficie está entre 25 a 40 cm de espesor, es franco arenoso, de color café oscuro a muy oscuro, con estructura granular poco manifiesta. Los suelos pertenecen según CENGICAÑA a la serie Andisoles (16).

El subsuelo tiene 75 cm de espesor, es suelto de color café a café grisáceo oscuro franco arenoso, no tiene estructura, Mas profundo a 110 cm es ceniza volcánica suelta. Como recomendación para el manejo se debe tener cuidado con la erosión y es necesario hacer conservación de suelos (16).

3.2.4 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD PRODUCTIVA

Las vías de acceso hacia la Finca Monte María son la carretera nacional que comunica Escuintla con la aldea El Rodeo a la Antigua Guatemala, así como caminos internos de la finca (3)

El área de café cuenta con 704 Mz de cafetal establecido, distribuido en 145 Mz en manejo, 349.14 Mz en producción y 209 Mz en siembras nuevas y renovaciones (ver Figura 12).

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el desarrollo de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) variedad Catuaí, para la etapa de vivero en siete diferentes sustratos, utilizando la técnica de tubete.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.2.1 Establecer cual de los sustratos ofrece la mejor relación biomasa raíz/biomasa foliar, en el cultivo

de café (*Coffea arabica* L.) en etapa de vivero.

4.2.2 Evaluar el comportamiento de la absorción de N, P y K en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en etapa de vivero para cada sustrato.

4.2.3 Determinar cual de los tratamientos evaluados presenta la mejor rentabilidad para la producción de plántulas de café de la variedad catuaí en etapa de vivero.

5. HIPÓTESIS

5.1 La absorción de N, P y K en las plántulas de café Catuaí será igual para los diferentes sustratos evaluados.

5.2 El sustrato utilizado tradicionalmente en Finca Monte María es el que presenta la mejor rentabilidad para la producción de plántulas de café de la variedad Catuaí.

5.3 El sustrato utilizado tradicionalmente en finca Monte María es el que presenta la mejor relación biomasa raíz / biomasa foliar, en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en etapa de vivero.

6. METODOLOGIA

6.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

6.1.1 MATERIAL VEGETAL QUE SE UTILIZO

Se utilizo la variedad Catuaí (*Coffea arabica* L.) injertada sobre la variedad Robusta (*Coffea canephora*) como patrón o porta injerto.

a) VARIEDAD ROBUSTA

La variedad Robusta representa a la variedad tipo de la especie (*Coffea canephora*), cultivada principalmente en África y Asia. Es un arbusto grande y vigoroso, rebasa los cuatro metros de altura. Los brotes de recepa alcanzan los 3.50 metros antes de 3 años. Los cafetos emiten de tres a cinco ejes verticales, con cierta inclinación lateral. Las ramas laterales son largas, con poca ramificación secundaria, hojas de forma variable, entrenudos largos. El fruto es pequeño, casi esférico, agrupándose en nudos apretados de 15 a 25 frutos, la pulpa es bastante delgada (1).

Esta variedad se comporta muy bien en altitudes de 450 a 750 msnm (1,500 a 2,500 psnm) representando un mínimo porcentaje de la producción nacional, sin embargo, a partir del desarrollo del injerto Reina, se ha constituido en un valioso material para patrón de injertos, presentado condiciones de resistencia y / o tolerancia a plagas del suelo, particularmente a los nemátodos. En Guatemala, dentro de las regiones afectadas por esta plaga, predomina el nematodo *Pratylenchus*, frente al cual prácticamente cualquier Robusta da una buena respuesta de tolerancia, no obstante, en años recientes se determino la presencia de poblaciones de nemátodos muy agresivos, perteneciendo al género *Meloidogyne*, capaces de afectar fuertemente, incluso a los Robusta (1).

b) VARIEDAD CATUAI

Esta variedad es el resultado del cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra, realizado en Brasil, las selecciones de la primeras cuatro generaciones dieron líneas con frutos rojos y amarillos. Las primeras introducciones de Catuaí al país se realizaron alrededor de 1,970. Esta es una variedad de porte bajo, pero más alta que Caturra, las ramas laterales forman un círculo cerrado con el tallo principal, entrenudos

cortos. Las hojas nuevas o brotes son de color verde, las hojas adultas tienen una forma redondeada. Es una variedad muy vigorosa, que desarrollo mucho crecimiento lateral, el fruto no se desprende fácilmente de la rama, lo que es una ventaja para las zonas donde la maduración coincide con períodos de lluvias intensas (1).

El interés motivado, inicialmente, por esta variedad generó una fuerte comercialización de semilla, sin mucho control en lotes de producción, propiciando que los cafetos de varias plantaciones no muestran el fenotipo o aspecto físico correspondiente (1).

Se adapta muy bien a rangos de altitud entre 1,800 a 4,200 psnm en la Boca Costa y de 4,200 a 5,000 psnm, en la zona central oriental y norte del país. Es una variedad que necesita de un buen programa de manejo especialmente en fertilización (1)

6.1.2 TUBETES

Es un cono de polipropileno, negro grisáceo de 13 cm de altura y 150 cm³ de capacidad, con estrías internas a lo largo del tubo y abierto en la parte inferior. Su peso es de 22 gramos aproximadamente. Las estrías sirven para orientar las raíces hacia abajo, y facilita la separación del “pilón” de las paredes del cono cuando se trasplanta. La abertura inferior detiene el crecimiento, realizando una especie de foto poda, incrementando el volumen radicular. El orificio superior está rodeado por una pestaña o borde, que sirve para ser suspendido en estructuras o camas en forma de cuadrículas, así se evita la re-infestación del sustrato ya tratado (12).

6.1.3 SUSTRATOS

Los sustratos que se utilizaron son; el tradicional de la Finca Monte María y los recomendados por ANACAFE, 1 (50% suelo franco, 30% pulpa, 20% estiércol), 2 (40% suelo franco, 30% pulpa, 10% arena, 20% hojarasca), 3 (40% suelo franco, 5% arena, 30% pulpa, 10% estiércol, 15% hojarasca), 4 (30% suelo franco, 15% arena, 20% pulpa, 10% estiércol, 25% hojarasca), 5 (50% suelo franco, 5% arena, 30% pulpa, 5% estiércol, 10%

hojarasca), 6 (50% arena, 50% cascarilla de arroz) y 7 (33% arena, 33% cascarilla de arroz, 34% bagazo de caña).

6.2 DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS

En el cuadro 1 se presenta una breve descripción de los tratamientos evaluados en el experimento.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en etapa de vivero, empleando la técnica de tubete.

TRATAMIENTO	% DE SUELO	% ARENA	% PULPA	% ESTIERCOL	% HOJARASCA
1	50	0	30	20	0
2	40	10	30	0	20
3	40	5	30	10	15
4	30	15	20	10	25
5	50	5	30	5	10
6	50% CASCARILLA DE ARROZ	50			
7	33% CASCARILLA DE ARROZ	33	33% BAGAZO DE CAÑA		

6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para desarrollar el presente estudio se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones, constituyendo así 28 unidades experimentales y planteando el siguiente modelo estadístico:

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

En donde:

Y_{ij} = variable de respuesta asociada a la ij – ésima unidad experimental.

μ = media general

T_i = Efecto del i - ésimo tratamiento

B_j = Efecto del j - ésimo bloque

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

6.4 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo constituida por 30 tubetes, para cada tratamiento y en cada repetición, ó sea que por cada tratamiento en total fueron 120 plantas, 25 plantas de cada repetición de los tratamientos se utilizaron para análisis vegetativo, se realizaron cinco muestreos en cada tratamiento, tomando cinco plantas por muestreo, por tratamiento y en cada repetición, así mismo otras cinco plantas para sacar biomasa de raíz, parte aérea y numero de pares de hojas, esto ultimo al final del experimento, es decir a los cien días después del trasplante a los tubetes.

6.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.5.1 SEMILLEROS

Se elaboró un tablón de 8 m de largo por 1 m de ancho. El tablón destinado al semillero se trato con desinfectante- 5- ethoxy-3 -triclorometril-1, 2,4-triazol 9.33 g por bomba de mochila de 16 litros. A los 20 días después de haber germinado la semilla se injerto, el Catuaí sobre robusta, utilizando el sistema de injerto reina.

6.5.2 TRANSPLANTE A LOS TUBETES

Se efectuó cuando la plántula llego al estado de cola de perico (dos hojas verdaderas).

6.5.3 FERTILIZACION

Los programas de fertilización disuelta utilizados en el experimento se describen a continuación en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Formulas diluidas utilizadas para los tratamientos del 1 al 5.

Fórmula.	g de elemento puro / tubete			Fecha de aplicación
	N	P	K	
20-20-0 + 15-0-14	0.209	0.159	0.048	07/12/2000
20-20-0 + 15-0-14	0.209	0.159	0.048	27/12/2000
20-20-0 + 15-0-14	0.209	0.159	0.048	07/01/2001
20-20-0 + 15-0-14	0.25	0.19	0.057	27/01/2001
20-20-0 + 15-0-14	0.25	0.19	0.057	16/02/2001
20-20-0 + 15-0-14	0.25	0.19	0.057	26/02/2001
20-20-0 + 15-0-14	0.25	0.19	0.057	16/03/2001
20-20-0 + 15-0-14	0.25	0.19	0.057	26/03/2001

Para los tratamientos 6 y 7 se aplicó la solución nutritiva Universal de California, la cual se describe en los Cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Solución nutritiva de elementos mayores para el tratamiento 6 y 7.

Sales	Fuente	g de la fuente para 1000 l
Sulfato de magnesio (sal de Epsom)	SO ₄ -Mg	260
Nitrato de potasio	NO ₃ -K	330
Fosfato monoamonico	PNH ₄	60
Nitrato de calcio	NO ₃ -Ca	360

Cuadro 4. Solución nutritiva de elementos menores para los tratamientos 6 y 7.

Nutrientes	Fuente	g de la Fuente para 1000 l
Hierro	FeSO ₄ · 7H ₂ O	2.5
Manganeso	MnSO ₄ · 4H ₂ O	1.0
Boro	H ₃ BO ₃	1.4
Cobre	CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.1
Zinc	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.1

Fuente: (14)

Se mezclaron las soluciones nutritivas de elementos mayores y menores en proporción 1:1 y se aplicaron 200 ml diarios de esta mezcla por planta, se revisó el pH, el cual osciló entre 5.5 – 6.5 y se midió la conductividad eléctrica de las soluciones la cual osciló entre 0.75 – 2.0 atmósferas de presión, esto se midió en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

6.5.4 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Para el control de insectos del suelo se utilizaron dos aplicaciones de Disafos 10 G (terbufos) 2 g por planta con un intervalo de 45 días y para el control de enfermedades se rotaron los productos Captan 48 SC, Ferbam Granuflo 76 WG, Eminente 12 SC (tetraconazole).

6.5.5 CONTROL DE MALEZAS

Este fue realizado a mano, arrancando las malezas conforme estas fueron emergiendo en los tubetes.

6.5.6 RIEGO

En época seca se realizó riego utilizando regaderas con una frecuencia de tres veces por semana.

6.6.VARIABLES DE RESPUESTA EVALUADAS

6.6.1 Altura de Planta

Esta variable se midió en el lugar del experimento, a los 150 días de haber sido trasplantado al campo experimental, utilizando para ello una regla graduada, se midió desde la base del tallo, hasta el ápice de la planta, utilizando cinco plantas por cada repetición (20 plantas por tratamiento).

6.6.2 Número de Pares de Hojas

Se realizó contabilizando los pares de hojas por planta a los 150 días de haber sido trasplantadas al campo experimental, para lo cual se utilizaron cinco plantas de cada repetición (20 por tratamiento).

6.6.3 Biomasa de Raíces

Se realizaron cinco muestreos desde el inicio del experimento, cada treinta días, utilizando cinco plantas por cada repetición trasladándose 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 y hojas. La determinación de peso seco se realizó utilizando para el secado del material un horno de Convección a 70 grados centígrados por aproximadamente 48 horas hasta obtener peso constante (18).

6.6.4 Curvas de Absorción

Para obtener las curvas de absorción, se calcularon los porcentajes de N, P y K, para lo cual se muestrearon cinco plantas de cada repetición, cada treinta días hasta llegar a los ciento cincuenta días. Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de Análisis de Suelo y Agua de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

6.7 ANALISIS DE LA INFORMACION

6.7.1 ANALISIS ESTADÍSTICO

a) Andeva: A las variables Altura de la planta, número de pares de hojas y biomasa de raíz y hojas, se les efectuó un análisis de varianza y la correspondiente prueba de medias de Tukey, para las que se presentaron diferencias significativas.

b) Análisis de regresión: Se realizó un análisis de regresión, a los elementos nitrógeno, fósforo y potasio, teniendo como variable independiente el tiempo.

6.7.2 ANALISIS ECONÓMICO

Para realizar el análisis económico de los tratamientos evaluados, se realizó un análisis Rentabilidad, de las alternativas de producción de plántulas de café evaluadas (17).

Se elaboró un presupuesto parcial, considerando solo aquellos costos que variaron entre tratamientos. Para el caso particular del costo de la aplicación de solución nutritiva, fertilizante y su beneficio neto. Se determinaron los costos que varían (CQV) para los

tratamientos, incluyendo en este los costos del producto aplicado (CP), costos de aplicación (CA) y costos de mezclado y llenado (CM).

$$CQV = CP + CA + CM$$

El beneficio bruto (BB) se obtuvo al multiplicar el precio de la planta * 1000. El beneficio neto (BN) de las dos alternativas de producción de plántulas de café, se determinó al restar los costos que varían (CQV) a los beneficios brutos de las alternativas.

$$BN = BB - CQV$$

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 ALTURA DE PLANTA, PARES DE HOJAS POR PLANTAS Y BIOMASA DE RAÍCES

El efecto de los diferentes sustratos evaluados pudo observarse en las variable altura de planta, pares de hojas por plantas y biomasa de raíces, luego de realizar la respectiva prueba de normalidad y revisar el análisis de varianza (Cuadro 5), se encontraron diferencias significativas al 5% para los tratamientos evaluados, para el caso de la variable altura de planta se reporto un valor de probabilidad inferior al nivel crítico de 0.05 ($Pr > F = 0.0001$), el coeficiente de variación determinado fue de 12.36 %.

En el caso de la variable pares de hojas por planta, se reporto un valor de probabilidad inferior al nivel crítico de 0.05 ($Pr > F = 0.0003$). El coeficiente de variación determinado fue de 7.13 %, y para el caso de la variable biomasa de raíz se reporto un valor de probabilidad inferior al nivel crítico de 0.05 ($Pr > F = 0.0001$), el coeficiente de variación determinado fue de 3.51%.

Cuadro 5. Resumen de análisis de varianza para la variables Altura de plantas, Pares de hojas por planta y Biomasa de raíz, para cada uno de los tratamientos evaluados, para la producción de plántulas de café (*Coffea arabica L.*) var. Catuai, en etapa de vivero.

Fuente de Variación	Altura de Planta		Pares de Hojas por planta		Biomasa de Raíz	
	F calculada	Pr > F	F calculada	Pr > F	F calculada	Pr > F
Bloque						
Tratamiento	13.45	0.0001 **	4.68	0.0003 **	539.11	0.0001 **
Error Experimental						
Total						

Luego de observar los resultados del análisis de varianza, se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey para los tratamientos. La jerarquización realizada por dicho procedimiento indicó que el tratamiento con mayor promedio de altura de planta fue el T7 (bagazo + cascarilla de arroz + arena blanca con solución nutritiva universal de California), presentando una altura promedio de 22.96 cm, la cual fue clasificada por Tukey como A; en el grupo B se ubicó el tratamiento T6 (cascarilla de arroz + arena con

solución nutritiva universal de California), presentando una altura promedio de 21.81 cm. En lo que respecta a la variable pares de hojas por planta la jerarquización realizada por dicho procedimiento indicó que el tratamiento con mayor promedio de número de pares de hojas fue similar a la variable anterior, solo que en este caso Tukey clasifico a T6 y T7 como el grupo A con 6.00 pares de hojas / planta. En lo que respecta a la variable biomasa de raíz la jerarquización realizada por dicho procedimiento indicó que el tratamiento con mayor promedio de biomasa fue el T6 con un promedio de 53.90 g de raíces / planta (grupo A), seguido por el T7 con 49.93 g de raíces / planta (grupo B). Lo anterior puede observarse en las figuras 1 a 3.

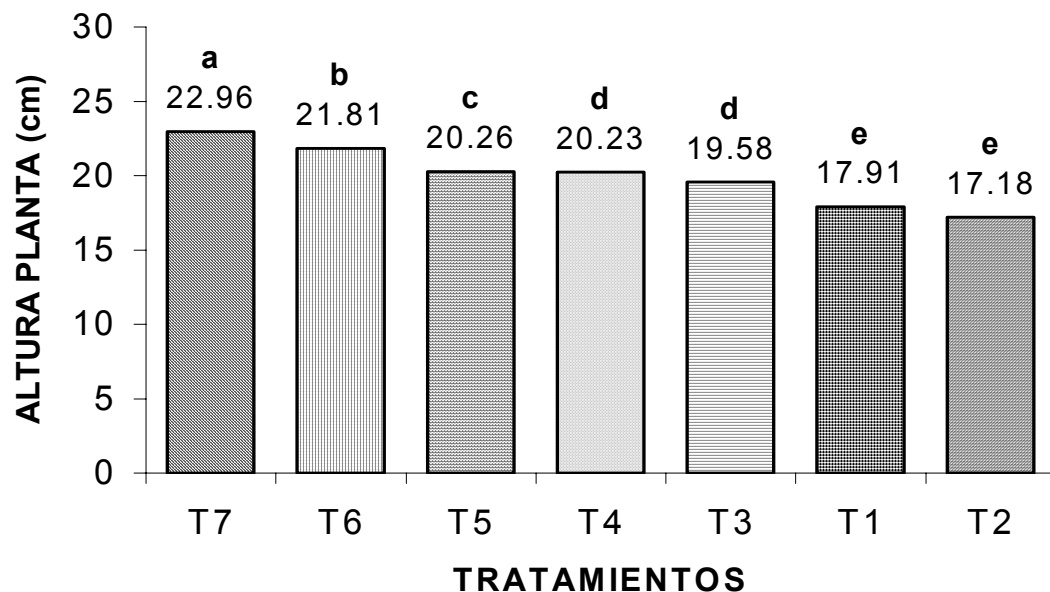


Figura 1. Comparación de la altura de planta (cm) obtenidas en los diferentes tratamientos Evaluados.

Se pudo confirmar que en las variables estudiadas, anteriormente descritas, al utilizar tubetes de polipropileno, los sustratos bagazo de caña, cascarilla de arroz y arena a los cuales se les suministró la Solución Nutritiva de California (T7 y T6), fueron los que presentaron mayor promedio de crecimiento, mayor número de pares de hojas y mejor biomasa radicular, debido a que la solución aplicada es complementaria a las necesidades de la planta en etapa de crecimiento. Además los sustratos inertes utilizados facilitan la absorción de nutrientes, pues éstos se encuentran disponibles para la planta, al momento de

requerirlos, resultando plantas vigorosas y sanas, con aceptable cantidad de biomasa radicular, lo cual favorece al momento del transplante a campo definitivo.

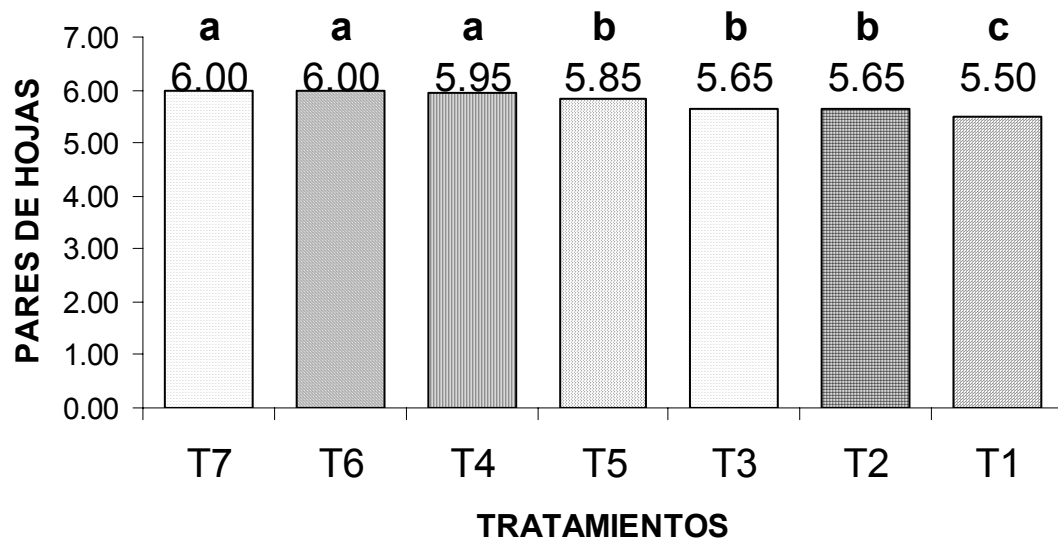


Figura 2. Promedio de pares hojas / planta obtenido por tratamientos evaluados.

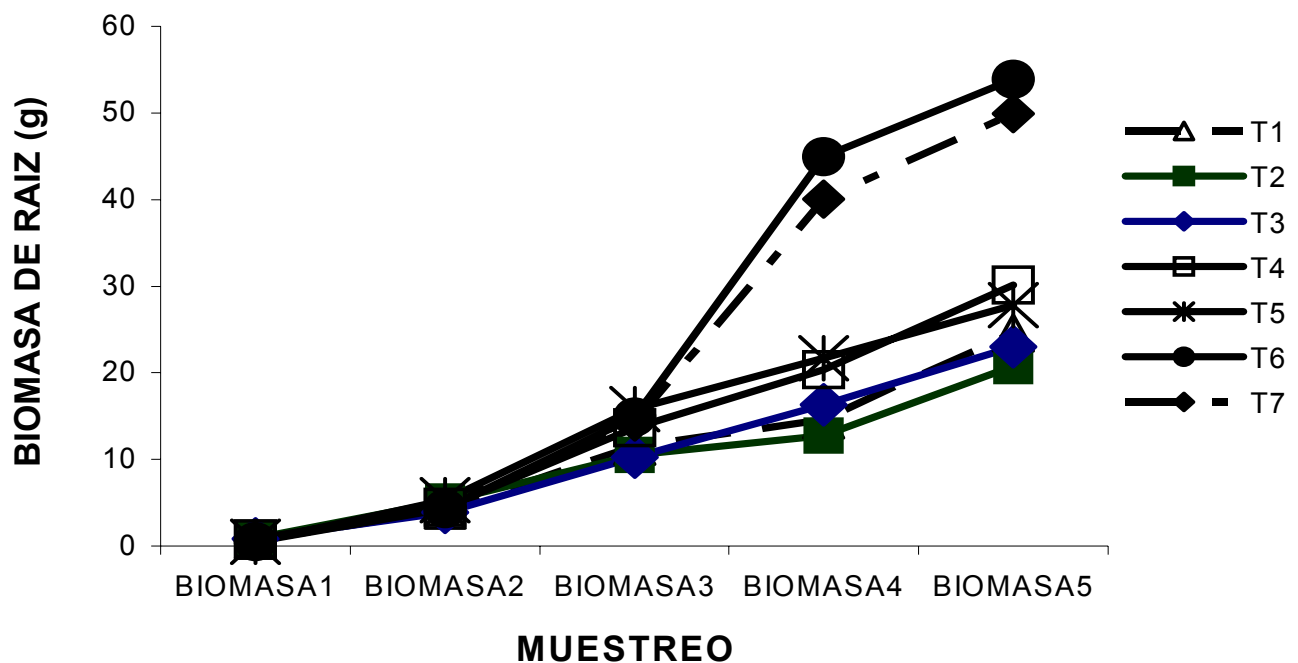


Figura 3. Comparación del desarrollo radicular (biomasa) producida por los tratamientos evaluados durante el transcurso del experimento.

Se puede observar que lo que respecta a las relación biomasa foliar / biomasa de raíz, osciló desde 1.07 a 1.19 para todos los tratamientos, destacando los tratamientos T6 (1.12) y T7 (1.17). las cuales fueron favorecidos por la aplicación de la solución de California, esto permite que al momento del transplante a campo definitivo, se de un mejor anclaje y pegue de las plántulas (Figura 4).

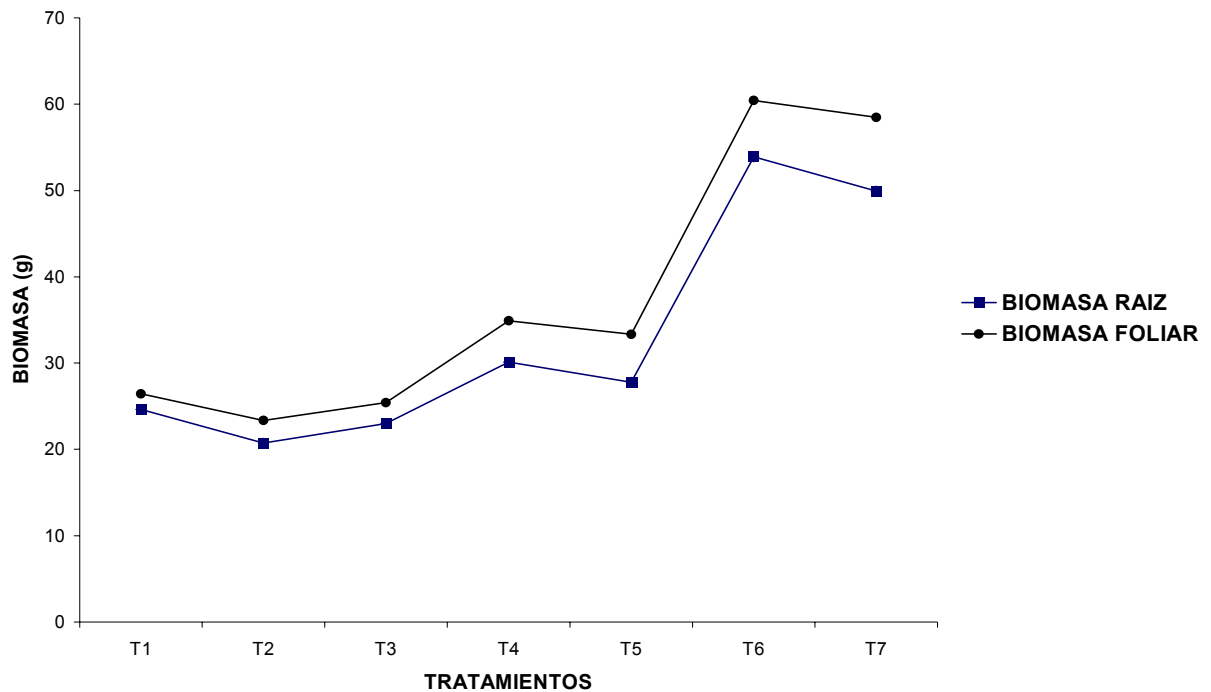


Figura 4. Comparación de desarrollo foliar (biomasa)/radicular producida por los tratamientos evaluados al final del experimento.

7.2 CURVAS DE ABSORCIÓN EN EL AREA FOLIAR

A partir de los datos de absorción obtenidos de los análisis foliares se elaboraron las curvas de absorción para los elementos mayores. Estos se presentan a continuación para nitrógeno, fósforo y potasio.

7.2.1 NITROGENO

El contenido de nitrógeno observado en el follaje varió entre tratamientos en cada uno de los muestreos realizados. Dicha variación puede deberse al contenido de nitrógeno que aporta cada uno de los sustratos utilizados conforme los mismos fueron degradándose y liberando los elementos nutritivos (Figura 5).

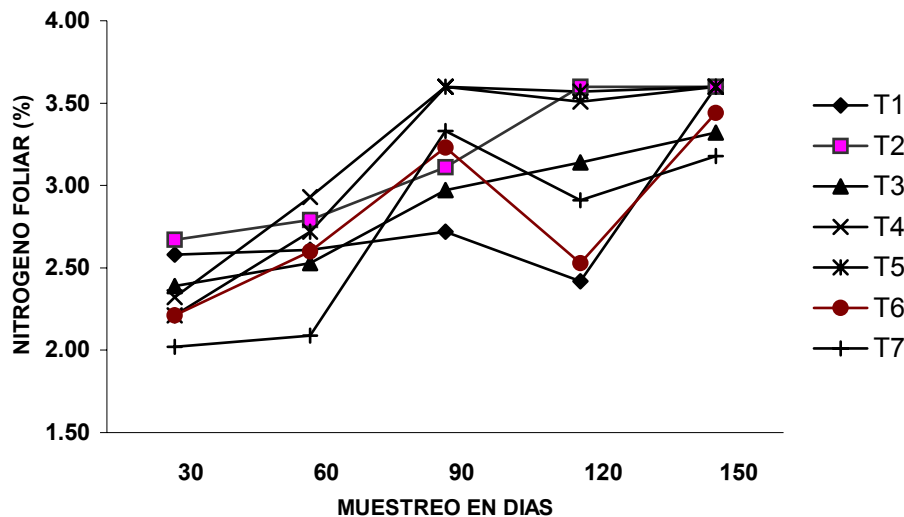


Figura 5. Curvas de concentración de Nitrógeno para los diferentes tratamientos evaluados.

Así pues, en el caso del T1 (suelo, pulpa y estiércol), es a los 150 días que se observa un claro incremento; sin duda debido al aporte de nitrógeno del sustrato; pues al observar el contenido de nitrógeno en los muestreos anteriores este se mantuvo por debajo, el T2 (suelo, arena, pulpa y hojarasca) muestra una curva con incrementos sostenidos en el contenido de nitrógeno foliar en los primeros 120 días, estabilizándose entre los 120 y 150 días y el T4 (suelo, arena, pulpa, estiércol y hojarasca) que mostró incrementos en el contenido de nitrógeno durante 90 días, que fue cuando estabilizó y por otra parte se puede observar los tratamientos 6 y 7 (cascarilla de arroz, arena y bagazo de caña), en los primeros 60 días no muestran los mismos incrementos que los demás sustratos debido a que son sustratos inertes y no hay aporte de nitrógeno en forma natural, están sujetos a la aplicación, al final del muestreo están en el rango de los demás sustratos.

7.2.2 FOSFORO

La absorción de Fósforo en el follaje fue distinta durante el primer muestreo, sin embargo, este fue igual para todos los tratamientos a partir de los 60 días, en los siete sustratos, esto debido a la fenología de la plántula, donde el fósforo únicamente es requerido para desarrollo radicular y biomasa (Figura 6).

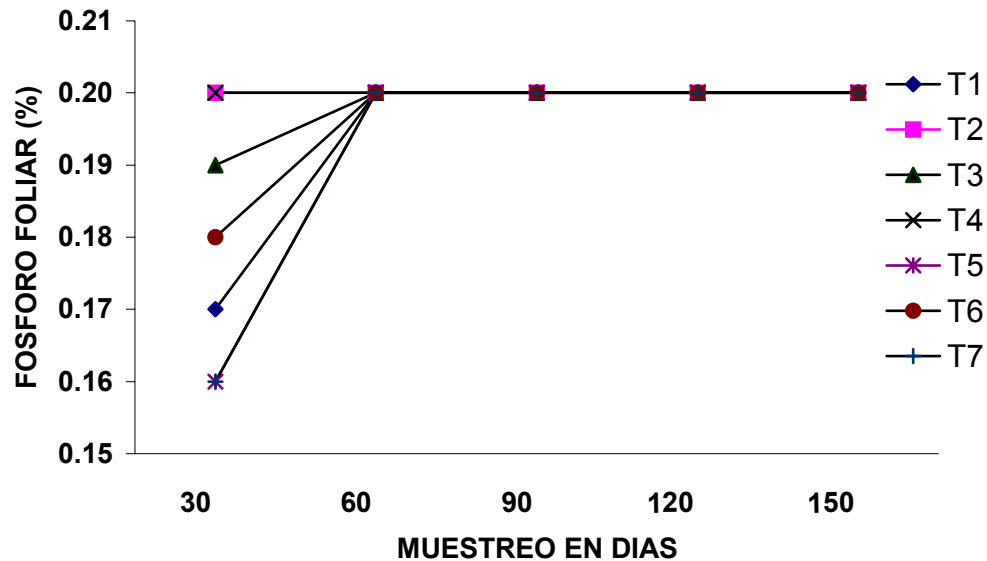


Figura 6. Curvas de concentración de Fósforo para los tratamientos evaluados.

7.2.3 POTASIO

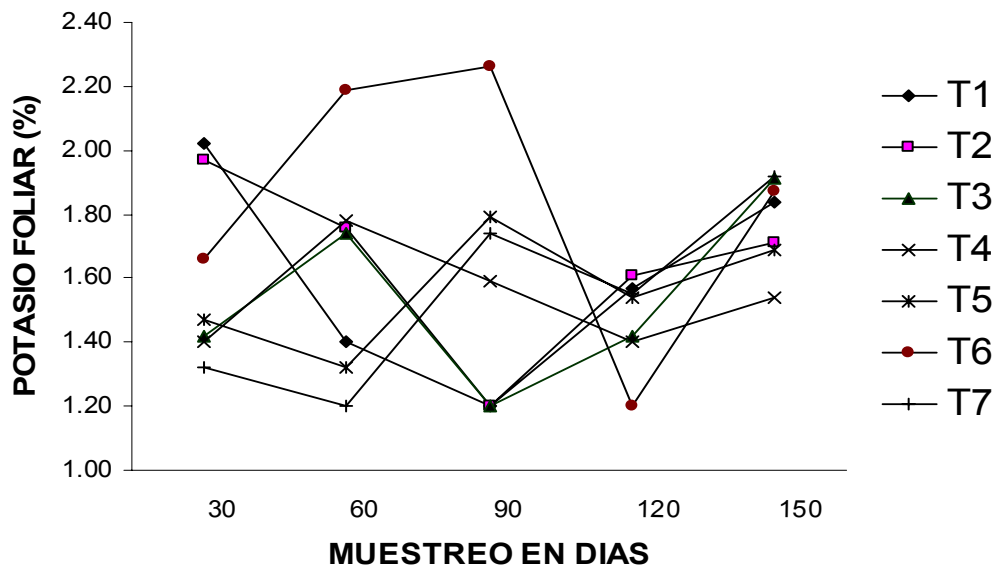


Figura 7. Curvas de concentración de Potasio para los tratamientos evaluados.

Al analizar la Figura 7, el comportamiento del % de Potasio en el follaje de las plántulas de café fue distinto entre los siete tratamientos evaluados, aunque en el muestreo final (150 días), los tratamientos T6 y T7 son los que mayor contenido de Potasio obtuvieron al final del experimento.

7.3 PREDICCIÓN DEL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA PLANTA

Con el afán de elaborar modelos predictivos del contenido de los elementos mayores (nitrógeno, fósforo y potasio), se estudió el contenido de cada nutriente respecto al tiempo, ajustando distintos modelos de regresión para tal efecto. Para el caso del contenido de nitrógeno, la mejor descripción la presentó el modelo logarítmico, esto debido a que es uno de los elementos que mayor demanda tiene en las etapas iniciales de crecimiento vegetativo para la formación de tejidos; comportamiento similar es mostrado por los otros nutrientes. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis de Regresión de los sustratos evaluados

TRATAMIENTO	MODELO	R ²
Nitrogeno	$Y = 0.7505 \ln(T) + 0.1886$	0.8822
Fosforo	$Y = 0.02 \ln(T) + 0.1116$	0.6572
Potasio	$Y = 4E-06(T^2 + 0.0057T + 1.152)$	0.7387

i) **T tiempo**

En el caso del fósforo el modelo que mejor ajuste presentó fue el logarítmico, mientras que para el caso del potasio se ajustó un modelo polinómico de segundo grado, debido a que la demanda de dicho nutriente es relativamente menor respecto a nitrógeno y fósforo en las primeras etapas de crecimiento; no por esto es menos importante. Esto puede visualizarse a continuación en las figuras 8 a 10.

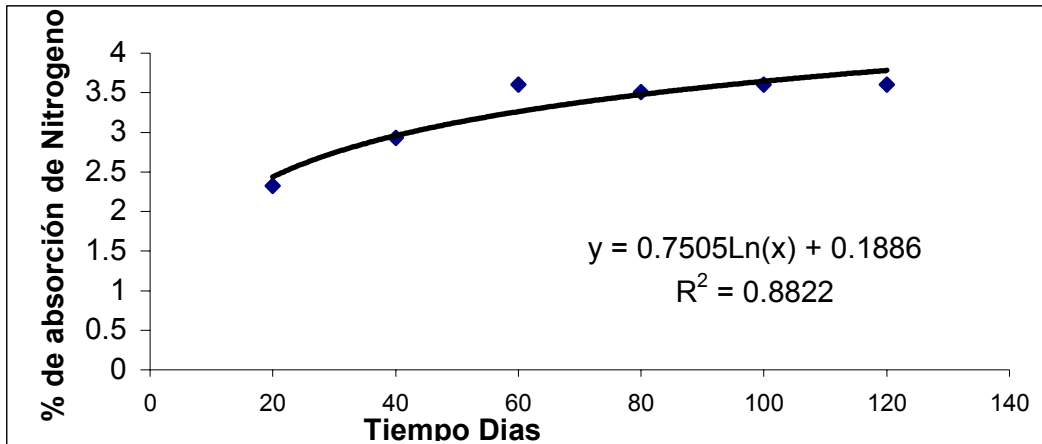


Figura 8. Análisis de regresión de Nitrógeno T4

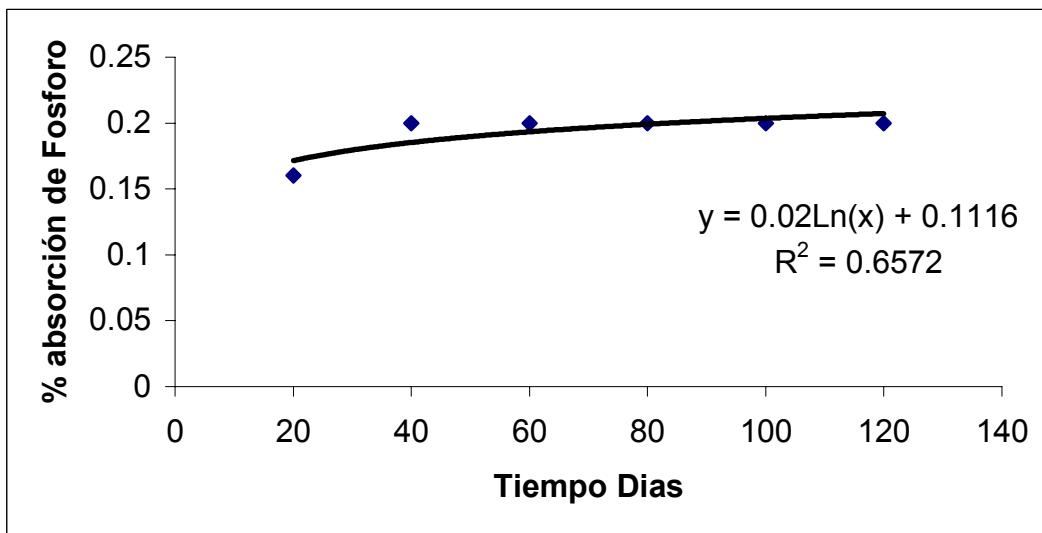


Figura 9. Análisis de regresión de Fósforo T5

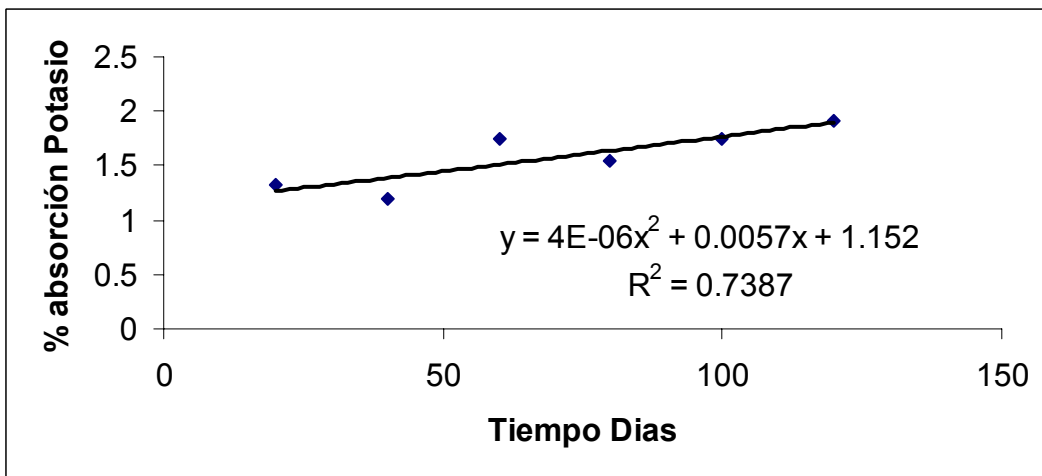


Figura 10. Análisis de regresión de potasio T7

7.4 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS

Se contabilizó los costos para la producción de 1,000 plantas de café Catuai, comparando el tratamiento T1 (proceso de producción tradicional de la finca), versus los tratamientos T6 y T7, que son los que utilizaron la solución nutritiva universal de California. Esto puede observarse con mayor detalle en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados.

RUBRO	TRATAMIENTO	
	T6 y T7	T1
TUBETES ¹	Q. 80.00	Q. 80.00
SOLUCION NUTRITIVA	Q. 70.00	----
FERTILIZANTE	----	Q. 550.00
MANO DE OBRA	Q. 500.00	Q. 150.00
SUSTRATO	Q. 50.00	Q. 50.00
MEZCLA – LLENADO TUBETES	Q. 100.00	Q. 100.00
TOTAL	Q. 800.00	Q. 930.00

Como se puede observar, los sustratos en los que se utilizó la solución nutritiva de California (T6 y T7), el producir 1,000 plantas tiene un costo de Q. 800.00 (Q. 0.80 / planta), mientras que con el método tradicional de la finca (T1), el costo de producción asciende a Q. 930.00 para las mismas 1,000 plantas (Q. 0.93 / planta), lo cual denota una clara reducción en los costos de Q. 0.13 / planta. Las plántulas producidas con el sistema de tubete, están listas para ser comercializadas 6 meses después de haberlas transplantado a los mismos, alcanzando en la actualidad un precio unitario promedio de Q. 1.25, basados en estos datos, se procedió a calcular la rentabilidad de las alternativas de producción de plántula de café evaluadas.

¹ En Guatemala, cuestan Q. 560.00 / 1,000 tubetes; los cuales tienen una vida media de 7 años (entre 5 y 9 años), por lo cual su costo es dividido dentro de 7 para calcular la depreciación de este material.

Cuadro 8. Cálculo de la rentabilidad de los tratamientos evaluados.

	TRATAMIENTO	
	T6 y T7	T1
A. BENEFICIOS BRUTOS (1000 * Q. 1.25)	Q. 1,250.00	Q. 1,250.00
B. VALOR DE LA INVERSIÓN (COSTOS)	Q. 800.00	Q. 930.00
C. BENEFICIO NETO (A – B)	Q. 450.00	Q. 320.00
RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN (%)	156.25	134.41

El cuadro anterior muestra que la producción de plántulas de café utilizando la Solución Nutritiva de California y la Fertilización disuelta tradicional de la finca Monte María son ambas rentables, sin embargo es preferible la opción proporcionada por los tratamientos T6 y T7 (Solución nutritiva de California), por dejar un mayor margen de ganancia, necesitar una menor inversión inicial (Q. 130.00 menos que la de la fertilización disuelta) y una mayor rentabilidad.

8. CONCLUSIONES

- 8.1 Para las variables biomasa de raíces, número de pares de hojas y altura de planta; los tratamientos T6 y T7 (cascarilla de arroz, arena y bagazo), fueron mejor estadísticamente, por lo tanto se rechaza la hipótesis de que el sustrato utilizado en la finca Monte María, es el que produce mejor relación biomasa raíz / biomasa foliar.
- 8.2 En lo que a contenido de Nitrógeno foliar se refiere, los sustratos que más absorbieron fueron T4 y T5. El contenido de Fósforo foliar fue similar en todos los tratamientos a partir del segundo muestreo. Los que mayor contenido de Potasio obtuvieron fueron T6 y T7 (cascarilla de arroz, arena y bagazo), por lo tanto se rechaza la hipótesis que la absorción de N, P y K sería igual para todos los sustratos evaluados.
- 8.3 Los sustratos a los cuales se les suministró la solución nutritiva universal de California son los que mayor rentabilidad presentan (156.25 %), por lo tanto se rechaza la hipótesis de que el sustrato se utiliza en la finca Monte María, era el que presentaba la mejor rentabilidad.

9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Se recomienda, utilizar a escala comercial la producción de plántulas de café en tubete, utilizando los sustratos T6 ó T7 (cascarilla de arroz, arena y bagazo), fertilizados con la solución nutritiva de California.
- 9.2 Se recomienda, evaluar en otras variedades comerciales de café, empleando la técnica de tubete, utilizando los sustratos T6 ó T7 (cascarilla de arroz, arena y bagazo), fertilizados con la solución nutritiva de California.
- 9.3 Realizar estudios de adaptación y desarrollo de las plántulas de café producidas en este sistema en campo definitivo.
- 9.4 Evaluar otras soluciones nutritivas que se utilicen en cultivos hidropónicos utilizando los sustratos T6 ó T7 (cascarilla de arroz, arena y bagazo).

10. BIBLIOGRAFÍA

1. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 1998. Manual de caficultura. 3 ed. Guatemala. 318 p.
2. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2001. 45B valor, volumen, precios medios de las principales exportaciones. Guatemala. Consultado 14 nov. 2001. Disponible en <http://infoguat.Guatemala.org/quetzalnet/fundesa/infogual/Mid%20Year%20Exports.Html>
3. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación sobre la Caña de Azúcar, GT). 1996. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala, Ingeniería del Campo. Guatemala. 214 p.
4. Coronado Argueta, H. 2000. Evaluación del sistema de propagación de tubetes, en café (*Coffea arabica* L.), con dos sistemas comerciales, en Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 65 p.
5. Coste, R. 1968. El café. Barcelona, España, Editorial Pirámide 250 p.
6. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
7. IGM (Instituto Geográfico Militar, GT). 1987. Mapa topográfico de Guatemala, hoja cartográfica Alotenango, no. 2059 III. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
8. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2003. IV censo nacional agropecuario. Guatemala. tomo 3. Consultado 14 nov. 2004. Disponible en www.ine.gob.gt.
9. Murcia, H. 1978. Administración de empresas asociativas de producción agropecuaria. San José, Costa Rica, IICA. 232 p. (Serie de Libros y Materiales Educativos no. 36).
10. Obiols, R. 1975. Mapa climático preliminar de la república de Guatemala; según sistema Thorntwaite. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:1,000,000.
11. Penningsfeld, FY; Kurzmann, P. 1975. Cultivos hidropónicos y en turba. Madrid, España, Mundirensa. 345 p.
12. PROCAFE (Fundación Salvadoreña para la Investigación de café). Producción de viveros de café en tubetes o conos maceteros. San Salvador, El Salvador, 3(7):3 p.

13. PROCAFE (Fundación Salvadoreña para la Investigación de café. 1998. Avance Técnico, recomendaciones para establecer vivero de café en tubetes. 10 p.
14. Sánchez del Castillo, F; Escalante R, E. 1988. Hidroponía, principios y métodos de cultivo. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 191 p.
15. Saravia, M. 1990. Cultivos tradicionales de exportación, Guatemala. Universidad Rafael Landívar. Programa de Fortalecimiento y Apoyo a las Sedes Regionales. 65 p.
16. Simmons, CH; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala. 1000 p.
17. Situn, M. 1996. Guía para el análisis económico de resultados experimentales. Boletín Informativo GUA no. 2:1-12.
18. Solano Divas, EE. 1999 Evaluación de proporciones de pulpa de café y suelo y niveles de nitrógeno en la producción de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) en almácigo, Santa Rosa de Lima, Santa Rosa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 47 p.
19. Véliz Vargas. 1999. Almácigo en tubetes, tecnología moderna para café. Revista Agricultura 2(16):16-94.

11. APENDICE

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable Altura de plantas en cada uno de los sustratos evaluados.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumatorias de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	Pr > F
Bloque	19	129.5642	6.8191		
Tratamiento	6	492.6448	82.1074	13.45	0.0001 **
Error experimental	114	696.1722	6.1068	--	--
Total	139	28.4000	--	--	--

Coefficiente de variación = 12.36 %

Cuadro 10. Prueba de medias de Tukey a un nivel crítico del 5 % ($\alpha = 0.05$) para los distintos sustratos evaluados.

TRATAMIENTO	Media de altura (cm)	Grupo TUKEY
T7	22.96	A
T6	21.81	B
T5	20.26	C
T4	20.23	D
T3	19.58	D
T1	17.91	E
T2	17.18	E

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable pares de hojas por planta de los distintos tratamientos evaluados para la producción de plántulas de café Catuaí en tubete.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumatorias de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	Pr > F
Bloque	19	4.1143	0.8000		
Tratamiento	6	4.8000	0.2165	4.68	0.0003 **
Error experimental	114	19.4857	0.1709	--	--
Total	139	28.4000	--	--	--

Coefficiente de variación = 7.13 %

Cuadro 12. Prueba de medias de Tukey a un nivel crítico del 5 % ($\alpha = 0.05$) para los distintos sustratos evaluados en la variable pares de hojas por planta.

TRATAMIENTO	Media de pares de hojas / planta	Grupo TUKEY
T7	6.00	A
T6	6.00	A
T4	5.95	A
T5	5.85	B
T3	5.65	B
T2	5.65	B
T1	5.50	C

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable Biomasa de Raíz en cada uno de los sustratos evaluados.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumatorias de Cuadrados	Cuadrados Medios	F calculada	Pr > F
Bloque	3	0.9166	0.3055	0.23	0.875
Tratamiento	6	4317.88	719.647	539.11	0.0001 **
Error experimental	18	24.027	1.334	--	--
Total	27	4342.827	--	--	--

Coefficiente de variación = 3.51%

Cuadro 14. Prueba de medias de Tukey a un nivel crítico del 5 % ($\alpha = 0.05$) de los distintos sustratos evaluados para la variable biomasa de raíces al final del experimento.

TRATAMIENTO	MEDIA DE BIOMASA DE RAICES (g)	Grupo TUKEY
T6	53.9000	A
T7	49.9325	B
T4	30.1250	C
T5	27.8000	C
T1	24.6175	D
T3	22.9815	D
T2	20.7475	E

