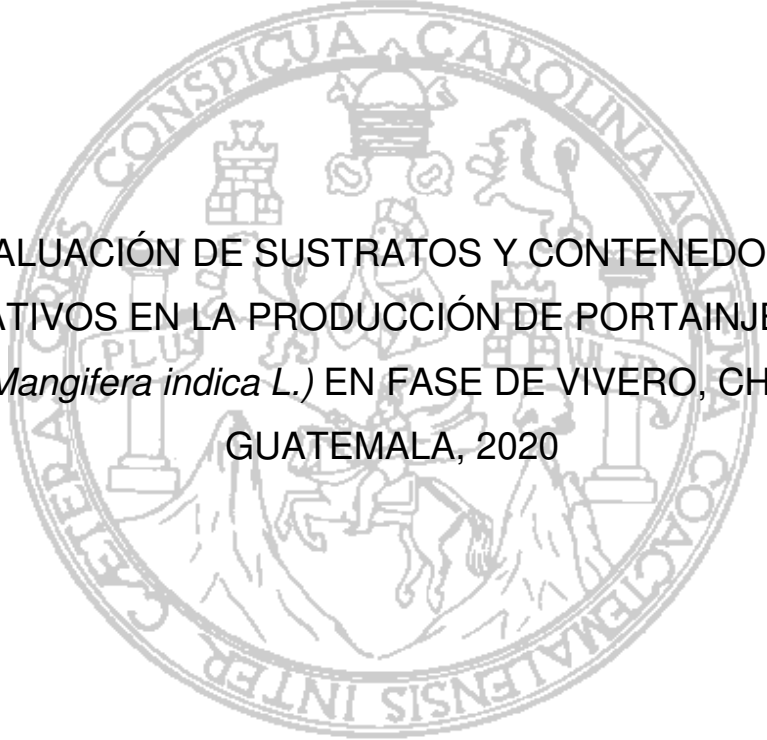


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA



EVALUACIÓN DE SUSTRATOS Y CONTENEDORES
ALTERNATIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE PORTAINJERTOS DE
MANGO (*Mangifera indica* L.) EN FASE DE VIVERO, CHIQUIMULA,
GUATEMALA, 2020

WALTER OMAR SOTO CERVANTES

CHIQUIMULA, GUATEMALA, AGOSTO 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS Y CONTENEDORES
ALTERNATIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE PORTAINJERTOS DE
MANGO (*Mangifera indica* L.) EN FASE DE VIVERO, CHIQUIMULA,
GUATEMALA, 2020

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

WALTER OMAR SOTO CERVANTES

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, AGOSTO 2021

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA**



**RECTOR EN FUNCIONES
M.A. PABLO ERNESTO OLIVA SOTO**

CONSEJO DIRECTIVO

| | |
|-------------------------------|---|
| Presidente: | Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón |
| Representante de Profesores: | M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso |
| Representante de Profesores: | M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén |
| Representante de Graduados: | Ing. Agr. Henry Estuardo Velásquez Guzmán |
| Representante de Estudiantes: | A.T. Zoila Lucrecia Argueta Ramos |
| Representante de Estudiantes: | Br. Juan Carlos Lemus López |
| Secretaria: | M.Sc. Marjorie Azucena González Cardona |

AUTORIDADES ACADÉMICAS

| | |
|-------------------------|------------------------------------|
| Coordinador Académico: | M. A. Edwin Rolando Rivera Roque |
| Coordinador de Carrera: | Ph. D. Rodolfo Augusto Chicas Soto |

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

| | |
|-------------|---------------------------------------|
| Presidente: | M. Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso |
| Secretario: | Ing. Agr. Edgar Antonio García Zeceña |
| Vocal: | M. Sc. Ricardo Otoniel Suchini Paiz |

TERNA EVALUADORA

M.Sc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda
Ing. Agr. Edgar Antonio García Zeceña
Ing. Agr. Servio Darío Villela Morataya

Chiquimula, agosto 2021

Señores:

Miembros del Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Universidad de San Carlos de Guatemala
Chiquimula


Honorables Miembros

De conformidad con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: **"EVALUACIÓN DE SUSTRATOS Y CONTENEDORES ALTERNATIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE PORTAINJERTOS DE MANGO (*Mangifera indica L.*) EN FASE DE VIVERO, CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2020.**

El cual presento como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"


Walter Omar Soto Cervantes

20121488

REF-PTG- JAUD-06-2019
Chiquimula, julio de 2019

Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

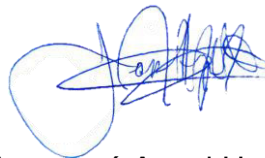
Respetable Ingeniero Coy:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación - PTG- de la Carrera de Agronomía, para asesorar al estudiante, Walter Omar Soto Cervantes carné: 201214887, en el trabajo de investigación denominado: **“EVALUACIÓN DE SUSTRATOS Y CONTENEDORES ALTERNATIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE PORTAINJERTOS DE MANGO (*Mangifera indica L.*) EN FASE DE VIVERO, CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2020”** Tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En mi opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomiendo la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Agr. José Angel Urzúa Duarte
Asesor Principal




cc. Archivo

D-TG-A-107/2021

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **Walter Omar Soto Cervantes** titulado "EVALUACIÓN DE SUSTRATOS Y CONTENEDORES ALTERNATIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE PORTAINJERTOS DE MANGO (*Mangifera indica* L.) EN FASE DE VIVERO, CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2020", trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera Agronomía. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a diez de agosto de dos mil veintiuno.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
DIRECTOR
CUNORI - USAC



c.c. Archivo
EFCC/ars

ACTO QUE DEDICO

- A Dios:** Por darme la vida y la sabiduría para lograr cada una de mis metas trazadas.
- A mis abuelos:** **Marcotulio Cervantes**, por su apoyo económico, sacrificio, orientación y apoyo incondicional durante el transcurso de mi carrera. **Fulbia Díaz (+)**, por siempre estar al pendiente de mí, cuidarme desde pequeño y darme los mejores años de mi vida, siempre tenerme lista la comida cuando regresaba de la universidad, tener limpia mi ropa y estar pendiente cuando yo no regresaba temprano; siempre agradecido, un abrazo hasta el cielo.
- A mis padres:** Mayra Sucely Cervantes Días y Aquilino Soto García, por ser ejemplo para mí y enseñarme que las cosas cuestan, lo que cuesta es lo que más se valora.
- A mi familia:** Por estar siempre pendiente de mí hermanos, tíos, primos.
- A mis amigos:** Por su amistad, dedicación, paciencia, confianza durante el transcurso de mi carrera, en especial a Jorge Acevedo (Pipa), Arnulfo Ramos (Pupis).

AGRADECIMIENTOS

- A ENCA:** Por darme la oportunidad de formar parte de gremio de Peritos Agrónomos y darme la base en conocimientos teórico-práctico en el sector agropecuario.
- A CUNORI:** Por darme la oportunidad de formarme como profesional en las ciencias agronómicas y económicas.
- A IAHCH:** Por darme la oportunidad de comenzar a laborar y ejercer como docente en el área agropecuaria.
- A mis profesores:** Por su arduo conocimiento y tan noble labor en las ciencias agrícolas, en especial al ingeniero Casasola (Matemática I, II, III e hidráulica), doctor Chicas (Entomología, Fitopatología, Suelos I y II), ingeniero Mario Días (Estadística y diseños experimentales), ingeniero Buezo (Pastos y Desarrollo Agrícola), ingeniero Villafuerte (Producción Forestal, Sistemas agroforestales e Inventarios).
- A mi Asesor:** Ingeniero José Ángel Urzúa, por su amistad, dedicación, paciencia, confianza y ayuda en la realización y corrección del presente trabajo.
- A mis compañeros de trabajo:** Por todas las fregaderas y los ánimos para culminar mi carrera.
- A mis padrinos:** Por ser un ejemplo de superación y por la admiración que les tengo; algún día quiero llegar a ser como ustedes. Gracias por aceptar ser mis padrinos de graduación Licda. Elida Soto, doctor Manuel Galeano Soto e ingeniero Leonel López Villacorta.

- A mis alumnos:** Por ser fuente de inspiración para prepararme y ser mejor día a día en las ciencias agropecuarias.
- A LS:** Por ser parte importante en el 2021, por su paciencia, confianza y estar en los mejores y peores momentos; aquellas pláticas interminables; siempre ocuparás una parte importante en mi vida y en mi corazón.
- A mis amigos:** Kike y Ortiz, por ser esa fuente de confianza, por estar en los mejores y peores momentos; siempre tener las palabras correctas y por ese apoyo incondicional día a día.
- A Licda. Deysi Manchamé:** Por su apoyo incondicional, sus consejos y el cariño que siempre mostró, esa amabilidad en la sección de orientación vocacional; agradecido toda la vida por el apoyo en los trámites de la beca estudiantil.
- A Lic. Edgar López:** Por permitir mi entrada al IAVHCH y todas sus enseñanzas en planificación.
- A Sonia Díaz:** Por ser una gran amiga, brindarme palabras de ánimo cuando ya no quería hacer nada de mi tesis; ser paciente y escucharme en mis días que ya tiraba la toalla.
- A Ing. Wendy Estrada:** Por su ardua labor como docente, enseñar con esa pasión y dedicación. Gracias por compartir sobre flores y follajes en sus cursos libres, mi total admiración y cariño.
- A la familia González Cerna:** Por su apoyo incondicional durante los años de estudio, siempre tendré presente todo lo que hicieron por mí.

ÍNDICE GENERAL

| CONTENIDO | PÁGINA |
|---|---------------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. MARCO CONCEPTUAL | 3 |
| 2.1 Definición y delimitación del problema | 3 |
| 2.2 Antecedentes | 4 |
| 2.3 Justificación | 6 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 8 |
| 3.1 Generalidades del cultivo | 8 |
| 3.2 Requerimientos edáficos del cultivo | 8 |
| 3.3 Patrón o porta-injerto de mango | 9 |
| 3.4 Manejo de la planta en viveros | 10 |
| 3.5 Sustrato | 11 |
| 3.5.1 Propiedades físicas de los sustratos | 11 |
| 3.5.2 Propiedades químicas de los sustratos | 17 |
| 3.5.3 Componentes de un sustrato | 21 |
| 3.6 Calidad de adobe | 24 |
| 3.7 Contenedores | 24 |
| 4. MARCO REFERENCIAL | 26 |
| 4.1 Ubicación y descripción del área experimental | 26 |
| 4.2 Clima y zona de vida del área de estudio | 26 |
| 4.3 Recursos naturales | 27 |
| 4.3.1 Suelo | 27 |
| 4.3.2 Agua | 27 |
| 5. MARCO METODOLÓGICO | 28 |
| 5.1 Objetivos | 28 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 5.1.1 General | 28 |
| 5.1.2 Específicos | 28 |
| 5.2 Hipótesis | 28 |
| 5.3 Metodología | 29 |
| 5.3.1 Variables a estudiar | 29 |
| 5.3.2 Análisis de la información | 30 |
| 5.3.3 Material experimental | 31 |
| 5.3.4 Descripción de tratamientos | 31 |
| 5.3.5 Diseño experimental | 32 |
| 5.3.6 Modelo estadístico | 32 |
| 5.3.7 Unidad experimental | 33 |
| 5.3.8 Manejo del experimento | 33 |
| 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 37 |
| 6.1 Altura promedio de la planta | 37 |
| 6.2 Diámetro a la altura del injerto | 40 |
| 6.3 Calidad de adobe | 42 |
| 6.4 Análisis económico | 45 |
| 7. CONCLUSIONES | 47 |
| 8. RECOMENDACIONES | 48 |
| 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 49 |
| 10. ÁPENDICES | 54 |

ÍNDICE DE TABLAS

| TABLA | CONTENIDO | PÁGINA |
|--------------|---|---------------|
| 1 | Descripción botánica del cultivo de mango | 7 |
| 2 | Componentes de los sustratos | 21 |
| 3 | Propiedades de la fibra de coco comparada con la turba | 23 |
| 4 | Temperatura promedio anual en Chiquimula, Guatemala, 2017 | 26 |
| 5 | Escala de la calidad de adobe utilizada en la evaluación de sustratos para la producción en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020 | 30 |
| 6 | Descripción de tratamientos evaluados en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020 | 31 |
| 7 | Plan de fertilización utilizado en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020 | 35 |
| 8 | Productos orgánicos para el control de plagas en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020 | 35 |
| 9 | Productos para el control de enfermedades en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020 | 36 |
| 10 | Análisis de varianza con aplicación de modelos mixtos para datos estratificados en la altura del tallo en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020 | 38 |
| 11 | Prueba múltiple de medias para la altura del tallo en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020 | 38 |
| 12 | Análisis de varianza con aplicación de modelos mixtos para datos estratificados en el diámetro a la altura del portainjerto en la producción de portainjerto en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020 | 41 |

| | | |
|----|--|----|
| 13 | Prueba múltiple para el diámetro a la altura de portainjerto en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020 | 41 |
| 14 | Análisis de varianza con aplicación de modelos mixtos para datos estratificados en la calidad de adobe en la producción de portainjerto en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020 | 43 |
| 15 | Prueba múltiple para la calidad de adobe en la interacción de contenedores y sustratos en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020 | 43 |
| 16 | Porcentaje de adobe en los tratamientos en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020 | 45 |
| 17 | Costo de tratamientos en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020 | 46 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA | CONTENIDO | PÁGINA |
|---------------|--|---------------|
| 1 | Ejemplo de mezclas de sustratos y su relación de porosidad total y sólidos | 12 |
| 2 | Manifestaciones de las constantes de humedad | 16 |
| 3 | Escalas en la medición del pH | 17 |
| 4 | Disponibilidad de nutrientes de acuerdo al pH | 18 |
| 5 | Forma de asociación de los coloides en el suelo | 19 |
| 6 | Altura promedio plántulas de mango (180 DDT) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020 | 37 |

1. INTRODUCCIÓN

La planta conocida como mango es originaria del sur de Asia, posiblemente India o Malasia, se ha cultivado desde la antigüedad en Asia principalmente, se le menciona dentro de la historia del budismo (4,000 a.c.), pertenece a la familia Anacardiaceae, género *Mangifera*, especie *indica* que cuenta entre las variedades más importantes la Tommy atkins, Haden, Irwin, Kent, Keitt, Zill (MAGA, 2014).

Irigoyen y Cruz (2005), indican que la productividad de una especie frutícola es el resultado de una adecuada combinación de factores fitogenéticos y tecnológicos (manejo) de la plantación, con el ambiente escogido. En el establecimiento de la plantación frutícola, el semillero y vivero es la etapa primordial en la que se deben producir plantas con excelentes características, que cumplan con los estándares de calidad para ser trasplantadas al campo definitivo.

Para poder desarrollar una fruticultura sostenible y competitiva, desde el punto de vista agronómico, se necesitan de plantas con calidad, las cuales se obtienen ejecutando diferentes actividades que se realizan en la etapa del semillero, por ello es importante la debida atención a la obtención de semillas, el desarrollo de buenos patrones y la selección de yemas genéticamente puras. El semillero junto con el vivero, constituyen la base o inicio de esa fruticultura competitiva, por ello, es importante realizar conscientemente todas y cada una de las actividades del semillero, ya que ello garantizará el éxito agronómico y económico de la futura plantación (Irigoyen y Cruz, 2005).

Tomando como base que la producción de plantas frutales en vivero amerita como aspecto fundamental la correcta selección del sustrato y contenedor donde se propagarán y crecerán las plantas, se realizó una investigación para conocer un sustrato adecuado para la exitosa producción de portainjertos de mango, tomando en consideración la adecuada selección de los componentes que conformaron dicho sustrato, la proporción volumétrica empleada de cada uno de estos y las enmiendas adicionales al mismo para mejorar las propiedades físicas y/o químicas. Así mismo, se consideró la utilización de contenedor (maceta) para poder evaluar la factibilidad de utilizar otro contenedor en la producción de portainjertos de mango como alternativa para los viveristas.

La evaluación se realizó a nivel de vivero para determinar comportamiento de los portainjertos de mango durante seis meses, en dicha investigación se establecieron catorce tratamientos en los cuales se utilizaron siete distintos sustratos y dos contenedores, utilizando el diseño experimental de modelos mixtos para datos estratificados, utilizando parcelas divididas en un arreglo en bloques con tres repeticiones, haciendo un total de 42 unidades experimentales en un área de 60 m² (4 metros de ancho por 15 metros de largo), con un distanciamiento de 0.5 m * 0.5 m.

Los resultados obtenidos se enfocaron en dar respuesta a variables de crecimiento (diámetro y altura), calidad de adobe y análisis del costo unitario de producción de cada sustrato. En la variable altura se presentó significancia en los sustratos, por lo que se procedió a realizar una prueba de medias, donde los mejores resultados se obtuvieron con el sustrato 3 (20 % Peat moss, 20% cascarilla de manía, 20% cascarrilla de arroz, 15 % carbón, 15% abono orgánico y 10 % semolina) y sustrato 4 (100 % Peat moos); en la variable diámetro existieron diferencias significativas en los sustratos, y al realizar la prueba de medias, el mayor diámetro se alcanzó con el sustrato 4 (100 % Peat moos); al determinar la calidad de adobe se observó que los sustratos tenían calidad de adobe 5 (salía menos del 50 % del sustrato unido a la raíz), pero también se determinó que existían diferencias significativas en los contenedores, sustratos y en la interacción de ambos; en el análisis del costo unitario, el sustrato que se produce en el vivero presenta el menor coste con Q 6.85.

El presente trabajo se realizó para generar información que permita utilizar un sustrato que cuenta con las propiedades óptimas, para obtener la mayor altura y mayor diámetro en el menor tiempo posible en portainjertos de mango, mismo que se realizó en el vivero de la carrera de Agronomía del Centro Universitario de Oriente, ubicado en el municipio de Chiquimula, durante el mes de diciembre del 2019 al mes de agosto del 2020.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Definición y delimitación del problema

El éxito en plantaciones comerciales de mango depende en gran parte del empleo de plantas sanas y con desarrollo uniforme, provenientes de viveros con manejo adecuado. Uno de los factores determinantes para producir plántulas de calidad está representado por el sustrato; sin embargo, en la región existe muy poca información relacionada a los sustratos óptimos que reúnan las condiciones requeridas para la producción en el menor tiempo y con el mejor beneficio-costos para el productor.

En la región oriental de Guatemala, los viveros encargados de la producción de frutales, específicamente mango, para lograr tener un árbol injertado apto para la venta o para la siembra al terreno definitivo, se tardan de 8 a 12 meses, motivo por el cual los costos de producción son altos, lo que disminuye la utilidad por planta. Pinto (2016), indica que el sustrato para la producción de plántulas de mango debe contener entre sus características: porosidad, buen drenaje y materia orgánica completamente descompuesta, todo esto forma parte para un óptimo desarrollo en la actividad vegetativa de la planta.

En la región de Chiquimula, los sustratos más usados consisten en una mezcla de material de origen aluvial conocido como girum y materia orgánica (tierra negra, bocashi) de los cuales no se conoce la dosis o mezcla más adecuada para el desarrollo de la planta (Pinto, 2016). Hay que considerar que al no tener sustrato adecuado las plantas que se producen no son de calidad, lo que conlleva a portainjertos de crecimiento lento y, por ende, costos de producción mayores, disminuyendo la ganancia por planta producida.

Aunque existen en el mercado sustratos comerciales, su costo es muy elevado situación que impide su utilización, especialmente a los pequeños viveristas. Esta situación ha motivado la búsqueda de sustratos elaborados de fácil adquisición y manejo, bajo costo, pero sobre todo que reúnan las condiciones necesarias, tomando en cuenta la disponibilidad de materiales, costos, fácil manejo, pero sobre todo que tengan propiedades físicas, químicas y biológicas que favorezcan la reproducción de plantas de calidad aptas para comercializarlas en el menor tiempo posible.

Por lo anterior, es importante generar investigación para proporcionar información adecuada que permite la utilización de sustratos alternativos, específicamente en el departamento de Chiquimula, y con ello pueda contar con una base que les permita a los viveristas poder elegir el sustrato y el contenedor idóneo para la producción de portainjertos, por lo que al realizar la investigación se buscó determinar el efecto de siete sustratos en diferentes proporciones y dos contenedores, con el propósito de mejorar el sistema de producción de plántulas de mango, en la etapa de vivero, etapa desarrollada del mes de diciembre del 2019 al mes de agosto del 2020.

2.2 Antecedentes

Garbanzo y Coto (2017), indican que lo buscado en un sustrato para la producción de plantas radica en permitir el anclaje, almacenamiento, suministro de agua y aire al sistema radical de las plantas. Una buena mezcla de sustratos permite obtener un material vegetativo sano y vigoroso, con las características deseables para un buen desarrollo vegetativo a nivel de plantación comercial. Teniendo el sustrato adecuado se debe considerar el contenedor utilizado pudiendo ser material plástico o polietileno de color negro; considerando que el tamaño de la bolsa va a depender del tiempo que se piensa mantener las plantas creciendo en el vivero, por lo que es importante considerar que el contenedor debe tener suficiente altura; para proveerle a la planta buen espacio para un buen desarrollo radical.

Miranda (2014), realizó la evaluación de sustratos para la producción en contenedor de plantas de pino y cedro; en esta investigación se evaluó en crecimiento de las plantas a través de las variables altura de planta, diámetro del tallo, materia seca de tallo y raíz; donde los resultados mostraron que al utilizar Peat moss (100%), se presentaron valores más altos en la variable altura de planta, diámetro de raíz y materia seca del tallo.

Vargas (2013), demostró el efecto del Peat moss sobre la altura de planta en la producción de sheflera jaspe (*Schefflera arboricola* f.) bajo condiciones de invernadero. En dicha investigación las variables altura de la planta, peso seco de raíces, peso seco de follaje y cantidad de raíces, muestran al sustrato Peat moss como el mejor.

Pinto (2016), evaluó el efecto de tres sustratos en la producción de plántulas para portainjerto de mango (*Mangifera indica* L.), en el vivero de Agronomía, CUNORI, en el departamento de Chiquimula; en la investigación se determinó que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, porque las variables de diámetro a la altura del injerto, altura total de la planta, materia seca y tamaño de raíz, mostraron un comportamiento similar.

En la investigación también se realizó un sustrato que fue evaluado por Pinto (2016), en donde demostró que al adicionarle materia orgánica a los distintos tratamientos estos presentaron un alto contenido nutricional, a pesar de esto, no mostraron una diferencia significativa en las variables evaluadas. El autor indica en el análisis económico que cuando se utiliza girum (sustrato utilizado en el vivero), se tiene un costo de Q1.075 /bolsa llena, seguido del T5 (20% lombricompost de pulpa de café y 80% girum) con Q1.57 de costo/bolsa llena.

Así mismo, Prado (2016) evaluó cuatro tipos de sustratos para la producción de Eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell), en esta investigación se determinó que no existieron diferencias al utilizar 100 % Peat moss y otros sustratos con mezcla de Peat moss y otras materias primas.

Albaunza y Yacomelo (2019), presentaron recomendaciones de manejo en vivero para la producción de mango (*Mangifera indica* L.) con énfasis en sustratos, patrones e injertos en Colombia; los autores basan su análisis en lo que se hace tradicionalmente en la preparación de sustratos y se enfocan en analizar porque las mezclas se realizan en diferentes proporciones, por medio del método de ensayo y error, que consiste en formular mezclas en las que las proporciones de los materiales utilizados se establecen de acuerdo con lo que se va observando. Los autores mencionan que no se ha hecho un análisis de costos para determinar el valor monetario del sustrato porque los materiales para producirlo no siempre se consiguen al mismo precio; sin embargo, se calcula que cada bolsa llena de sustrato de aproximadamente 4 kg debe salir a, por lo menos, 1.000 pesos (Q2.03).

Tradicionalmente, en la producción de frutales se ha utilizado como sustrato un material de origen aluvial comúnmente conocido como girum; a pesar de la importancia que tiene la producción de portainjertos para la zona de Chiquimula, se tiene muy poca información que indique cual debería ser el sustrato ideal que presente los mejores resultados en diámetro y altura por ende el mejor beneficio económico.

2.3 Justificación

La importancia de la producción de plantas en vivero abarca desde la selección de semilla haciendo una estricta selección genética, un buen manejo agronómico y fitosanitario que permita la obtención de material vegetal que cumplan con los estándares de calidad y que permitan optimizar procedimientos de producción a través de la utilización de prácticas agrícolas eficientes y económicas a través de la utilización de procesos económicamente rentables.

En el oriente del país para la producción de mango se utilizan bolsas de nylon y sustrato procedente de la erosión de las partes altas y depositados en las orillas de los ríos conocido comúnmente como girum; por lo que es necesario tener sustratos alternativos que provean el mejor desarrollo de frutales.

Por lo consiguiente, existen muchos materiales que se pueden escoger como componentes de un sustrato, la selección de cada uno se basa en función del costo y la disponibilidad; los materiales que se utilicen se pueden mezclar en proporciones definidas por el volumen, para producir un sustrato que cumpla con condiciones de propiedades físicas y químicas adecuadas para el desarrollo; además, deben ser considerados aspectos prácticos y económicos de la preparación de un sustrato que cumpla con estándares de calidad y proporcione un patrón de excelente calidad en el menor tiempo posible.

Por esta razón, al realizar esta investigación se pretende brindar alternativas a los productores de mango, ya que con un sustrato de buena calidad permitirá que el agua drene fácilmente y no se estanque en la superficie, como pasa a menudo al utilizar girum; además, se pretende que el sustrato tenga peso liviano, buena porosidad, sea ligeramente ácido y con buena capacidad de intercambio de cationes, capaz de mantener un volumen constante cuando esté húmedo, fácil de almacenar por períodos largos sin cambios de sus propiedades físicas y químicas.

Así mismo, el estudio permitió conocer la adaptación de los patrones de mango a los contenedores (macetas y bolsas) y a los distintos sustratos; con estos resultados, los productores de portainjertos de mango podrán tener alternativas que les permitan conocer otros sustratos para obtener una planta de calidad en el menor tiempo posible con el mejor beneficio costo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Generalidades del cultivo de mango

La planta conocida como mango es originaria del sur de Asia, posiblemente India o Malasia, se ha cultivado desde la antigüedad en Asia principalmente, se le menciona dentro de la historia del budismo (4,000 a.c.) pertenece a la familia Anacardiaceae, género *Mangifera*, especie *indica* que cuenta entre las variedades más importantes la Tommy atkins, haden, Irwin, Kent, Keitt, Zill (MAGA, 2014). La descripción botánica del cultivo de mango se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción botánica del cultivo de mango

| Parte del árbol | Descripción |
|-----------------------|--|
| Tronco | Árbol de tamaño mediano que puede llegar a una altura entre 10 -30 m; el tronco es más o menos recto , cilíndrico de 75-100 cm de largo. |
| Copa | La copa es densa de forma oval, las ramas frecuentemente con grupos alternos de entrenudos largos y cortos. |
| Hojas | Las hojas son alternas, de peciolo largo, haz y envés liso, de color verde oscuro brillante. |
| Inflorescencia | Las panículas son muy ramificadas y terminales, de aspecto piramidal, de 6-40 cm de largo y de 3- 25 cm de diámetro |
| Flores | Las flores son polígamas, de cuatro a cinco partes, se producen en las últimas ramas de la inflorescencia y son de color verde amarillento. Los sépalos son libres, ovados densamente cubiertos. |
| Fruto | El fruto es un drupa carnosa que puede contener uno o más embriones, generalmente la planta de mango utilizada como patrón es poliembriónica. |
| Semilla | La semilla es ovoide , alargada, estando recubierta por un endocarpio grueso y leñoso con una capa fibrosa externa. |

Fuente: MAGA (2014)

3.2 Requerimientos edáficos del cultivo

Pinto (2016), indica que el cultivo puede vivir bien en diferentes clases de terreno siempre que sea profundos y con buen drenaje, este último es un factor de gran importancia. Es recomendable no plantar en terreno con menos de 80 a 100 cm de profundidad efectiva. Se recomiendan en general los suelos ligeros, donde las raíces puedan penetrar y fijarse al terreno. El pH óptimo oscila entre 5.5-5.7; adecuándose bien en suelos con textura limo-arenosa o arcillo arenosa.

3.3 Patrón o porta-injerto de mango

Pinto (2016), indica que los porta-injertos utilizados en mango normalmente son variedades nativas de la región, mangos conocidos como mango de coche o de pashte; entre algunas de las características que se utilizan para seleccionar árboles como patrones son: achaparramiento, vigorosidad, adaptabilidad, tiempo de entrada en producción o resistencia a ciertas enfermedades; no existe una variedad específica para porta injertos en mango pero de preferencia se recomienda utilizar las variedades criollas poliembriónicas.

Según Pinto (2016), la mayoría de las plantaciones comerciales de mango están establecidas sobre patrones poliembriónicos que aseguran la deseable homogeneidad de estos. Teniendo de hecho, cada zona productora, un patrón poliembriónico típico. A continuación, se citan las características deseables para un patrón de mango:

- Compatibilidad con los diferentes cultivares.
- Poliembrionía.
- Enanizante.
- Inductor de elevado rendimiento.
- Inductor de producción de fruta de alta calidad.

Con el fin de obtener árboles de buena calidad con garantía varietal y con homogeneidad es necesario acudir al injerto sobre patrón poliembriónico tanto en cultivares monoembriónicos como poliembriónicos, ya que se reduce la fase juvenil facilitando una precoz entrada en producción. La propagación por injerto es el único sistema utilizado a nivel comercial por los viveristas de todo el mundo. Para ello es conveniente disponer de plántulas a las que se

pueda llevar las yemas o púas de la variedad que se haya seleccionado para la plantación. Como patrón dan buen resultado los árboles de frutos fibrosos de las zonas climáticas donde se desarrolla el mango (Pinto, 2016).

3.4 Manejo de la planta en viveros

Para plantar la semilla debe quitársele la vaina. La mejor forma de hacer esto es cortar los bordes de la cápsula con una tijera de podar. Una vez libre la almendra, se procede a plantarla en bolsas de plástico que midan unos 20 o 25 cm de profundidad y 18 o 20 cm de diámetro; es preferible que el color del plástico sea negro, ya que la duración de la bolsa será mayor y absorbe más cantidad de calor, con lo que se favorecerá la germinación de la semilla. La tierra debe ser ligera y hay que procurar mezclarla con turba (Pinto, 2016).

Pinto (2016), indica que la semilla se enterrará de 2.5 a 3.5 cm de profundidad. A continuación, debe colocarse bajo un cobertizo al que entre poco sol y en que se mantenga un ambiente húmedo. Dentro de los veinte primeros días las plantas estarán fuera; como estas semillas dan más de un retoño, deben quitarse los que sobran y dejar el que presente mejor conformación. Debe tenerse muy en cuenta que el poder germinativo de las semillas del mango se pierde muy pronto, por lo que es conveniente plantarlo lo más rápidamente posible, preferiblemente al día siguiente después de haber sido liberada de la pulpa.

Las semillas plantadas en junio y julio pueden ser injertadas en noviembre, diciembre y enero, y estar listas para colocar en el campo desde julio y agosto del año siguiente. El momento más propicio para el injerto de yema es desde mediados de primavera y verano, cuando las plantas están en crecimiento activo. Cuando los árboles de semillas han alcanzado el diámetro de un lápiz pueden ser injertados, si bien es conveniente dejarlos crecer un poco más (Pinto, 2016).

El momento apropiado para colocar los injertos es cuando las plantas comienzan a brotar, o sea, cuando echan nuevos brotes de color vinoso; en este estado, la corteza se separará fácilmente de la madera. Después que el nuevo brote se ha desarrollado y está empezando a perder su color rojizo, la corteza no se separa tan fácilmente y el injerto tiene menos éxito.

Las yemas para injertar deben ser tomadas de las puntas de las ramas jóvenes, pero no de las del último crecimiento. Es importante que el gajo para injertar y el patrón sean iguales o similares en tamaño y madurez de la madera. Si es posible, deben escogerse ramitas de las cuales hayan caído las hojas. En todo caso, la madera de injerto debe estar bien madura y la punta de la ramita de la cual es tomada no debe estar en crecimiento activo (Pinto, 2016).

La incisión en el patrón debe ser hecha en forma de T o T invertida; la yema debe ser grande, de 3,5 a 4 cm. Después de insertada se amarra con rafia, cinta plástica o ristras de platanera humedecidas. Después de tres o cuatro semanas se examina la yema, y si está verde o parece haber formado una unión, se corta el tope del patrón varios centímetros por encima para forzar la yema a crecer. Unas pocas semanas más tarde el tope puede ser cortado más abajo, hasta cerca de la yema, cuando ésta haya crecido unos 20 cm (Pinto, 2016).

3.5 Sustrato

De acuerdo con Picón (2013), sustrato es todo material natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo en las plantas, permitiendo su anclaje y soporte a través del sistema radical, favoreciendo el suministro de agua nutrientes y oxígeno.

3.5.1 Propiedades físicas de los sustratos

Por propiedades físicas se entienden aquellas que se pueden ver y sentir, tales como color, capacidad de retención de humedad, textura, densidad, porosidad, etc. Características físicas como la textura, es una propiedad invariable, al contrario de las propiedades químicas, razón por la cual suele darse más importancia a las propiedades físicas en la selección de sustratos, una vez seleccionada la mezcla como medio de cultivo, su composición química puede verse alterada mediante el riego y la fertilización (Littleton, 2000).

Littleton (2000), indica que en suelos y sustratos con texturas finas es necesario adicionar materiales que promuevan un mejor arreglo de los agregados, con el fin de mejorar el movimiento de agua y aire, y al mismo tiempo favorecer la penetración desarrollo de raíces. La mayoría de los medios de crecimiento poseen dos o tres componentes que cambian adecuadamente las características físicas y químicas deseadas por estos.

Entre las propiedades físicas más importantes que se deben tomar en cuenta cuando se elabora un sustrato se pueden mencionar las siguientes:

a. Porosidad

La porosidad o espacio poroso, es la porción del volumen total del suelo que no está ocupada por los sólidos, orgánicos o minerales. Bajo condiciones de campo los espacios porosos están ocupados por aire y agua en proporciones variables (Littleton, 2000).

Hay que considerar que del volumen total está ocupado por los poros que dan aireación a las raíces y son de tamaño mayor a 30 micras. El resto de la porosidad es de tamaño pequeño (menores a 30 micras) y ofrecen una fuerte retención de agua, pues esta queda en forma de película alrededor de las partículas del sustrato, después del riego. El valor de la porosidad se estima óptima cuando los porcentajes oscilan del 70 a 90 % del volumen del sustrato (Chonay, 2015).

Los poros en el suelo se distinguen en: macroscópicos y microscópicos. Poros macroscópicos: son de notables dimensiones, y están generalmente llenos de aire, en efecto, el agua los atraviesa rápidamente, impulsada por la fuerza de la gravedad. Poros microscópicos: estos están ocupados en gran parte por agua retenida por las fuerzas capilares (Alvarado y Solano, 2002).

Hay que considerar que los macroporos tendrán mayor a 30 micras los cuales se vacían de agua con el drenaje. Los microporos son llamados también capilares, su tamaño es menor de 30 micras y solo retienen agua, y no dan aireación a las raíces. Una porosidad de tamaño entre 30 y 100 micras da suficiente retención de humedad, pero si el tamaño oscila entre 30 y 300 se tiene una suficiente retención de agua y aireación radicular. Como ejemplo del tema de porosidad, en la figura 1 se muestra la relación entre sólidos y porosidad (Alvarado y Solano, 2002).

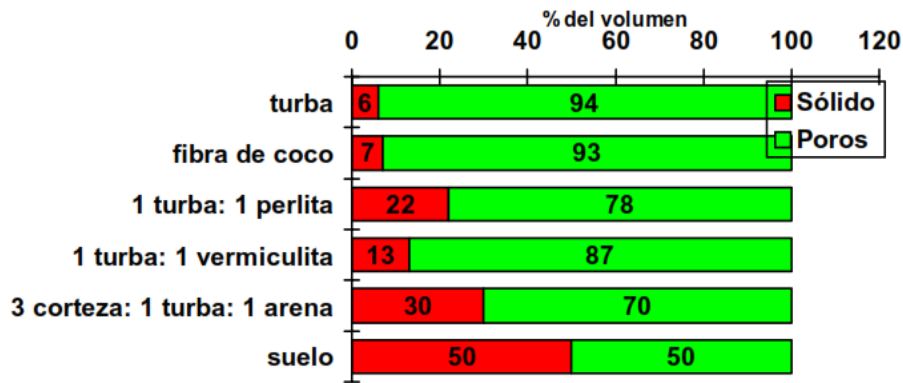


Figura 1. Ejemplo de mezclas de sustratos y su relación de porosidad total y sólidos

Fuente: Alvarado y Solano (2002)

Chonay (2015), indica que para calcular el espacio poroso total de un suelo se utiliza la fórmula siguiente:

$$EPT = (1 - (D_a/D_r)) * 100$$

Donde:

EPT= Espacio poroso total expresado en porcentaje

D_a =Densidad aparente

D_r =Densidad real

b. Densidad

• Densidad real

Corresponde a la densidad media de la fase sólida o densidad de partículas, excluyendo el espacio poroso. Es constante en el tiempo y depende principalmente de la mineralogía, tipo y contenido de materia orgánica. Los valores de densidad real se agrupan alrededor de 2.65 g/ml (Chonay, 2015).

$$D_r = M_s/Vol$$

Donde:

D_r = Densidad real expresada en g/ml

M_s = Masa o peso de sólidos expresada en gramos

Vol = Volumen expresado en mililitros

- **Densidad aparente (Da)**

Chonay (2015), indica que la densidad aparente de un suelo es el peso de suelo seco por unidad de volumen de suelo, incluyendo los poros, se expresa en gramos por cm³.

$$Da = Ms/Vol$$

Donde:

Da= Densidad aparente en gr/cm³

Ms= Masa del suelo seco en gramos

Vol= volumen en cm³

c. Estructura

La estructura puede ser útil ya que permite conocer la capacidad que tienen los agregados para retener humedad, permite conocer la permeabilidad del suelo, relaciones de agua y temperatura. A diferencia de la textura, la estructura puede ser cambiada (Miranda, 2014).

Miranda (2014), indica que la estructura puede ser granular como la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares. La primera no tiene forma estable, acomodándose fácilmente a la forma de la bandeja o contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras.

d. Granulometría

En sustratos que presentan de tamaño de partículas, las partículas pequeñas se alojan en los huecos de las partículas grandes, reduciendo su tamaño y, por lo tanto, la porosidad total y la ocupada por el aire. Al mismo tiempo, aumentará la cantidad de agua retenida, al ser mayor el número de microporos. En consecuencia, las propiedades físicas de los sustratos dependen en gran medida de la distribución de los tamaños de partícula, por lo que modificando o seleccionando adecuadamente el tamaño de partícula, se pueden alcanzar propiedades físicas óptimas (Miranda, 2014).

e. Definición de agua del suelo

Aquella que se puede extraer por calentamiento a 105°C hasta peso constante; la variación del contenido del agua en el suelo se expresa en una unidad de masa o volumen y el estado de energía del agua en suelo afectan el crecimiento de las plantas. El contenido de humedad del suelo afecta consistencia, plasticidad, compactación, penetrabilidad y la pegajosidad (Chonay, 2015).

- **Humedad gravimétrica**

Es el porcentaje de agua que contienen el suelo con relación al peso de su suelo seco. Se puede determinar el contenido de agua de un suelo por gravimetría o con la ayuda de instrumentación y, para ello, se puede utilizar el análisis gravimétrico, el cual consiste en secar una muestra de suelo a 105 C° y calcular el porcentaje de humedad mediante la aplicación de la siguiente fórmula (Chonay, 2015).

$$Hw = ((Msh - Mss) / Mss) * 100$$

Donde:

% Hw= porcentaje de humedad en el suelo

Msh= Masa de suelo húmedo

Mss= Masa de suelo seco

- **Humedad volumétrica (HV)**

Porcentaje de agua que contiene el suelo con respecto al volumen del suelo húmedo. Humedades gravimétrica y volumétrica pueden ser relacionadas una con otra por medio de la densidad aparente (da) y la densidad del agua (dw) (Chonay, 2015).

$$Hv = (hw (Da/Dw))$$

Donde:

Hv= Humedad volumétrica

Hw= porcentaje de humedad en el suelo

Da= Densidad aparente

Dw= Densidad del agua

Chonay (2015), indica que la relación D_a/D_w es denominada densidad aparente relativa o gravedad específica y cuantitativamente es igual a la densidad aparente del suelo .si la D_w es de 1g/cm^3 , entonces la expresión queda:

$$H_v = h_w * D_a$$

Donde:

Hv= Humedad volumétrica

Hw= porcentaje de humedad en el suelo

Da= Densidad aparente

f. Constantes de humedad en el suelo

- **Capacidad de campo (CC)**

La capacidad de campo es el contenido humedad que tiene el suelo inmediatamente después de que el agua gravitacional ha drenado, o sea que es la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra de la fuerza de gravedad (Sandoval, 2007).

Es el límite superior de agua aprovechable o disponible para el desarrollo de las plantas y además porque es el porcentaje de humedad al que la zona radicular debe regarse para que no existan desperdicios ni déficit en la planta. Es el contenido de humedad que tiene el suelo cuando el agua esta retenida de 1/10 atmósferas para suelos arenosos y 1/3 de atmósfera para suelos arcillosos (Sandoval, 2007).

- **Punto de marchitez permanente (PMP)**

Es el porcentaje o contenido de humedad del suelo al cual las plantas no pueden obtener suficiente humedad para satisfacer sus requerimientos de transpiración. Al alcanzar el suelo valores de PMP las plantas se marchitan y no son capaces de recuperarse aun cuando se coloquen durante una noche en una atmósfera saturada en la que casi no se produce consumo

de agua. Es el contenido de humedad que tiene el suelo cuando el agua esta retenida a 15 atmósferas (Sandoval, 2007). En la figura 2 se puede observar las manifestaciones existentes en la humedad.

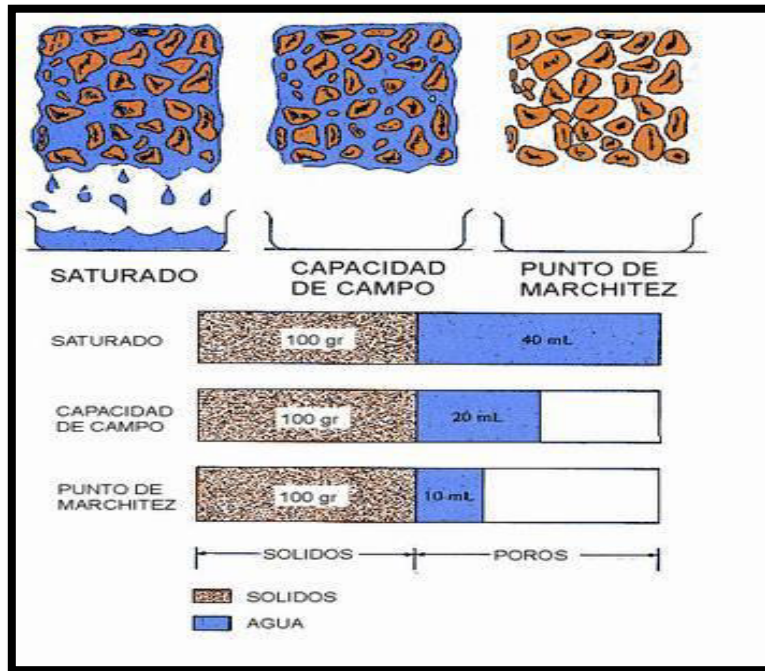


Figura 2. Manifestaciones de las constantes de humedad

Fuente: Chonay (2015)

3.5.2 Propiedades químicas de los sustratos

Littleton (2000), indica que la reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza; entre las principales propiedades químicas se describen las siguientes:

a. pH

Es la medida de la concentración de acidez presente en la solución del sustrato que controla disponibilidad de nutrientes. De acuerdo con Chonay (2015), la importancia del potencial de hidronios se debe a:

- **Propiedades físicas**

Los pH neutros son los mejores para las propiedades físicas de los suelos. A pH muy ácidos hay una intensa alteración de minerales. En pH alcalino, la arcilla se dispersa, se destruye la estructura y existen malas condiciones desde el punto de vista físico (porosidad, aireación, conductividad hidráulica) (Chonay, 2015).

- **Propiedades químicas y fertilidad**

La asimilación de nutrientes del suelo está influenciada por el pH, ya que determinados nutrientes se pueden bloquear en determinadas condiciones de pH y no son asimilables para las plantas (Chonay, 2015).

- **Propiedades biológicas**

La diferente disponibilidad de nutrientes en función del pH del suelo afecta al desarrollo de los organismos del suelo (Chonay, 2015).

- **Interpretación de acuerdo del pH**

La mayoría de cultivos se desarrollan de manera óptima con un pH entre 5.5 y 6.7, considerando que el pH óptimo se encuentra entre 6 y 6.5 (Chonay, 2015). En la figura 3 se muestran las escalas de medición de pH.

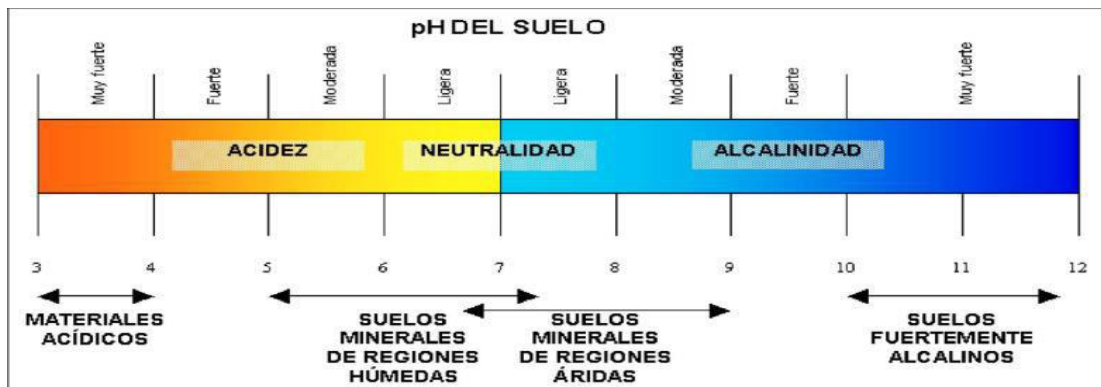


Figura 3. Escalas en la medición del pH

Fuente: Chonay (2015)

- **pH y disponibilidad de nutrientes**

Valor óptimo de pH: 5 – 6 máxima disponibilidad de nutrientes.

Valores altos de pH: disponibilidad reducida de nutrientes.

Valores bajos de pH: disponibilidad reducida de nutrientes y niveles tóxicos de Al, Mn. En la figura 4 se puede observar la disponibilidad de nutrientes de acuerdo al pH.

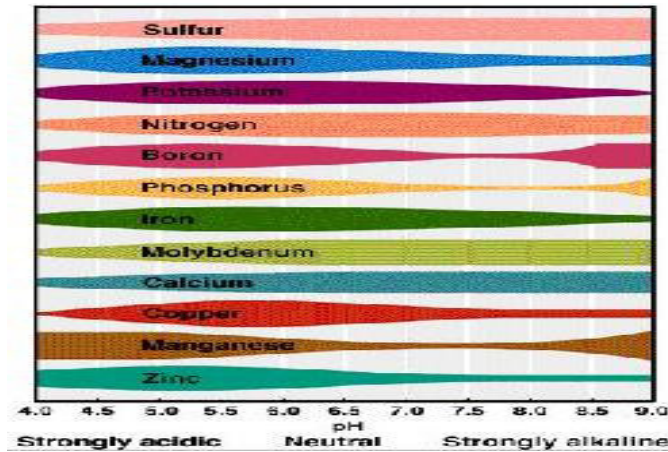


Figura 4. Disponibilidad de nutrientes de acuerdo al pH

Fuente: Chonay (2015)

b. Capacidad de intercambio catiónico

Chonay (2015), define CIC como la suma de los cationes cambiables que pueden ser absorbidos por unidad de peso o de volumen del sustrato. Dichos cationes quedan así retenidos frente al efecto lixiviante del agua y usualmente disponibles por la planta. Los cationes que son sometidos a esta retención quedan protegidos contra los procesos de lixiviación. Se expresa en cmol (+) kg⁻¹ de suelo o en meq (100 g de suelo). Depende de la cantidad y tipo de coloides que tiene el suelo: los cationes que frecuentemente ocupan las posiciones de cambio en los suelos o sustratos son: Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Na⁺, H⁺, Al⁺⁺⁺, Fe⁺⁺⁺, Fe⁺⁺, NH₄⁺, Mn⁺⁺, Cu⁺⁺ y Zn⁺⁺.

El intercambio se produce en cantidades químicamente equivalentes, donde 1 meq se define como 1 mg de H o la cantidad cualquier otro ión capaz de combinarse con él o desplazarlo. Tomando en cuenta que la CIC se expresa en miliequivalentes (meq) por 100 gramos de material (Chonay, 2015).

Una CIC alta: indica un suelo con alta capacidad de retener nutrientes entre periodos de fertilización; si existe retención de nutrientes se previene la lixiviación durante el riego y provee de un poder buffer (fluctuaciones bruscas de pH). Los cationes se adsorben a los

sitios negativos en las partículas del suelo, por intercambio catiónico pasan a la solución del suelo y son absorbidos por las raíces de las plantas (Chonay, 2015). En la figura 5 se puede observar la forma de asociación de los coloides del suelo.

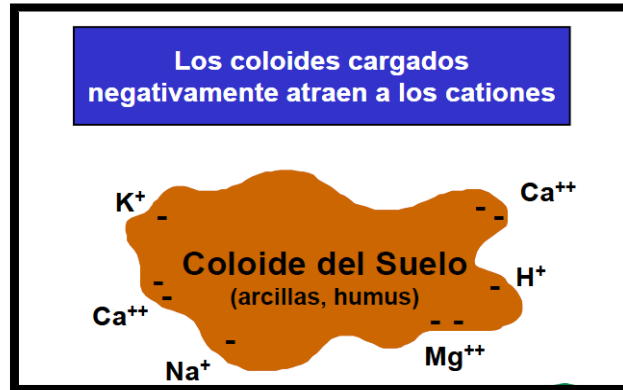


Figura 5. Forma de asociación de los coloides en el suelo

Fuente: Chonay (2015)

c. Salinidad (Conductividad eléctrica) y Presión osmótica

La salinidad de una solución acuosa se mide por su contenido en sales disueltas (mg/L o ppm) o, más comúnmente, por su capacidad para conducir la corriente eléctrica o conductividad (en miliSiemens por centímetro o mS/cm) (Chonay, 2015).

Alvarado y Solano (2002), indican que hay que considerar que la presión osmótica (PO) es muy importante para la asimilación de agua por las plantas; para ello se debe considerar la época del año y el tipo de plantas, el valor que se debe mantener oscila entre 0.5 a 2 atmosferas, al 50 % de humedad. Es por ello que conductividad eléctrica puede ser utilizada para indicar la presión osmótica de la solución nutriente en el sustrato, ya que ambas magnitudes se relacionan con la fórmula:

$$PO(\text{atm})=0.36 \times CE \text{ (ms_/cm a 25 C)}$$

d. Relación Carbono/Nitrógeno

Esta relación indica la fracción de carbón orgánico frente a la de nitrógeno. Prácticamente la totalidad del nitrógeno orgánico presente en un sustrato es biodegradable y por lo tanto disponible. Con el carbono orgánico ocurre lo contrario ya que una gran parte se encuentra en compuestos no biodegradables que impiden su disponibilidad (Miranda, 2014).

Este factor se utiliza como un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y de su estabilidad. Los daños que aparecen sobre las plantas cultivadas en materiales orgánicos inmaduros son, en parte por una inmovilización del nitrógeno como a una baja disponibilidad de oxígeno en la rizosfera. Esta situación es provocada por la actividad de los microorganismos, que descomponen los materiales orgánicos crudos y utilizan el N para la síntesis de sus proteínas celulares (Picón, 2013).

3.5.3 Componentes de un sustrato

Existen muchos materiales que se pueden escoger como componentes de un sustrato. En la tabla 2 presenta una lista de ingredientes comunes y las funciones que cada uno desempeña, hay que considerar que la función requerida se basa en el costo y la disponibilidad de materiales (Miranda, 2014).

Tabla 2. Componentes de algunos sustratos

| Componentes | Retención de agua | Retención de nutrientes | Aireación | Peso ligero | \$/m3 |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------|--------------|
| Tierra | x | x | | | 14.12 |
| Turba (Spahgnum) | x | x | | | 33.52 |
| Corteza (< 10 mm) | x | x | | | 19.76 |
| Aserrín (descompuesto) | x | x | | | 19.76 |
| Estiércol | x | x | | | 19.76 |
| Vermiculita | x | x | | x | 51.18 |
| Arcilla calcinada | X | x | x | | |
| Corteza (10 a 20 mm) | x | x | x | | 19.76 |
| Arena (grado concreto) | | | x | | 19.76 |
| Perlita | | | x | x | 52.94 |
| Poliestireno | | | x | x | |

Fuente: Miranda (2014)

Es esencial poner atención a las propiedades físicas y químicas de los materiales seleccionados como ingredientes básicos. También deben ser considerados aspectos prácticos y económicos para la preparación de los sustratos. Se han propuesto los siguientes criterios para la evaluación y selección de materiales como ingredientes para la preparación de medios de cultivo entre las cuales se mencionan: producir buen drenaje y aireación efectiva, bajo en sales solubles, capaz de retener humedad y nutrientes, de modo que llene las necesidades del cultivo, fácil de incorporar una mezcla, pH adecuado (Miranda, 2014).

a. Componentes orgánicos

Las características deseadas de un componente orgánico utilizado en sustrato son las siguientes: una gran proporción de microporos para mejorar la capacidad de retención de humedad. Una buena textura que resista la compactación. Una CIC relativamente alta para ayudar a retener los nutrientes. Peso liviano (densidad) para facilitar el transporte y manipuleo (Miranda, 2014).

Los sustratos son enmendados con cantidades grandes de materia orgánica para mejorar el drenaje y aeración. Las cantidades de materia orgánica pueden oscilar de 20 a 50 % del volumen. Hay que considerar que la selección del componente orgánico del medio de cultivo es el mejor método para evitar problema de toxicidad de amoníaco (Miranda, 2014).

- **Broza de café**

Se refiere a la pulpa (epicarpio y mesocarpio) del fruto del café que se constituye en un desecho abundante y problemático. Se acumula en masas húmedas, difíciles de airear y secar. Por lo general se prefieren materiales de la cosecha del año anterior, que ya se ha estabilizado y descompuesto. Los materiales frescos son ricos en cafeína y fenoles y se ha comprobado que son alelopáticos (Miranda, 2014).

Su uso en la formulación de sustratos para potes no es adecuado porque descompone muy rápido, pierde la forma y, si no está bien mezclado, forma masas (pelotas) que limitan la aireación de las raíces (Miranda, 2014).

- **Fibra de coco**

El éxito de fibra de coco (fibras y polvo) en medios ha sido probado con éxito. El material es liviano, poroso y tiene excelente capacidad de retención de humedad. Un gramo de fibra de coco, finalmente molido, absorbe 8 gramos de agua. En la tabla 3 se muestran las características de la fibra de coco en comparación el peat moos (turba) (Miranda, 2014).

Tabla 3. Propiedades de la fibra de coco comparado con turba

| Propiedades | Fresca | 3-4 meses | 3-4 años | Turba |
|---------------------------------|--------|-----------|----------|-------|
| Densidad (g/cc) | 0.066 | 0.054 | 0.054 | 0.084 |
| Poros totales (%) | 95.45 | 96.3 | 96.3 | 94.17 |
| Volumen de aire(%) | 39.5 | 22.3 | 33.9 | 31.47 |
| Agua fácilmente disponible | 15.6 | 22.3 | 33.9 | 18.9 |
| pH (agua) | 5.77 | 5.98 | 5.98 | 5.34 |
| Conductividad eléctrica (Us/cm) | 600 | 108 | 235 | 130 |
| Materia orgánica (%) | 92.28 | 96.45 | 92.07 | 82.24 |
| Tasa de descomposición | 56.05 | 52.63 | 58.33 | 45.27 |
| N total mg/100 gr | 510 | 529 | 796 | 921 |
| CIC meq/10o gr | 107 | 120 | 150 | 130 |

Fuente: Miranda (2014)

- **Turba de musgo Sphagnum (Peat moss)**

Es la forma de materia orgánica más popular para preparación de sustrato. Satisface más el criterio para la selección de ingredientes de sustratos que cualquier otra forma de materia orgánica disponible para la industria en invernadero. Es baja en sales soluble, fácil de mezclar con otros componentes, uniforme en calidad (Picón, 2013).

- **Cascarilla de arroz**

Este ingrediente mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilita la aireación, la absorción de humedad y filtrado de nutrientes, también beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra. El 83% de las partículas tienen un diámetro medio que va desde 1.70 hasta 2.90 (Picón, 2013).

- **Carbón**

Mejora las características físicas, facilita la aireación de absorción de humedad y calor, por su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo retiene, filtra y libera gradualmente nutrientes a las plantas, disminuyendo la pérdida y lavado de éstos en el suelo (Picón, 2013).

- **Cascabillo de café**

Los datos indican que la proteína de la pulpa de café contiene niveles similares o más altos de aminoácidos que otros productos, como la harina de algodón y la harina de soya (Picón, 2013).

- **Pulimiento de arroz “semolina”**

Este producto favorece la fermentación de los abonos incrementada por la presencia de vitaminas en la pulidora de arroz. Aporta nitrógeno, fósforo, calcio, potasio y magnesio (Picón, 2013).

3.6 Calidad de adobe

Por adobe se entiende el agregado que forma las raíces de la planta con el sustrato y para que sea considerado como apropiado, debe permitir un buen desarrollo radical, mantener la integridad de las raíces y la facilidad para la extracción de la celda (contenedor) sin dañar la plántula al tirar de la base del tallo (Picón, 2013).

3.7 Contenedores

La función primaria de cualquier contenedor es la de contener una pequeña cantidad de sustrato, que a su vez abastece a las raíces con agua, aire, nutrientes minerales, y además provee soporte físico mientras la planta está aún en el vivero (Landis et al., 2000).

a. Consideraciones para elegir contenedor

- **Tamaño**

El tamaño del contenedor puede determinarse en función de varias de sus expresiones, de las cuales el volumen, la profundidad y el diámetro son las más importantes (Landis et al., 2000).

- **Volumen**

El volumen de un contenedor determina el tamaño que podrá alcanzar la planta que crezca en el mismo. La dimensión óptima está relacionada con la especie, el tamaño de planta deseado, la densidad de cultivo, la duración de la estación de crecimiento y el medio de crecimiento que se utilice (Landis et al., 2000).

- **Profundidad**

El largo del contenedor es importante porque determina la longitud del sistema radical, lo cual es un factor clave para sitios de plantación secos. La profundidad del contenedor

también es significativa porque determina la proporción de sustrato que drena libremente dentro de él. Cuando se aplica agua a un contenedor lleno de sustrato, ésta percola hacia abajo, por acción de la gravedad, hasta llegar al fondo (Landis et al., 2000).

- **Diámetro**

El diámetro de un contenedor es otro parámetro importante y depende de la especie a ser cultivada en él. Los árboles, arbustos y herbáceas de hojas grandes necesitan un mayor diámetro de contenedor para que el agua de riego pueda atravesar el denso follaje y llegar al sustrato (Landis et al., 2000).

- **Forma**

Los contenedores están disponibles en una variedad de formas y la mayoría tienen un ahusamiento hacia abajo. La forma del contenedor depende del tipo de sistema radical de la especie a producir y condiciona el tipo de herramienta a usar en la plantación (Landis et al., 2000).

- a. Tipos de contenedores**

- **Bolsas de polietileno**

Las bolsas hechas de polietileno negro son los contenedores más utilizados en los viveros de todo el mundo porque son baratas y fáciles de transportar y almacenar. Desafortunadamente, en general producen plantas con sistemas radicales poco formados que se espiralan en el contorno de las paredes lisas y en el fondo. Este problema empeora cuando las plantas no son trasplantadas en la temporada y se mantienen en el contenedor (Landis et al., 2000).

- **Macetas redondas**

Las macetas redondas de plástico son los contenedores más usados para producir plantas ornamentales en vivero. Una característica atractiva es que algunas son reciclables. Son muy durables y pueden reutilizarse durante muchos años y ocupan poco espacio de almacenamiento porque pueden apilarse (Landis et al., 2000)

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Ubicación y descripción del área experimental

El Centro Universitario de Oriente está ubicado en el municipio de Chiquimula, del departamento de Chiquimula, sobre el kilómetro 169, en las coordenadas geográficas latitud Norte de 14°47'58" y una longitud Oeste de 89°31'05", a una altura de 402 msnm (Ortega, 2015).

El vivero se encuentra dentro del CUNORI (ver apéndice 1), colinda al Norte con los edificios administrativos, de docencia y laboratorios del CUNORI; al Sur con el Sr. Mario Girón; al Este con terrenos utilizados por la carrera de Zootecnia y el Río San José; y al Oeste con la carretera CA-10 en el kilómetro 169.5 (Ortega, 2015). Cuenta con un área de 5,600 m² dedicados a apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje, asimismo a la producción de plantas frutales, forestales y ornamentales.

4.2 Clima y zona de vida del área de estudio

Según los registros de la estación meteorológica del CUNORI, en el vivero se han registrado los parámetros de temperatura, presentados en la tabla 4.

Tabla 4. Temperatura promedio anual en Chiquimula, Guatemala, 2017

| Descripción | Valor |
|--------------------|----------|
| Temperatura máxima | 39 °C |
| Temperatura media | 27.60 °C |
| Temperatura mínima | 17 °C |

Fuente: Ortega (2015)

Así mismo, se ha registrado una precipitación pluvial anual de 825 mm. La humedad relativa varía de 55% en época seca a 75 % en época lluviosa (Ortega, 2015). Según la clasificación de Holdridge (1978), citado por Ortega (2015) el área del vivero pertenece a la zona ecológica Bosque Seco subtropical; dentro de esta zona se tiene una precipitación anual entre 500 a 1,000 mm, la temperatura oscila entre los 19 y 24 °C. Los suelos son bastante homogéneos

en lo que respecta a profundidad y textura, encontrándose normalmente suelos poco profundos con una textura franca.

4.3 Recursos naturales

4.3.1 Suelo

El suelo del vivero se desarrolla sobre materiales sedimentarios y metamórficos, con una textura dividida; es decir compuesta por una zona de textura arcillosa y franco-arcillosa. Asimismo, posee un suelo poco profundo con una topografía plana ligeramente ondulada (Ortega, 2015).

4.3.2 Agua

El suministro de agua para riego se obtiene de un pozo, el cual abastece al vivero y al resto de instalaciones del Centro Universitario. El agua es conducida a través de un sistema de tuberías hacia el vivero, donde se distribuye hacia las áreas de producción por medio de grifos ubicados estratégicamente.

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1 Objetivos

5.1.1 General

- Evaluar el efecto de siete sustratos y dos contenedores, en el desarrollo de portainjertos de mango (*Mangifera indica* L.), proporcionando alternativas en la producción de plántulas en etapa de vivero, generando información en el departamento de Chiquimula, Guatemala.

5.1.2 Específicos

- Determinar el efecto del uso de siete sustratos y dos tipos de contenedores, sobre la altura de la planta y el diámetro del tallo a la altura del portainjerto de mango, con el fin de establecer que tratamiento obtiene mejores resultados en desarrollo de la plántula.
- Evaluar la calidad de adobe en sustratos de portainjertos de mango, determinado así el sustrato y contenedor que provea el mejor adobe a las plantas.
- Comparar los costos de producción de siete sustratos y dos contenedores, para la producción de portainjerto de mango, determinando así la mejor alternativa desde el punto de vista financiero a través del análisis de costos unitarios de los sustratos evaluados.

5.2 Hipótesis

Ha₁= Al menos uno de los sustratos evaluados presentará diferencias significativas en la altura de portainjertos de mango.

Ha₂= Al menos uno de los contenedores evaluados presentará diferencias significativas en la altura de portainjertos de mango.

Ha₃= El efecto del sustrato y el contenedor provocará diferencias significativas en la altura de portainjertos de mango.

Ha₄= Al menos uno de los sustratos evaluados presentará diferencias significativas en el diámetro portainjertos de mango.

Ha₅= Al menos uno de los contenedores evaluados presentará diferencias significativas en el diámetro altura de portainjertos de mango.

Ha₆= El efecto del sustrato y el contenedor provocará diferencias significativas en el diámetro de portainjertos de mango.

Ha₇= Al menos uno de los sustratos evaluados presentará diferencias significativas en la calidad de adobe de portainjertos de mango.

Ha₈= Al menos uno de los contenedores evaluados presentará diferencias significativas en la calidad de adobe de portainjertos de mango.

Ha₉= El efecto del sustrato y el contenedor provocará diferencias significativas en la calidad de adobe portainjertos de mango.

5.3 Metodología

5.3.1 Variables a estudiar

Las variables que se estudiaron a partir del trasplante cada 30 días fueron las siguientes:

a. Altura del tallo cada treinta días

Se midió la altura en centímetros, desde la base del tallo hasta la yema apical del mismo. Las lecturas se tomaron con una regla de 30 cm; posteriormente con un estadal de 100 cm.

b. Diámetro a la altura del injerto a los seis meses después del trasplante

Se midió en milímetros a una altura de 15 cm de la superficie del suelo (base del tallo), las lecturas fueron tomadas a los seis meses después del trasplante con vernier.

c. Calidad de adobe (%)

Se determinó la calidad de adobe que conforma cada tratamiento con el fin de identificar el efecto de los tratamientos, en respuesta al desempeño de los pilones en los diferentes sustratos. Hay que considerar que por adobe se entiende el agregado que forma las raíces de la planta con el sustrato, para que sea considerado como apropiado, debe permitir un buen desarrollo radical, mantener la integridad de las raíces y la facilidad para la extracción del contenedor sin dañar el portainjerto al tirar la base del tallo.

A los seis meses después del trasplante se realizó la lectura, considerando la siguiente escala visual de evaluación que se observa en la tabla 5.

Tabla 5. Escala de la calidad de adobe utilizada en la evaluación de sustratos para la producción en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| Calidad de adobe | Porcentaje de adobe |
|-------------------------|--|
| 1 | El 100% del adobe sale íntegro |
| 2 | Sale el 90% de adobe |
| 3 | Sale 75% del adobe |
| 4 | Sale el 50% de adobe |
| 5 | Sale menos del 50% del adobe o la raíz desnuda |

Fuente: Miranda (2014)

5.3.2 Análisis de la información

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de datos estadísticos, mediante el diseño experimental de modelos mixtos para datos estratificados utilizando parcelas divididas con un arreglo en bloques; la información se analizó de la siguiente manera:

a. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el software Infostat®, con el cual se realizaron los análisis de datos con un nivel de significancia del 0.05, y determinar así la significancia de las variables evaluadas; también se aplicó la prueba de medidas LSD Fisher en las variables que presentaban diferencias estadísticas significativas.

b. Análisis económico

Se realizó el análisis para determinar el costo unitario de producción de cada sustrato en función del contenedor utilizado.

5.3.3 Material experimental

Para la preparación de los sustratos se utilizaron cuatro componentes principales: el primero lo constituyó un material utilizado de forma regular en el vivero para la producción de plantas frutales denominado “girum”, el cual fue obtenido mediante deposiciones aluviales del río San José. Los otros componentes consistieron en un abono orgánico fermentado tipo bocashi preparado en el vivero, lombricompost de pulpa de café preparado en Concepción las Minas, Chiquimula, Guatemala. Además, se utilizó fibra de coco, cascarilla de arroz, carbón, abono orgánico, semolina, Peat moss, piedra pómez, piedra volcánica. Los materiales se mezclaron en diversas proporciones de acuerdo con los porcentajes de cada tratamiento, sobre una cobertura plástica para evitar contacto con el suelo.

5.3.4 Descripción de tratamientos

Cada tratamiento estuvo conformado por la mezcla homogénea de uno o más materiales, como se muestra la tabla 6, donde se especifican los materiales utilizados de cada uno de los tratamientos.

Tabla 6. Descripción de tratamientos evaluados en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| SUSTRATO | PORCENTAJE | TRATAMIENTO | BOLSA O MACETA | SIMBOLOGÍA |
|---|------------------------------------|-------------|----------------|-------------------------------|
| Girum Compost | 70% | T1 | BOLSA | S ₁ C ₁ |
| | 30% | T2 | MACETA | S ₁ C ₂ |
| Lombricompost de pulpa de café + girum | 20 % | T3 | BOLSA | S ₂ C ₁ |
| | 80% | T4 | MACETA | S ₂ C ₂ |
| Peat moss cascarilla de manía cascarilla de arroz carbón Abono orgánico semolina | 20 % | T5 | BOLSA | S ₃ C ₁ |
| | 20% 20 % 15 % 15 % 10% | T6 | MACETA | S ₃ C ₂ |
| Peat moss | 100% | T7 | BOLSA | S ₄ C ₁ |
| | | T8 | MACETA | S ₄ C ₂ |
| Bocashi | 40% | T9 | BOLSA | S ₅ C ₁ |
| Fibra de coco | 55 % 5 % | | | |

| | | | | |
|-------------------------|------|-----|--------|-------------------------------|
| Harina de roca | | T10 | MACETA | S ₅ C ₂ |
| Girum | 40% | T11 | BOLSA | S ₆ C ₁ |
| Piedra pómez | 30% | | | |
| Cáscara de manía | 20 % | | | |
| Compost | 10 % | | | |
| Girum | 40% | T12 | MACETA | S ₆ C ₂ |
| Piedra volcánica | 30% | T13 | BOLSA | S ₇ C ₁ |
| Cáscara de manía | 20 % | | | |
| Compost | 10 % | | | |
| | | | | |
| | | T14 | MACETA | S ₇ C ₂ |

Fuente: Elaboración propia con base en información de otras investigaciones.

5.3.5 Diseño experimental

Para realizar el experimento se utilizó el diseño experimental de modelos mixtos para datos estratificados utilizando parcelas divididas con un arreglo en bloques evaluando 7 sustratos y 2 contenedores haciendo un total de 14 tratamientos con 3 repeticiones; utilizando un total de 42 unidades experimentales en un área de 60 m² (4 metros de ancho por 15 metros de largo), con un distanciamiento de 0.5 m * 0.5 m.

5.3.6 Modelo estadístico

El modelo estadístico que se utilizó para la realización del experimento fue propuesto por Villela (2020):

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \delta_{ij} + b_k + p_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} representa la respuesta observada en el k-ésimo bloque, i-ésimo nivel del factor principal y j-ésimo nivel de factor asociado a las subparcelas.

μ representa la media general de la respuesta.

τ_i representa el efecto del i-ésimo nivel del factor asociado a las parcelas principales.

γ_j representa el efecto del j-ésimo nivel del factor asociado a las subparcelas.

δ_{ij} representa el efecto de la interacción del ij-ésimo tratamiento.

Por otra parte, $b_k + p_{ik} + \varepsilon_{ijk}$ corresponden a efectos aleatorios de los bloques, de las parcelas dentro de los bloques y de los errores experimentales.

5.3.7 Unidad experimental

La unidad experimental fue conformada por 10 plántulas de mango constituida de 80 cm de largo por 26 cm de ancho en la cual ofrece un área de 0.20 m² cada una, las bolsas utilizadas fueron de polietileno de 8 x 14 pulgadas para su establecimiento y por macetas de capacidad de 3 litros (tomando en cuenta que la bolsa y la maceta son equivalentes en la cantidad de sustrato que contienen).

5.3.8 Manejo del experimento

a. Preparación de los materiales

Para desarrollar la investigación se utilizaron materiales para formular los sustratos los cuales fueron: fibra de coco, cascarilla de arroz, carbón, abono orgánico (tipo bocashi), semolina, cascabillo de café, Peat moss, cascarilla de manía, lombricompost de pulpa de café, girum.

Previo a realizar las mezclas en las distintas proporciones se realizó el tamizado de los materiales utilizando para ello tamiz ¼ de pulgada de abertura, esto se realizó con el propósito de disponer de partículas con tamaño homogéneo. Posteriormente se realizó la elaboración de los sustratos.

b. Recolección de semillas

Se recolectaron las semillas utilizando para ello variedad nativa de la región conocida como “mango de coche”. Las características que se utilizaron para seleccionar los árboles en los que se colectaron las semillas fueron: vigorosidad, resistencia a enfermedades, tiempo en la entrada de producción, frutos de buen tamaño. Después de la recolección de los mangos, estos se despulparon y escarificaron, con el fin de adelantar el proceso de germinación.

c. Semillero

Se realizó un semillero de 1 m de ancho y 10 cm de altura de piedra pómez cernida a 4 mm. La desinfección de semillero se realizó con el fungicida BANROT® 40 WP (Triazol + metil tiofanato) a una dosis de 25 gr/ 20 L (20 gr/ 16 L).

Las semillas fueron colocadas en el sustrato con la parte convexa (el lomo) hacia arriba, con el propósito que el tallo y a la raíz principal broten verticalmente, si se colocaran las semillas acostadas, afectaría ya que el tallo y raíz de las plántulas crecerían encorvados, esto traería problemas en el desarrollo posterior del patrón.

El tiempo estimado de germinación fueron 12 días después de la siembra, las plantas permanecieron en las camas de germinación aproximadamente un período de mes y medio; en este tiempo se realizaron riegos constantes hasta el momento del trasplante para mantener una adecuada humedad.

d. Preparación del contenedor

Se utilizaron bolsas de polietileno con las siguientes dimensiones 7 x14 pulgadas por 0.003 mm y macetas plástico con capacidad de 3 L (21 cm de diámetro mayor, 13 cm de diámetro menor y 17 cm de altura), lavadas y desinfectas para uso. Se procedió al llenado de bolsa y maceta con cada uno de los sustratos que se prepararon.

e. Trasplante

El tamaño de las plantas al trasplante fue de 15 cm, tomando en cuenta características como: plántula de tallo erecto, raíz recta y presencia de raíces secundarias. Previo al trasplante las plántulas fueron desinfectadas con el fungicida BANROT® 40 WP (Triazol + metil tiofanato) a una dosis de 25 gr/ 20 L (20 gr/ 16 L).

f. Fertilización

Las fertilizaciones se realizaron de forma manual, tomando en cuenta el programa de fertilización del vivero, constituyendo principalmente en aplicaciones quincenales N-FOS (20-20-0-10(S)) y Bayfolan® forte. En la tabla 7 se presenta una descripción del plan de fertilización utilizado para el desarrollo de la investigación.

Tabla 7. Plan de fertilización utilizado en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| Edad (meses) | No. de aplicación | Producto | Dosis | Forma de aplicación |
|--------------|-------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | 1 | 20-20-0 | 2 gr/ planta | Granulado |
| | 2 | Bayfolan® forte | 125 cc/ bomba de 16 L | Foliar |
| 2 | 3 | 20-20-0 | 2 gr/ planta | Granulado |
| | 4 | Bayfolan® forte | 125 cc/ bomba de 16 L | Foliar |
| 3 | 5 | 20-20-0 | 4 gr/planta | Granulado |
| | 6 | Bayfolan® forte | 125 cc/ bomba de 16 L | Foliar |
| 4 | 7 | 20-20-0 | 4 gr/planta | Granulado |
| | 8 | Bayfolan® forte | 125 cc/ bomba de 16 L | Foliar |
| 5 | 9 | 20-20-0 | 6 gr/planta | Granulado |
| | 10 | Bayfolan® forte | 125 cc/ bomba de 16 L | Foliar |
| 6 | 11 | 20-20-0 | 6 gr/planta | Granulado |
| | 12 | Bayfolan® forte | 125 cc/ bomba de 16 L | Foliar |

Fuente: Elaboración propia con base en recomendaciones del encargado del vivero.

g. Control de plagas y enfermedades

Se realizaron monitoreos en cada una de las unidades experimentales, para determinar la incidencia de plagas y enfermedades que pudieran afectar a las plantas. Para el control de plagas se utilizaron extracto de orégano, M5, extracto de neem, aceite mineral; se realizaron monitoreos en cada una de las unidades experimentales, durante la fase de crecimiento se realizaron aplicaciones quincenales intercaladas de cada uno de los productos, las dosis de los productos se especifican en la tabla 8 y 9.

Tabla 8. Productos orgánicos para el control de plagas en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| Producto | Dosis | Forma de aplicación |
|---------------------|----------------------|---------------------|
| Extracto de orégano | 100 cc/bomba de 16 L | Foliar |
| M5 | 50 cc/bomba de 16 L | Foliar |
| Extracto de neem | 125 cc/bomba de 16 L | Foliar |
| Aceite mineral | 125 cc/bomba de 16 L | Foliar |

Fuente: Elaboración propia con base en recomendaciones del encargado del vivero.

Tabla 9. Productos para el control de enfermedades en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| Producto | Dosis | Forma de aplicación |
|----------------------------|----------------------|----------------------------|
| Caldo sulfo-cálcico | 125 cc/bomba de 16 L | Foliar |
| Sulfato de cobre | 125 cc/bomba de 16 L | Foliar |

Fuente: Elaboración propia con base en recomendaciones de encargado del vivero

h. Control de malezas

El control se realizó manual en los contenedores y con azadines en las calles.

i. Descripción del muestreo

En total se analizaron 8 plantas por repetición, se seleccionaron las plantas del centro tanto en bolsa como en maceta, evitando con ello medir las plantas ubicadas en el borde “efecto de borde”.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación generó información relacionada con altura del tallo, diámetro a la altura del injerto y calidad de adobe, en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero; también generó del costo unitario al producir cada tratamiento, dichos datos se presentan a continuación con su respectiva discusión e interpretación de resultados.

6.1 Altura promedio de la planta

En la investigación se elaboraron distintos sustratos detallados en la tabla 6, es importante mencionar que los sustratos fueron elaborados con anterioridad (3 meses) y de acuerdo con los resultados de Miranda (2014), donde se indica que un sustrato debe someterse a una fase de maduración de 2 a 4 meses para su utilización; por lo que se tomó ese tiempo como referencia entre la preparación de los sustratos y la utilización de estos.

La altura se midió durante seis meses con el propósito de determinar si los tratamientos producen un efecto en la altura total de los portainjertos de mango, tomando en consideración que se manejaron las mismas condiciones climáticas. Se analizó la distribución normal a través del gráfico Q-Q plot. En el apéndice 2 se observa que los datos poseen una distribución normal, tomando como base un nivel de confianza del 95%, por lo que se puede afirmar que el experimento se manejó de manera confiable. También se puede observar el apéndice 3 que muestra que la nube de puntos se encuentra dispersa, por lo que se afirma que los tratamientos en estudio poseen varianzas no homogéneas y se procede a ejecutar el análisis de varianza. En la tabla 10 se presentan los datos del análisis de varianza en la altura de tallo en portainjertos de mango.

Tabla 10. Análisis de varianza con aplicación de modelos mixtos para datos estratificados en la altura del tallo en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| Fuente de variación | Gl | Gl error | F-Valor | P-Valor |
|---|-----------|-----------------|----------------|----------------|
| Contenedores | 1 | 2 | 0.180 | 0.710 |
| Sustratos | 6 | 24 | 227.34 | <0.0001 |
| Interacción de Contenedores* Sustratos | 6 | 24 | 0.19 | 0.7766 |

Fuente: Elaboración propia con base en datos recolectados.

Luego de realizar el análisis de varianza se comprueba que existen diferencias significativas entre los tratamientos como se observa en la tabla 10. Con estos resultados se acepta la hipótesis alternativa. Los datos analizados se consideran confiables por presentar un coeficiente de variación de 10.08 %.

La tabla 11 muestra la prueba de separación de medias por medio de la metodología LSD Fisher, la prueba permite observar el efecto de los sustratos en la altura de los portainjertos de mango.

Tabla 11. Prueba múltiple de medias para la altura del tallo en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| Sustrato | Altura media (cm) | Grupo LSD Fisher |
|-----------------|--------------------------|-------------------------|
| S4 | 56.25 | A |
| S3 | 56.01 | A |
| S5 | 49.29 | B |
| S6 | 48.78 | BC |
| S7 | 48.72 | BC |
| S1 | 48.41 | C |
| S2 | 48.14 | C |

Fuente: Elaboración propia con base en datos recolectados.

Los resultados en la tabla 11 muestran que el sustrato 4 y el sustrato 3 son estadísticamente iguales con un promedio de 56.25 y 56.01 cm, respectivamente; también se pudo determinar que el sustrato 5 es estadísticamente distinto al resto con una altura promedio de 49.29 cm.

Esta información permite identificar que la mayor altura se encuentra en el sustrato 4 (100 % Peat moss) y sustrato 3 (20 % Peat moss, 20% cascarilla de manía, 20% cascarilla de arroz, 15 % carbón, 15% abono orgánico y 10 % semolina). La variación de altura se estima que se debe a que el Peat moss contiene al menos 90% de materia orgánica en una base de peso seco. Su carácter es ligeramente ácido, además presenta una baja salinidad, es de larga duración en mezcla, su composición es uniforme y es muy efectivo en el mejoramiento de la aireación. El Sphagnum puede absorber hasta siete veces su propio peso en agua por lo que resulta con excelentes propiedades de retención de agua y nutrimentos (Monge, 2007).

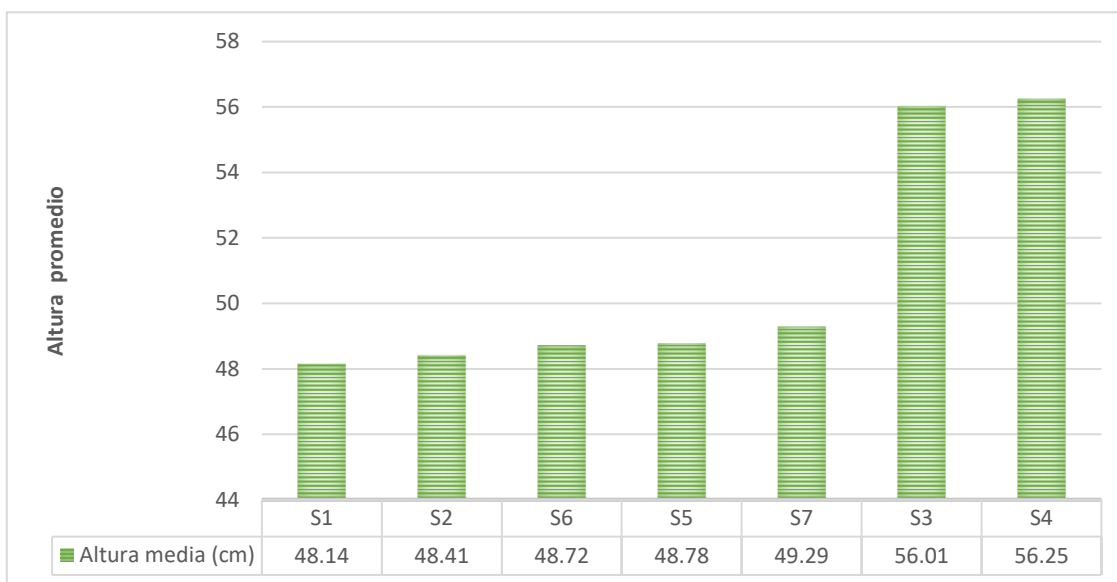


Figura 6. Altura promedio plántulas de mango (180 DDT) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

Fuente: Elaboración propia con base en datos recolectados.

En la figura 6 se puede observar que a los 180 días después del trasplante los patrones alcanzaron mayores alturas con el sustrato 3 (20 % Peat moss, 20% cascarilla de manía, 20% cascarilla de arroz, 15 % carbón, 15% Abono orgánico y 10 % semolina) y sustrato 4 (100 % Peat moss). Esto concuerda con Miranda (2014), donde se evaluaron sustratos para la

producción de pino (*Pinus oocarpa* Sheide) y cedro (*Cedrela odorata*), y se demostró el efecto del tratamiento 100% Peat moss sobre la variable altura de planta, el cual presentó la mejor alternativa de producción.

De igual manera, Vargas (2013), demostró el efecto del Peat moss sobre la altura de planta en la producción de sheflera jaspe (*Schefflera arboricola* f.) bajo condiciones de invernadero. En dicha investigación las variables altura de la planta, peso seco de raíces, peso seco de follaje, y cantidad de raíces, muestran al sustrato Peat moss como el mejor, y a los sustratos tierra negra y aserrín de pino, con resultados similares, con esta información se puede concretar que el efecto del Peat moss es influyente sobre la altura de la planta.

Es importante mencionar que las plantas utilizadas como portainjerto para ser injertado deben presentar una altura aproximada de 50 cm a 75 cm, brotes de color vinoso, libre de enfermedades y ser plantas vigorosas; ya que con esas características la corteza se separa fácilmente de la madera facilitando el injerto. Es así como se puede observar en la figura 6 que las plantas manejadas en la investigación, a los seis meses de haberse trasplantado, llegaron al rango de altura sugerido por, ya que al utilizar Peat moss (100%), la altura promedio obtenida fue de 56.25 cm y al utilizar 20 % Peat moss, 20% cascarilla de manía, 20% cascarilla de arroz, 15 % carbón, 15% abono orgánico y 10 % semolina la altura promedio fue de 56.01 cm.

6.2 Diámetro a la altura del injerto

La medición del diámetro de la altura del injerto fue realizada a los seis meses después del trasplante de los patrones y para ello se utilizó el gráfico de análisis de datos Q-Q plot, con ello observar la distribución normal que existe en el diámetro de los distintos sustratos (ver apéndice 4). También gráficamente se puede observar que la nube de puntos se encuentra dispersa (ver apéndice 5) por lo que se afirma que los tratamientos en estudio no poseen varianzas homogéneas y se procede a ejecutar el análisis de varianza como se observa en la tabla 12.

Tabla 12. Análisis de varianza con aplicación de modelos mixtos para datos estratificados en el diámetro a la altura del portainjerto en la producción de portainjerto en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| Fuente de variación | Gl | Gl error | F-Valor | P-Valor |
|--|-----------|-----------------|----------------|----------------|
| Contenedores | 1 | 2 | 0.000 | >0.9999 |
| Sustratos | 6 | 24 | 1307.78 | <0.0001 |
| Interacción Contenedores* Sustratos | 6 | 24 | 0.00 | >0.9999 |

Fuente: Elaboración propia con base en datos recolectados.

Los resultados obtenidos en la tabla 12 indican que existen diferencias significativas entre los sustratos en la variable diámetro a la altura del injerto; es así como se acepta la hipótesis alternativa donde al menos uno de los sustratos evaluados presentó diferencias significativas en el diámetro portainjertos de mango, por lo que se recomienda realizar una prueba múltiple de medias para determinar el mejor sustrato. Los datos se consideran confiables porque presentan un coeficiente de variación de 9.08 %.

En la tabla 13 se muestra la prueba de separación de medias por medio de la metodología LSD Fisher, esta prueba permite observar el efecto de los sustratos en el diámetro a la altura del injerto las plantas de mango.

Tabla 13. Prueba múltiple para el diámetro a la altura de portainjerto en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| Sustrato | Diámetro (mm) | Grupo LSD FISHER |
|-----------------|----------------------|-------------------------|
| S4 | 5.57 | A |
| S3 | 5.38 | B |
| S5 | 4.33 | C |
| S6 | 4.27 | D |
| S7 | 4.27 | D |
| S1 | 4.15 | E |
| S2 | 4.13 | E |

Fuente: Elaboración propia con base en datos recolectados.

Los resultados en la tabla 13, muestran que los sustratos con distintas letras son estadísticamente diferentes entre sí, considerando que el sustrato con el cual se obtiene el mayor diámetro a la altura del injerto es el que se encuentra compuesto por peat moos. Mientras que en la investigación realizada por Pinto (2016), muestra que resultados en el diámetro a la altura del injerto en octavo mes no mostraron diferencias significativas en los tratamientos utilizando como mezcla girum y diferentes dosis de abono bocashi, aunque el autor menciona que en el séptimo mes hubo una diferencia significativa que fue del sustrato utilizado en el vivero (100 % girum).

Pinto (2016) indica que las plantas para utilizarse como portainjerto deben tener un diámetro aproximado de 6 mm a 7.5 mm que se alcanza entre los seis y ocho meses después del trasplante, aunque también mencionan que a ese diámetro es difícil disponer de material vegetativo apto para poder injertar, en la tabla 13 se puede observar que el diámetro a la altura del portainjerto a los seis meses fue de 5.57 mm, por lo que se puede ver que es un diámetro próximo a lo mínimo requerido para poder ser injertado el portainjerto; el problema que se puede observar al momento de querer injertar al diámetro de 6 mm o 7.5 mm es la poca disponibilidad de material vegetativo ya que las varetas utilizadas presentan un diámetro aproximado de 10 mm.

6.3 Calidad de adobe

Con el fin de evaluar la calidad de adobe de los distintos tratamientos utilizados en la producción de porta injertos de mango en fase de vivero, se estudió la variable calidad de adobe. Esta variable se analizó con base al porcentaje de adobe que sale íntegro del contenedor.

Tabla 14. Análisis de varianza con aplicación de modelos mixtos para datos estratificados en la calidad de adobe en la producción de portainjerto en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| Fuente de variación | Gl | Gl error | F-Valor | P-Valor |
|---|----|----------|---------|---------|
| Contenedores | 1 | 2 | 5246.27 | 0.0002 |
| Sustratos | 6 | 24 | 21945.6 | <0.0001 |
| Interacción de Contenedores* Sustratos | 6 | 24 | 179.31 | <0.0001 |

Fuente: Elaboración propia en base a datos recolectados.

Los resultados obtenidos en la tabla 14 indican que existen diferencias significativas entre los sustratos, contenedores y en el efecto de la interacción de los mismos en la variable calidad de adobe, es así como se acepta la hipótesis alternativa que indica que efecto del sustrato y el contenedor provoca diferencias significativas en la calidad de adobe portainjertos de mango, por lo que se recomienda realizar una prueba múltiple de medias para determinar la mejor interacción entre sustrato y contenedor. Hay que considerar que los datos se consideran confiables porque presentan un coeficiente de variación de 11.28 %.

Tabla 15. Prueba múltiple para la calidad de adobe en la interacción de contenedores y sustratos en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| Contenedor | Sustrato | % de adobe | Grupo LSD Fisher |
|---------------|----------|------------|------------------|
| Bolsa | S4 | 45.17 | A |
| Maceta | S4 | 40.19 | B |
| Bolsa | S3 | 30.09 | C |
| Maceta | S3 | 25.26 | D |
| Bolsa | S6 | 15.19 | E |
| Bolsa | S5 | 15.17 | E |
| Bolsa | S7 | 15.12 | E |
| Maceta | S7 | 7.78 | F |
| Maceta | S5 | 7.47 | FG |
| Maceta | S6 | 7.39 | G |
| Bolsa | S2 | 5.11 | H |
| Bolsa | S1 | 5.08 | H |

| | | | |
|---------------|----|------|---|
| Maceta | S2 | 3.3 | I |
| Maceta | S1 | 3.02 | I |

Fuente: Elaboración propia con base en datos recolectados.

En la tabla 15 se puede observar que la interacción entre bolsa y maceta con la utilización del sustrato 4 (100 % Peat moss) se obtiene 45.17% en calidad de adobe. Se puede observar que los tratamientos con distintas letras son estadísticamente diferentes entre sí. Cabe mencionar que todos los tratamientos poseen una escala de adobe de 5 ya que al momento de extraer la planta de la bolsa o la maceta menos del 50% del sustrato sale íntegro pudiéndose observar los distintos porcentajes por tratamiento en tabla 14. Tomando en consideración lo que demostró Miranda (2014), en donde se evaluaron sustratos para la producción de pino (*Pinus oocarpa* Sheide) y cedro (*Cedrela odorata*), y se demostró que el tratamiento 100% Peat moss presentaba calidad de adobe 1 con un 92.40%, lo que demuestra que al utilizar Peat moss como sustrato se obtiene mayor porcentaje de adobe.

Se puede observar con la utilización del contenedor 1 (bolsa) con dimensiones de 7 x14 pulgadas por 0.003 mm se obtiene el mayor porcentaje en calidad de adobe (18.7 %) mientras que al utilizar el contenedor 2 (macetas) con capacidad de 3 L presentó menor porcentaje de adobe (13.49). Es importante considerar que los dos contenedores presentan una calidad de adobe de 5 de acuerdo con la escala de evaluación presentada en la tabla 9, esto indica que con los dos contenedores sale menos del 50 % de adobe.

Al considerar el contenedor ideal para la producción de portainjerto de mango se deben tomar en cuenta algunas ventajas y desventajas de los mismos cuando se utiliza bolsa (contenedor 1) con dimensiones de 7 x14 pulgadas por 0.003 mm se debe considerar el impacto ambiental desde que se fabrican hasta que se desechan, pero su bajo costo hace que sea más utilizado y preferido por los productores de plantas a nivel de vivero.

Al momento de querer utilizar el contenedor plástico (contenedor 2), existen ciertas limitaciones para poder adquirir el mismo ya que en el país no existe un contenedor que tenga las medidas equivalentes, por lo que se utilizó una maceta de plástico con capacidad de tres litros; entre las ventajas que tiene su utilización de contenedor plástico se encuentran: la reducción en el uso de bolsa de nylon que causan contaminación, la reutilización de éstos, pero la limitante principal es que el coste de adquisición es mucho mayor.

Tabla 16. Porcentaje de adobe en los tratamientos en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| Tratamiento | Porcentaje de adobe que sale del contenedor | Escala de adobe |
|--------------------|--|------------------------|
| T7 | 45.17 | 5 |
| T8 | 40.19 | 5 |
| T5 | 30.09 | 5 |
| T6 | 25.06 | 5 |
| T11 | 15.19 | 5 |
| T9 | 15.17 | 5 |
| T13 | 15.12 | 5 |
| T14 | 7.78 | 5 |
| T10 | 7.47 | 5 |
| T12 | 7.39 | 5 |
| T1 | 5.11 | 5 |
| T3 | 5.08 | 5 |
| T4 | 3.3 | 5 |
| T2 | 3.03 | 5 |

Fuente: Elaboración propia con base en datos recolectados.

Como se observa en la tabla 16 todos los tratamientos presentan una calidad de adobe 5, pero contienen distintos porcentajes observándose que el adobe se obtiene al utilizar 100% Peat moos y el contenedor de bolsa. La tabla indica que al utilizar el contenedor maceta se obtiene menos adobe en las plantas.

6.4 Análisis económico

Se realizó un análisis de costos de los tratamientos evaluados, con la finalidad de determinar que sustrato presenta mayor beneficio económico, se tomaron en cuenta los costos de los materiales y las cantidades utilizadas para la elaboración de cada uno para ellos, se determinó el costo unitario, el cual se encuentra especificado en los apéndices 6 al 20.

Considerando que para la realización se determinaron los costos variables por cada tratamiento, los costos que se incurrieron en el manejo de la producción de portainjertos de mango en fase de vivero fueron: la plántula, tipo de contenedor, el gasto de los fertilizantes, el costo de los jornales en las actividades agrícolas, es así como realizó la tabla 17 de resumen

de costo por tratamiento. Es importante considerar que el costo de un portainjerto producido en bolsa puede oscilar entre 6 a 7 quetzales.

Tabla 17. Costo de tratamientos en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| Tratamiento | Tipo de contenedor | Costo total de producción de 100 plantas (Q) |
|--------------------|---------------------------|---|
| T1 | Bolsa | 685.00 |
| T2 | Maceta | 834.00 |
| T3 | Bolsa | 688.00 |
| T4 | Maceta | 837.00 |
| T5 | Bolsa | 819.00 |
| T6 | Maceta | 858.00 |
| T7 | Bolsa | 876.00 |
| T8 | Maceta | 915.00 |
| T9 | Bolsa | 686.00 |
| T10 | Maceta | 835.00 |
| T11 | Bolsa | 805.00 |
| T12 | Maceta | 869.00 |
| T13 | Bolsa | 825.00 |
| T14 | Maceta | 864.00 |

Fuente: Elaboración propia con base en datos recolectados.

Con base al análisis de costos unitarios involucrados en la producción de portainjertos de mango se pudo determinar que existe diferencia de costos en cuanto a la producción de plantas en bolsa y en maceta por lo que se puede determinar que el tratamiento que tiene que el menor costo es el T1 (70% girum y 30 % de compost), obteniendo un costo total de producción de 685.00, hay que considerar que la materia prima utilizada contiene un 30% de compost preparado en el vivero y el otro 70% es material aluvial (girum) que es adquirido en el área de Chiquimula, hay que considerar los demás aspectos para poder determinar cuál sustrato tiene las mejores ventajas al momento de querer producir portainjertos de mango.

7. CONCLUSIONES

1. En la variable de repuesta altura se comprobó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los distintos sustratos, sin embargo, al realizar la prueba múltiple de medias, se determinó que el sustrato 3 (20 % Peat moss, 20% cascarilla de manía, 20% cascarilla de arroz, 15 % carbón, 15% abono orgánico y 10 % semolina) y sustrato 4 (100 % Peat moss) presentan la mayor altura promedio con 56.01 y 56.25 cm, respectivamente.
2. En la variable de respuesta diámetro a la altura del portainjerto se determinó que existieron diferencias significativas entre los sustratos, por lo que se realizó la prueba múltiple de medias, donde se determinó que al utilizar sustrato 4 (100 % Peat moss) el portainjerto presenta 5.57 mm de diámetro promedio al final de los seis meses.
3. Para la variable calidad de adobe se presentaron diferencias significativas entre los contenedores (bolsa y maceta) en donde el contenedor bolsa presentó 18.7 % de adobe y el contenedor maceta un 13.48%. También existieron diferencias significativas entre los sustratos; en donde el sustrato compuesto por 100% Peat moss presentó el mayor adobe con un porcentaje promedio de 45.17%. Así mismo, existieron diferencias significativas entre la interacción contenedor y sustrato, en donde se puede observar que la interacción entre el contenedor bolsa y el sustrato 100 % Peat moss poseen el mayor porcentaje en calidad de adobe. No obstante, es importante mencionar que la calidad de adobe de todos los sustratos fue de 5, ya que menos del 50% del sustrato salía íntegro, por lo que, considerando el adobe no se recomienda ningún sustrato.
4. En la evaluación económica realizada a los sustratos, se pudo determinar a través del análisis de costos que el sustrato testigo (contenedor bolsa y 70% de girum y 30% abono bocashi) presentó el menor valor (Q 6.85), pero al momento de realizar el análisis de altura de la planta, a los seis meses después de realizado el trasplante, la altura promedio fue de 48.41cm, a diferencia del sustrato que contiene 100 % Peat moss, en donde el costo fue de Q 8.76, pero la altura máxima que se alcanza a los 6 meses son 56.25 cm.

8. RECOMENDACIONES

1. Para efectos de la investigación se recomienda la utilización del sustrato 3 (20 % Peat moss, 20% cascarilla de manía, 20% cascarilla de arroz, 15 % carbón, 15% abono orgánico y 10 % semolina) y sustrato 4 (100 % Peat moos).
2. Medir la conductividad eléctrica al realizar mezclas de distintas materias primas para elaborar sustratos por el alto contenido de sales que se puedan presentar, no olvidando considerar el periodo de maduración y el lavado de estos previo a utilizarlos, para evitar problemas de fitotoxicidad.
3. Evaluar el comportamiento de los portainjertos de mango al momento de la injertación, tomando en consideración la utilización de Peat moos, para determinar la influencia de estos sobre prendimiento, crecimiento y desarrollo.
4. Realizar un análisis económico sobre la rentabilidad y la relación beneficio costo en la producción

9. REFERENCIAS

Albaunza González, CA; Yacomelo Hernández, MJ. 2019. Recomendaciones de manejo en vivero para la producción de mango (*Mangifera indica* L.) con énfasis en sustratos, patrones e injertos en Colombia (en línea). Mosquetera, Colombia, Agrosavia. 78 p. Consultado 20 mar. 2021. Disponible en <http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/31/23/523-1?inline=1>

Alvarado V, MA; Solano S, JA. 2002. Producción de sustratos para viveros (en línea). Costa Rica, VIFINEX/OIRSA. 47 p. Consultado 20 mar. 2020. Disponible en <http://www.cropprotection.es/documentos/Compostaje/Sustratos-para-Viveros.pdf>



Bardales García, JE. 2016. Evaluación de seis sustratos tipo peat-moss y su efecto en la germinación y desarrollo fisiológico de pilones de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.), en los viveros de Súper Pilón, S.A.; El Tejar, Chimaltenango, Guatemala, C.A., diagnóstico y servicios en la empresa Inverflohorsa, Boca del Monte, Guatemala, C.A. (en línea). Tesis Lic, Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 100 p. Consultado 20 may, 2020. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5993/1/INFORME%20FINAL%20EDUARDO%20JOSE.pdf>

Chonay, Patzay, JJ (comp.). 2015. Compendio de materiales: edafología (en línea). Chiquimula, Guatemala, s.e. 95 p. Consultado 4 may. 2020. Disponible en https://drive.google.com/file/d/1IoCZOK8R4Ymk15h3E9e_Kp6kB9yVyIUE/view?ts=6102e06f

Cortez Azenon, MJ. 2010. Evaluación del porcentaje de pegue de tres tipos de injertos utilizando la técnica de injertar en la zona del epicotilo en plántulas de mango (*Mangifera indica* L.) (en línea). San Andrés, La Libertad, El Salvador, ENA Roberto Quiñonez. 58 p. Consultado 23 ene. 2018. Disponible <https://es.scribd.com/document/328081691/Evaluacion-del-porcentaje-de-pegue-de-tres-tipos-de-injertos-utilizando-la-tecnica-de-injertar-en-la-zona-del-epicotilo-en-plantulas-de-mango-Manguif>

Garbanzo Solís, M; Coto Álvarez, A. 2017. Manual para el establecimiento y manejo de un vivero de aguacate (*Persea americana*. Mill) (en línea). San José, Costa Rica, MAG/CRCAA/SUNI/FITTACORI. 43 p. Consultado 17 ene. 2021. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10905.pdf>



Hidalgo Loggiodice, PR; Sindoni Vielma, M; Méndez Natera, JR. 2009. Importancia de la selección y manejo adecuado de sustratos en la producción de plantas frutales en vivero (en línea). Consultado 05 may. 2020. Disponible en <http://www.bioline.org.br/pdf?cg09036>

Irigoyen, JN; Cruz Vela, MA 2005. Guía técnica de viveros y semilleros frutales (en línea). Santa Tecla, El Salvador, Programa MAG FrutalEs/IICA. 40 p. Consultado 05 may. 2020. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B0507e/B0507e.pdf>

Landis, TD; Tinus, RW; McDonald, SE; Barnett, JP; Nisley, RG; Rodríguez, DA; Sánchez Velasquez, JR; Aldana Barajas, R. 2000. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor (en línea). Mexico, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos/Universidad Autónoma de Chapingo. 4 v., 102 p. Consultado 01 abr. 2021. Disponible en https://www.academia.edu/7985079/MANUAL_DE_VIVEROS_PARA_LA_PRODUCCION_DE_ESPECIES_FORESTALES_EN_CONTENEDOR

Littleton Robert, TE. 2000. Evaluación de sustratos en el desarrollo de papaya (*Carica papaya*), en vivero (en línea). Tesis Lic. Guácimo, Limón, Costa Rica, Universidad EARTH. 42 p. Consultado 20 may. 2020. Disponible en <https://www.yumpu.com/es/document/read/33975247/evaluacion-de-sustratos-en-el-desarrollo-de-plantas-de-papaya>

López Sagastume, ER. 2020. Ideas para elaborar el informe final de práctica agropecuaria y forestal supervisada (documento electrónico). Chiquimula, Guatemala. Instituto Adolfo. V. Hall de Chiquimula. 68 p.

MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación). 2014. Perfil comercial mango (en línea). Guatemala, MAGA/Proyecto AdA-Integración. 12 p. Consultado 23 may. 2020. Disponible en <https://www.maga.gob.gt/download/Perfil%20mango.pdf>



Miranda Villela, GS. 2014. Evaluación de sustratos para la producción en contenedor de plantas de pino (*Pinus oocarpa* Scheide) y cedro (*Cedrela odorata* L.), en el vivero de la Carrera de Agronomía del Centro Universitario de Oriente –CUNORI- Chiquimula, Guatemala, 2013 (en línea). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 172 p. Consultado 20 may. 2020. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6239/1/19%20A%20TG-2182-1593-Miranda%20Villela.pdf>

Monge Cerdas, AS. 2007. Evaluación del crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) Mill y chile dulce (*Capsicum annuum*) Linn, mediante la utilización de seis sustratos y tres métodos de fertilización en el cantón de San Carlos, Costa Rica (en línea). San Carlos, Costa Rica, ITCR. 109 p. Consultado 21 ene. 2021. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/60991235.pdf>

Ortega Paz, GE. 2015. Diagnóstico general y servicios realizados en el vivero del Centro Universitario de Oriente, Finca El Zapotillo, zona 5, Chiquimula, 2014 (en línea). Informe EPS Agr. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 50 p. Consultado 20 may. 2021. Disponible en https://hksoluciones.sfo2.digitaloceanspaces.com/hksoluciones/tesisusac/libros/19_A_EPS-2377-1799-Ortega.pdf?X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=EDVVKX7GE6M4PQ6FC2BS%2F20210729%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20210729T175914Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=ab0cf0c18cf18898cb77f13ea48a86994cc564606f06c6a58a31bad32351d63e

Prado Quiroa, WF. 2016. Evaluación de cuatro tipos de sustratos para la producción de eucalipto (*Eucaliptus torelliana* F. Muell) en vivero, en el municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz (en línea). Tesis Lic. Alta Verapaz, Guatemala, USAC-CUNOR. 83 p. Consultado 23 jun. 2020. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/17/17_1136.pdf



Picón Canahuí, RC. 2013. Evaluación de sustratos alternativos para la producción de pilones del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en los municipios de Esquipulas y Chiquimula, departamento de Chiquimula, Guatemala, 2011 (en línea). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 145 p. Consultado 20 may. 2020. Disponible en http://cunori.edu.gt/descargas/TESIS_RIGOBERTO_PICN.pdf

Pinto Girón, BE. 2016. Evaluación de tres sustratos en la producción de plántulas para portainjerto de mango (*Mangifera indica* L.), en el vivero de agronomía, CUNORI, Chiquimula, Guatemala, 2015 (en línea). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI. 69 p. Consultado 27 may. 2020. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/15065/1/19%20A%20T-2705-2125-Pinto.pdf>

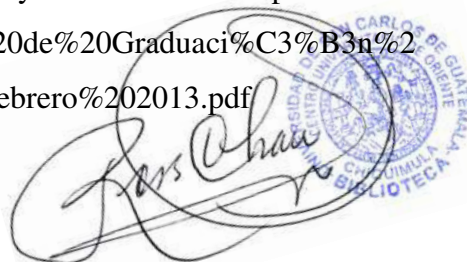
Rodríguez Cedillos, M; Guerrero Berrios, M; Sandoval, R. 2002. Guía Técnica cultivo de mango. La Libertad, El Salvador, CENTA. 32 p. Consultado 24 may. 2020. Disponible en <http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Mango.pdf>

Sandoval Illescas, JE. 2007. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC. Editorial Universitaria. 361 p.

Tut Si, MO. 2014. Evaluación de cinco sustratos para la producción en vivero de palo blanco (*Tabebuia donnell-smithii* Rose) Santa Catalina La Tinta, Alta Verapaz (en línea). Tesis Lic. San Juan Chamelco, Alta Verapaz, Guatemala, URL, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 81 p. Consultado 22 ene. 2018. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/22/Tut-Maynor.pdf>



Vargas Barrientos, HA. 2013. Diagnóstico de la producción de plantas ornamentales de los viveros de la municipalidad de Guatemala; evaluación de diferentes sustratos para la producción de sheflera Jaspe (*Schefflera arboricola* F.) bajo condiciones de invernadero y servicios realizados en el huerto y vivero municipal, Acatán Zona 16, Ciudad De Guatemala, Guatemala, C.A. (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 146 p. Consultada 20 may. 2020. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6150/1/Trabajo%20de%20Graduaci%C3%B3n%20HECTOR%20ADAN%20VARGAS%20C%20febrero%202013.pdf>

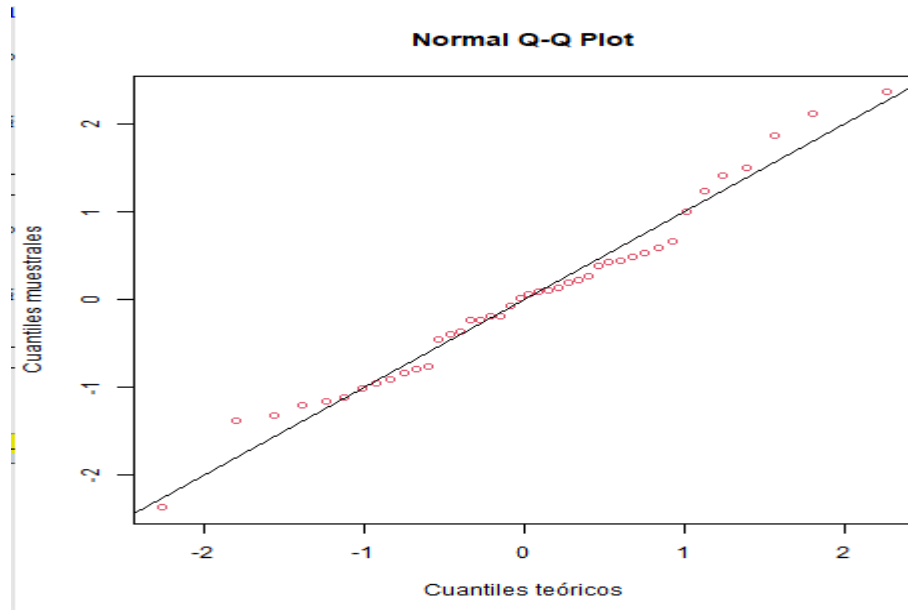


10. APÉNDICES

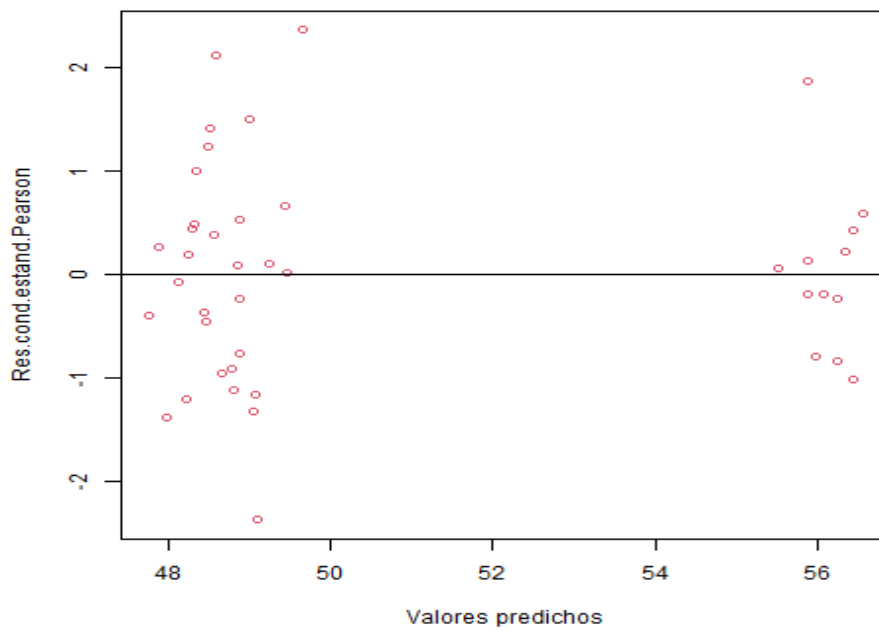
Apéndice 1. Mapa en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020



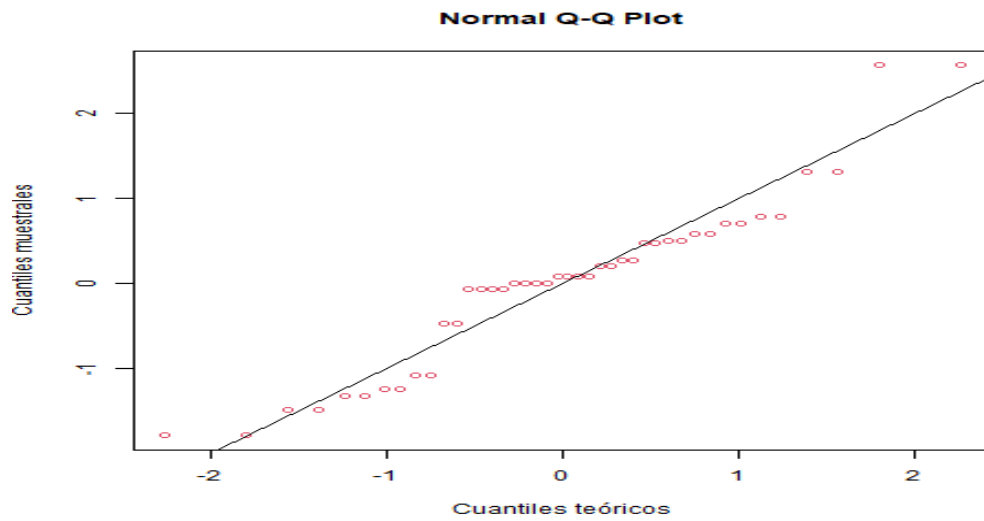
Apéndice 2. Normalidad de variable altura en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020



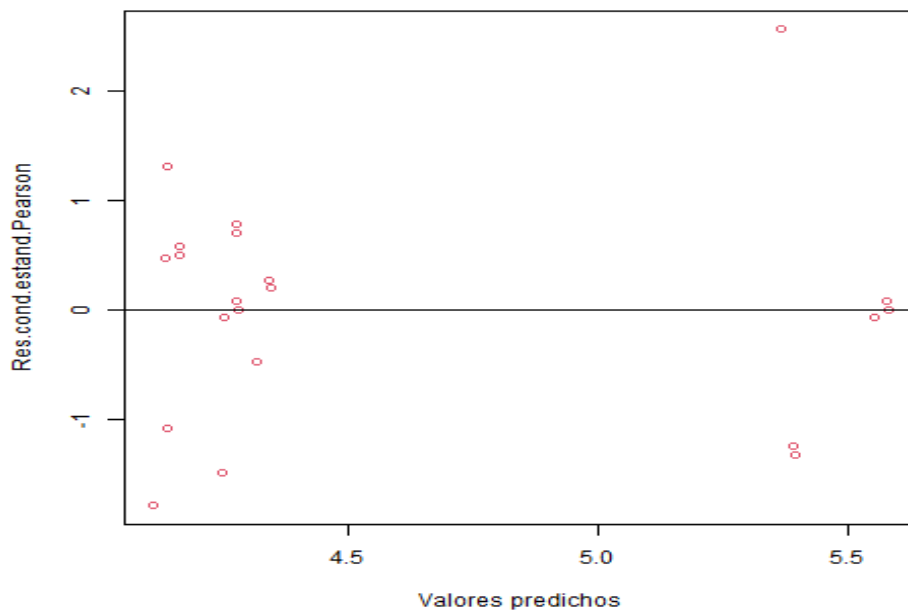
Apéndice 3. Homogeneidad de varianzas en alturas en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020



Apéndice 4. Normalidad de variable diámetro en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020



Apéndice 5. Homogeneidad de varianzas la variable diámetro en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020



Apéndice 6. Costo de producción por planta en bolsa (tratamiento 1) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| No. | Descripción | Unidad | Coste total (Q) | Cantidad utilizada por bolsa | Coste unitario (Q) |
|--------------|-------------------|------------|-----------------|------------------------------|--------------------|
| 1 | Girum | m3 | 75.00 | 0.0019 | 0.140 |
| 2 | Bocashi | 25 lb | 10.0 | 0.00080 | 0.0080 |
| 3 | Bolsa | 500 bolsas | 68.50 | 1 | 0.14 |
| 4 | Plántula de 15 cm | Unidad | 0.50 | 1 | 0.5 |
| 5 | 20-20-0 | 1 quintal | 185.00 | 0.053 | 0.098 |
| 6 | Bayfolan® forte | Litro | 72.00 | 0.0010 | 0.072 |
| 7 | Fertilización | Jornal | 60.00 | -- | 0.074 |
| 8 | Riego | Jornal | 60.00 | -- | 0.62 |
| 9 | Agua | Barril | 5.00 | -- | 5.2 |
| TOTAL | | | | | 6.85 |

Apéndice 7. Costo de producción por planta en maceta (tratamiento 2) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| No. | Descripción | Unidad | Coste total (Q) | Cantidad utilizada por bolsa | Coste unitario (Q) |
|--------------|-------------------|-----------|-----------------|------------------------------|--------------------|
| 1 | Girum | m3 | 75.00 | 0.00186 | 0.14 |
| 2 | Bocashi | 25 lb | 10.00 | 0.00080 | 0.0080 |
| 3 | Maceta | Unidad | 0.53 | 1 | 0.53 |
| 4 | Plántula de 15 cm | Unidad | 0.50 | 1 | 0.50 |
| 5 | 20-20-0 | 1 quintal | 185.00 | 0.053 | 0.098 |
| 6 | Bayfolan® forte | Litro | 72.00 | 0.001 | 0.07 |
| 7 | Fertilización | Jornal | 60.00 | -- | 0.07 |
| 8 | Riego | Jornal | 60.00 | -- | 0.62 |
| 9 | Agua | Barril | 5.00 | -- | 6.30 |
| TOTAL | | | | | 8.34 |

Apéndice 8. Costo de producción por planta en bolsa (tratamiento 3) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| No. | Descripción | Unidad | Coste total (Q) | Cantidad utilizada por bolsa | Coste unitario (Q) |
|--------------|-------------------|------------|-----------------|------------------------------|--------------------|
| 1 | Girum | m3 | 75.00 | 0.0021 | 0.16 |
| 2 | Lombricompost | 25 lb | 30.00 | 0.00053 | 0.016 |
| 3 | Bolsa | 500 bolsas | 68.50 | 1 | 0.14 |
| 4 | Plántula de 15 cm | Unidad | 0.50 | 1 | 0.5 |
| 5 | 20-20-0 | 1 quintal | 185.00 | 0.053 | 0.098 |
| 6 | Bayfolan® forte | Litro | 72.00 | 0.0010 | 0.072 |
| 7 | Fertilización | Jornal | 60.00 | -- | 0.074 |
| 8 | Riego | Jornal | 60.00 | -- | 0.62 |
| 9 | Agua | Barril | 5.00 | -- | 5.20 |
| Total | | | | | 6.88 |

Apéndice 9. Costo de producción por planta en maceta (tratamiento 4) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| No. | Descripción | Unidad | Coste total (Q) | Cantidad utilizada por maceta | Coste unitario (Q) |
|--------------|-------------------|-----------|-----------------|-------------------------------|--------------------|
| 1 | Girum | m3 | 75.00 | 0.0021 | 0.16 |
| 2 | Lombricompost | 25 lb | 30.00 | 0.00053 | 0.01596 |
| 4 | Maceta | Unidad | 0.53 | 1 | 0.53 |
| 5 | Plántula de 15 cm | Unidad | 0.50 | 1 | 0.50 |
| 6 | 20-20-0 | 1 quintal | 185.00 | 0.053 | 0.098 |
| 7 | Bayfolan® forte | Litro | 72.00 | 0.0010 | 0.072 |
| 8 | Fertilización | Jornal | 60.00 | -- | 0.074 |
| 9 | Riego | Jornal | 60.00 | -- | 0.617 |
| 10 | Agua | Barril | 5.00 | -- | 6.30 |
| Total | | | | | 8.37 |

Apéndice 10. Costo de producción por planta en bolsa (tratamiento 5) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| No. | Descripción | Unidad | Coste total (Q) | Cantidad utilizada por bolsa | Costo unitario (Q) |
|--------------|---------------------|------------|-----------------|------------------------------|--------------------|
| 1 | Peat moss | Litro | 375.00 | 0.00053 | 0.200 |
| 2 | Cascarilla de manía | Costal | 10.00 | 0.00053 | 0.0053 |
| 3 | Cascarilla de arroz | Costal | 40.00 | 0.00053 | 0.0212 |
| 4 | Carbón | Quintal | 100.00 | 0.00040 | 0.040 |
| 5 | Bocashi | 25 lb | 10.00 | 0.000399 | 0.0040 |
| 4 | Semolina | 1 quintal | 110.00 | 0.00027 | 0.14 |
| 6 | Bolsa | 500 bolsas | 68.5 | 1 | 0.14 |
| 7 | Plántula de 15 cm | Unidad | 0.75 | 1 | 0.5 |
| 8 | 20-20-0 | 1 quintal | 185.00 | 0.053 | 0.098 |
| 9 | Bayfolan® forte | Litro | 56.00 | 0.001 | 0.056 |
| 10 | Fertilización | Jornal | 60.00 | -- | 0.074 |
| 11 | Riego | Jornal | 60.00 | -- | 0.62 |
| 12 | Agua | Barril | 5.00 | -- | 6.30 |
| Total | | | | | 8.19 |

Apéndice 11. Costo de producción por planta en maceta (tratamiento 6) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| No. | Descripción | Unidad | Coste total (Q) | Cantidad utilizada por maceta | Coste unitario (Q) |
|-----|---------------------|-----------|-----------------|-------------------------------|--------------------|
| 1 | Peat moss | L | 375.00 | 0.0005 | 0.20 |
| 2 | Cascarilla de manía | Costal | 10.00 | 0.0005 | 0.0053 |
| 3 | Cascarilla de arroz | Costal | 40.00 | 0.0005 | 0.021 |
| 4 | Carbón | Quintal | 100.00 | 0.0004 | 0.040 |
| 5 | Bocashi | 25 lb | 10.00 | 0.0004 | 0.0040 |
| 4 | Semolina | 100 lb | 110.00 | 0.000266 | 0.14 |
| 6 | Maceta | unidad | 0.53 | 1 | 0.53 |
| 7 | Plántula de 15 cm | Unidad | 0.75 | 1 | 0.5 |
| 8 | 20-20-0 | 1 quintal | 185.00 | 0.053 | 0.098 |
| 9 | Bayfolan® forte | Litro | 56.00 | 0.001 | 0.056 |
| 10 | Fertilización | Jornal | 60.00 | -- | 0.074 |

| | | | | | |
|--------------|-------|--------|-------|----|------|
| 11 | Riego | Jornal | 60.00 | -- | 0.62 |
| 12 | Agua | Barril | 5.00 | -- | 6.30 |
| TOTAL | | | | | 8.58 |

Anexo 12. Costo de producción por planta en bolsa (tratamiento 7) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| No. | Descripción | UNIDAD | Coste total (Q) | Cantidad utilizada por bolsa | Coste unitario (Q) |
|--------------|--------------------|---------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 1 | Peat moss | | 375 | 0.0026 | 0.975 |
| 2 | Bolsa | 500 bolsas | 68.5 | 1 | 0.14 |
| 3 | Plántula de 15 cm | Unidad | 0.75 | 1 | 0.5 |
| 4 | 20-20-0 | 1 quintal | 185.00 | 0.053 | 0.098 |
| 5 | Bayfolan® forte | Litro | 56 | 0.001 | 0.056 |
| 6 | Fertilización | Jornal | 60.00 | -- | 0.074 |
| 7 | Riego | Jornal | 60.00 | -- | 0.62 |
| 8 | Agua | Barril | 5.00 | -- | 6.30 |
| TOTAL | | | | | 8.76 |

Apéndice 13. Costo de producción por planta en maceta (tratamiento 8) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| No. | Descripción | UNIDAD | Coste total (Q) | Cantidad utilizada por maceta | Coste unitario (Q) |
|--------------|--------------------|---------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| 1 | Peat moss | m3 | 375 | 0.0026 | 0.975 |
| 2 | Maceta | unidad | 0.53 | 1 | 0.53 |
| 3 | Plántula de 15 cm | Unidad | 0.75 | 1 | 0.5 |
| 4 | 20-20-0 | 1 quintal | 185.00 | 0.053 | 0.098 |
| 5 | Bayfolan® forte | Litro | 56 | 0.001 | 0.056 |
| 6 | Fertilización | Jornal | 60.00 | -- | 0.074 |
| 7 | Riego | Jornal | 60.00 | -- | 0.62 |
| 8 | Agua | Barril | 5.00 | -- | 6.30 |
| Total | | | | | 9.15 |

Apéndice 14. Costo de producción por planta en bolsa (tratamiento 9) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| No. | Descripción | Unidad | Coste total (Q) | Cantidad utilizada por bolsa | Coste unitario (Q) |
|--------------|-------------------|------------|-----------------|------------------------------|--------------------|
| 1 | Bocashi | 25 lb | 10.00 | 0.0011 | 0.011 |
| 2 | Fibra de coco | 100 lb | 90.00 | 0.001464 | 0.13 |
| 3 | Harina de roca | m3 | 150.00 | 0.00013 | 0.020 |
| 4 | Bolsa | 500 bolsas | 68.50 | 1 | 0.14 |
| 5 | Plántula de 15 cm | Unidad | 0.50 | 1 | 0.5 |
| 6 | 20-20-0 | 1 quintal | 185.00 | 0.053 | 0.098 |
| 7 | Bayfolan® forte | Litro | 72.00 | 0.0010 | 0.072 |
| 8 | Fertilización | Jornal | 60.00 | -- | 0.074 |
| 9 | Riego | Jornal | 60.00 | -- | 0.62 |
| 10 | Agua | Barril | 5.00 | -- | 5.20 |
| Total | | | | | 6.86 |

Apéndice 15. Costo de producción por planta en bolsa (tratamiento 10) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| No. | Descripción | Unidad | Coste total (Q) | Cantidad utilizada por bolsa | Coste unitario (Q) |
|--------------|-------------------|-----------|-----------------|------------------------------|--------------------|
| 1 | Bocashi | 25 lb | 10.00 | 0.0011 | 0.011 |
| 2 | Fibra de coco | 100 lb | 90.00 | 0.001464 | 0.13 |
| 3 | Harina de roca | m3 | 150.00 | 0.00013 | 0.020 |
| 4 | Maceta | Unidad | 0.53 | 1 | 0.53 |
| 5 | Plántula de 15 cm | Unidad | 0.50 | 1 | 0.5 |
| 6 | 20-20-0 | 1 quintal | 185.00 | 0.053 | 0.098 |
| 7 | Bayfolan® forte | Litro | 72.00 | 0.0010 | 0.072 |
| 8 | Fertilización | Jornal | 60.00 | -- | 0.074 |
| 9 | Riego | Jornal | 60.00 | -- | 0.62 |
| 10 | Agua | Barril | 5.00 | -- | 6.30 |
| Total | | | | | 8.35 |

Apéndice 16. Costo de producción por planta en bolsa (tratamiento 11) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| No. | Descripción | Unidad | Coste total (Q) | Cantidad utilizada por bolsa | Coste unitario (Q) |
|--------------|---------------------|------------|-----------------|------------------------------|--------------------|
| 1 | Piedra pómez | m3 | 150.00 | 0.00173 | 0.260 |
| 2 | Cascarilla de mania | Costal | 10.00 | 0.000665 | 0.0067 |
| 3 | Bocashi | 25 lb | 10.00 | 0.000266 | 0.0027 |
| 2 | Bolsa | 500 bolsas | 68.5 | 1 | 0.14 |
| 3 | Plántula de 15 cm | Unidad | 0.75 | 1 | 0.5 |
| 4 | 20-20-0 | 1 quintal | 185.00 | 0.053 | 0.098 |
| 5 | Bayfolan® forte | Litro | 56 | 0.001 | 0.056 |
| 6 | Fertilización | Jornal | 60.00 | -- | 0.074 |
| 7 | Riego | Jornal | 60.00 | -- | 0.62 |
| 8 | Agua | Barril | 5.00 | -- | 6.30 |
| Total | | | | | 8.05 |

Apéndice 17. Costo de producción por planta en maceta (tratamiento 12) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| No. | Descripción | Unidad | Coste total (Q) | Cantidad utilizada por bolsa | Coste unitario (Q) |
|--------------|---------------------|-----------|-----------------|------------------------------|--------------------|
| 1 | Piedra pómez | m3 | 150.00 | 0.0017 | 0.260 |
| 2 | Cascarilla de manía | Costal | 10.00 | 0.00067 | 0.0067 |
| 3 | Bocashi | 25 lb | 10.00 | 0.00027 | 0.0027 |
| 4 | Maceta | Unidad | 0.53 | 1 | 0.53 |
| 5 | Plántula de 15 cm | Unidad | 0.75 | 1 | 0.5 |
| 6 | 20-20-0 | 1 quintal | 185.00 | 0.053 | 0.098 |
| 7 | Bayfolan® forte | Litro | 56.00 | 0.001 | 0.056 |
| 8 | Fertilización | Jornal | 60.00 | -- | 0.074 |
| 9 | Riego | Jornal | 60.00 | -- | 0.62 |
| 10 | Agua | Barril | 5.00 | -- | 6.30 |
| Total | | | | | 8.69 |

Apéndice 18. Costo de producción por planta en bolsa (tratamiento 13) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| No. | Descripción | Unidad | Coste total (Q) | Cantidad utilizada por bolsa | Coste unitario (Q) |
|--------------|---------------------|------------|-----------------|------------------------------|--------------------|
| 1 | Piedra volcánica | m3 | 120.00 | 0.00173 | 0.208 |
| 2 | Cascarilla de manía | Costal | 10.00 | 0.000665 | 0.0067 |
| 3 | Bocashi | 25 lb | 10.00 | 0.000266 | 0.0027 |
| 4 | Bolsa | 500 bolsas | 68.5 | 1 | 0.14 |
| 5 | Plántula de 15 cm | Unidad | 0.75 | 1 | 0.75 |
| 6 | 20-20-0 | 1 quintal | 185.00 | 0.053 | 0.098 |
| 7 | Bayfolan® forte | Litro | 56 | 0.001 | 0.056 |
| 8 | Fertilización | Jornal | 60.00 | -- | 0.074 |
| 9 | Riego | Jornal | 60.00 | -- | 0.62 |
| 10 | Agua | Barril | 5.00 | -- | 6.30 |
| Total | | | | | 8.25 |

Apéndice 19. Costo de producción por planta en maceta (tratamiento 14) en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| No. | Descripción | Unidad | Coste total (Q) | Cantidad utilizada por bolsa | Coste unitario (Q) |
|--------------|---------------------|-----------|-----------------|------------------------------|--------------------|
| 1 | Piedra volcánica | m3 | 120.00 | 0.0017 | 0.208 |
| 2 | Cascarilla de manía | Costal | 10.00 | 0.00067 | 0.0067 |
| 3 | Bocashi | 25 lb | 10.00 | 0.00027 | 0.0027 |
| 4 | Maceta | unidad | 0.53 | 1 | 0.53 |
| 5 | Plántula de 15 cm | Unidad | 0.75 | 1 | 0.75 |
| 6 | 20-20-0 | 1 quintal | 185.00 | 0.053 | 0.098 |
| 7 | Bayfolan® forte | Litro | 56.00 | 0.001 | 0.056 |
| 8 | Fertilización | Jornal | 60.00 | -- | 0.074 |
| 9 | Riego | Jornal | 60.00 | -- | 0.62 |
| 10 | Agua | Barril | 5.00 | -- | 6.30 |
| Total | | | | | 8.64 |

Apéndice 20. Cantidad de sustrato utilizado para 60 L en la producción de portainjertos de mango en fase de vivero, Chiquimula, Guatemala, 2020

| Simbología | Materiales del sustrato | Porcentaje | Peso de materiales en kilogramos para un volumen de 60 L |
|-------------------|--------------------------------|-------------------|---|
| S1 | Girum | 70% | 16.33 |
| | Compost | 30% | 13.95 |
| S2 | Lombricompost de pulpa de café | 20 % | 10.00 |
| | girum | 80% | 18.67 |
| S3 | Peat moss | 20 % | 8 |
| | cascarilla de manía | 20% | 1.53 |
| | cascarilla de arroz | 20 % | 2.33 |
| | carbón | 15 % | 3.05 |
| | Abono orgánico | 15 % | 6.98 |
| S4 | semolina | 10% | 2.5 |
| | Peat moss | 100% | 8 |
| S5 | Bocashi | 40% | 18.61 |
| | Fibra de coco | 55 % | 6.19 |
| | harina de roca | 5 % | 3.27 |
| S6 | Girum | 40% | 9.33 |
| | Piedra pómez | 30% | 21 |
| | Cáscara de manía | 20 % | 1.53 |
| | Compost | 10 % | 4.65 |
| S7 | Girum | 40% | 9.33 |
| | Piedra volcánica | 30% | 19.61 |
| | Cáscara de manía | 20 % | 1.53 |
| | Compost | 10 % | 4.65 |

Apéndice 21. Pesado de materiales para elaborar los sustratos



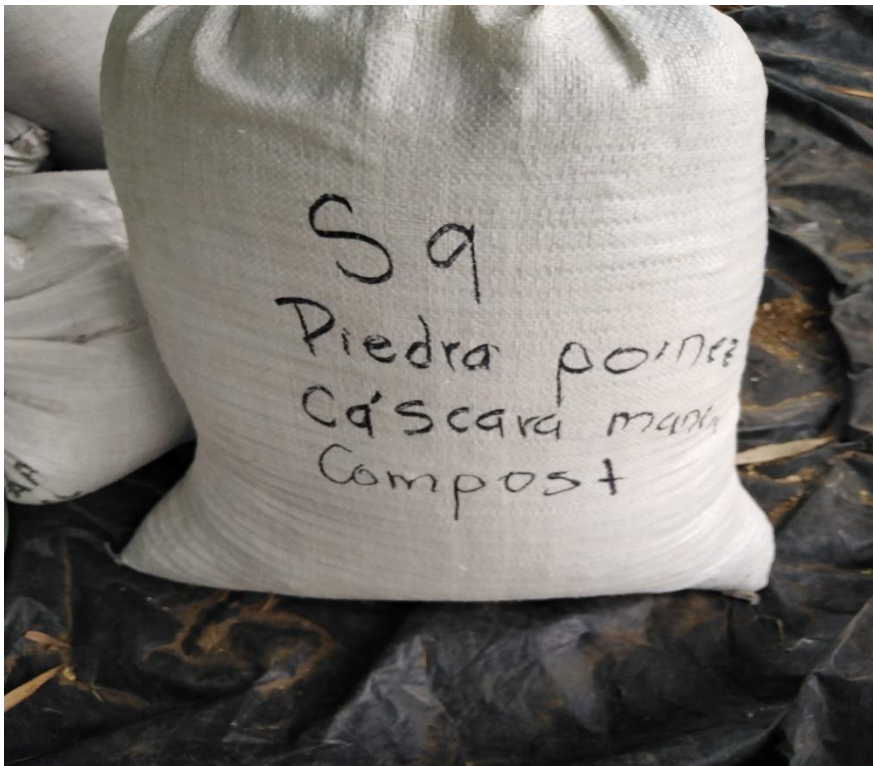
Apéndice 22. Mezcla de materiales para elaborar sustrato



Apéndice 23. Cernido de materiales para preparar sustrato



Apéndice 24. Encostalado e identificación de sustratos



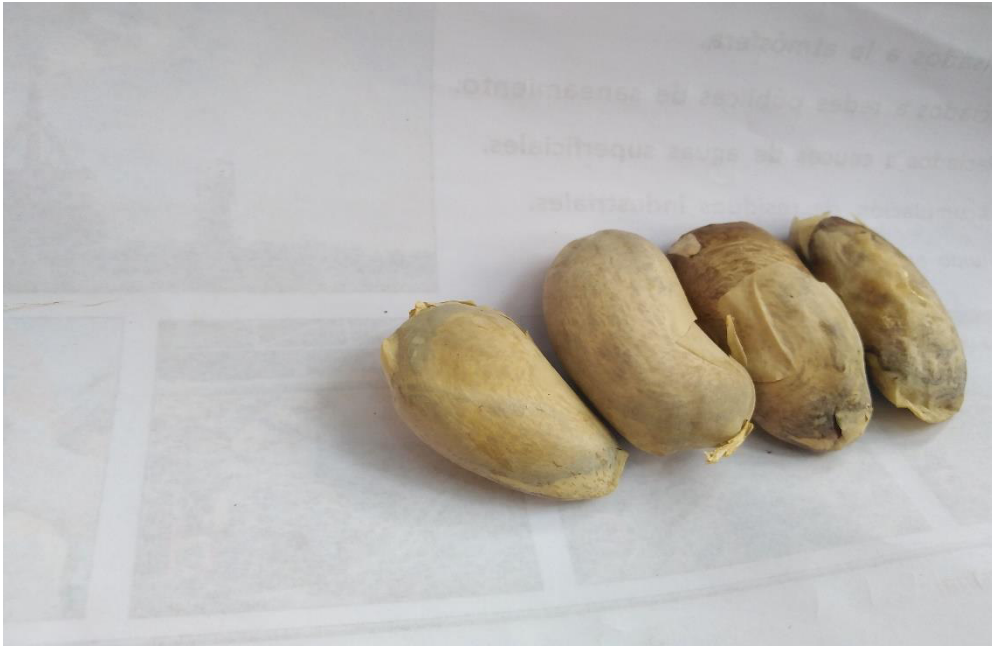
Apéndice 25. Cubicación de bolsa



Apéndice 26. Maceta utilizada como contenedor



Apéndice 27. Semillas listas para siembra



Apéndice 28. Siembra de semillas de mango



Apéndice 29. Plantas listas para trasplantar



Apéndice 30. Plantas listas para ser trasplantadas



Apéndice 31. Plantas de mango después de trasplante



Apéndice 32. Medición de alturas de los tratamientos



Apéndice 33. Medición de diámetro en planta de mango



Apéndice 34. Proporciones para elaborar abono tipo bocashi

| Insumo | Unidad de medida | Cantidad |
|---|------------------|----------------------|
| Estiércol (gallina*, vaca, caballo, cabra) | Saco (Quintal) | 40 |
| Carbón (ceniza, biochar, ceniza de caña) | Saco (Quintal) | 20 |
| Tierra de subsuelo (o harina de roca para aplicar el mismo día) | Saco (Quintal) | 8 |
| Microorganismos de montaña solidos (MM) | Kilogramo | 5 |
| Microorganismos de montaña activados (MA) | Litro | 60 |
| Melaza | Kilogramo | 40 |
| Agua no clorada | Litro | Hasta alcanzar punto |

*Lo ideal es que la gallinaza haya estado tratada con MA y almacenada por 18-24 meses.

Preparación

1. Buscar un área provista de sombra (sarán, lamina, palma o bajo la sombra de árboles).
2. Colocar los materiales formando capas, iniciando con una capa de estiércol, otra de carbón y colocando luego pequeñas porciones de harinas de roca y microorganismos de montaña sólidos. Luego se repite las capas hasta formar al menos 3 niveles.
3. Con la ayuda de una pala, se mezclan los materiales al menos 6 veces, hasta alcanzar una coloración homogénea. Es importante mencionar, que se debe agregar los MA y la melaza disuelta en agua, durante los diferentes volteos, procurando que se alcance la humedad requerida.
4. Determinación de la humedad mediante la prueba del puño.
5. Colocar el producto final, dentro de sacos ventilados.
6. Almacenar los sacos bajo sombra, siempre procurando que se mantenga una buena aireación entre las filas.
7. Dejar fermentar por 8 a 10 días.

➤ Elaboración de compost

● Selección del sitio

Para definir el área donde se pueda realizar la abonera tomando en cuenta que sea un lugar protegido de la lluvia del sol, para evitar la volatilización y lixiviación de elementos nutricionales; como se tienen estructuras específicas para la elaboración de aboneras éstas serán realizadas en áreas donde las copas de los árboles las cubran y así mantener condiciones ambientales frescas y no extremas.

● Recolección del material

Estiércol éste fue recolectado en la granja pecuaria, es proveniente de ganado bovino y recolectado por los estudiantes de la carrera de agronomía, depositado en un área y tapado con naylon de color negro.

Hojarasca: la hojarasca utilizada es recolectada y proveniente de todos los árboles que botan sus hojas en CUNORI.

- **Elaboración de abonera**

Cuando ya se tienen las materias primas que se utilizarán para la elaboración del abono tomando en cuenta que deberán ser colocadas por capas en el siguiente orden y de la siguiente manera:

Aplicación de hojarasca, 10 carretadas de hojas equivalen a 1 m³ de material; por lo que se le agregan y se considera que la hojarasca será la fuente de carbono para la adecuada descomposición.

Aplicación de frijol descompuesto: se agregan 5 carretadas de frijol descompuesto, material que fue proporcionado por un agricultor al cual se le arruinaron varios quintales de este producto.

Aplicación de estiércol: se le agregan 10 carretas de estiércol considerando que será la fuente de nitrógeno de la mezcla.

Aplicación de mezcla: en 200 libras de agua se deben colocar 4 litros de melaza y dos galones de microorganismos activados; cuando se encuentre disuelta totalmente en la mezcla realizada con hojarasca, estiércol y frijol descompuesto.

- **Mezcla de materias primas**

Para que el compuesto sea homogéneo se realiza la mezcla de las materias utilizadas en la elaboración del abono bocashi.

- **Colocación de cubierta plástica sobre abonera**

Después de realizar la mezcla de las materias se cubre con nylon negro para que la temperatura se eleve y empiece el proceso de descomposición.

- **Manejo post-elaboración de abonera**

Doce días después de la realización de abonera se realiza el primer volteo para poder observar el proceso de descomposición y monitoreo de humedad y temperatura.