

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

INFLUENCIA DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS SOBRE LA EMERGENCIA
DE PLÁNTULAS DE CAFÉ EN TUBETES; SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA

TESIS DE GRADO

LESTER ANIBAL FRANCO CADENAS

CARNET 20625-09

JUTIAPA, NOVIEMBRE DE 2015
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

INFLUENCIA DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS SOBRE LA EMERGENCIA
DE PLÁNTULAS DE CAFÉ EN TUBETES; SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
LESTER ANIBAL FRANCO CADENAS

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS EN EL GRADO ACADÉMICO
DE LICENCIADO

JUTIAPA, NOVIEMBRE DE 2015
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

LIC. NORMAN GILBERTO VIRGILL MARMOL

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA
MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN
MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

Guatemala, 09 de Octubre de 2015.

Honorable Consejo de
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Lester Anibal Franco Cadenas, que se identifica con carné 2062509, titulado **"INFLUENCIA DE CUATRO SUSTRATOS ALTERNATIVOS SOBRE LA EMERGENCIA DE PLANTULAS DE CAFÉ EN TUBETES; SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA"**

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. Norman Gilberto Virgill Marmol.
Colegiado No. 3993

Norman Gilberto Virgill Marmol
INGENIERO AGRÓNOMO
COL. No. 3993



Universidad
Rafael Landívar

Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06392-2015

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante LESTER ANIBAL FRANCO CADENAS, Carnet 20625-09 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS, de la Sede de Jutiapa, que consta en el Acta No. 06143-2015 de fecha 3 de noviembre de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

INFLUENCIA DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS SOBRE LA EMERGENCIA
DE PLÁNTULAS DE CAFÉ EN TUBETES, SANTA CRUZ NARANJU, SANTA RUSA

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 5 días del mes de noviembre del año 2015.



ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios por su amor y su bondad al regalarme vida e Inteligencia para poder alcanzar esta meta.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación académica y profesional.

A mis padres Aníbal de Jesús Franco Lima y sairy Cadenas Mejía por su apoyo

Incondicional durante esta etapa de mi vida.

Ing. José Manuel Benavente Mejía, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Ing. Julio Roberto García Morán, por su apoyo, asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Ing. Luis Moisés Peñate Munguía por su apoyo, asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

DEDICATORIA

A:

Dios: Padre bueno que me ama, bendice y me da la sabiduría para enfrentarme a todos los retos de mi vida y especialmente para culminar mi carrera.

Mis padres: Aníbal de Jesús Franco Lima y Sairy Cadenas Mejía quienes quiero mucho, por su comprensión, amor y consejos, que formaron en mí una persona con valores.

Mi Esposa e hijos: Andrea Monterroso; Sebastián Franco y Andrea Valentina Franco

Mis hermanos: Saira Mariel Franco y Daniel Franco por su comprensión y apoyo en el transcurso de la carrera.

Mi familia: Mamita Meli, Mamita mela; tíos: Evu, Albita, Leonel, Gelbert, Lisa, Ruthi, Delmí, Obdulio, Susana y muy en especial a mis queridos primos Moisés, Danilo que de una u otra forma han contribuido en mi formación.

INDICE

RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	3
2.1 HISTORIA DE LA PRODUCCION DE CAFÉ EN GUATEMALA.....	3
2.2 DESCRIPCION Y ORIGEN DEL CAFÉ.....	4
2.3 MORFOLOGIA.....	4
2.4 IMPORTANCIA ECONOMICA DEL CAFE	5
2.5 SUSTRATOS.....	5
2.5.1 Características del sustrato para el cultivo de café	5
2.6 TIPOS DE SUSTRATOS.....	7
2.6.1 Turbas	7
2.6.2 Suelo y materia orgánica	7
2.6.3 Vermiculita	7
2.6.4 Perlita	8
2.6.5 Arena.....	8
2.6.6 Aserrín	8
2.6.7 Fibra de coco	9
2.7 TRATAMIENTOS DE DESINFECCION PARAR SUSTRATOS.....	9
2.8 PASOS PARA CONSTRUIR UN VIVERO DE TUBETES	9
2.8.1 Construcción de Ramada para aporte de sombra.....	9
2.8.2 Llenado de tubetes	10
2.8.3 Colocación de tubetes	11
2.8.4 Época para la siembra	11

2.8.5 Instalación del mulch	11
2.8.6 Riego	11
2.8.7 Fertilización.....	12
2.8.8 Eliminación de malezas	12
2.8.9 Control Fitosanitario.....	13
2.9 EL USO DEL TUBETE EN SEMILLEROS DE CAFÉ	13
2.10 SEMILLEROS, SELECCIÓN Y PREPARACION DE LA SEMILLA.....	13
III. JUSTIFICACION.....	15
3.1 DEFINICION DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION DEL TRABAJO.....	15
IV. OBJETIVOS.....	18
4.1 OBJETIVO GENERAL	18
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	18
V. HIPÓTESIS.....	19
5.1 HIPOTESIS ALTERNA.....	19
VI. METODOLOGIA.....	20
6.1. LOCALIZACION DEL TRABAJO.....	20
6.2.1 Plantas de café.....	20
6.2.2 Tubetes.....	21
6.2.3 Sustratos.....	21
6.3. DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS.....	21
6.5 MODELO ESTADISTICO.....	22
6.6 UNIDAD EXPERIMENTAL.....	22
6.7 CROQUIS	23
6.8 MANEJO DEL EXPERIMENTO	23
6.8.1 Preparación de sustrato.....	23

6.8.2 Marcado y señalización de los tratamientos.....	23
6.8.3 Siembra de semillas.....	23
6.8.4 Control de plagas y enfermedades	24
6.8.5 Riego	24
6.9 VARIABLES DE RESPUESTA A EVALUAR.....	24
6.10 ANALISIS ESTADISTICOS.....	25
VII. RESULTADOS Y DISCUSION	26
7.1 DESARROLLO VEGETATIVO	26
7.1.1 Peso fresco de raíces.....	26
7.1.2 Longitud de raíces.....	30
7.1.3 Tamaño de hojas	31
7.2 SEMILLAS GERMINADAS.....	33
VIII.CONCLUSION.....	35
IX. RECOMENDACIONES.....	36
X. BIBLIOGRAFÍA.....	38
XI. ANEXOS.....	38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Clasificación taxonómica del cultivo de café.....	21
Cuadro 2.	Descripción de los tratamientos evaluados.....	21
Cuadro 3.	Análisis de varianza y coeficiente de variación.....	25
Cuadro 4.	Análisis de prueba múltiple de medias de Tukey al 1%.....	25
Cuadro 5.	Análisis de prueba múltiple de medias Tukey al 1% para los bloques.....	26
Cuadro 6.	Análisis de varianza y coeficiente de variación.....	27
Cuadro 7.	Análisis de prueba múltiple de medias de Tukey al 1%.....	27
Cuadro 8.	Análisis de varianza para tamaño de hojas en tratamientos.....	28
Cuadro 9.	Análisis de prueba múltiple de medias de Tukey al 1%.....	29
Cuadro 10.	Análisis de varianza para la variable de semillas emergidas.....	30
Cuadro 11.	Análisis de presupuestos parciales por tratamiento.....	31
Cuadro 12.	Beneficio bruto, costos que varían y beneficio neto de tratamientos.....	31
Cuadro 13.	Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de campo de la evaluación.....	23
Figura 2. Costos de los tratamientos evaluados.....	32
Figura 3. Sustratos utilizados en la evaluación.....	38
Figura 3. Llenado de tubetes con el sustrato	38
Figura 4. Colocación de tubetes.....	39
Figura 5. Tubete colocado en bloques	39
Figura 6. Colocación de semilla a 2 (cms) de profundidad.....	40
Figura 7. Siembra de semilla.....	40
Figura 8. Colocación de Rótulos.....	41
Figura 9. Germinación y Emergencia.....	41
Figura 10. Emergencia y sus primeras hojas verdaderas.....	42

INFLUENCIA DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS SOBRE LA EMERGENCIA DE PLÁNTULAS DE CAFÉ EN TUBETES; SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA

RESUMEN

El presente trabajo de evaluación se realizó en la aldea Agua blanca, municipio de Santa Cruz Naranjo, perteneciente al departamento de Santa Rosa. El objetivo principal fue determinar el sustrato más eficiente para aumentar la vigorosidad de plántulas de café (*Coffea arabica*) variedad Catuaí utilizando la técnica de tubete. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron cuatro mezclas de sustratos, conformadas por suelo, arena Amarilla, pulpa de café, gallinaza seca y hojarasca de café descompuesta en diferentes proporciones, comparadas con un testigo conformado por 50% suelo y 50% de arena amarilla. Las variables medidas fueron: biomasa de raíces, longitud de raíz, tamaño de hojas y cantidad de semillas emergidas. Con base en el Análisis de Varianza y prueba de medias de Tukey efectuados a las variables se determinó que el mejor tratamiento para incrementar la vigorosidad de plántulas de café en tubetes fue el tratamiento compuesto por 30% de suelo, 20% de arena amarilla, 20% de pulpa de café, 10% de gallinaza (estiércol) y 20% de hojarasca. En el aspecto económico, el tratamiento que presentó el menor costo para su elaboración fue el testigo, ya que contenía los materiales con el menor costo por 100,000 tubetes.

EVALUATION OF SUBSTRATES FOR THE PROPAGATION OF COFFEE IN TUBETE IN SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA

SUMMARY:

The present work evaluation realized in village Agua Blanca, municipality of Santa Cruz Naranjo, pertaining to the department of Santa Rosa. The main objective was to determine the most efficient substrate to increase the vigor of coffee seedlings (*Coffea arabica*.) variety Catuaí using the technique of tubete. The experimental design was used in randomized blocks with five treatments and four repetitions. The treatments were four pools of substrates, formed by soil, yellow sand, coffee pulp, dried poultry manure and litter of broken coffee in different proportions compared to a control consisting of 50% soil 50% yellow sand. The measured variables were: root biomass, root length, leaf size and number of emerged seeds. Based on the analysis of variance and Tukey test made to the variables it was determined that the best treatment to increase seedling vigor tubetes coffee in the compound treatment was 30% soil, 20% of yellow sand, 20 % coffee pulp, 10% of chicken manure (manure) and 20% of litter. On the economic side, the treatment had the lowest cost for processing was the check, as it contained materials with the lowest cost per 100,000 tubetes.

I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala crecen más de 800 millones de cafetos, los cuales están diseminados en 262,500 hectáreas de terreno. A su vez, estas plantas de café reciben la sombra que proporcionan cerca de 38 millones de árboles de especies tales como el caspirol, el cuje, el cuchín, etc. Este gigantesco bosque artificial diariamente vierte a la atmósfera la cantidad de 5 millones de toneladas de oxígeno. Los cafés que se producen en Guatemala se clasifican como "Arábigos Lavados", Colombia es el principal productor del grupo con cerca del 35%. El segundo productor dentro del grupo es México con el 12%. El tercer lugar corresponde a Guatemala con cerca de 9%. Otros países que están mostrando mayor dinamismo en su crecimiento (ANACAFE, 2006).

Guatemala produce café en todos sus departamentos siendo las mayores áreas productoras los departamentos de San Marcos, Santa Rosa, Quetzaltenango, Suchitepéquez, Guatemala, Huehuetenango y Chimaltenango, en los que además se concentra el mayor porcentaje de producción de tipos de café de altura (del semiduro al estrictamente duro). El tipo de café depende principalmente de la altura y el clima donde se esté la plantación. La producción guatemalteca abarca una amplia gama de tipos de café. Las zonas productoras se encuentran localizadas a diferentes alturas sobre el nivel del mar y tienen climas diversos. Todos sus departamentos, tienen diferentes características por la altitud, tipo de suelo, temperatura, nubosidad y régimen de la región donde se cultivan. Esto afecta las características del grano de café en tamaño, estructura y consistencia, causando calidades que además de ser distintas, son diferenciables entre sí (ANACAFE, 2006).

Para tener plantas con mejores características morfológicas y fisiológicas es recomendable realizar técnicas culturales desde el vivero como: seleccionar el tipo de sustrato, la bolsa o envase a utilizar, la procedencia de la semilla y el manejo adecuado del riego. La calidad de los sustratos es un elemento que se debe tener en cuenta a la hora de preparar el cultivo (PEÑUELAS Y OCAÑA ,2000).

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 en la finca (Martínez, 2005).

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de cuatro sustratos sobre la germinación de las semillas en tubetes, porque 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 arábica L.*), en etapa de vivero, con el objeto de producir plantaciones vigorosas, uniformes y disminuir la contaminación ambiental.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 HISTORIA DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN GUATEMALA

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 12o y 16o 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 (ANACAFE 1998).

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 (ANACAFE 1998).

En Guatemala la producción de café (*Coffea arábica*), 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.

2.2 DESCRIPCIÓN Y ORIGEN DEL CAFÉ

El árbol de café tiene su centro de origen en la lejana Abisinia (en la geografía actual Etiopía), en el oriente de África. En el mundo sobresalen por su importancia comercial, la especie de los cafés arábigos y los de los cafés robustos. La primera especie abarca casi las tres cuartas partes de la producción mundial y se cultiva principalmente en Centro y Sur de América. El cafeto es probablemente originario de la provincia de Kafa, en Etiopía, pero la cuestión no está resuelta completamente (Pendergrast, 2001)

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cultivo de Café.

CATEGORIAS TAXONÓMICAS	DEFINICIÓN POR CATEGORÍA
REINO	VEGETAL
DIVISIÓN	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	MAGNOLIOPSIDA
SUBCLASE	ASTERIDAE
ORDEN	RUBIALES
FAMILIA	RUBIACEA
GENERO	COFFEA
ESPECIE	ARABICA L.

(ANACAFE, 2006).

2.3 MORFOLOGÍA

La planta de café tiene un solo eje, en cuyo extremo hay una zona de crecimiento activo que alarga el tallo, formando nudos y entrenudos. Las ramas laterales se alargan y la parte superior del eje vertical continúa creciendo, así se producen nuevas ramas en diversos ángulos y la planta adquiere forma cónica.

El eje central o rama orto trópica crece verticalmente, sólo produce yemas vegetativas. Las ramas laterales o plagio trópicas, llamadas “bandolas” son las ramas primarias y dan origen a ramas secundarias o de segundo orden, de las que a su vez pueden salir ramillas terciarias. Las ramas secundarias y terciarias, constituyen lo que se conoce como palmilla de café (ANACAFE, 2006).

2.4 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CAFÉ

Las exportaciones de café arábigo de Guatemala crecieron 6.02% en la recién concluida temporada que inició en octubre de 2010 y terminó en septiembre de 2011, en comparación con el mismo periodo anterior, según informó la Asociación Nacional del Café (Anacafé). Las ventas de la última temporada totalizaron 3 millones 652 mil 458 sacos de 60 kilogramos, cifra que supera los 3 millones 444 mil 053 millones de sacos en relación a la cosecha anterior del cultivo, precisó Anacafé en un comunicado. El organismo indica también que en setiembre de 2012, las ventas al exterior sumaron 314 mil 372 sacos de 60 kilos, 57.69% por encima a las correspondientes al mismo mes del periodo anterior del cultivo, que fueron de 199 mil 355 sacos. El informe no indica el monto de divisas generadas por el café en la recién concluida temporada. La cosecha anterior de 3.4 millones de sacos produjo ingresos por US\$690 millones (Robles, 2013).

2.5 SUSTRATOS

2.5.1 Características del sustrato para el cultivo de café

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 (Penningsfeld, F; Kurzmann, 1975.)

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 (Sánchez del Castillo, F; Escalante R, E. 1988.)

Según Canovas, Magna y Boukhalfa el mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc. Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características del medio de cultivo (Canovas, F.; Magna, J.J.; Boukhalfa, A. 1993):

a) Propiedades físicas del sustrato

El sustrato debe tener una elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible, suficiente suministro de aire, distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores, baja densidad aparente, elevada porosidad y estructura estable que impida la contracción (Urrestarazu, 1997).

b) Propiedades químicas del sustrato

El sustrato debe tener baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente, también debe tener suficiente nivel de nutrientes asimilables, baja salinidad, elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH y una mínima velocidad de descomposición (Urrestarazu, 1997).

c) Otras propiedades

El sustrato también debe estar libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas, debe tener una alta reproductividad y disponibilidad de nutrientes, bajo costo, fácil de mezclar, fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección y resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales (Urrestarazu, 1997).

2.6 TIPOS DE SUSTRATOS

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 sustratos (Penningsfeld, F; Kurzmann, 1975.)

2.6.1 Turbas

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 (Penningsfeld, F; Kurzmann, 1975.)

2.6.2 Suelo y 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. (ANACAFÉ 1998).

2.6.3 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 básico (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 (Penningsfeld, F; Kurzmann, 1975.)

2.6.4 Perlita

Es un material preparado con sílice volcánica sometida a temperatura que rondan los 1000 o C para su expansión. 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. 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. (Penningsfeld, F; Kurzmann, 1975.)

2.6.5 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. Por otra parte el uso de arena requiere un buen manejo de su granulometría con el objeto de obtener su máxima capacidad de drenaje. La esterilización entre cosechas se torna más dificultosa, 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 (Penningsfeld y Kurzmann, 1,975.)

2.6.6 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. (Penningsfeld, F; Kurzmann, 1975.)

2.6.7 Fibra de coco

La fibra de coco es un sustrato orgánico, 100% natural y renovable. La principal ventaja de los cultivos sobre fibra de coco frente a los cultivos tradicionales es el aislamiento entre planta y suelo que evita problemas de enfermedades, plagas, salinidad y estructura deficiente. Otras ventajas del cultivo sobre fibra de coco son las altas densidades de plantación que permiten maximizar rendimientos, realizar un uso más eficiente del agua y de los fertilizantes y un mayor control climatológico (Rojas, 2015).

2.7 TRATAMIENTOS DE DESINFECCIÓN PARAR SUSTRATOS

Consiste en la aplicación de Trimaton a una dosis de 10 cc/Lt de agua y aplicar 50 cc por bolsa, hacer esta aplicación 15 días antes del trasplante previo a realizar un riego profundo (Saravia, 1990).

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 plantas recién trasplantadas contra el mal del talluelo se recomienda entre otras, las aplicaciones de productos químicos con ingrediente activo como Etridiazol a razón de 1 gr/L, Tetrahidroflalimida a razón de 1.5 cc/L, Cymoxanil a razón de 1cc/L y Benomyl a razón de 1.5 cc/L, siguiendo las recomendaciones que se dan para el buen control. (Saravia, 1990).

2.8 PASOS PARA CONSTRUIR UN VIVERO DE TUBETES

2.8.1 Construcción de ramada para aporte de sombra

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 o sarán 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, construidos con materiales variados, siendo más recomendables el metal, por ofrecer mejores condiciones y durabilidad (PROCAFE, 1998).

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 1/2 pulgada de diámetro, reforzadas con travesaños unidos al marco de la cama (PROCAFE, 1998).

En cada esquina de marco se instala un caño galvanizado de 10cm. de largo y de 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 (PROCAFE, 1998).

2.8.2 Llenado de tubetes

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 (PROCAFE, 1998).

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) (PROCAFE, 1998).

2.8.3 Colocación de 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 28 cuadrícula de por medio sin tubetes y dejarlos así hasta que las plantillas alcancen el tamaño de siembra (PROCAFE, 1998).

2.8.4 Época para la siembra

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 (PROCAFE, 1998).

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 (PROCAFE, 1998).

2.8.5 Instalación 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 (PROCAFE, 1998).

2.8.6 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 aspersion

(micro aspersión), que sería lo más adecuado, puede utilizarse equipo aspersor manual con poca presión y gota fina (bomba aspersora manual) (PROCAFE, 1998).

2.8.7 Fertilización

Realizar cuatro fertilizaciones; dos con formula 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. (PROCAFE, 1998).

2.8.8 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. Sí 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 (PROCAFE, 1998).

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 planta (PROCAFE, 1998).

2.8.9 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 (PROCAFE, 1998).

2.9 EL USO DEL TUBETE EN SEMILLEROS DE CAFÉ

Los tubetes aumentan 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, además reduce la cantidad de insumos (fertilizantes, insecticidas, etc.), disminuye el tiempo necesario para producir viveros, reduce costos de transporte del vivero a la finca y dentro de la finca (un canasto de cosecha tiene capacidad para 50 tubetes), se puede producir viveros asépticos ya que el tubete (plantía) queda suspendido sin contacto con el suelo (no hay contaminación), se reduce la contaminación en el campo, ya que no quedan residuos de bolsas plásticas en el suelo, además de que no se llevan plantas contaminadas con nematodos. Por otro lado el área necesaria para los viveros en tubetes es menor que para vivero en bolsa y la inversión en la compra de tubete se ve justificada con la oportunidad de usarlo varias veces, en cambio la bolsa tradicional debe botarse (Coste, R. 1968).

2.10 SEMILLEROS, SELECCIÓN Y PREPARACIÓN 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 16 características físicas inherentes a la variedad y capacidad de producción (ANACAFÉ 1998).

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. (ANACAFÉ 1998).

En una evaluación de cinco sustratos para la producción en vivero de Palo Blanco (*Tabebuia donnell-smithii*), en Santa Catalina Alta Verapaz, se tomó en consideración el uso de materias como la pulpa de café, el suelo, gallinaza, arena y otros tipos para la producción de sustratos con el objetivo de mejorar el desarrollo de las plántulas de Palo Blanco, en la cual se recomienda utilizar el sustrato compuesto por pulpa de café, suelo y arena en diferentes proporciones para obtener el mejor rendimiento, ya que menciona que la pulpa de café fue de gran importancia para la aireación del sustrato y la arena fue un factor importante para el buen drenaje y así evitar saturaciones. Además en el caso del uso de la gallinaza, que era parte de uno de los tratamientos con resultados menos favorables al tratamiento mencionado anteriormente, la evaluación recomienda evaluar éste material (gallinaza) en otros cultivos, ya que mostraba resultados prometedores, aunque lastimosamente al final no se obtuvo lo que se esperaba. Con base en ésta evaluación, se determinó que los rangos ideales de cada material para el cultivo de Palo Blanco para formar un sustrato es de 30-50% para suelo, 15-30% para arena, 15-30% para pulpa de café y 5-25% de gallinaza, y el porcentaje a utilizar dependerá de los beneficios específicos que necesite el cultivo a producir (Tut, 2014).

III. JUSTIFICACIÓN

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Maroto, 1990).

Un sustrato óptimo está definido por la especie vegetal, las condiciones ambientales del área de producción y del costo de los materiales para su formulación. Un buen sustrato puede reconocerse por sus propiedades físicas, debe ser liviano, esponjoso y con buena capacidad de almacenar agua, químicas y se miden a través de técnicas de laboratorio utilizadas a nivel internacional y específicos para sustratos (Cánovas y Díaz, 1993).

Debido al alto costo de los sustratos importados, surge la necesidad de disponer de un material producido localmente, estable y de probada calidad e inocuidad, valiéndose para ello de subproductos de la agroindustria local, entre los cuales se encuentran la gallinaza, pulpa de café, hojarasca, suelo, arena pómez, etc. Además del alto costo de los sustratos importados, los sustratos convencionales (suelo y arena pómez en relación 1:1) utilizados para producción de plántulas de café, actualmente presentan un bajo porcentaje de emergencia, debido a que estos brindan condiciones no favorables de porosidad, aireación, humedad, temperatura para que la semilla obtenga una buena germinación y emergencia, por lo cual se hace necesario identificar una alternativa que brinde mejores condiciones a la semilla para la germinación.

Debido a la crisis que ha atravesado la caficultura en los últimos años, existe la necesidad de encontrar opciones tecnológicas eficientes y viables, para reducir costos y mejorar las condiciones de las plántulas de café (*Coffea arabica*), 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 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 práctica, y actualmente fincas como Eminencia y Escuintla, ya cuentan con un vivero de 10,000 plantas con este sistema.

En Guatemala se han realizado evaluaciones de diferentes sustratos para la producción de plántulas de café con resultados favorables, pero las mismas se han hecho empíricamente y otras no han sido publicadas; por lo cual se hace de suma importancia ésta evaluación, ya que se realizará con metodología científica y de una manera

técnica, para poder demostrar la viabilidad y validar el uso de diferentes sustratos para éste cultivo.

Para ello la evaluación consiste en el uso de sustratos con beneficios en sostener física y nutritivamente a la planta, proporcionar un buen drenaje para evitar condiciones favorables para hongos, bacterias y otros organismos que pueden perjudicar la germinación y emergencia de la semilla, pero al mismo tiempo el sustrato debe brindar una capacidad de retención de humedad adecuada, ya que en el proceso de germinación, se encuentra la etapa de imbibición de la semilla. Para el cultivo de café, uno de los puntos de mayor importancia es crear plántulas vigorosas para que al momento de la siembra al campo definitivo, la planta tenga la capacidad para adaptarse a las nuevas condiciones climáticas y edáficas. La utilización de un sustrato de mala calidad, asegura tener plantas débiles y con baja vigorosidad, lo cual repercute en un cultivo con problemas y bajos rendimientos en la etapa de producción, es por ello que se debe seleccionar minuciosamente el sustrato que se vaya a usar, lo cual se ha hecho en ésta evaluación. La base de todo sustrato preparado es la materia orgánica, los minerales que se utilizan para mejorar las propiedades físicas de los sustratos son subproductos orgánicos como la corteza, el aserrín o las compostas son una de las opciones que enriquecen un sustrato (Cánovas y Díaz, 1993).

Por lo anterior, la presente evaluación tuvo como objetivo encontrar la mejor alternativa sobre el uso de sustratos para la producción de plántulas de café en sistema de tubetes para siembra en campo definitivo y al mismo tiempo generar información a los productores de plántulas de café para incrementar la rentabilidad en la etapa inicial y también en la etapa de producción.

IV. OBJETIVOS:

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de cuatro sustratos alternativos sobre la emergencia en plántulas de Café (*Coffea arabica*), en el sistema de siembra en tubetes.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar los costos de cada tratamiento para toma de decisión en la implementación de los sustratos en un sistema productivo.

Describir el desarrollo de las plántulas de café bajo efecto de los tratamientos evaluados.

Cuantificar las semillas germinadas en plántulas de café para para cada uno de los tratamientos.

V. HIPÓTESIS

5.1 HIPOTESIS ALTERNA

Al menos uno de los cuatro tratamientos evaluados ejercerá efecto sobre el peso en biomasa radicular de la plántula de café.

Al menos uno de los cuatro tratamientos tendrá efecto sobre la longitud de raíz en las plántulas de café.

Al menos uno de los cuatro tratamientos presentará efecto sobre la longitud en el tamaño de las hojas verdaderas.

Al menos uno de los cuatro tratamientos tendrá efecto sobre el porcentaje de semillas emergidas en las plántulas de café.

VI. METODOLOGÍA

6.1. LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

La evaluación se realizó en el municipio de Santa Cruz Naranjo, es uno de los catorce Municipios del Departamento de Santa Rosa, está ubicado en el Noroeste del Departamento de Santa Rosa. Su extensión territorial es de (97) noventa y siete kilómetros cuadrados, con los siguientes límites: Al Norte, con el Municipio de Fraijanes del Departamento de Guatemala; al Sur, Barberena; al Este, Santa Rosa de Lima y Barberena y al Oeste, Barberena y el municipio de Fraijanes del departamento de Guatemala. El municipio de Santa Cruz Naranjo se localiza en el departamento de Santa Rosa en la región sur-oriente del país y a una distancia de 68.7 kilómetros de la ciudad capital por la carretera Interamericana CA- 1 asfaltada. La topografía del municipio es irregular, pues registra alturas que van desde los 900 hasta los 1350 msnm. La cabecera está en las márgenes del Río Agua Blanca. Frente a la municipalidad en el parque se encuentra a 1,175 msnm, latitud Norte 14°23'06", longitud Oeste 90°22'15" (INE, 2002).

6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

6.2.1 Plantas de café

Para la evaluación se utilizó la variedad Catuai, que 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 Catuai al país se realizaron alrededor de 1,970. Las hojas nuevas o brotes son de color verde, las hojas adultas tienen una forma redondeada. Se adapta muy bien a rangos de altitud entre 600 a 1,200 msnm en la Boca Costa y de 1,200 a 1,800 msnm, en la zona central oriental y norte del país. Es una variedad que necesita de un buen programa de manejo especialmente en fertilización (Anacafé 2006).

6.2.2 Tubetes

Los tubetes utilizados en la evaluación fueron de material plástico de polipropileno color negro grisáceo, de 13 cm de altura y 150 cc de capacidad, con estrías internas a lo largo del tubo y abierto en la parte inferior, el peso de los tubetes es de 22 gramos aproximadamente. 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 (PROCAFE, 1998).

6.2.3 Sustratos

Los diferentes materiales utilizados en los tratamientos, fueron tomados de diferentes áreas para buscar que fueran propios de la zona y lograr con ello que sean recursos existentes en el área. Se tomó en cuenta que fueran materiales limpios, es decir, libres de cualquier otro material ajeno al que se estaba recolectando, ya que esto podría haber alterado los resultados de los tratamientos.

6.3. DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos a evaluar:

TRATAMIENTOS	% DE SUELO (TIERRA NEGRA)	% ARENA PÓMEZ 3/16"	% PULPA DE CAFÉ PROCESADA	% ESTIERCOL GALLINAZA SECA	% HOJARASCA CAFÉ DESCOMPUESTA
T1	50	0	30	20	0
T2	40	10	30	0	20
T3	40	5	30	10	15
T4	30	20	20	10	20
T5 (testigo)	50	50	0	0	0

6.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para desarrollar el presente estudio se utilizó un diseño experimental de bloques al azar (DBA) debido a que existió una gradiente de variabilidad por concepto del viento en el área; la evaluación constó de cinco tratamientos (incluyendo el testigo) y cuatro repeticiones, constituyendo así 20 unidades experimentales.

6.5 MODELO ESTADÍSTICO

Para la evaluación se utilizó el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_j$$

En donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la ij -ésima unidad experimental

U = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = Efecto del j -ésimo bloque

E_j = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental

6.6 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo constituido por 25 tubetes para cada tratamiento y en cada repetición, es decir que por cada tratamiento fueron 100 plantas, 20 plantas de cada repetición.

6.7 CROQUIS



Figura 1. Croquis de campo de la evaluacion.

6.8 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.8.1 Preparacion del sustrato

Se procedio a elaborar cada tipo de sustrato, utilizando recipientes con medidas volumetricas para cuantificar la cantidad de cada material utilizado por tratamiento, y luego se procedio a llenar los tubetes y a colocarlos en la cama de sosten.

6.8.2 Marcado y senalizacion de los tratamientos

Una vez se colocaron los tubetes en la cama de malla, se procedio a identificar los bloques y los tratamientos conforme al croquis propuesto, utilizando paletas con rotulos emplastificados para mayor duracion.

6.8.3 Siembra de semilla

Con los tubetes ya preparados con los sustratos, se procedio a sembrar la semilla, insertandola dentro del sustrato a unos 2cm aproximadamente y se procedio a cubrir los tubetes con pasto para que logre germinar en la obscuridad.

6.8.4 Control de plagas y enfermedades

Se realizaron dos aplicaciones de Terbufos con el producto comercial Counter 15 GR, a los 15 días luego de la siembra y la segunda a los 45 días a razón de 1 g por planta.

6.8.5 Riego

El riego se realizó utilizando regaderas con una frecuencia de tres veces por semana, con una descarga por riego de 25 cc por tubete aproximadamente, no se realizó ninguna fertilización.

6.9 VARIABLES DE RESPUESTA

Las variables de la evaluación fueron las siguientes:

- Costos de elaboración de sustrato: Se calculará el costo total de elaboración de sustrato por cada 100,000 tubetes, considerando las diferentes proporciones de cada materia prima.
- Desarrollo vegetativo de las plántulas: Para describir esta variable se tomaron como indicadores el peso fresco de raíces (gr) cortándolas desde la base del tallo y luego se pesó en balanza digital, longitud de la Raíz (cm) con una regla milimetrada y se midió desde la base del tallo hasta la cofia de la raíz principal y tamaño de hojas, con una regla milimetrada y se tomó la medida desde la base hasta el ápice de las hojas verdaderas.
- Cantidad de semillas germinadas. Se realizó un conteo del total de las semillas emergidas para poder determinar un porcentaje con base en el total de plantas.

6.10 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

6.10.1 Análisis Estadístico

Se utilizó el programa Infostat versión 2008 por medio del análisis de varianza (ANDEVA), y para las variables de respuesta que manifestaron diferencias estadísticas significativas, se realizó una prueba múltiple de medias de Tukey al 1% de significancia.

6.10.2 Análisis económico

Para este análisis se realizará una comparación de costos de producción de tubetes considerando el costo de los sustratos utilizados en la evaluación. La comparación se realizará únicamente de forma descriptiva a través de gráficos.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. COSTOS DE PRODUCCIÓN

La figura 2 muestra los costos de producción de 100,000 tubetes utilizando los diferentes sustratos evaluados para su comparación.

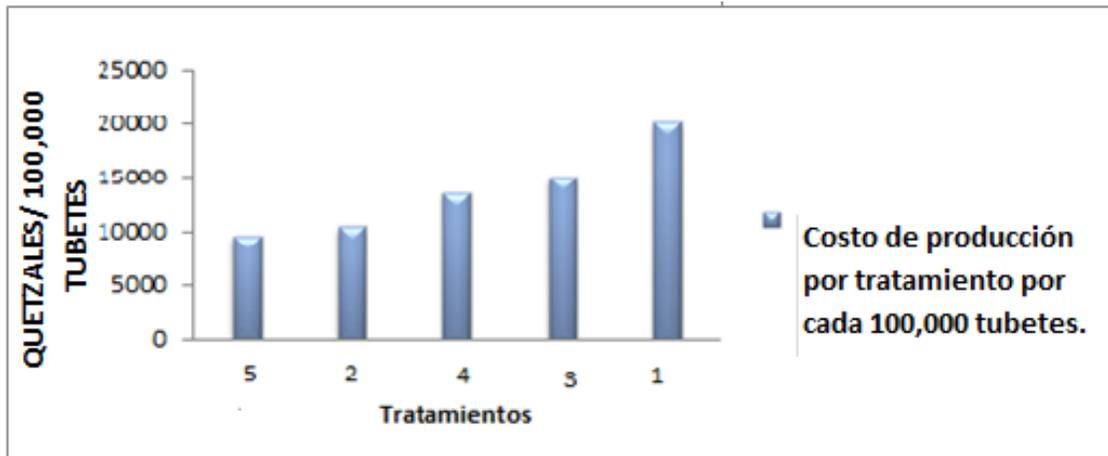


Figura 2. Costos de los tratamientos evaluados, lo cual dependió de las materias utilizadas para la elaboración de cada sustrato por cada 100,000 tubetes.

Como se observa en la gráfica anterior, el tratamiento 2 y 5 es el que tiene el menor costo de sustrato por tubete, lo cual se debe a que dos de los materiales de mayor costo utilizados para éste sustrato del tratamiento cuatro fue el suelo (tierra negra) y la pulpa de café tratada, y en éste tratamiento solamente se utilizó el 30% y 20% respectivamente para su composición, y vale la pena mencionar que fue el tratamiento con menor porcentaje de suelo y pulpa de café utilizado, ya que los otros tratamientos usaron en su composición arriba del 40% de suelo y arriba de 30% de pulpa. Ahora en el caso del tratamiento 1 que tiene el mayor costo de sustrato, se debe a que utilizó el 50% de suelo y el 30% de pulpa de café y 20% de gallinaza para su composición, siendo estos los materiales de mayor valor en el mercado. Por lo cual se muestra que el tipo de material utilizado y la proporción utilizada, influyó en el costo de cada sustrato.

Se debe tomar en cuenta que estos tres materiales (gallinaza, hojarasca y arena) deben estar en mayor proporción dentro del sustrato en relación al suelo y pulpa de café procesada para obtener un sustrato de un bajo costo, debido a que el suelo y la pulpa son los materiales con el precio más alto.

Cuadro 10. Precios de sustratos por quintal y por m³

Materia prima:	Precio por quintal (Q)	Precio por m³ (Q)
Gallinaza procesada	45	3,402.00
Pulpa de Café	12.50*	236.25
Arena amarilla	6.25	100.00
Hojarasca procesada	12.50*	708.75
Suelo (Tierra negra)	12.50*	1,181.25

*Costo únicamente de mano de obra para extraer el material de la finca

Cuadro 11. Cantidad de metros cúbicos necesarios de material a utilizar en cada tratamiento para llenar 100,000 tubetes.

Tratamientos	Volumen de suelo (m³)	Volumen de arena (m³)	Volumen de pulpa de Café (m³)	Volumen de gallinaza (m³)	Volumen de hojarasca (m³)
T1	7.5	0	4.5	3	0
T2	6	1.5	4.5	0	3
T3	6	0.75	4.5	1.5	2.25
T4	4.5	3	3	1.5	3
T5	7.5	7.5	0	0	0

Cuadro 12. Costos de los materiales a utilizar con base en la proporción a utilizar en cada tratamiento.

Tratamientos	Costo de suelo (Q)	Costo de arena (Q)	Costo de pulpa de Café (Q)	Costo de gallinaza (Q)	Costo de hojarasca (Q)	Costo 100,000 tubetes (Q)	Costo por tubete (Q)
T1	8,859.38	0	1,063.13	10,206.00	0	20,128.51	0.20
T2	7,087.50	150	1,063.13	0	2,126.25	10,426.88	0.10
T3	7,087.50	75	1,063.13	5,103.00	1,594.69	14,923.32	0.15
T4	5,315.63	300	708.75	5,103.00	2,126.25	13,553.63	0.13
T5	8,859.38	750	0	0	0	9,609.38	0.10

Cuadro 13. Costo de producción por cada tubete

Tratamientos	Costo sustratos (Q)	Costo mano de obra (Q)	Costo Plaguicidas (Q)	Costo de semilla (Q)	Costo de producción total (Q)
T1	0.20	0.21	0.08	0.01	0.50
T2	0.10	0.21	0.08	0.01	0.40
T3	0.15	0.21	0.08	0.01	0.45
T4	0.13	0.21	0.08	0.01	0.43
T5	0.10	0.21	0.08	0.01	0.40

De acuerdo con el anterior cuadro están los costos por cada uno de los tratamientos y el costo por cada cien mil tubetes, nos presenta el menor costo de los tratamientos que es el T5 (suelo 50% y arena amarilla 50%) son de menor costo productivo en comparación de los de demás tratamientos, esto se debe a que ambos tratamientos tienen el mejor porcentaje de la composición de estos sustratos es a base de suelo y arena que son las dos materias con menor costo en relación a los otros materiales; no obstante con base a la evaluación se determinó que el mejor tratamiento fue el T4 (30% suelo, 20% de arena amarilla, 20% pulpa de café, 20% de gallinaza, y 20% de hojarasca), quien presentó las mejores características sobre el desarrollo vegetativo, este sustrato tuvo un costo de cuarenta y tres centavos por tubete siendo mayor al costo del tratamiento cinco, pero debido a la evaluación era para determinar el mejor

tratamiento para enraizamiento de plántulas de café se recomienda el tratamiento cuatro.

7.2. DESARROLLO VEGETATIVO

7.2.1 Peso fresco de raíces

A continuación se presenta el ANDEVA para la variable de peso fresco de raíces.

Cuadro 3. Análisis de varianza y coeficiente de variación.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Bloques	4.0×10^{-03}	3	1.3×10^{-03}	8.00	<0.0034**
Tratamientos	0.10	4	0.03	152.52	<0.0001**
Error	2.0×10^{-03}	12	1.7×10^{-04}		
Total	0.11	19			

Coeficiente de variación:	3.53%
---------------------------	-------

El cuadro anterior presenta el análisis para la variable de peso fresco de raíces, en el cual se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos evaluados y para los bloques. Esto indica que hay diferencias entre tratamientos evaluados, y que por lo menos un tratamiento influye en la variable evaluada y además que si existió influencia en los bloques, al igual se tiene un coeficiente de variación de 3.53% que indica un manejo adecuado de la evaluación.

Como anterior se procedió a realizar la prueba múltiple de medias de Tukey al 1% para los tratamientos y para los bloques.

Cuadro 4. Análisis de prueba múltiple de medias de Tukey al 1% para tratamientos.

Tratamiento	Medias (Peso Fresco de raíces):	n	E.E.	
T4	0.49	4	0.01	A
T5	0.39	4	0.01	B
T2	0.36	4	0.01	B
T3	0.31	4	0.01	C
T1	0.29	4	0.01	C

De acuerdo al análisis de la prueba múltiple de medias de Tukey al 1%, se tienen 3 grupos de medias, de los cuales el grupo A está formado por el tratamiento cuatro con una media de 0.49 g. de peso de la raíz, el grupo B está formado por el tratamiento cinco y 2 con una media de 0.39 g y 0.36 g respectivamente, lo anterior indica que el tratamiento que pertenece al grupo A, muestra la mejor respuesta en cuanto al peso fresco de raíces, puesto que los demás tratamientos pertenecen a otros grupos de medias con menores resultados.

El tratamiento cuatro presentó mejores resultados en cuanto a peso fresco de raíces, debido a que era el tratamiento con menor porcentaje de contenido de suelo y con un balance promedio entre arena, pulpa, estiércol y hojarasca, lo cual favorece a que el sustrato no se compacte con facilidad y permita el crecimiento libre de las raíces por medio de la cofia, quién necesita un suelo blando para penetrar y así crecer el sistema radicular.

7.2.2 Longitud de raíz

Con los datos tomados de la longitud de raíz, se procedió a realizar el análisis de varianza, el cual se presenta a continuación.

Cuadro 5. Análisis de varianza y coeficiente de variación.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	3.23	4	0.81	10.01	0.0008
Bloques	0.73	3	0.24	3.03	0.0709
Error	0.97	12	0.08		
Total	4.93	19			

Coeficiente de variación:	3.03%
----------------------------------	--------------

Según el cuadro anterior muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos evaluados, lo que indica que algún tratamiento tuvo resultados positivos en la variable de análisis. Al mismo tiempo no existen diferencias estadísticas significativas al 5% para los bloques con respecto a ésta variable, lo que

indica que la gradiente de variabilidad no influyó en el resultado de la evaluación. También se muestra un coeficiente de variación aceptable de 3.03%, que indica un manejo adecuado de la evaluación ya que la diferencia de los resultados respecto a la media general es normal.

Cuadro 6. Análisis de prueba múltiple de medias de Tukey al 1% para tratamientos.

Tratamiento	Medias (Longitud de raíces):	n	E.E.		
T4	10.00	4	0.14	A	
T2	9.56	4	0.14	A	B
T5	9.31	4	0.14		B C
T3	9.13	4	0.14		B C
T1	8.81	4	0.14		C

De acuerdo a la prueba múltiple de medias de Tukey al 1%, se forman 5 grupos de medias, de los cuales el grupo A contiene al tratamiento cuatro y dos, con una media de 10 y 9.56 cm respectivamente, luego el grupo B contiene el tratamiento dos, cinco y tres, con una media de 9.56, 9.31 y 9.13 cm respectivamente, y por último el grupo C que contiene el tratamiento cinco, tres y uno, con lo cual el tratamiento cuatro es el mejor, al independizarse del resto de tratamientos con una media de 10 cm de largo de raíz.

Lo anterior es un factor importante, ya que muestra la permeabilidad del sustrato, lo cual debido a que el sustrato cuatro tiene un 70% de materiales que brindan porosidad y tan solo tiene un 30% de tierra, logra tener un medio adecuado para el crecimiento radicular por medio de la cofia, quien se encarga de penetrar el suelo para dar crecimiento al sistema de la raíz de las plantas.

7.2.3 Tamaño de hojas

Con los datos tomados del largo de la hoja, se procedió a realizar al análisis de varianza para la variable en estudio.

Cuadro 7. Análisis de varianza para tamaño de hojas en los tratamientos evaluados.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	168.70	4	42.18	26.78	<0.0001
Bloques	9.35	3	3.12	1.98	0.1710
Error	18.90	12	1.58		
Total	196.95	19			

Coeficiente de variación: 4.19%

En el análisis anterior se observa que existen diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos evaluados, pero no así para los bloques ya que no hay diferencias estadísticas significativas entre estos, lo que indica que por lo menos un tratamiento influye en la variable evaluada. Se tiene un coeficiente de variación de 4.19%, lo cual indica que los resultados no se alejaron de la media general.

Con lo anterior se procedió a realizar la prueba múltiple de medias de Tukey al 1%.

Cuadro 8. Análisis de prueba múltiple de medias de Tukey al 1% para tratamientos.

Tratamiento	Medias (Tamaño de Hojas(mm)):	n	E.E.	
T4	35.00	4	0.63	A
T5	30.75	4	0.63	B
T3	29.75	4	0.63	B C
T2	27.25	4	0.63	C
T1	27.00	4	0.63	C

De acuerdo al análisis de la prueba múltiple de medias de tukey al 1%, se forman cuatro grupos de medias, en el grupo A se tiene el tratamiento cuatro con una media de 35 mm de longitud de la hoja, en el grupo B se tiene los tratamientos cinco y tres con

una media 30.75 y 29.75 mm respectivamente; por lo cual, debido a que el tratamiento cuatro no se igualó a las medias del grupo B, éste se separa y se convierte en el mejor tratamiento para la variable de tamaño de hojas.

Con base a los resultados en las pruebas múltiples de medias para los tratamientos en las sub-variables anteriores, se muestra que el tratamiento cuatro presenta los mejores resultados respecto a los otros tratamientos evaluados, por lo que para la variable de respuesta de desarrollo vegetativo, de igual manera el tratamiento cuatro genera los mejores resultados en peso fresco de raíces, longitud de raíz y tamaño de hoja, las cuales son las principales características que sirven como indicadores para evaluar el desarrollo vegetativo de la planta, puesto que se obtiene un sistema radicular vigoroso para la absorción de nutrientes y anclaje, y también se obtiene un sistema aéreo (hojas), con una mayor cobertura para la transformación de energía que necesita la planta para un mejor desarrollo.

7.3. SEMILLAS GERMINADAS

Con los datos sobre la cantidad de semillas que germinaron, se procedió a realizar el análisis de varianza para ésta variable.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable de semillas germinadas.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	1.50	4	0.38	0.51	0.7327
Bloques	3.60	3	1.20	1.62	0.2371
Error	8.90	12	0.74		
Total	14.00	19			
Coeficiente de variación:		3.59%			

En el cuadro anterior se observa que no existen diferencias estadísticas significativas al 5% entre los tratamientos evaluados, ni tampoco para los bloques, lo que indica que todos los tratamientos son iguales y que la gradiente de variabilidad no tuvo influencia sobre los resultados. Además se tiene un coeficiente de variación aceptable de 3.59%,

que indica un manejo adecuado de la evaluación ya que los resultados varían en relación a la media general.

Para la germinación de una semilla, se lleva a cabo el proceso en donde la semilla absorbe agua y el embrión se hincha para romper la cubierta de la semilla, para lograr esto se necesita de una adecuada temperatura, agua, oxígeno y minerales, lo cual es brindado por todos los sustratos evaluados, por supuesto en diferentes proporciones, ya que algunos sustratos tienen mayor capacidad de retención de humedad por el alto contenido de pulpa y hojarasca, y otros tienen mayor capacidad de brindar temperatura adecuada en el caso de los sustratos con mayor contenido de estiércol, pero éstas diferencias no son significativas para influir en detener la germinación y emergencia de las semillas, por lo tanto todos los sustratos evaluados brindan un ambiente favorable para la germinación y emergencia del embrión en la semilla.

VIII. CONCLUSIONES

Los tratamientos con menor costo de producción es el T2 (suelo 40% + arena 10% + pulpa de café 30% + hojarasca café 20%) y T5 (suelo 50% + arena 50%).

El mejor tratamiento para las variable de desarrollo vegetativo fue el tratamiento cuatro, el cual consiste en un sustrato compuesto por 30% de suelo, 20% de arena amarilla, 20% de pulpa de café, 10% de gallinaza (estiércol) y 20% de hojarasca.

Para la variable de semillas germinadas, no existieron diferencias estadísticas significativas, ya que en todos los sustratos se obtuvieron resultados favorables con una alta germinación de semillas.

IX. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar utilizando de materia prima suelo + arena (1:1) para la producción de tubetes debido a su bajo costo, sin embargo para mejorar el desarrollo vegetativo de las plantas se sugiere utilizar sustrato compuesto por 30% de suelo (tierra negra), 20% de arena amarilla, 20% de pulpa de café procesada, 10% de gallinaza (estiércol) seca y 20% de hojarasca tratada, esto conllevaría invertir tres centavos más por planta.

X. BIBLIOGRAFÍA

ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 1998. Manual de caficultura. 3 ed. Guatemala. 318 p.

ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 2006. Guía técnica de caficultura. Guatemala. 213 p.

ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 2004. Datos socioeconómicos del Cultivo del café en Guatemala. Guatemala. 52 p.

BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2001. 45B valor, volumen, precios medios de las principales exportaciones. Guatemala. Consultado 14 nov. 2001. Disponible en <http://infoquat.Guatemala.org/quetzalnet/fundesa/infoqual/Mid%20Year%20Exports.Html>.

Cásseres, E. 1971. Producción de hortalizas. 2 ed. México, Herrero. 310 p.

Canovas, F.; Díaz, J.R. 1993. Cultivos Sin suelo. Cursó Superior de Especialización. Ed. Instituto de Estudios Almerienses. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería. Almería

Canovas, F.; Magna, J.J.; Boukhalfa, A. 1993. Cultivos sin suelo. Hidroponía. En técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos del Sureste español. Ed. Instituto de la Caja Rural de Almería. Almería.

Clavijo, J. 2008. Sustratos. Universidad de Almeria. Editorial servicio de publicaciones, México. 128 p.

Coste, R. 1968. El café. Barcelona, España, Editorial Pirámide 250 p.

- Maroto, J.V. 1990. Elementos de horticultura general. Madrid, Mundi Prensa. 533 p.
- Penningsfeld, FY; Kurzmann, P. 1975. Cultivos hidropónicos y en turba. Madrid, España, Mundirensa. 345 p
- Peñuelas, J. L. y Ocaña, L. 2000 Cultivo de la planta forestal en contenedor. Edición Mundi-Prensa, Madrid. España. 347 p.
- Pendergrast, 2001. Origen del café (en línea). Consultado 15 May. 2015. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Santa Cruz Naranja INE 2002](https://es.wikipedia.org/wiki/Santa_Cruz_Naranja_INE_2002)
- PROCAFE, 2009. Fundación Salvadoreña para la Investigación de café. 1998. Avance Técnico, recomendaciones para establecer vivero de café en tubetes. 10 p.
- PROCAFE (Fundación Salvadoreña para la Investigación de café). Producción de viveros de café en tubetes o conos maceteros. San Salvador, El Salvador, 37 p.
- Robles, 2013. Importancia económica del café en Guatemala (en línea). Consultado 04 Oct. 2015. Disponible en <http://www.dequate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-y-exportacion-de-cafe-guatemalteco.shtml#.VhMk101dEal>.
- Rojas, 2015. La fibra de coco (en línea). Consultado 04 Oct. 2015. Disponible en <http://www.cocopeatfertilizer.com/fibra-de-coco-hidroponia-natural/fibra-turba-de-coco/sustratos>.
- Sánchez del Castillo, F; Escalante R, E. 1988. Hidroponía, principios y métodos de cultivo. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 191 p.

Saravia, M. 1990. Cultivos tradicionales de exportación, Guatemala. Universidad Rafael Landívar. Programa de Fortalecimiento y Apoyo a las Sedes Regionales. 65 p.

Terres, V.; Artetxe, A.; Beunza, A. 1997. Caracterización física de los sustratos de cultivo (en línea). Consultado 20 Dic. 2014. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Historia del caf%C3%A9](https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_caf%C3%A9)

Tut, M. 2014. Evaluación de cinco sustratos para la producción en vivero de palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose); santa catalina la tinta, alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Verapaz, Guatemala, URL. 68 p.

XI. ANEXOS



Figura 3. Llenado de tubetes con el sustrato.



Figura 4. Tubete colocado en bloques.



Figura 5. Colocación de semilla a 2 cms de profundidad.



Figura 6. Colocación de Rótulos.



Figura 7. Germinación y Emergencia.



Figura 8. Emergencia y sus primeras hojas verdaderas.