

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE -CUNOR-
CARRERA DE TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN



EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS Y DOS MÉTODOS DE GERMINACIÓN PARA LA PROPAGACIÓN DE TOMATE DE ÁRBOL (*Cyphomandra betacea*), EN LA GRANJA AGRÍCOLA CUNOR, ALTA VERAPAZ.

LEYBI SUSANA MACZ CÚ

COBÁN, ALTA VERAPAZ, ABRIL DE 2015

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**INFORME DE PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA
“EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS Y DOS MÉTODOS DE
GERMINACIÓN PARA LA PROPAGACIÓN DE TOMATE DE
ÁRBOL (*Cyphomandra betacea*), EN LA GRANJA AGRÍCOLA
CUNOR, ALTA VERAPAZ”**

**PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE**

POR

**LEYBI SUSANA MACZ CÚ
CARNÉ: 200943221**

**COMO REQUISITO A OPTAR AL
TÍTULO DE TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

COBÁN, ALTA VERAPAZ, ABRIL DEL 2015

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS
RECTOR MAGNÍFICO**

Dr. Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE: Lic. Zoot. M.A. Fredy GiovaniMaczChoc
SECRETARIO: Licda. T.S. Floricelda Chiquín Yoj
REPRESENTANTE DE DOCENTES: Ing. Geol. Cesar Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTE EGRESADOS: Ing. Agr. Julio Oswaldo Méndez Morales
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES: PEM Hugo Francisco Ruano Rivera
Br. Marco Tulio Medina Pérez

COORDINADOR ACADÉMICO

Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales

COORDINACIÓN DE LA CARRERA

Ing. Agr. M. Sc. David Salomon Fuentes

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADOR Ing. Agr. Edgar Armando Ruiz Cruz
SECRETARIO Ing. Agr. M. Sc. Gustavo Adolfo García Macz
VOCAL Ing. Agr. M. Sc. David Salomon Fuentes

REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. Agr. M. Sc. Gustavo Adolfo García Macz

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. Edgar Armando Ruiz Cruz

ASESOR

Ing. Agr. Aléx Ernesto Chén Chiquín



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Cobán, A.V., 18 de marzo 2015.
Ref.: 15-A-65/2015

Señores
Miembros de la Comisión de
Trabajos de Graduación de
Práctica Profesional Supervisada
Carrera de Agronomía
CUNOR

Señores:

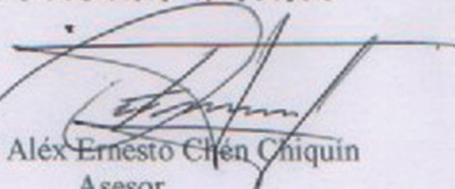
Por este medio informo a ustedes que en mi calidad de Asesor del Trabajo de Graduación del Informe de la Práctica Profesional Supervisada de la estudiante **LEYBI SUSANA MACZ CÚ**, supervisé la fase final de campo y he revisado el Informe Final de su investigación titulado **“Evaluación de cuatro sustratos y dos métodos de germinación para la propagación de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), en la Granja Agrícola CUNOR, Alta Verapaz.”**

Al respecto puedo indicar que a mi juicio, el informe reúne las calidades requeridas por la Carrera, por lo que recomiendo se le de el trámite respectivo para ser aprobado como Informe Final de PPS.

Atentamente,



Id y enseñad a todos


Ing. Agr. Aléx Ernesto Chén Chiquín
Asesor

c.c. archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Cobán, A.V., 19 de marzo de 2015.
Ref. 15-A-066/2015

Señores
Miembros de la Comisión de
Trabajos de Graduación de
Práctica Profesional Supervisada
Carrera Agronomía
CUNOR

Estimados señores:

Por este medio remito el Trabajo de Graduación del Informe de Práctica Profesional Supervisada titulado **“Evaluación de cuatro sustratos y dos métodos de germinación para la propagación de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), en la Granja Agrícola CUNOR, Alta Verapaz.”** Dicho trabajo es presentado por la estudiante **LEYBI SUSANA MACZ CÚ** y cumple con las sugerencias y/o correcciones formuladas por la Comisión de PPS, por lo que se solicita continuar con el trámite respectivo.



“Id y enseñad a todos”

Ing. Agr. M.A.E. David Salomón Puentes Guillermo
Revisor de Informe Final Trabajos de Graduación a Nivel Técnico
Carrera Agronomía -CUNOR-

c.c. archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Cobán, A.V., 20 de marzo de 2015
Ref. 15-A-067-2015

Señores
Miembros de la Comisión de
Trabajos de Graduación de
Práctica Profesional Supervisada
Carrera Agronomía
CUNOR

Estimados señores:

Por este medio remito el Informe Final de Investigación de Práctica Profesional Supervisada titulado: **“Evaluación de cuatro sustratos y dos métodos de germinación para la propagación de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), en la Granja Agrícola CUNOR, Alta Verapaz.”**

Dicho trabajo es presentado por la estudiante **LEYBI SUSANA MACZ CÚ** y de acuerdo a mi opinión cumple satisfactoriamente con las normas de redacción y estilo; por lo que se solicita continuar con el trámite respectivo.

Atentamente,



“Id y enseñad a todos”

Ing. Agr. M.Sc. Gustavo Adolfo García Macz
Revisor de Redacción y Estilo
Informes Finales Trabajos de Graduación a Nivel Técnico
Carrera Agronomía -CUNOR-

c.c. archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Ref. 15-A-068/2015
Cobán, A.V., 20 de marzo de 2015

Licenciado
Fredy Giovanni Macz Choc
Director del CUNOR

Señor Director:

Adjunto remito el Trabajo de Graduación del Informe de Práctica Profesional Supervisada titulado "Evaluación de cuatro sustratos y dos métodos de germinación para la propagación de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), en la Granja Agrícola CUNOR, Alta Verapaz."

Dicho trabajo es presentado por la estudiante LEYBI SUSANA MACZ CÚ y de acuerdo a la opinión de las diferentes comisiones responsables de su revisión y del suscrito, cumple con los requisitos para ser aceptado como tesis de pre-grado; por lo que solicito se le de el trámite correspondiente a fin de que la estudiante Macz Cú, pueda someterse al examen para optar al título de Técnico en Producción Agrícola.

Atentamente,



"Id y enseñad a todos"

Ing. Agr. Edgar Armando Ruiz Cruz
Coordinador Comisión de Trabajos de Graduación a Nivel Técnico
Carrera de Agronomía -CUNOR-

c.c. archivo

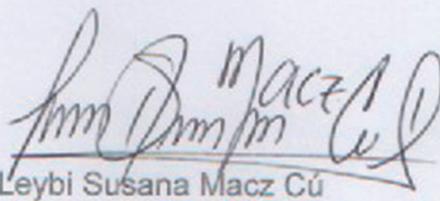
RESPONSABILIDAD

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de la carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el informe final de Práctica Profesional Supervisada titulado "Evaluación de cuatro sustratos y dos métodos de germinación para la propagación de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), en la granja agrícola CUNOR, Alta Verapaz", como requisito previo a optar el título profesional de Técnico en Producción Agrícola.



Leybi Susana Macz Cú
Carné No. 200943221

AGRADECIMIENTOS

- A DÍOS:** Por cada una de las bendiciones y su amor infinito para lograr toda meta propuesta.
- A MIS PADRES:** Máximo Macz Q.E.P.D. por su amor, consideración y por brindarme apoyo incondicional; a mi Madre Magdalena Cú, por su comprensión y paciencia durante toda mi vida. Meta que dedico especialmente a ellos.
- A MIS HERMANOS:** Carlos, Margarita, Martha y especialmente a David por su ayuda idónea y sus ánimos para seguir adelante.
- A MI MEJOR AMIGO:** Byrón Ical, por sus ánimos durante la realización de la práctica.
- A MIS AMIGOS:** Por su apoyo y compañerismo durante la práctica.
- A LA COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN:** Ing. Agr. Armando Ruiz; Ing. Agr. Gustavo García; Ing. Agr. David Fuentes por el apoyo brindado en la elaboración del informe final de técnico en producción agrícola.
- A MI ASESOR:** Ing. Agr. Chen Chiquin, por brindarme asistencia desde el inicio de la práctica.
- A MIS CATEDRATICOS:** Por brindarme sabiduría y conocimiento para ser una profesional de éxito.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	i
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN	5
OBJETIVOS	7

CAPÍTULO 1

1.1 Antecedentes	9
1.2 Revisión de literatura	11
1.2.1 Generalidades del cultivo de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betaceae</i>)	11
1.2.2 Propagación	12
a. Propagación sexual	12
b. Propagación asexual	13
1.2.3 Selección de plantas	13
1.2.4 Latencia endógena	14
1.2.5 Suelo	14
1.2.6 Sustrato	15
1.2.7 Función de los sustratos	15
a. Fibra de coco	16
b. Cascarilla de café	16
c. Piedra pómez más tierra	17
1.2.8 Abonos orgánicos	17
a. Gallinaza	17
b. Biocofya	18
1.2.9 Fermentación de semillas	18
1.2.10 Estratificación de la semilla	19
1.3 Hipótesis	21

CAPÍTULO 2 MARCO REFERENCIAL

2.2 Ubicación geográfica	23
2.2.1 Características ecológicas	23
2.2.2 Instalaciones	23

2.2.3 Material vegetal	24
2.2.4 Recipientes para pilones	24
2.2.5 Sustratos	25
2.2.6 Métodos germinativos	26

CAPÍTULO 3

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del experimento	27
3.1.1 Modelo estadístico	27
3.1.2 Tratamientos	28
3.1.3 Tamaño del experimento	29
3.1.4 Análisis experimental	29
3.2 Variables respuesta	29
3.2.1 Longitud de tallo	29
3.2.2 Número de hojas	30
3.2.3 Tamaño de hojas	30
3.2.4 Longitud de raíz	30
3.2.5 Germinación	30
3.3 Procedimientos para el establecimiento de experimento	30
3.3.1 Selección de frutos	30
3.3.2 Limpieza del área	31
3.3.3 Preparación de sustratos	31
3.3.4 Extracción de semillas	31
3.3.5 Fermentación de semillas	31
3.3.6 Refrigeración de semillas	32
3.3.7 Siembra de semillas	32
3.3.8 Riego	32
3.3.9 Toma de datos	32
a. Datos recolectados	32
b. Intervalo de tiempo en la recolección de datos	33
c. Promedio del conteo de datos	33
d. Equipo utilizado en la recolección de datos	33
3.3.10 Trasplante	34

CAPÍTULO 4

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Variable longitud de tallo	35
4.1.1 Análisis de varianza para la variable longitud de tallo	37
4.1.2 Prueba de Tukey para la variable longitud de tallo	38

4.1.3 Gráfica variable longitud de tallo	41
4.2 Variable número de hojas	42
4.2.1 Análisis de varianza del número de hojas	43
4.2.2 Prueba de Tukey para número de hojas	44
4.3 Variable tamaño de hojas	46
4.3.1 Análisis de varianza para la variable tamaño de hojas	47
4.3.2 Prueba de Tukey para la variable tamaño de hojas	48
4.4 Variable longitud de raíces	50
4.4.1 Análisis de varianza para la variable longitud de raíz	51
4.4.2 Prueba de Tukey para la variable longitud de raíces	53
4.5 Variable plantas germinadas	54
4.5.1 Análisis de varianza para la variable plantas germinadas	55
4.5.2 Prueba de Tukey para la variable de plantas germinadas	56
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	67

ÍNDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro No. 1	Características generales de los sustratos	25
Cuadro No. 2	Tratamientos evaluados	28
Cuadro No. 3	Longitud promedio en centímetros de los tallos de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	36
Cuadro No. 4	Análisis de varianza del crecimiento longitudinal de los tallos de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	37
Cuadro No. 5	Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los sustratos evaluados en la longitud de los tallos en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	38
Cuadro No. 6	Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los métodos germinativos evaluados en la longitud de los tallos en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	39
Cuadro No. 7	Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre los tratamientos por efecto de la interacción entre el sustrato y el uso de métodos para la germinación en el crecimiento de la longitud de los tallos en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	40
Cuadro No. 8	Promedio de número de hojas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	43
Cuadro No. 9	Análisis de varianza del número de hojas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	44
Cuadro No. 10	Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los sustratos evaluados de número de hojas en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	45
Cuadro No. 11	Promedio del tamaño de hojas en centímetros de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	46
Cuadro No. 12	Análisis de varianza del tamaño de hojas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	47
Cuadro No. 13	Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los sustratos evaluados del tamaño de hojas en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	49

Cuadro No. 14	Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los métodos germinativos evaluados con respecto al tamaño de hojas en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	50
Cuadro No. 15	Longitud promedio de raíces en centímetros para tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	51
Cuadro No. 16	Análisis de varianza de longitud de raíces en centímetros en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	52
Cuadro No. 17	Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los sustratos evaluados con respecto a la longitud de raíces en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>).	53
Cuadro No. 18	Promedio de plantas germinadas en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	54
Cuadro No. 19	Análisis de varianza de plantas germinadas en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	55
Cuadro No. 20	Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los sustratos evaluados con respecto a plantas germinadas en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	57
Cuadro No. 21	Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los métodos evaluados con respecto a plantas germinadas en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>).	58
Cuadro No. 22	Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre los tratamientos por efecto de la interacción entre el sustrato y el uso de métodos en plantas germinadas en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>).	59
Cuadro No. 23	Propiedades físicas de los sustratos evaluados	67

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1	Relación entre el sustrato y longitud del tallo en la evaluación de los dos métodos germinativos en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)	41
-----------	--	----

RESUMEN

Esta investigación consistió en la evaluación de cuatro tipos de sustratos y el uso de dos métodos germinativos para la propagación sexual de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*). Los sustratos fueron: una mezcla de tierra, arena pómez y biocofya; una mezcla de tierra, cascarilla de café y biocofya; una mezcla de tierra, fibra de coco y gallinaza; una mezcla de tierra, arena pómez y gallinaza. Cada uno de los sustratos en proporciones de 2:1:1. Los dos métodos de germinación utilizados fueron: El método de fermentación de semillas por tres días y para el otro método fue fermentación por tres días más refrigeración por quince días.

El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero de la granja agrícola del Centro Universitario del Norte -CUNOR- durante los meses de mayo a agosto del año 2013. El diseño experimental que se utilizó fue bifactorial completamente al azar. Con relación a los niveles de los factores analizados se realizaron ocho tratamientos con tres repeticiones por cada uno. Se midieron 5 variables de respuesta: longitud de tallo, número de hojas, longitud de hojas, longitud de raíces y germinación obtenida por cada tratamiento. Los resultados se evaluaron por medio de un análisis de varianza en comparación de medias de los tratamientos, y se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

En base a los resultados finales de la investigación se identificó que los métodos germinativos evaluados incidieron significativamente en los resultados por lo que se realizó la prueba de Tukey para comparar las diferencias de las medias y se determinó que la aplicación de método de fermentación presentó una media de 16,25 en plantas germinadas a diferencia del método fermentación

más refrigeración que presento una media de 30,58 lo que indica que este método es más aprovechable para la obtención de plantas germinadas.

Lo anterior demuestra la importancia de estos métodos para la germinación de plantas del cultivo de tomate de árbol ya que al pasar por todos estos procesos las semillas eliminan inhibidores osmóticos que contribuyen a la maduración de embriones.

Se concluyó que el sustrato de mezcla tierra, fibra de coco y gallinaza es el más eficiente para todas las variables. Esto se debe a su alta porosidad, capacidad de retención de humedad y aireación, características adecuadas que también favorecen el desarrollo de las plantas. También se recomienda utilizar el sustrato con mezcla de tierra, arena pómez y gallinaza ya que los resultados son similares adicionándole el método de fermentación más refrigeración, esto por su consistencia y los factores que contribuyen en el desarrollo vegetativo.

INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) pertenece a la familia de las solanáceas, se cultiva sobre todo en climas templados y fríos pero se extiende a las aéreas subtropicales. El manejo del cultivo es poco conocido por los agricultores de la región, pero el fruto tiene gran demanda en el mercado nacional e internacional, por lo cual podría ser una alternativa de producción para la generación de ingresos de pequeños y grandes productores.

Desafortunadamente en la actualidad no se tienen conocimientos o informes escritos sobre el manejo del cultivo en la región de Alta Verapaz, por lo que la presente investigación se realizó para proporcionar a los productores interesados en los cultivos perennes información técnica sobre la propagación de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), esto con el objeto de brindar información significativa sobre los adecuados sustratos que permiten un excelente desarrollo en la fase inicial de las plantas y los métodos aplicados a las semillas para aumentar el porcentaje de germinación, para una reproducción masiva.

Dada la gran actividad agrícola de Guatemala se cuentan con fuentes importantes de subproductos agrícolas como son la fibra de coco, cascarilla de café, estos tienen un alto potencial para ser utilizados como sustratos. Al igual que se cuenta con minerales dentro de la región como arena pómez y abonos orgánicos los cuales también se pueden relacionar con el suelo para hacer proporciones benéficas y aprovechables para las plantas.

Es importante que los productores conozcan los materiales útiles para la elaboración de sustratos y los métodos germinativos que sean efectivos en la

reproducción de tomate de árbol y con esto reducir el tiempo para obtener plantas con fines comerciales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la región de Alta Verapaz el fruto llamado tomate de árbol o tomate de extranjero (*Cyphomandra betaceae*), es de alta demanda a pesar de que los precios se incrementan significativamente en diferentes épocas del año, esto debido a la escasez del producto dentro del mercado. En esta parte del país los agricultores se enfocan más en la producción de cultivos hortícolas por la experiencia adquirida en los últimos años. El tomate de árbol es un cultivo no tradicional que debería de ser una alternativa económica, sin embargo la expansión de su producción se ve limitada por varios factores como la falta de conocimientos técnicos o informes sobre el manejo adecuado del cultivo

La información del manejo del cultivo de tomate de árbol en la etapa de semillero es escasa, los métodos de germinación y los sustratos utilizados por los agricultores de la región no son precisamente los adecuados para obtener resultados efectivos.

Debido al poco conocimiento para el manejo del cultivo de tomate de árbol los agricultores solo lo producen en huertos familiares, sin ninguna información técnica. Por lo tanto existe necesidad de emprender estudios de evaluación de sustratos esenciales y métodos de germinación de semillas para su aprovechamiento y conservación en la etapa inicial del cultivo, obteniendo porcentajes altos de germinación para una comercialización adecuada.

Ante los problemas anteriores se establece la presente investigación: Evaluación de cuatro tipos de sustratos y dos métodos de germinación para la propagación de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) con el fin de proporcionar información para mejorar el manejo agronómico del cultivo.

JUSTIFICACIÓN

El cultivo de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*), tiene gran potencial de desarrollo debido a las condiciones ideales que tiene la región, se caracteriza por su adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas y edáficas. Cabe resaltar que en nuestro medio no existe mayor conocimiento e información sobre el manejo técnico de dicho cultivo.

Es importante conocer los métodos más adecuados para acelerar la germinación también para contribuir a un mayor porcentaje germinativo, así como sustratos que permitan mejores condiciones para el desarrollo de la planta en la fase inicial.

El propósito de utilizar los métodos germinativos es eliminar las sustancias que inhiben el desarrollo del embrión de las semillas, con esto se pretende lograr obtener porcentajes altos de germinación para luego realizar comparaciones de los resultados y notar cual es el más eficiente, así poder recomendarlo para los productores interesados en el cultivo.

Este trabajo contribuye al establecimiento de sustratos evaluados para obtener las condiciones adecuadas, para que las semillas puedan germinar sin ninguna dificultad en relación con los métodos germinativos obtener datos significativos en cuanto al desarrollo vegetativo de las plantas.

OBJETIVOS

General

Generar información técnica con el fin de mejorar la propagación sexual de semillas cultivo de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*), al utilizar diferentes sustratos y métodos germinativos.

Específicos

Evaluar dos métodos para acelerar y aumentar la germinación de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*): solo fermentación y fermentación más refrigeración.

Comparar cuatro sustratos que permitan la germinación y desarrollo adecuado de las semillas tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*), para producir plantas sanas y vigorosas para su posterior trasplante.

Recopilar información técnica y teórica obtenida en el proceso agronómico de reproducción de tomate de árbol y establecer un trabajo formal para contribuir a la tecnificación del cultivo.

CAPÍTULO 1

1.1 Antecedentes

En el Centro Universitario del Norte no se ha realizado ningún trabajo técnico sobre la evaluación de sustratos ni métodos germinativos para la propagación del cultivo tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Serrano, 1988¹ en su investigación logro el 85% de germinación en semillas que fueron sumergidas en ácido giberélico por 10 minutos; a los 14 días del inicio de este tratamiento se alcanzó el 50% de germinación. Determino que las estacas terminales lesionadas con 5 hojas tratadas con 3,000 ppm de IBA, fueron las que presentaron mayor porcentaje de enraizamiento, así como mayor cantidad de raíces formadas.

Marchorro M.² en su investigación “Evaluación de siete sustratos, para el trasplante de pilón de lechuga (*Lactuca sativa*), variedad salinas”, el sustrato con tierra, arena pómez, gallinaza deshidratada en proporciones 2:1:1 + fertirrigación, proporcio buenas características en cuanto a raíces

¹ Sánchez Monzón, Francisco Gudiel. *Diagnóstico del cultivo de Tomate de Árbol (Cyphomandra betacea Sent.)* Modulo de Frutales y Forestales. Ingeniería Agronómica. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Agronomía, 1 996

²Marchorro Ponce, Mario Roberto. *Evaluación de siete sustratos para el trasplante de pilón de Lechuga, variedad Salinas.* Práctica Profesional Supervisada. Técnico en producción agrícola. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de agronomía, 1999.

frescas, consistencia y porcentaje de pegue en el campo definitivo y recomienda realizar experimentos con otros materiales, fáciles de encontraren la región para contribuir a la generación de tecnología apropiada a las necesidades de los agricultores locales.

Droegue E.³ en su investigación “Evaluación de cinco sustratos para la realización de semilleros de tomate (*Lycopersicum esculentum* var. Roma Gigante) para trasplante de pilón” concluye que; el sustrato con proporciones de 50% tierra, 25% arena pómez, 25% gallinaza, permitió mejor desarrollo en las plantas, en cuanto a calidad, vigorosidad y consistencia, recomienda realizar experimentos con este tipo de sustrato en diferentes cultivos.

Se realizaron varias entrevistas a pequeños productores de este cultivo, ellos hacen mención que no existe ninguna información técnica sobre la propagación de semillas de tomate de árbol, algunos de ellos utilizan el método de fermentación para la germinación y solo uno respondió que utiliza el método de refrigeración pero sin tener conocimiento del porcentaje germinativo.

³ Droegue de Vásquez, Esther. Evaluación de cinco sustratos para la realización de semillero de tomate (*Lycopersicum esculentum* var. Roma Gigante), el bandejas de plástico para trasplante en pilón. Práctica Profesional Supervisada. Técnico en producción agrícola. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala: Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de agronomía, 1 997.

1.2 Revisión de literatura

1.2.1 Generalidades del cultivo de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Nombre científico: *Cyphomandra betacea*

Nombre común: Tomate de árbol, tamarillo, tomate extranjero.

Familia: Solanácea

Género: *Cyphomandra*

Procedencia: vertiente oriental de los Andes, específicamente Perú, Ecuador y Colombia.

El tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) pertenece a la familia Solanácea, es originario de la vertiente oriental de los Andes de Colombia, Ecuador y Perú. Se cultiva en las zonas de climas templados y frescos. ⁴

El tomate de árbol no sufre ningún tipo de estacionalidad o ciclos de producción marcados los cuales, influyen directamente en el precio del producto y en su disponibilidad en el mercado, dada la ley de la oferta y la demanda los precios de este producto son rentables.

Descripción: Planta arbustiva de tallos semileñosos, de forma erecta y se ramifica a una altura que varía entre 1.5 m y 2m. Las raíces son profundas y ramificadas, los procedentes de semilla tardan de 12 a 14 meses, a partir del trasplante, para iniciar la producción. Las flores se ubican en la terminación de las ramas y son de color blanco, con franjas de color rosado tenue. La

⁴ *Tomate de Árbol*. http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents. (23 de septiembre del 2013)

semillas son pequeñas, plantas, circulares y lisas, de color amarillento o a veces pardo. El fruto es una baya de forma ovoide apiculada que presenta una coloración verde cuando esta inmaduro. En el fruto se encuentran entre 200 y 300 semillas. El fruto del tamarillo tiene un alto contenido de ácido ascórbico (más de 60 mg/100g)⁵

1.2.2 Propagación

El tomate de árbol se puede propagar sexualmente (por semillas), mediante el establecimiento de semilleros y asexualmente (vegetativamente), mediante la obtención de estacas, acodos, ramas o injertos.⁶

a. Propagación sexual

Serrano (1988) citado por Alvarado, logro 85% de germinación en semillas que fueron sumergidas en ácido giberélico por 10 minutos: a los 14 días de iniciado este tratamiento alcanzo el 50% de germinación.⁷

La temperatura óptima para la germinación de la semilla de tomate de árbol está entre 17 y 21 °C.⁸

⁵Tomate de Árbol. http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents. (23 de septiembre del 2 013).

⁶Benavides, Catherine. Cultivo de tomate de árbol. <http://revistatierraadentro.com/index.php/agricultura/65-cultivo-de-tomate-de-arbol> (23 de febrero de 2 013).

⁷ Sánchez Monzón, Francisco Gudiel. Diagnóstico del cultivo de Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* Sent.) Modulo de Frutales y Forestales. Ingeniería Agronómica. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Agronomía, 1 996g

⁸ Ibid

Las plantas obtenidas de semillas son vigorosas, resisten mejor las condiciones adversas de suelo y del clima tiene elevado volumen foliar, alto rendimiento y viven más tiempo.

Para lograr el éxito con la propagación por semillas se deben de tener presentes las características de la planta madre, del fruto y de la semilla. La planta madre no debe ser muy joven ni muy vieja; debe estar en pleno periodo vegetativo y sana. El fruto tiene que estar maduro, sano en un buen estado de conservación y tener forma, color y tamaños normales.⁹

b. Propagación asexual

De acuerdo con Albornoz y Morales (1989) citados por Alvarado, para propagar el tomate de árbol por vía vegetativa se utilizan ramas de un diámetro de 1 a 2 cm; también de los chupones eliminados en la poda se eligen los brotes jóvenes que tengan por lo menos 2 cm. De diámetro, luego se les da un tratamiento con auxinas como ácido indolacético o indol butírico (AIA o AIB) a 200 ppm en la base de cada esqueje, inmediatamente se procede a plantar en bolsas de polietileno con suelo fertilizado y desinfectado en el invernadero, donde permanecerán de cuatro a seis semanas.¹⁰

1.2.3 Selección de plantas

Las plantas obtenidas por semillas o estacas, pueden ser trasplantadas a los 3 meses de edad; se seleccionan plantas

⁹ Sánchez Monzón, Francisco Gudiel. Diagnóstico del cultivo de Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* Sent.) Modulo de Frutales y Forestales. Ingeniería Agronómica. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Agronomía, 1 996

¹⁰ Ibid

robustas y bien formadas, en donde se desechan las que estén mal formadas y que presentan nubosidades en las raíces.¹¹

1.2.4 Latencia endógena

La latencia endógena comprende los casos de embriones que están morfológicamente subdesarrollados en el momento en que se separan del árbol y que para poder germinar necesita completar un periodo después para su crecimiento. Comprende también los casos de embriones que están morfológicamente maduros en el momento de la dispersión o recolección de la semilla pero son fisiológicamente incapaces de germinar si no se producen determinados cambios bioquímicos.¹²

1.2.5 Suelo

El tomate de árbol no puede tolerar suelos fuertemente compactados con bajo contenido de oxígeno. Requiere suelos fértiles y ligeros, crece bien en suelos profundos con buen drenaje; La planta se adapta muy bien a todo tipo de suelo pero su mejor desarrollo lo alcanza en suelos de textura media con buen drenaje y contenido de materia orgánica. No tolera el encharcamiento.¹³

¹¹ Sánchez Monzón, Francisco Gudiel. Diagnóstico del cultivo de Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* Sent.) Modulo de Frutales y Forestales. Ingeniería Agronómica. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Agronomía, 1 996

¹² *Tratamiento previo de la semilla.* <http://www.fao.org/docrep /006/ad232s /ad232s10.htm> (0 4 de octubre de 2 013)

¹³ Sánchez Monzón, Francisco Gudiel. Diagnóstico del cultivo de Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* Sent.) Modulo de Frutales y Forestales. Ingeniería Agronómica. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Agronomía, 1 996

1.2.6 Sustrato

Son mezclas o compuestos de materiales activos o inertes, usados como medios de propagación para algunas especies vegetales. Se aplica a todos los materiales sólidos distintos de los suelos naturales, minerales u orgánicos. Están formados por fragmentos de diferentes materiales como resultado de partículas rocosas y minerales, también pueden estar constituidos por organismos vivientes o muertos. De la elección del sustrato apropiado dependerá la rapidez de la germinación de la semilla de tomate de árbol.¹⁴

El material a emplear como sustrato es de gran importancia en cuanto a los requerimientos físicos y químicos, puede influir directa o indirectamente en el crecimiento de las plantas.

Permite el anclaje del sistema radical, que desempeña así un papel de soporte para la planta, desde el punto de vista físico el sustrato debe poseer excelente porosidad que asegure la aireación del medio y facilite la respiración de las raíces y una adecuada retención hídrica que asegure a la planta un grado adecuado de humedad.¹⁵

1.2.7 Función de los sustratos

Los sustratos cumplen con las siguientes funciones: a) proporcionan humedad a la semilla; b) dotan de aireación a las semillas durante el proceso de germinación; c) la textura del sustrato

¹⁴ Gavande, Sampat, A. Física de suelos: principios y aplicaciones. México: Editorial Limusa, 1 976.

¹⁵ Gavande, Sampat, A. Física de suelos: principios y aplicaciones. México: Editorial Limusa, 1 976.

influye directamente en el porcentaje de semillas germinadas así como en la calidad del sistema radicular que se ha formado de las semillas la que funcionara como depósito de las sustancias nutritivas.

a. Fibra de coco

La fibra de coco es un sustrato, con posibilidades de ser utilizado en cultivos sin suelo, o como sustituto o componente de otros sustratos. El polvo de coco es el que se encarga de la retención del agua en todo el volumen del sustrato, mientras que la fibra proporciona el nivel necesario de aireación, evitando cualquier posibilidad de anegamiento. El polvo de coco es capaz de retener hasta ocho veces su peso en agua, lo que posibilidad un mayor espacio entre riegos, mantiene alta capacidad de aireación incluso cuando está completamente saturada, permite a las plantas superar sin consecuencias cortos periodos de deficiencias nutricionales o hídricas.¹⁶

b. Cascarilla de café

Es un sustrato de baja capacidad de retención de humedad, es bueno para oxigenar sustratos; Por el alto contenido de celulosa y su poder calorífico la cascarilla de café se utiliza como material de combustión, al igual se ha centrado en las aplicaciones como el biocompost y sustratos de algunos cultivos.¹⁷

¹⁶ Fibra de coco. http://www.infoagro.com/hortalizas/cultivo_continuo.htm (18 de septiembre de 2 013)

¹⁷ Cascarilla de Café. http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_095 (18 de septiembre de 2 013).

c. Piedra pómez más tierra

La pomina es una roca volcánica gris o blanca formada de la espuma de las emanaciones volcánicas, lo cual le ha dado una estructura esponjosa y porosa. Químicamente la pomina es dióxido de silicio y óxido de aluminio, con pequeñas cantidades de hierro, calcio, magnesio y sodio en la forma de óxido por lo que es inerte y de reacción neutra. La piedra pómez le confiere al sustrato la capacidad de retención de humedad y liberación de agua que puede ayudar a hacer un suelo eficiente del agua además aumenta la aireación del suelo.¹⁸

1.2.8 Abonos orgánicos

Son fertilizantes orgánicos que provienen de animales, restos vegetales de alimentos, restos de cultivos u otra fuente orgánica natural; son procesados en cierto tiempo para poder utilizarlos en distintos cultivos donde aporte los nutrientes necesarios.

a. Gallinaza

Es un abono orgánico, el cual para su realización es necesario fermentarla el excremento de las gallinas para transformar los químicos que contiene, como el fósforo, potasio, el nitrógeno y el carbono. Cuando la fermentación está completa, se le puede agregar otros desechos orgánicos como cáscaras, cascarilla de cereales, virutas de madera, paja, etc., lo que servirá para enriquecer la mezcla y mejorar el efecto. La utilización de la

¹⁸Piedra Pómez http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=32&chapter=1 (18 de septiembre de 2 013).

gallinaza como abono para cultivos resulta ser una opción muy recomendable.¹⁹

b. Biocofya

Es un fertilizante elaborado a base de gallinaza cien por ciento pura y elementos minerales naturales, contiene los elementos principales que requieren las plantas, N, P, K, Ca, Mg. Con pH neutro, contribuye a la retención de humedad del suelo y al drenaje para mejorar la aireación.²⁰

1.2.9 Fermentación de semillas

Según Sale (1985) citado por Alvarado, las semillas también pueden ser extraídas por fermentación, la pula se exprime dentro de un recipiente y se cubre con agua, hay que dejarlas fermentando en la pulpa por tres a cuatro días con temperaturas alrededor de 21°C, lavar la semilla en un cedazo fino y luego secarla. En el fruto el potencial osmótico del jugo es demasiado negativo que impide la germinación es por esta razón que se realiza la fermentación previa.²¹

¹⁹ *Gallinaza*.http://www.gallinaza.com/composta_gallinaza_abono_organico.php (18 de septiembre de 2 013).

²⁰ *Biocofya*. <http://www.biocofya.com/beneficios.htm> (18 de septiembre de 2 013).

²¹ Evaluación de tres concentraciones de ácido indolbutírico y tres tipos de estacas, en enraizamiento de Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* Sent.) Módulo de Frutales y Forestales. Ingeniería Agronómica. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Agronomía, 1 996

1.2.10 Estratificación de semillas

En Brasil las semillas para plantación son fermentadas, lavadas, secadas a la sombra, luego son puestas en un refrigerado por 20 días a 4°C para acelerar la germinación.

Mediante la estratificación en frío no sólo se supera la latencia fisiológica, sino que se puede reducir también la sensibilidad de las semillas durmientes y no durmientes a sus necesidades óptimas de luz y temperatura, de lo que se deriva un incremento de la tasa de germinación y de la uniformidad de ésta en condiciones diversas. Las temperaturas bajas ponen en marcha una serie de cambios bioquímicos que transforman sustancias nutritivas complejas en otras formas más sencillas que son utilizadas por el embrión cuando éste renueva su crecimiento en la germinación.²²

²² Ibid.

1.3 Hipótesis

El método de fermentación más refrigeración para la propagación sexual en tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*), posiblemente presentara mayor número de plantas germinadas ya que este método propicia a la maduración del embrión debido a que las plantas perennes requieren de temperaturas que oscilen de 0 a 5 °C para su germinación.

El sustrato con mezcla de tierra, cascarilla de café y byocofia a evaluar posiblemente influirá significativamente en el desarrollo de vegetativo en la propagación sexual del tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*). Esto a que probablemente las características físicas como buen drenaje y porosidad adecuada se encuentren en los rangos que las raíces necesitan para su crecimiento óptimo.

CAPÍTULO 2 MARCO REFERENCIAL

2.2 Ubicación geográfica

La investigación se llevó a cabo en el invernadero de la granja experimental agrícola del Centro Universitario del Norte, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicada en la Finca Sachamach Cobán Alta Verapaz, localizada a geográficamente entre 15°28'05" latitud norte y 90°22'13" longitud oeste, a una distancia de 5 km del centro de la ciudad de Cobán, sobre la ruta CA-14 de la red vial.

2.2.1 Características ecológicas

Esta zona de vida según el sistema de Holdrige, se relaciona a la de un Bosque Muy Humedo Subtropical (frío) y según la calificación de Thorthwaite, describe que el área presenta un clima templado, con una abundante vegetación natural.²³

2.2.2 Instalaciones

Las instalaciones corresponden a una invernadero con una dimensión de 20 m de largo por 10 m de ancho (200 m²), utilizando 12 m² para la evaluación de reproducción de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

²³De la Cruz, Jorge René. *Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema de Holdridge*. Guatemala: INAFOR, 1976

El invernadero está conformado por una estructura de madera y una parte de block de un 1 m de altura, mientras que la parte de arriba está conformada de nylon transparente especial para el uso de invernaderos con un calibre número 6 y el techo es de forma de dos aguas con abertura cenital, la superficie posee un suelo de relieve plano de arena.

2.2.3 Material vegetal

El material utilizado fue tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), es una planta arbustiva, con raíces profundas y ramificadas, el fruto es una baya de forma ovoide-apiculada que presenta una coloración verde y se torna rojo al madurar de 4-10 cm de largo, 3-5 cm de diámetro y pedúnculo largo. Tiene un mesocarpio característicamente ácido. Las semillas son pequeñas, planas, circulares y lisas de color amarillo pardo, en el fruto se encuentran entre 200 a 500 semillas.²⁴

Es un árbol frutal adaptado a climas de temperatura moderada (promedio anual entre 15 y 25 °C). El tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) se puede propagar sexualmente (por semillas), mediante el establecimiento de semilleros y asexualmente (vegetativamente), mediante la obtención de estacas, acodos, ramas o injertos.

2.2.4 Recipientes para pilones

Como recipientes se utilizaron vasos de duroport de 6.5 cm de diámetro con volumen de 227 ml. Fueron llenados con lo

²⁴ *Tomate de Árbol* .http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents. (23 de septiembre del 2013).

sustratos a evaluar para posteriormente sembrar las semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

2.2.5 Sustratos

El siguiente cuadro está basado a los cálculos que se presentan en el Cuadro 23 (anexo) donde nos da a conocer las propiedades físicas de cada sustrato y a continuación se describe cada una de las características:

CUADRO 1
Características generales de los sustratos

Sustrato	Características
Tierra más arena pómez más biocofya	Sustratos con poca aireación, retienen humedad, suelos con mayor eficiencia en el anclaje de las plantas. Con densidad aparente de 0.54 gr/cm ³ y porosidad de 65%.
Tierra más cascarilla de café más byocofia	Sustratos con ventilación drenado y suelto, tiene una estructura porosa, alto grado de aireación, requiere mayor humedad (riegos constantes). Con porosidad del 66%.
Tierra más fibra de coco más gallinaza	Sustrato que absorbe rápidamente el agua cuando está seco, es capaz de retener humedad, nutrientes y liberarlos progresivamente, evitando pérdidas por lixiviación.
Tierra más arena pómez más gallinaza	Sustrato con capacidad de retener nutriente, la infiltración del agua se produce lentamente, contiene un porcentaje de porosidad de 52% con posibles encharcamientos.

Fuente: Investigación de campo 2013.

2.2.6 Métodos germinativos

Se utilizaron dos métodos para la semilla previos a la siembra, con el objeto de evaluar los efectos en el porcentaje de germinación, estos fueron para el método 1: fermentación que consiste en fermentar las semillas con el mucilago por tres días y para el método 2: fermentación más refrigeración, fermentar las semillas con el procedimiento anterior, y refrigerarlas por quince días a una temperatura de 0°C.

CAPÍTULO 3

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del experimento

La investigación tuvo un tiempo de duración de 3 meses y fue realizada en el Centro Universitario del Norte CUNOR, bajo condiciones de invernadero. Donde se utilizó el diseño factorial de 2x4 completamente al azar con 3 repeticiones por cada tratamiento.

3.1.1 Modelo estadístico

El diseño experimental que se utilizó está basado en el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + S_j + MS_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

S= sustrato

M=Semillas por el método de fermentación o fermentación más refrigeración

Y_{ijk}= Variable respuesta

μ = media general (representa la homogeneidad de los tratamientos)

M_i=efecto del factor método en el nivel i

S_j= efecto del factor sustrato en el nivel j

MS_{ij} =efecto de la interacción entre el factor S y el factor M en el nivel ij

E_{ijk} = Error experimental en cada repetición.

3.1.2 Tratamientos

A continuación se presenta la matriz de los tratamientos evaluados y cada componente por el cual fue elaborado juntamente con los métodos utilizados para la propagación de semillas.

CUADRO 2
Tratamientos evaluados

Sustratos	M₁= fermentación	M₂= fermentación más refrigeración
S ₁ = 50% tierra negra, 25% arena pómez y 25% biocofya	S ₁ M ₁	S ₁ M ₂
S ₂ = 50% tierra negra, 25% cascarilla de café y 25% biocofya	S ₂ M ₁	S ₂ M ₁
S ₃ = 50% tierra negra, 25% fibra de coco y 25% gallinaza	S ₃ M ₁	S ₃ M ₁
S ₄ = 50% tierra negra, 25% arena pómez y 25% gallinaza	S ₄ M ₁	S ₄ M ₁

Fuente: Investigación de Campo. Año 2013

3.1.3 Tamaño del experimento

El experimento se estableció en un área de 12m² (4x3 m), los recipientes con los sustratos a evaluar fueron colocados al suelo, distribuidos por tratamientos y por métodos germinativos. Cada uno de los tratamientos tenía 3 repeticiones que estaban compuestos con un total de 20 recipientes que contenían los materiales a evaluar. Los tratamientos fueron colocados en vasos de 6.5 centímetros de diámetro y 227 ml de volumen.

3.1.4 Análisis experimental

Se utilizó un análisis de varianza (ANVA) del experimento para identificar los factores con nivel de significancia y se realizó la prueba de Tukey para comprobar las medias de los factores con nivel de significancia estadística.

3.2 Variables respuesta

Para este experimento se evaluaron un total de cinco variables de respuesta: longitud de tallo, número de hojas, longitud de hojas, tamaño de raíz y germinación, para las primeras cuatro variables se realizaron nueve lecturas y para el caso de germinación se realizó un conteo de plantas germinadas a las 4 semanas después de la siembra. Que a continuación se describen:

3.2.1 Longitud de tallo

La medición de la longitud de los tallos de las plantas se realizó a los 40 días después de haber germinado, las medidas fueron realizadas desde el cuello radicular hasta la parte terminal del ápice de la plántula, se realizaron 3 lecturas para cada repetición.

3.2.2 Número de hojas

El conteo del número de hojas se realizó a los 40 días después de haber germinado, se realizaron tres lecturas semanales por cada repetición en los tratamientos.

3.2.3 Tamaño de hojas

Se determinó el tamaño de hojas con las medidas en forma longitudinal desde la base de la hoja hasta el ápice, con 9 lecturas por cada tratamiento, en la cual se consideraron las hojas que se ubicaban en la parte más alta de la planta.

3.2.4 Longitud de raíz

La longitud de las raíces se midió después de 5 semanas (40 días) de haber germinado. La medida se hizo desde el cuello radicular hasta la zona terminal llamada cofia, donde se realizó 9 lecturas para cada tratamiento.

3.2.5 Germinación

Se realizó observaciones y conteo de las plantas germinadas por tratamiento, la toma de datos se efectuó cuatro semanas después de la siembra. En donde se consideró todos los recipientes del área experimental.

3.3 Procedimientos para el establecimiento de experimento

3.3.1 Selección de frutos

Se seleccionaron 75 frutos de tomate de árbol, con las siguientes características: grado de madurez fisiológica, color, tamaño, ausencia de enfermedades y que sean homogéneas (mismo tamaño sin contar el peso del fruto).

3.3.2 Limpieza del área

Se procedió a limpiar y nivelar el área dentro del invernadero, es decir, eliminar todo tipo de maleza o restos desechables que se encontraron en lugar de trabajo.

3.3.3 Preparación de sustratos

Se evaluaron cuatro tipos de sustratos, mezcla de tierra, piedra pómez y biocofya; mezcla de tierra, cascarilla de café y biocofya; mezcla de tierra, fibra de coco y gallinaza, mezcla de tierra, piedra pómez y gallinaza; en proporciones 2:1:1, se desinfectó el sustrato con un fungicida sistémico y de contacto de nombre comercial llamado Banrot, cuyo ingrediente activo es etridiazol, donde se utilizó una aplicación de 1 g por litro.

Se evaluaron 4 tratamientos con tres repeticiones con un total de 60 recipientes por tratamiento, estos fueron llenados con las mezclas de los sustratos preparados.

3.3.4 Extracción de semillas

Los frutos se desinfectaron previamente a la extracción de la semilla, en el cual se realizó un corte longitudinal por todo el fruto para evitar daño en la misma, cada fruto contenía un promedio de 75 a 150 semillas con un total de 1,820 semillas por los 75 frutos.

3.3.5 Fermentación de semillas

Las semillas después de ser extraídas del fruto se colocaron en un recipiente con agua donde se dejó fermentar los rezagos de la pulpa y el mucilago de los frutos por tres días. Lo que facilitó la separación de las semillas para luego lavarlas con agua corriente y con la ayuda de un colador de malla fina, luego se colocó un papel reciclable que sirvió para secarlas por una semana bajo sombra.

3.3.6 Refrigeración de semillas

Después de que las semillas fueron secadas bajo sombra se colocaron en un frasco sellado herméticamente para luego ser colocadas en refrigeración (en el compartimiento del congelador) por 15 días con una temperatura de 0 a 4 °C.

3.3.7 Siembra de semillas

Después de realizar los métodos de fermentación y refrigeración se procedió a sembrar las semillas en los diferentes tratamientos, en donde el total de semillas sembradas fueron 120, es decir, dos por cada unidad experimental, en la cual, fueron tapadas con una ligera capa de sustrato. Inmediatamente se cubrieron los tratamientos con papel periódico húmedo.

3.3.8 Riego

Después de la siembra se aplicó riego cada 5 días para mantener la humedad de los sustratos y así favorecer las condiciones que requerían los embriones para germinar, luego de que estas germinaron se regó el sustrato cada dos días, sin saturarlas para no causar anegamiento en la misma, esto se realizó debido a las altas temperaturas del invernadero oscilaban entre 23 a 30 °C (medido con un termohidrómetro digital, marca Deltatrack), lo que hacía que el sustrato perdiera su humedad rápidamente.

3.3.9 Toma de datos

a. Datos recolectados

Los datos considerados para la investigación fueron: de tallo (cm), tamaño de hojas (cm), longitud de raíz (cm) y número total de hojas y plantas germinadas.

b. Intervalo de tiempo en la recolección de datos

La primera toma de datos para las variables de longitud de tallo, longitud de raíces, longitud de hojas y número de hojas, fue realizada después de que los tratamientos cumplieron 5 semanas de haber sido sembrados.

Luego de haber pasado estas 5 semanas se realizó una nueva toma de datos con un intervalo de una semana entre cada una.

Para el conteo de las plantas germinadas, la toma de datos se realizó a las 4 semanas después de haber establecido el experimento.

c. Promedio del conteo de datos

Para las mediciones semanales de las repeticiones de las variables, se consideró realizar un promedio para utilizarlo como resultado total de las repeticiones de cada tratamiento; exceptuando la variable de plantas germinadas.

d. Equipo utilizado en la recolección de datos

Para la recolección de datos de longitud del tallo, raíces y hojas se utilizó una regla graduada. Para medir la temperatura del invernadero se utilizó un termohidrómetro.

El equipo de cristalería que se usó para realizar el análisis de laboratorio para conocer la densidad y humedad gravimétrica para realizar los análisis de laboratorio para conocer la densidad y la humedad gravimétrica se utilizó probetas, beakers, horno y cubileteras.

3.3.10 Trasplante

Dos meses después de la germinación se realizó el trasplante a bolsas, el sustrato utilizado fue una mezcla de tierra más abono orgánico (gallinaza) para todas las plantas.

CAPÍTULO 4

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se presentan los resultados que se obtuvieron en los ocho tratamientos evaluados. En los cuales se evaluaron cinco variables de respuesta, longitud de tallo, número de hojas, tamaño de hojas, longitud de raíz y germinación, para poder medir el efecto que tiene el tipo de sustrato con dos métodos de germinación previos a la siembra en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*): método uno fue el de fermentación y el método dos es el de fermentación más refrigeración de las semillas.

Para evaluar el grado de significancia estadística que puede tener cada uno de los factores de variabilidad se utilizó un alfa de 0.05 o 5%, así mismo, se incluye un análisis de las características físicas determinadas en laboratorio de los cuatro sustratos evaluados como: humedad gravimétrica, densidad real, densidad aparente y espacio poroso.

4.1 Variable longitud de tallo

Los datos obtenidos de la variable longitud de tallo (expresada en centímetros), es del promedio de las tres mediciones semanales realizadas de cada tratamiento y se presentan en el cuadro 3.

CUADRO 3
Longitud promedio en centímetros de los tallos de
tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) a la quinta
semana después de la germinación.

Sustrato	Método		Si..
	1	2	
S ₁ : Tierra+ arena pómez+ biocofya	7,1222	8,4000	7,7611
S ₂ : Tierra+ cascarilla de café + biocofya	8,5000	8,2778	8,3889
S ₃ : Tierra + fibra de coco + gallinaza	8,2333	10,4333	9,3333
S ₄ : Tierra + arena pómez + gallinaza	7,6667	9,3556	8,5111
Mj..	7,8806	9,1167	8,4986

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

En relación a la variable largo de tallo, comparando las medias de los sustratos se obtuvieron longitudes mayores en el sustrato tres (mezcla de tierras, fibra de coco y gallinaza) y longitudes menores en el tratamiento uno con mezcla de tierra, arena pómez y biocofya. Esto debido que el sustrato a base de la mezcla fibra de coco tiene buen drenaje, aireación y humedad, lo que facilita el transporte de los nutrientes del suelo y del abono orgánico (gallinaza), para que sean utilizados por diferentes órganos de la planta también para el buen desarrollo de los meristemas.

En relación a la longitud promedio que se obtuvo como resultado del procedimiento de fermentación más refrigeración de semillas fue de nueve centímetros lo cual es mayor a la longitud que se obtuvo cuando no se aplicó el paso de refrigeración. Esto es porque el método dos elimina la dormancia de las semillas para que el proceso del desarrollo vegetativo se dé con mayor rapidez y efectividad.

4.1.1 Análisis de varianza para la variable longitud de tallo

Se realizó el análisis de varianza para los factores evaluados sustrato y métodos germinativos, esto con el fin de someterlos a una comparación estadística y observar si son significativos para la variable longitud de tallo.

CUADRO 4

Análisis de varianza del crecimiento longitudinal de los tallos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) a la quinta semana después de la germinación.

F.V.	GL	SC	CM	Fo	ft=0.5
Tratamientos	7	21,5788	3,0827		
Sustrato	1	7,5172	7,5172	36,3246 *	4,49
Método	3	9,1678	3,0559	14,7670 *	3,24
SxM	3	4,8938	1,6313	7,8827 *	3,24
Error	16	3,3111	0,2069		
Total	23	46,4688	2,0204		
(*) Significativo					

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

En el cuadro de ANVA se observa que la mayor parte de variación en el crecimiento longitudinal del tallo se debe al uso de los diferentes tipos de sustratos seguidamente el efecto que tiene el uso de los métodos para las semillas que influyen significativamente al crecimiento longitudinal, con el menor grado la interacción de sustrato sobre método.

Por lo cual la mayor parte de las diferencias entre las longitudes de los tallos que pueden presentarse en las mezclas,

se debió al uso de los sustratos orgánicos y al efecto que causan los métodos germinativos.

4.1.2 Prueba de Tukey para la variable longitud de tallo

Se realizó la prueba de Tukey para determinar la diferencias entre las medias de los sustratos, las medias de los métodos germinativos y la interacción entre el sustrato y el uso de los métodos, esto para comparar los resultados y notar que tratamiento fue el más efectivo, se presentan en el cuadro 5, 6 y 7 para la variable longitud de tallo.

CUADRO 5

Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los sustratos evaluados en la longitud de los tallos en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Sustrato	Media	W= 0,7521
S1: Tierra+ arena pómez+ biocofya	7,7611	B
S2: Tierra+ cascarilla de café + biocofya	8,3889	B
S3: Tierra + fibra de coco + gallinaza	9,3333	A
S4: Tierra + arena pómez + gallinaza	8,5111	B

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

Si se comparan los cuatro tipos de sustratos sin tomar en cuenta el uso de métodos para la germinación en el análisis se observa que el tratamiento 1, 2 y 4 son iguales a comparación del tratamiento tres que contiene una mezcla de tierra, fibra de coco y gallinaza que influye significativamente en el desarrollo longitudinal

del tallo, esto se debe posiblemente a los efectos de las propiedades físicas que pueden atribuirse a la formación de un sistema radicular bien desarrollado.

El tratamiento tres con mezcla de tierra, fibra de coco y gallinaza tiene mayor rendimiento que el sustrato uno. Este es de menor utilidad siendo los sustratos dos y cuatro estadísticamente similares.

CUADRO 6

Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los métodos germinativos evaluados en la longitud de los tallos en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Método	Media	w=0,39396489
Fermentación	7,8806	B
Fermentación más refrigeración	9,1167	A

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

Se obtuvo mayor crecimiento longitudinal en los tallos, por el método de fermentación más refrigeración en las semillas, esto se debe a que la fermentación contribuye a la eliminación de inhibidores osmóticos que impiden la germinación y la refrigeración, utilizado como un método de estratificación en la cual las semillas soportan las bajas temperaturas, logra que los embriones maduren, para obtener excelente desarrollo vegetativo para la fase inicial de las plantas, tal es en el tamaño de tallos.

CUADRO 7

Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre los tratamientos por efecto de la interacción entre el sustrato y el uso de métodos para la germinación en el crecimiento de la longitud de los tallos en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Tratamiento	Media	$w = 1,2869$	
S ₁ M ₁	7,1222		D
S ₁ M ₂	8,4000	C	
S ₂ M ₁	8,5000	C	
S ₂ M ₂	8,2778	C	
S ₃ M ₁	8,2333	C	
S ₃ M ₂	10,4333	A	
S ₄ M ₁	7,6667		D
S ₄ M ₂	9,3556	B	

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

En el cuadro se observa que el mejor tratamiento utilizado para obtener mejores resultados es S₃M₂= mezcla de fibra de coco, gallinaza y tierra, con relación al método de fermentación más refrigeración, que se comprueba con los análisis anteriores; estadísticamente la variación es menor para el sustrato con mezcla de tierra, arena pómez y gallinaza, al agregarle el método dos fermentación más refrigeración se obtienen resultados similares en cuanto al crecimiento longitudinal del tallo.

Lo cual si se compara los tratamientos anteriores son mejores a los demás sustratos con relación a los métodos utilizados, atribuyéndose el menor grado de longitud de tallos para los tratamientos S₄M₁ y S₁M₁. Por lo tanto no se esperarían resultados

confiables para el desarrollo del tallo. Destacando también la diferencia significativa entre el tratamiento S4M2 y S4M1 este último es mayor, ya que al usar el método dos influyó para que el sustrato alcanzara estándares elevados superiores a los demás tratamientos en comparación al tratamiento sin el método dos que fue el menor de todos.

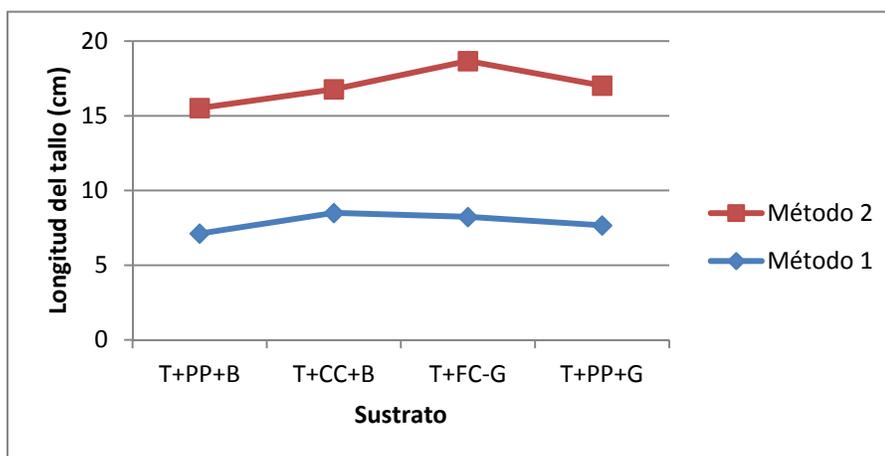
El sustrato a base de tierra, fibra de coco y gallinaza fue el más efectivo según la prueba de Tukey favoreciéndose por el método de fermentación más refrigeración, obteniendo de la misma manera resultados significativos comparados con el primer método.

4.1.3 Gráfica variable longitud de tallo

Se realizó una gráfica con el fin de identificar los valores posibles de interacción de los tratamientos germinativos con respecto a las longitudes de tallos y los sustratos.

GRAFÍA 1

Relación entre el sustrato y longitud del tallo en la evaluación de los dos métodos germinativos en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)



Fuente: Investigación de campo. Año 2013

En la gráfica se observa la interacción entre los dos métodos, al utilizarlos en cada sustrato se muestran las diferencias significativas entre ellas, notándose que los métodos con relación a los diferentes tipos de sustratos tienen grados diferentes.

El sustrato que tiene condiciones adecuadas para el crecimiento longitudinal es el tratamiento dos, mezcla de tierra, cascarilla de café y biocofya que la interacción no tiene mayor diferencia para los dos métodos, se le denomina gráfica aditiva a los factores que son independientes ya que las líneas de tendencia son paralelas; para cualquier tratamiento la longitud de tallo se comporta de manera similar pero incrementan su comportamiento al adicionarle el método dos fermentación más refrigeración por el cual se obtienen mejores resultados en cuanto al tamaño del tallo.

Se observó que en la mezcla de tierra, fibra de coco y gallinaza al añadirle el método dos, obtiene mayores resultados debido a la influencia que provoca en la eficacia del desarrollo en la longitud de los tallos.

4.2 Variable número de hojas

En el cuadro 8 se pueden observar los datos promediados de la variable número de hojas, así mismo se logra identificar que sustrato con respecto al método tiene mayor cantidad de hojas en la unidad experimental.

CUADRO 8

Promedio de número de hojas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) a la quinta semana después de la germinación.

Sustrato	Método		Si..
	1	2	
S1: Tierra+ arena pómez+ biocofya	7,5556	7,3333	7,4444
S2: Tierra+ cascarilla de café + biocofya	7,0000	7,6667	7,3333
S3: Tierra + fibra de coco + gallinaza	8,0000	8,1111	8,0556
S4: Tierra + arena pómez + gallinaza	7,2222	7,7778	7,5000
Mj..	7,4444	7,7222	7,5833

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

En el cuadro No. 8 se observa que el tratamiento que desarrollo mayor número de hojas fue el sustrato a base de una mezcla de tierra, fibra de coco y gallinaza y para los otros sustratos se obtuvieron datos similares por lo que no existe diferencia significativa.

Al comparar los promedios de los métodos germinativos 1 y 2 no existe mayor diferencia entre sustratos iguales por lo que se obtuvieron resultados muy similares.

4.2.1 Análisis de varianza del número de hojas

Al comparar los promedios germinativos anteriormente se nota que puede existir variabilidad en los resultados por lo que es necesario realizar un análisis de varianza para observar si la relación sustrato por método germinativo es significativo así como sustratos o métodos, los cuales se presentan en el cuadro 9.

CUADRO 9

Análisis de varianza del número de hojas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) a la quinta semana después de la germinación.

F.V.	GL	SC	CM	fo	ft=0.5
tratamientos	7	3,0926	0,4418		
S	1	1,8704	1,8704	10,9189*	4,49
M	3	0,4630	0,1543	0,9009	3,24
SxM	3	0,7593	0,2531	1,4775	3,24
Error	16	2,7407	0,1713		
Total	23	8,9259	0,3881		
(*) Significativo					

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

Los resultados del ANVA del cuadro 9, indican que el número de hojas que se formaron por cada tratamiento depende del tipo de sustrato que se utiliza siendo este el factor de la variación entre los sustratos. La aplicación de los métodos de fermentación y fermentación más refrigeración no influyen significativamente en comparación con la interacción sustrato y método en los que se obtuvieron resultados similares para cada tratamiento, se lograron obtener datos similares por lo tanto no existe diferencia significativa en la utilización para la comparación del desarrollo del número de brotes en tomate de árbol.

4.2.2 Prueba de Tukey para número de hojas

La prueba de Tukey se realizó con el fin de determinar que sustrato fue el más eficiente y que contribuyó en el número total de hojas para cada planta.

CUADRO 10

Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los sustratos evaluados de número de hojas en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Sustrato	Media	W= 0,6843
S1: Tierra+ arena pómez+ biocofya	7,4444	B
S2: Tierra+ cascarilla de café + biocofya	7,3333	B
S3: Tierra + fibra de coco + gallinaza	8,0556	A
S4: Tierra + arena pómez + gallinaza	7,5000	B

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

Mediante la prueba de medias de Tukey con alfa 0.05 se observa que el número de hojas obtenidas con los tratamientos evaluados manifiesta diferencias significativas, obteniéndose mayor cantidad de hojas con el tratamiento tres con mezcla de fibra de coco, tierra y gallinaza con proporciones 2:1:1 respectivamente. Esto debido a que el sustrato tiene la capacidad de retención de humedad y aireación manteniéndola constante y elevada en el sustrato para que puedan desarrollarse en óptimas condiciones las raíces, logrando el transporte de nutriente a las nuevas células.

Los tratamientos uno, dos y cuatro son estadísticamente similares para la retención de humedad, los tratamientos uno y cuatro tienen mayor retención de humedad con menos espacio poroso por lo que produce anegamientos que provocan posibles pudriciones en la raíz y parte del tallo, mientras que el sustrato dos es el que produce menos hojas debido a que es arenoso por lo que

tiene mayor cantidad de macroporos que evitan la retención de humedad, para que la planta pueda absorber el agua necesaria para mantenerse turgente y así realizar el crecimiento celular en los nudos del tallo.

4.3 Variable tamaño de hojas

Las mediciones se realizaron longitudinalmente desde la base de la hoja hasta el ápice, el cuadro siguiente presenta el promedio de los tratamientos con relación a los métodos germinativos.

CUADRO 11

Promedio del tamaño de hojas en centímetros de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) a la quinta semana después de la germinación.

Sustrato	Método		Si..
	1	2	
S ₁ : Tierra+ arena pómez+ biocofya	6,7556	7,6167	7,1861
S ₂ : Tierra+ cascarilla de café + biocofya	6,1222	6,5556	6,3389
S ₃ : Tierra + fibra de coco + gallinaza	7,3889	8,4889	7,9389
S ₄ : Tierra + arena pómez + gallinaza	6,8889	8,0667	7,4778
Mj..	6,7889	7,6819	7,2354

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

En el cuadro de medias para el tamaño de hojas en tomate de árbol se observa que el sustrato tres predomina nuevamente siendo el mayor en el rango de promedios para los dos métodos, el tratamiento que presenta menor tamaño de hojas es el sustrato dos con mezcla tierra, cascarilla de café y biocofya, en comparación de los tratamientos uno y cuatro que en promedio tienen similitud.

Para los tratamientos en los que se utilizó el método de fermentación más refrigeración, el sustrato con mezcla de fibra de coco, tierra y gallinaza mostró mejor resultado en el tamaño de hojas similar al sustrato con mezcla de tierra, arena pómez y biocofya. El menos efectivo fue el sustrato dos, de mezcla cascarilla de café, tierra y biocofya, estos resultados están relacionados a la capacidad de retención de humedad de los distintos sustratos y a la capacidad de absorción de agua y nutrientes paralelos a las funciones de las raíces.

En lo que se refiere al método de solo fermentación, el sustrato con mezcla fibra de coco, tierra y gallinaza, mostró mejor resultado en tamaño de hojas. Pero en comparación con el sustrato aplicado al método dos presentan cantidades menores en tamaño.

4.3.1 Análisis de varianza para la variable tamaño de hojas

Se realizó el ANVA con el fin de determinar si existe significancia entre sustratos, métodos germinativos e interacción entre estos dos, esto para la variable de tamaño de hojas.

CUADRO 12

Análisis de varianza del tamaño de hojas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) a la quinta semana después de la germinación.

F.V.	GL	SC	CM	Fo	ft=0.5
T	7	13,4485069	1,92121528		
S	1	8,15883102	8,15883102	32,9695992*	4,49
M	3	4,78528935	1,59509645	6,44573843*	3,24
SxM	3	0,50438657	0,16812886	0,67940383	3,24
Error	16	3,9594	0,24746528		
Total	23	30,8564583	1,34158514		
(*) Significativo					

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

En el cuadro se observan que los factores en el uso de los diferentes tipos de sustratos tienen valores significativos, debido al promedio de tamaño presentado por cada repetición dentro de los tratamientos. Los resultados obtenidos representan que los sustratos tienen mayor influencia estadísticamente en el tamaño de hojas ya que tiene la capacidad de retención de humedad para favorecer los procesos fisiológicos de la planta.

La utilización de los dos métodos germinativos tiene influencia significativa menor a la de los sustratos en el tamaño de hojas de los distintos tratamientos, en comparación con la interacción de sustrato sobre método que no son significativos ya que el método sobre tratamiento tiende a dar cantidades similares en cuanto al tamaño de hojas.

4.3.2 Prueba de Tukey para la variable tamaño de hojas

Ya que se determinó en el cuadro de ANVA que existe significancia para los tratamientos con relación a los métodos, se realizó la prueba de Tukey para determinar las diferencias entre las medias de los sustratos y así definir que tratamiento fue el mejor. (Cuadro 13).

También se realiza la prueba de tukey que determina las diferencias entre las medias de los métodos germinativos y así comprobar el más efectivo durante la evaluación; los resultados se presentan en el cuadro 14.

CUADRO 13

Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los sustratos evaluados del tamaño de hojas en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Sustrato	Media	W = 0,8225
S1: Tierra+ arena pómez+ biocofya	7,1861	A
S2: Tierra+ cascarilla de café + biocofya	6,3389	B
S3: Tierra + fibra de coco + gallinaza	7,9389	A
S4: Tierra + arena pómez + gallinaza	7,4778	A

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

Al comparar las medias de los distintos tratamientos se determina que los sustratos uno, tres y cuatro son mejores que el sustratos dos para el tamaño de hojas, esto posiblemente tenga menor capacidad de retención de humedad y que las hojas tengan mayor transpiración lo que provoca la reducción de sus células para evitar la pérdida de agua.

Los tratamientos unos, tres y cuatro, tienen la capacidad de retención de agua, por lo tanto estadísticamente son similares para el tamaño de hojas, esto se debe a que los tratamientos benefician a la rapidez del crecimiento tal como el sustrato tres con mezcla de fibra de coco, gallinaza y tierra que tiene una estructura ligera y tiene la capacidad de aeración para proporcionar oxígeno para la raíz, mientras este órgano crece eficazmente mayor será el crecimiento de los demás órganos vegetales tales como las hojas.

CUADRO 14

Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los métodos germinativos evaluados con respecto al tamaño de hojas en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Método	Media	W=0,4308
Fermentación	6,7889	B
Fermentación más refrigeración	7,6819	A

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

Si se comparan las medias de los métodos germinativos, se puede determinar que uno de los mejores métodos donde se logró mayor tamaño de hojas es fermentación más refrigeración, siendo este método previo a la siembra pero el más eficaz en el desarrollo vegetativo ya que la estratificación contribuye a las reacciones químicas presentes en el embrión que activa los nutrientes necesarios para su rápido crecimiento.

4.4 Variable longitud de raíces

Los datos obtenidos durante la medición de esta variable se realizaron después de 5 semanas de haber germinado, la medida se realizó desde el cuello radicular hasta la zona terminal de la raíz, para considerar el promedio se realizaron tres lecturas por repetición con un total de nueve lecturas por tratamiento. En el siguiente cuadro se presentan los resultados promediados.

CUADRO 15

Longitud promedio de raíces en centímetros para tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) a la quinta semana después de la germinación.

Sustrato	Método		Si..
	1	2	
S1: Tierra+ arena pómez+ biocofya	19,1667	19,2167	19,1917
S2: Tierra+ cascarilla de café + biocofya	18,7833	17,5833	18,1833
S3: Tierra + fibra de coco + gallinaza	17,1500	21,9833	19,5667
S4: Tierra + arena pómez + gallinaza	14,9500	17,1333	16,0417
Mj..	17,5125	18,9792	18,2458

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

En el cuadro se presentan los promedios de longitudes de raíces siendo el tratamiento tres de mezcla fibra de coco, tierra y gallinaza el mejor, similar para el tratamiento uno, mezcla de tierra, arena pómez y biocofya, el sustrato cuatro tiene diferencias significativas para el tamaño de raíces con un promedio menor a comparación de los sustratos uno, dos y tres.

En general en todo el tratamiento donde se aplicaron los métodos germinativos las medias fueron similares, debido a que no tienen influencia en desarrollo radicular.

4.4.1 Análisis de varianza para la variable longitud de raíz

Se realizó el ANVA con el fin de determinar si dentro de los resultados obtenidos de la longitud de raíces para sustratos, métodos germinativos e interacción entre estos dos eran significativos, en el cuadro siguiente se presentan los resultados del análisis.

CUADRO 16

Análisis de varianza de longitud de raíces en centímetros en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) a la quinta semana después de la germinación.

F.V.	GL	SC	CM	Fo	ft=0.5
T	7	89,3646	12,7664		
S	1	45,0088	45,0088	7,3424*	4,49
M	3	12,9067	4,3022	0,7018	3,24
SxM	3	31,4492	10,4831	1,7101	3,24
Error	16	98,0800	6,1300		
Total	23	276,8092	12,0352		
(*) Significativo					

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

En el análisis de varianza se observa que el uso de sustratos tiene efecto significativo en el desarrollo radicular de las plantas de tomate de árbol, se debe a que los sustratos se diferencian por su capacidad de retención de humedad, aireación, temperatura y porosidad.

El uso de métodos germinativos no tiene influencia en el desarrollo radicular de la planta ya que se obtienen longitudes de un centímetro de diferencia que no es significativo.

El efecto de la interacción entre el sustrato y el uso de métodos germinativos de las plantas de tomate de árbol no tiene diferencia significativa para concluir que tiene relación con los procesos de desarrollo de las raíces.

4.4.2 Prueba de Tukey para la variable longitud de raíces

Debido a que el ANVA dio como resultado que solo los sustratos eran significativos la prueba de Tukey se realizó con el objetivo de definir que tratamiento fue el más efectivo para el desarrollo longitudinal de las raíces. Los resultados se presentan en el siguiente cuadro:

CUADRO 17

Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los sustratos evaluados con respecto a la longitud de raíces en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Sustrato	Media	W= 4,0936
S1: Tierra+ arena pómez+ biocofya	19,1917	A
S2: Tierra+ cascarilla de café + biocofya	18,1833	B
S3: Tierra + fibra de coco + gallinaza	19,5667	A
S4: Tierra + arena pómez + gallinaza	16,0417	C

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

Si comparamos las medias, se puede determinar que los mejores sustratos donde se formaron con mayor tamaño las raíces son la mezcla de tierra, fibra de coco y gallinaza y la mezcla de tierra, arena pómez y byocofia. Esto se debe a que es un sustrato orgánico con valores bajos de densidad aparente, con una porosidad alta, lo que hace que sea bien aireado con buen drenaje y buena penetración de raíces, lo cual significa un buen crecimiento y desarrollo de las plantas perennes. El sustrato a base de tierra, arena pómez y

gallinaza tiene valores significativos en cuanto al tamaño de las longitudes de raíces por su buena consistencia.

El sustrato que presentó menor tamaño de raíces es la mezcla de tierra, arena pómez y gallinaza, ya que tiene valores mayores de densidad aparente en comparación del sustrato tres quiere decir que es un sustrato compactado, es decir, muy poco poroso que retiene humedad en la superficie con una infiltración lenta, que disminuye la aireación, lo cual puede provocar que las raíces tienen dificultades para elongarse y penetrar hasta donde encuentren agua y nutrientes.

4.5 Variable plantas germinadas

Para la variable de plantas germinadas, se realizó un conteo directo de todas las semillas que brotaron, el cual se efectuó un mes después de la siembra, en el siguiente cuadro se presentan los datos obtenidos.

CUADRO 18

Promedio de plantas germinadas en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Sustrato	Método		Si..
	1	2	
S ₁ : Tierra+ arena pómez+ biocofya	12	19,3333	15,6667
S ₂ : Tierra+ cascarilla de café mas+ biocofya	24	37,3333	30,0000
S ₃ : Tierra + fibra de coco + gallinaza	20	40,0000	30,6666
S ₄ : Tierra + arena pómez + biocofya	9	25,6667	17,3333
Mj..	16,25	30,5833	23,4167

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

En promedio se generaliza que el sustrato con mayor probabilidad de tener plantas germinadas es la mezcla de tierra, fibra de coco y gallinaza similar al sustrato dos con mezcla tierra, cascarilla de café y biocofya, para los sustratos uno y cuatro no hay diferencia entre germinación. La utilización de métodos germinativos se diferencia por la cantidad de plantas obtenidas en contraste a la utilización de los diferentes tipos de sustratos, ya que cada uno aporta un ambiente diferente para que la semilla tenga óptimas condiciones y puedan germinar.

4.5.1 Análisis de varianza para la variable plantas germinadas

El Análisis de varianza se efectuó con el fin de determinar si los sustratos, los métodos germinativos y la interacción de estos fueron significativos en la evaluación, los resultados se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 19
Análisis de varianza de plantas germinadas en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

F.V.	GL	SC	CM	Fo	ft=0.5
tratamientos	7	2521,83333	360,2619		
S	1	1157,83333	1157,8333	121,8772*	4,49
M	3	1232,66667	410,8889	43,2515*	3,24
SxM	3	131,3333	43,7778	4,6082*	3,24
Error	16	152,0000	9,5		
Total	23	5195,66667	225,8986		
Significativo (*)					

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

En el cuadro de ANVA se observa que los diferentes sustratos tienen variaciones que influyen significativamente en la cantidad de plantas germinadas, así como también la utilización de

los métodos germinativos, la diferenciación que existe entre las reacciones que se producen en la semilla son distintos para aumentar los porcentajes de germinación.

La interacción que se produce entre sustrato y métodos germinativos tiene efectos significativos ya que si se relaciona, determinado sustrato con un método en específico tienen respuestas diferentes en número de plantas germinadas.

La mayor parte de variación en número de plantas germinadas se debe a la utilización de los diferentes sustratos seguidamente el efecto que tiene el uso de los métodos para las semillas que influyen significativamente, la menor variación se observa en el efecto de la interacción método sobre sustrato.

4.5.2 Prueba de Tukey para la variable de plantas germinadas

Ya que en los resultados del análisis de varianza se dedujeron que los sustratos, los métodos germinativos y la interacción de estos fueron significativos en la evaluación, debido a esto es necesario realizar la prueba de Tukey para cada media de los tratamientos.

En el siguiente cuadro se da a conocer la diferencia entre las medias de los sustratos, mientras que para la media de los métodos germinativos se encuentran los resultados en el cuadro 21 y para la interacción sustratos vrs. tratamientos en el cuadro 22, esto con el fin de determinar que tratamiento fue el mejor para las plantas germinadas en el área experimental.

CUADRO 20

Prueba de Tukey para la pdeterminación de diferencias entre las medias de los sustratos evaluados con respecto a plantas germinadas en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Sustrato	Media	W = 5,0961
S1: Tierra+ arena pómez+ biocofya	15,6667	B
S2: Tierra+ cascarilla de café + biocofya	30,0000	A
S3: Tierra + fibra de coco + gallinaza	30,6667	A
S4: Tierra + arena pómez + biocofya	17,3333	B

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

Los sustratos que presentaron mayor cantidad de plantas germinadas, como la mezcla de tierra, fibra de coco y gallinaza, y la mezcla de tierra, cascarilla de café y biocofya, con rangos similares pero significativos en comparación con los sustratos uno y cuatro ya que tienen menor cantidad de semillas germinadas.

Las características de los sustratos que obtuvieron cantidades mayores de plantas, se debe a que proporcionan factores externos como humedad suficiente, con disponibilidad de oxígeno por sus valores de porosidad que permite la respiración aerobia y la temperatura adecuada para los distintos procesos metabólicos.

Para los sustratos que presentaron valores bajos de germinación se debe a que muchos de estos no emergieron, debido a que fueron sembradas a una profundidad inadecuada y

posiblemente por la cantidad de poros del sustrato no permitieron la entrada de oxígeno a las semillas.

CUADRO 21

Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre las medias de los métodos evaluados con respecto a plantas germinadas en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Método	Media	W=2,6692
Fermentación	16,25	B
Fermentación más refrigeración	30,5833	A

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

En el cuadro se presentan la varianza que produce el efecto del uso de los métodos germinativos para las semillas, se presentó mayor cantidad de plantas germinadas en la aplicación de fermentación más refrigeración.

La fermentación eliminó los inhibidores osmóticos producidos por el ácido absicico característico de los frutos de tomate, mientras que en la aplicación del proceso de refrigeración el efecto de las bajas temperaturas rompió el letargo que tienen las semillas por factores endógenos como embriones inmaduros, pero la temperatura hace que se aceleren los procesos metabólicos para que los embriones puedan madurar en su totalidad, después de llevarlos a un ambiente óptimo y utilizar sustratos adecuados, se obtuvo mayor cantidad de plantas germinadas por este método.

Para las semillas en que se aplicó solo fermentación, la germinación fue en menor cantidad debido a que solo se eliminaron los inhibidores, sin tomar en consideración que los embriones se

encontraban inmaduros, aunque se les haya aplicado adecuados factores para que brotaran, en la media se observa que se obtuvo la mitad de las plantas germinadas en comparación con el método dos fermentación más refrigeración.

CUADRO 22
Prueba de Tukey para la determinación de diferencias entre los tratamientos por efecto de la interacción entre el sustrato y el uso de métodos en plantas germinadas en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

Tratamiento	Media	w= 8,7196	
S ₁ M ₁	12.0000		D
S ₁ M ₂	19.3333		C
S ₂ M ₁	24.0000	B	
S ₂ M ₂	37.3333	A	
S ₃ M ₁	20.0000		C
S ₃ M ₂	40.0000	A	
S ₄ M ₁	9.0000		D
S ₄ M ₂	25.6667	B	

Fuente: Investigación de campo. Año 2013

En el cuadro se observa que los tratamientos con cantidades mayores de plantas germinadas es S₂M₂ = la mezcla de tierra, cascarilla de café y biocofya y S₃M₂= mezcla de tierra, fibra de coco y gallinaza, con efectos del método de fermentación más refrigeración, en la investigación de campo se comprobó que el sustrato S₃M₂ obtuvo todas las semillas germinadas mientras que S₂M₂ llegó a tener rangos menores que el tratamiento anterior, pero

la variación de estos sustratos es menor y se comprueba estadísticamente con la prueba de Tukey.

El sustrato con mezcla de tierra, arena pómez y gallinaza tiene rangos medios en cantidad de semillas germinadas, que tiene una similitud con el sustrato S_2M_1 , este último es el más aprovechable, si se utiliza el método de solo fermentación, ya que si se comparan los otros tratamientos que utilicen solo este método la cantidad de plantas es menor.

En el cuadro se describe que para los tratamientos S_1M_1 y S_4M_1 , el efecto de fermentación no contribuye a la germinación en totalidad para todas las unidades experimentales ya que no tienen cantidades significativas, pero al aplicarles el proceso de refrigeración tienen un cambio significativo con cantidades mayores de plantas germinadas.

La interacción que tiene el sustrato en su efecto es que proporciona características adecuadas para que las semillas puedan germinar, como condiciones de humedad, aireación-porosidad, buen drenaje y temperatura adecuada, el método germinativo prepara el metabolismo de los embriones para después llevarlos a la siembra y que las reacciones bioquímicas se den con mayor rapidez.

CONCLUSIONES

En la evaluación de los métodos germinativos en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), la hipótesis no se rechaza ya que el más efectivo es fermentación más refrigeración de semillas; en conclusión este método utilizado para la prueba de Tukey presentó una media de 30,58 en germinación a diferencia del método solo fermentación con una media de 16,25 lo que indica que el método uno es el más efectivo, con menor tiempo de germinación esto debido a que las semillas pasan por distintos procesos, lo cual la fermentación actúa al eliminar los inhibidores osmóticos y la refrigeración contribuye a que los embriones inmaduros pasen a un estado de madurez que facilita las reacciones bioquímicas que se dan a favor del crecimiento vegetativo.

En la relación de los sustratos evaluados de acuerdo con los resultados obtenidos, el tratamiento con mezcla tierra, fibra de coco y gallinaza, se considera el mejor sustrato, ya que los resultados fueron significativos en el desarrollo de longitud de raíces, número de hojas y plantas germinadas, esto debido a que proporciona condiciones adecuadas como aireación, temperatura, humedad para que la mayor parte de agua sea absorbida por la mezcla brindando humedad necesaria, logrando un ambiente adecuado para el desarrollo vegetativo, también por la soltura que contribuye a que las raíces puedan expandirse y así transportar los nutrientes necesarios para la planta. En cuanto a la hipótesis se rechaza ya que en comparación con este sustrato, los resultados fueron menores para el tratamiento tierra más cascarilla de café más biocofya.

El sustrato con mezcla de tierra, arena pómez y gallinaza es comúnmente utilizado por su consistencia, en la investigación los resultados son

significativos en el desarrollo vegetativo, pero al adicionarle el método de fermentación más refrigeración en etapa de semillero, se obtienen mejores resultados, comparándolos con el sustrato más efectivo del experimento tierra, fibra de coco y gallinaza ya que estadísticamente son similares.

La investigación se realizó con el fin de proporcionar información técnica y teórica del proceso agronómico para obtener resultados efectivos sobre la propagación sexual de tomate de árbol, ya que el cultivo podría ser una alternativa de producción para los agricultores; la investigación contiene los resultados de los sustratos que proporcionaron condiciones adecuadas para la germinación de las plantas, donde fueron más efectivas las mezclas fibra de coco, tierra y gallinaza con todas las unidades experimentales (semillas) germinadas, y para la mezcla de cascarilla de café, tierra y gallinaza germinaron más de la tercera parte de las semillas, al utilizar el método dos que consistió en fermentación más refrigeración.

RECOMENDACIONES

Utilizar el método de fermentación más refrigeración ya que este alcanza un 90% de germinación para el cultivo de tomate de árbol y realizar observaciones a las semillas cuando se encuentren refrigeradas, dándoles movimientos constantes.

Utilizar el sustrato de mezcla tierra, fibra de coco y gallinaza para la propagación de semillas de tomate de árbol, debido a que fue el tratamiento más efectivo en el diseño experimental por sus características físicas. Al proporcionar mayor contenido de humedad, permite intervalos de riego más distanciados, tiene buen drenaje y aireación. Por lo que es importante también realizar evaluaciones de otros materiales vegetativos con este tipo de sustrato.

Se debe considerar la madurez fisiológica del fruto para obtener las mejores semillas. Posteriormente fermentarlas por tres días ya que si se dejan más días existen probabilidades de pudrición y de germinación de algunas semillas; lavarlas con abundante agua y secarlas bajo sombra ya que la energía solar puede dañar a los embriones por las altas temperaturas.

Para los agricultores que no tienen la capacidad de obtener materiales como fibra de coco, para lograr mayores resultados se considera aprovechar los recursos existentes en la región, como alternativa usar la mezcla tierra, piedra pómez y gallinaza con relación al método de fermentación más refrigeración, ya que alcanza estándares aprovechables para el desarrollo vegetativo de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

- Benavides, Catherine. *Cultivo de tomate de árbol*. <http://revistatierraadentro.com/index.php/agricultura/65-cultivo-de-tomate-de-arbol> (23 de febrero de 2 013).
- Características del abono orgánico Biocofya*. <http://www.biocofya.com/beneficios.htm> (18 de septiembre de 2 013).
- Características del abono orgánico Gallinaza*. http://www.gallinaza.com/composta_gallinaza_abono_organico.php (18 de septiembre de 2 013).
- Cascarilla de café*. http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_095.pdf (18 de septiembre de 2 013).
- Droegue de Vásquez, Esther. *Evaluación de cinco sustratos para la realización de semillero de tomate (Lycopersicum esculentum var. Roma Gigante), el bandejas de plástico para trasplante en pilón*. Práctica Profesional Supervisada. Técnico en producción agrícola. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala: Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de agronomía, 1 997.
- Fibra de coco*. http://www.infoagro.com/hortalizas/cultivo_continuo.htm (18 de septiembre de 2 013)
- Gavande, Sampat, A. *Física de suelos: principios y aplicaciones*. México: Editorial Limusa, 1 976.
- Marchorro Ponce, Mario Roberto. *Evaluación de siete sustratos para el trasplante de pilón de Lechuga, variedad Salinas*. Práctica Profesional Supervisada. Técnico en producción agrícola. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de agronomía, 1999.
- Piedra pómez*. http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=32&chapter=1 (18 de septiembre de 2 013)
- Reyes Castañeda, Pedro. *Diseños de experimentos aplicados*. México: Editorial Trillas, 1 984.

Sánchez Monzón, Francisco Gudiel. *Diagnostico del cultivo de Tomate de Árbol (Cyphomandra betacea Sent.)* Modulo de Frutales y Forestales. Ingeniería Agronómica. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Agronomía, 1 996

----- *Evaluación de tres concentraciones de ácido indolbutirico y tres tipos de estacas, en enraizamiento de Tomate de Árbol (Cyphomandra betacea Sent.)* Modulo de Frutales y Forestales. Ingeniería Agronómica. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Agronomía, 1 996

Tomate de árbol. http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents. (23 de septiembre del 2 013).

Tratamiento previo de la semilla de tomate de árbol. <http://www.fao.org/docrep/006/ad232s/ad232s10.htm> (04 de octubre de 2 013)



Adán García Véliz

Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
BIBLIOTECARIO



ANEXOS

CUADRO 23
PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUSTRATOS EVALUADOS

TRATAMIENTOS	Humedad Gravimétrica	Densidad aparente (gr/cm³)	Densidad real (gr/cm³)	Porosidad
S1=Tierra + piedra pómez + biocofia	13,6363	0,5706	1,6667	64%
S2=Tierra + cascarilla de café + biocofia	16,2790	0,4800	1,4286	66%
S3=Tierra + fibra de coco + gallinaza	13,6363	0,4474	1,2500	65%
S4=Tierra + piedra pómez + gallinaza	6,3829	0,6795	1,4286	52%

Fuente: Investigación de campo 2013.



CUNOR

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Universidad de San Carlos de Guatemala



15044

El Director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos, luego de conocer el dictamen de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

Técnico en Producción Agrícola

Al trabajo titulado:

"Evaluación de cuatro sustratos y dos métodos de germinación para la propagación de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), en la Granja Agrícola CUNOR, Alta Verapaz"

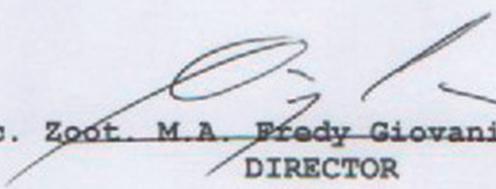
Presentado por el (la) estudiante:

Leybi Susana Macz Cú

Autoriza el

IMPRIMASE

"Id y enseñad a todos"


Lic. Zoot. M.A. Fredy Giovanni Macz Choc
DIRECTOR



Cobán, Alta Verapaz abril del 2015