UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.), VARIEDAD SANTA CRUZ No.1, EN LOS MUNICIPIOS DE CHIQUIMULA, JOCOTAN Y SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2016.

DIEGO ANDRÉS ROSAS VELÁSQUEZ

CHIQUIMULA, GUATEMALA, AGOSTO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.), VARIEDAD SANTA CRUZ No.1, EN LOS MUNICIPIOS DE CHIQUIMULA, JOCOTAN Y SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2016.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

DIEGO ANDRÉS ROSAS VELÁSQUEZ

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, AGOSTO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

RECTOR
Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
Representante de Profesores:	Lic. Zoot. Mario Roberto Suchini Ramírez
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Oscar Augusto Guevara Paz
Representante de Estudiantes:	Br. Carla Marisol Peralta Lemus
Representante de Estudiantes:	PAE. Alberto José España Pinto
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Coordinador de Carrera:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
M.Sc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda

TERNA EVALUADORA

Ing. Agr, Elmer Barillas Klee
M.Sc José Ramiro García Álvarez
M.Sc Fredy Samuel Coronado López

Chiquimula, Julio de 2016

Señores:
Miembros del Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Universidad de San Carlos De Guatemala
Ciudad de Chiquimula

Honorables Miembros:

De conformidad a las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: "EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.), VARIEDAD SANTA CRUZ No.1, EN LOS MUNICIPIOS DE CHIQUIMULA, JOCOTAN Y SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2016.", como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el grado académico de Licenciado.

Agradeciendo la atención a la presente me despido de ustedes atentamente.

Diego Andrés Rosas Velásquez
Carné: 201043331

REF-PTG- JAUD-10-2016
Chiquimula, julio de 2016

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

Respetable Licenciado Galdámez:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación -PTG- de la carrera de Agronomía, para asesorar al estudiante, Diego Andrés Rosas Velásquez carné: 201043331, en el trabajo de investigación denominado **EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE *Solanum lycopersicum L.,* VARIEDAD SANTA CRUZ No. 1"., EN LOS MUNICIPIOS DE CHIQUIMULA, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2016,** tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

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

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. José Angel Urzúa Duarte
Asesor Principal

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
COORDINACIÓN DEL PROGRAMA
TRABAJOS DE GRADUACIÓN
AGRONOMIA

cc. Archivo

CUNORI
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

D-TG-A-097/2016

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **DIEGO ANDRÉS ROSAS VELÁSQUEZ** titulado **"EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum L.*), VARIEDAD SANTA CRUZ No. 1, EN LOS MUNICIPIOS DE CHIQUIMULA, JOCOTÁN Y SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA, GUATEMALA, 2016"**, trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniero Agrónomo. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **Ingeniero Agrónomo.**

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a doce de agosto de dos mil dieciséis.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Oriente
Chiquimula
Dirección

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI - USAC

c.c. archivo
NWGC/ars

ACTO QUE DEDICO

A DIOS:	Todopoderoso por concederme la oportunidad de alcanzar una de las metas más importantes de mi vida, por su misericordia y bendición.
A MIS PADRES:	A Rosa Liliana Velásquez Girón por siempre creer en mí y su apoyo incondicional que siempre me da para salir adelante en mi vida; a Cesar Antulio Rosas Dardón por brindarme su apoyo y esfuerzo incondicional en seguir mis estudios para poder obtener a un título universitario.
A MIS HERMANOS:	A Cesar Roberto, María Irene y Rodrigo Alberto, por brindarme su apoyo que me han ayudado en salir adelante.
A MIS ABUELOS:	Berta Girón de Velásquez y Baltazar Velásquez Morales, por brindarme su amor y apoyo para que siempre sea una persona de buenos principios como ellos han querido.
A MIS PRIMOS Y PRIMAS:	A todos ellos que siempre han demostrado cariño y bienestar hacia mi persona y que a la vez son amigos míos.
A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:	Boris Pinto, Ronal Pérez, Edson Sandoval, Julio Villeda, Khevin Noguera, Kevin Barillas, Walter Aristondo, Gladys Ortega, Víctor Cordón, Byron Gálvez, Hamilton Escobar, Jairo Cerín y Patrick Prado; por los buenos momentos compartidos a lo largo de todo el tiempo de estudio.

AGRADECIMIENTOS

La Universidad de San Carlos de Guatemala.

Al Centro Universitario de Oriente –CUNORI-, por haberme albergado en mis estudios y darme la oportunidad de adquirir conocimientos.

A la Carrera de Agronomía, por la oportunidad de formarme profesionalmente en el campo de las ciencias agrícolas.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas y Centro Regional de Investigación de Oriente (ICTA-CIOR) y al Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola (PRIICA), por bríndame la ayuda y asesoría necesaria para mi trabajo de graduación.

Al Ing. Agr. José Ángel Urzúa, mi asesor principal, Ing. Agr. Luis Miguel Salguero Morales mi asesor adjunto, Ing. Agr. Mario Morales, Ing. Agr. Héctor Hugo Ruano Solís, Ing. Agr. José Ramiro García Álvarez e Ing. Agr. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda; que brindaron una gran ayuda en todo el proceso de investigación.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO CONCEPTUAL	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Justificación	4
2.3. Definición y delimitación del problema	6
3. MARCO TEÓRICO	7
3.1. Sustrato	7
3.2. Propiedades de los sustratos	9
3.3. Propiedades físicas	11
3.4. Propiedades químicas de los sustratos	13
3.5. Materiales utilizados como sustratos	15
3.6. Producción pilones de tomate	17
3.7. Descripción botánica del cultivo de tomate	18
3.8. Características de la planta de tomate	18
3.9. Requerimientos climáticos y edáficos del cultivo de tomate	19
3.10. Anatomía y fisiología de la planta de tomate	20
3.11. Requerimientos nutricionales de la plántula de tomate en pilón	21
3.12. Descripción de los materiales para la elaboración de los sustratos	22
4. MARCO REFERENCIAL	26
4.1. Ubicación y descripción del área experimental	26
4.2. Zona de Vida	27
4.3. Trabajos de investigación relacionados con el tema	29
5. MARCO METODOLÓGICO	32
5.1. Objetivos	32
5.2. Hipótesis alternativa	33

5.3. Metodología 34
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 48
6.1. Caracterización física y química de los sustratos alternativos 48
6.2. Localidad instituto técnico experimental en recursos naturales maya Ch´orti´ (INTERNMACH) 52
6.3. Localidad vivero de la carrera de agronomía, CUNORI 70
6.4. Localidad productora de la asociación regional campesina Ch´orti´ (ASORECH) 93
6.5. Síntesis general constatando los resultados de las tres localidades 111
6.6. Análisis financiero 113
7. CONCLUSIONES 129
8. RECOMENDACIONES 130
9. REFENCIA BIBLIOGRAFICA 131
10. ANEXOS 134

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Página
1.	Diferencia entre suelo y sustrato en porcentajes de material sólido, porosidad total, densidad y capacidad de retención de agua.	9
2.	Características apropiadas para un sustrato ideal.	10
3.	Contexto taxonómico del género *Solanum*.	18
4.	Extracción de nutrientes del cultivo de tomate en fase de pilón.	22
5.	Conformación de los tratamientos evaluados, para la producción de plántulas de tomate a nivel de invernadero, Chiquimula 2015.	36
6.	Escala de vigorosidad establecida para la evaluación de sustratos para plántulas de tomate, Chiquimula, 2015.	38
7.	Escala de calidad de adobe a utilizar en la evaluación de sustratos para la producción de plántulas de tomate, Chiquimula 2015.	40
8.	Características físicas y químicas de los sustratos evaluados para la producción de plántulas de tomate, Chiquimula 2015.	49
9.	Porcentaje de germinación promedio en el cultivo de tomate, a los 5, 10 y 15 días después de siembra, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	53
10.	Análisis de Varianza para la variable tamaño de raíces en el cultivo de tomate a los 41DDS, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	54
11.	Prueba de medias de LSD Fisher para la variable tamaño de raíces en el cultivo de tomate, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	55
12.	Contrastes ortogonales para la variable tamaño de raíces en el cultivo de tomate, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	56
13.	Análisis de Varianza para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 41 DDS, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	57

14.	Escalas y vigorosidades de la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	58
15.	Análisis de Varianza para la variable altura de plántula en el cultivo de tomate a los 41 DDS, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	59
16.	Prueba de medias de Tukey para la variable altura de plántula en el cultivo de tomate, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	60
17.	Contrastes ortogonales para la variable altura de la plántula en el cultivo de tomate, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	62
18.	Análisis de Varianza para la variable materia seca de raíces en el cultivo de tomate a los 41 DDS, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	62
19.	Análisis de Varianza para la variable materia seca de la parte aérea en el cultivo de tomate a los 41 DDS, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	63
20.	Análisis de Varianza para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate a los 41 DDS, en la localidad del vivero INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	65
21.	Análisis de Varianza para la variable porcentaje de plantas trasplantables en el cultivo de tomate a los 41 DDS, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	66
22.	Análisis de Varianza para la variable porcentaje de rendimiento de plántulas de tomate a los 41 DDS, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	67
23.	Prueba de medias de Tukey para la variable porcentaje de rendimiento de plántulas de tomate, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	67
24.	Contrastes ortogonales para la variable porcentaje de rendimiento en el cultivo de tomate, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	69
25.	Porcentaje de germinación promedio en el cultivo de tomate, a los 5, 10 y 15 días después de siembra, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	70

26.	Análisis de Varianza para la variable tamaño de raíces en el cultivo de tomate a los 42 DDS, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	72
27.	Análisis de Varianza para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 42 DDS, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	73
28.	Prueba de medias de Tukey para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	74
29.	Contrastes ortogonales para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	75
30.	Escalas y vigorosidades de la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	75
31.	Análisis de Varianza para la variable altura de plántula en el cultivo de tomate a los 42 DDS, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	76
32.	Prueba de medias de Tukey para la variable altura de plántula en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	77
33.	Contrastes ortogonales para la variable altura de la plántula en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	78
34.	Análisis de Varianza para la variable materia seca de raíces en el cultivo de tomate a los 42 DDS, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	79
35.	Prueba de medias de Tukey para la variable materia seca de raíces en el cultivo de tomate, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	80
36.	Contrastes ortogonales para la variable materia seca de raíces en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	81
37.	Análisis de Varianza para la variable materia seca de la parte aérea en el cultivo de tomate a los 42 DDS, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, Chiquimula 2015.	82

38.	Prueba de medias de Tukey para la variable materia seca de la parte aérea en el cultivo de tomate, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	82
39.	Contrastes ortogonales para la variable materia seca de la parte aérea en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	84
40.	Análisis de Varianza para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate a 42 DDS, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	85
41.	Prueba de medias de Tukey para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	85
42.	Contrastes ortogonales para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	86
43.	Análisis de Varianza para la variable porcentaje de plantas trasplantables en el cultivo de tomate a los 42 DDS, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	87
44.	Prueba de medias de Tukey para la variable porcentaje de plantas trasplantables en el cultivo de tomate, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	88
45.	Contrastes ortogonales para la variable porcentaje de trasplante en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	89
46.	Análisis de Varianza para la variable porcentaje de rendimiento de plantas de tomate a los 42 DDS, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	90
47.	Prueba de medias de Tukey para la variable porcentaje de rendimiento de plantas de tomate, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	90
48.	Contrastes ortogonales para la variable porcentaje de rendimiento en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	92

49.	Porcentaje de germinación promedio en el cultivo de tomate, a los 5, 10 y 15 días después de siembra, en la ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	93
50.	Análisis de Varianza para la variable tamaño de raíces en el cultivo de tomate a los 38 DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	95
51.	Prueba de medias de Tukey para la variable tamaño de raíces en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	95
52.	Contrastes ortogonales para la variable Tamaño de raíces en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	96
53.	Análisis de Varianza para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 38 DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	97
54.	Prueba de medias de Tukey para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	98
55.	Contrastes ortogonales para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate, en la localidad vivero ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	99
56	Escalas y vigorosidades de la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	99
57.	Análisis de Varianza para la variable altura de plántula en el cultivo de tomate a los 38 DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	100
58.	Prueba de medias de Tukey para la variable altura de plántula en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015	101
59.	Contrastes ortogonales para la variable altura de la plántula en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	102
60.	Análisis de Varianza para la variable materia seca de raíces en el cultivo de tomate a los 38 DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	103

61.	Análisis de Varianza para la variable materia seca de la parte aérea en el cultivo de tomate a los 38 DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	104
62.	Prueba de medias de Tukey para la variable materia seca de la parte aérea en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	105
63.	Contrastes ortogonales para la variable materia seca de la parte aérea en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	106
64.	Análisis de Varianza para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate a los 38DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	107
65.	Prueba de medias de Tukey para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	107
66.	Contrastes ortogonales para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	108
67.	Análisis de Varianza para la variable porcentaje de plantas trasplantables en el cultivo de tomate a los 38 DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	109
68.	Análisis de Varianza para la variable porcentaje de rendimiento de plantas de tomate a los 38 DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	110
69.	Resumen de datos de las tres localidades en evaluación de sustratos orgánicos para producción de plántulas de tomate, Chiquimula 2015.	112
70.	Costos variables asociados a la producción de los tratamientos, Chiquimula 2015.	114
71.	Costo de sustrato (Tratamiento) por pilón de tomate producido utilizando bandejas de 105 celdas en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	115
72.	Costo de sustrato (Tratamiento) por pilón de tomate producido utilizando bandejas de 105 celdas en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	116

73.	Costo de sustrato (Tratamiento) por pilón de tomate producido utilizando bandejas de 105 celdas en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	116
74.	Rendimiento corregido de los diferentes sustratos, en la localidad del INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	117.
75.	Beneficio neto de los diferentes tratamientos de la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	118.
76.	Análisis de dominancia de la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	119.
77.	Análisis de residuo de los diferentes tratamientos evaluados en la producción de plántulas de tomate en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	120.
78.	Rendimiento corregido de los diferentes sustratos, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	121
79.	Beneficio neto de los diferentes tratamientos de la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	122
80.	Análisis de dominancia de la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	123
81.	Análisis de residuo de los diferentes tratamientos evaluados en la producción de plántulas de tomate en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	124
82.	Rendimiento corregido de los diferentes sustratos, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	125
83.	Beneficio neto de los diferentes tratamientos de la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015	126
84.	Análisis de dominancia de la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	126
85.	Análisis de residuo de los diferentes tratamientos evaluados en la producción de plántulas de tomate en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1.	Diferencia entre suelo y sustrato en porcentajes de material sólido y porosidad total.	8
2.	Porcentaje de germinación a los 5, 10, y 15 días después de siembra en el cultivo de tomate, para cada tratamiento evaluado, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	53
3.	Tamaño de raíces en el cultivo de tomate a los 41 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	56
4.	Altura de plántula en el cultivo de tomate a los 41 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	61
5.	Porcentaje de rendimiento de plántulas de tomate a los 41 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	68
6.	Porcentaje de germinación a los 5, 10 y 15 días después de siembra en el cultivo de tomate, para cada tratamiento evaluado, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	71
7.	Diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 42 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	74
8.	Altura de plántula en el cultivo de tomate a los 42 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	77
9.	Materia seca de raíces en el cultivo de tomate a los 42 días después de germinación para cada tratamiento evaluado, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	80
10.	Materia seca parte aérea en el cultivo de tomate a los 42 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI Chiquimula 2015.	83

11.	Porcentaje de plantas trasplantables en el cultivo de tomate a los 42 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	88
12.	Porcentaje de rendimiento de plantas de tomate a los 42 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	91
13.	Porcentaje de germinación a los 5, 10, y 15 días después de siembra en el cultivo de tomate, para cada tratamiento evaluado, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	94
14.	Tamaño de raíces a los 38 DDS de casa tratamientos evaluados, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	96
15.	Diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 42 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	98
16.	Altura de plántula en el cultivo de tomate a los 38 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	101
17.	Materia seca parte aérea en el cultivo de tomate a los 38 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad del ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	105
18.	Comparación de los costos variables y beneficio neto de los sustratos evaluados en la producción de plántulas de tomate en contenedor en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.	120
19.	Comparación de los costos variables y beneficio neto de los sustratos evaluados en la producción de plántulas de tomate en contenedor en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.	124
20.	Comparación de los costos variables y beneficio neto de los sustratos evaluados en la producción de plántulas de tomate en contenedor en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.	127

RESUMEN

La investigación se enfocó a la evaluación del efecto de los distintos sustratos alternativos, a partir de la mezcla de materiales orgánicos y locales de fácil obtención por los agricultores, en el crecimiento de plántulas de tomate variedad Santa Cruz No.1 bajo condiciones protegidas.

La investigación se realizó en tres localidades: En el Instituto Técnico Experimental en Recursos Naturales Maya Ch´orti´ (INTERNMACH), en el municipio de Jocotan, Chiquimula, El vivero de la carrera de Agronomía en el Centro Universitario de Oriente CUNORI, del municipio de Chiquimula, Chiquimula y Localidad productora de la Asociación Regional Campesina Ch´orti´ (ASORECH), en el municipio de San Juan Ermita, Chiquimula, en el periodo comprendido de junio a julio de 2015.

Para las tres localidades se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, efectuando análisis de varianza y pruebas de medias a los resultados para evaluar las diferencias entre los tratamientos, utilizando el programa estadístico Infostat versión estudiantil con estimaciones agregadas.

Se evaluaron 6 sustratos alternativos compuestos por diferentes materiales orgánicos y locales, para determinar el efecto en el desempeño de las plantas de tomate en cuanto al porcentaje de germinación, tamaño de raíces, diámetro del tallo, vigorosidad de la plántula, altura de planta, materia seca de la parte aérea, materia seca de raíces, calidad de adobe, porcentaje de plantas trasplantables y porcentaje de rendimiento de las plántulas de tomate.

Para determinar el sustrato que ofrece un mayor beneficio económico se realizó la evaluación a través del presupuesto parcial, tomando como base los costos por sustrato y el rendimiento por sustrato, obteniéndose así el costo por planta de tomate.

En la localidad INTERNMACH, Jocotan; se evaluaron todos los sustratos e identificando el T3 (30% lombrihumus + 25% paja de frijol carbonizada + 20% cascarilla de arroz + 25% tierra desinfectada), con un rendimiento del 91.47%; generando así una alternativa que proporciona mayores beneficios económicos con este sustrato generado por el ICTA.

La localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI; se evaluaron todos los sustratos e identificando el testigo (T7) (100% Peat moss) como el de mejor calidad y más rentable para la producción de plántulas de tomate en contenedor, se obtuvo un rendimiento del 95.77%.

La localidad ASORECH, San Juan Ermita; se evaluaron todos los sustratos e identificando el T6 (30% Cascarilla de arroz + 40% Cascarilla de arroz carbonizada + 30% Bocashi), con un rendimiento del 91.29%; generando así una alternativa que proporciona mayores beneficios económicos con este sustrato generado por el CUNORI.

En el INTERMACH, el tratamiento de mayor beneficio T3 es el que presenta un menor costo variable de Q. 16.60, un mayor beneficio neto de Q. 211.40 y mayor residuo de Q. 194.81; en el vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, el tratamiento de mayor beneficio T7 es el que presenta un menor costo variable de Q. 38.61, un mayor beneficio neto de Q. 202.59 y mayor residuo de Q. 163.98; en la localidad ASORECH, el tratamiento de mayor beneficio T6 es el que presenta un menor costo variable de Q. 17.48, un mayor beneficio neto de Q. 199.72 y mayor residuo de Q. 182.23.

1. INTRODUCCIÓN

En la producción de hortalizas es estratégica y de vital importancia la etapa de crecimiento inicial de la planta, ya que es imprescindible una planta de calidad para obtener una buena producción final del cultivo.

Los productores de tomate en el área de Chiquimula, utilizan plántulas en pilones para establecer las plantaciones, los cuales se producen utilizando turbas comerciales tipo Peat Moss o turba de musgo (*Sphagnum sp.*), importados principalmente de países como Canadá y Finlandia. Debido a sus características físicas, químicas y biológicas permiten una excelente germinación y crecimiento de las plántulas, pero su costo se ha elevado y su explotación ya no es sostenible, se ha comenzado a restringir su uso.

Hasta el momento, la demanda mundial de sustratos obtenidos a partir de turbas comerciales se ha satisfecho por la oferta; sin embargo, se presenta un panorama difícil en relación con el incremento de la demanda del sustrato, se empieza a tener restricciones ecológicas en los países antes mencionados debido a que este material se extrae en grandes volúmenes para su comercialización.

Se ha empezado a presentar un desequilibrio ambiental en las regiones donde se extraen las turbas, por lo que las autoridades oficiales de ecología y ambiente de dichos países ya detectaron este problema y han empezado a limitar la extracción de estos recursos naturales, encareciendo este recurso y generando un aumento de su costo, afectando a los productores de plántulas de tomate en pilón y a su vez a los productores de tomate de la región oriental del país (ICTA 2014).

Esto ha motivado la búsqueda de sustratos alternativos al peatmoss, que permitan generar información, para producir plantas de buena calidad, a bajo costo y principalmente mediante el uso de sustratos, elaborados con materiales orgánicos disponibles localmente.

En esta investigación se evaluó el desempeño de las plantas de tomate, utilizando seis sustratos alternativos, conformados por diferentes materiales orgánicos e inorgánicos en diversas proporciones, en comparación al sustrato testigo (T7), conformado totalmente por peat moss.

La investigación se realizó en tres localidades: El vivero de la carrera de Agronomía, en el Centro Universitario de Oriente CUNORI, del municipio de Chiquimula, en el Instituto Técnico en Recursos Naturales Maya Ch'orti' (INTERNMACH) en el municipio de Jocotan, departamento de Chiquimula y en las casas malla de ASORECH ubicadas en el municipio de San Juan Ermita, departamento de Chiquimula. Efectuando el ensayo en una unidad experimental conformada por una bandeja de 105 celdas de plástico, utilizando un diseño experimental en bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones.

Los materiales utilizados para la elaboración de sustratos alternativos son los siguientes: fibra de coco, cascarilla de arroz, carbón, Bocashi, semolina, lombrihumus, paja de frijol carbonizada, carbón de cascarilla de arroz y tierra, estos son los sustratos para la producción de plantas de tomate, utilizando la variedad de tomate Santa Cruz No. 1.

En la investigación se evaluaron las variables respuesta porcentaje de germinación, tamaño de raíces, diámetro del tallo, vigorosidad de la planta, altura de plántula, materia seca de la raíz, materia seca de parte aérea, calidad de adobe, porcentaje de plantas trasplantables, porcentaje de rendimiento y costos de producción.

El análisis financiero de los sustratos se hizo a través de la utilización de la metodología de presupuestos parciales, con el objeto de determinar el tratamiento que genere un mayor beneficio en cada una de las localidades.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes

Según Picón (2013) la necesidad de cumplir con una constancia en oferta y calidad, ha llevado a que la producción de almácigos de hortalizas se desarrolle de tal forma que actualmente sea una especialidad por sí misma. De un buen almácigo depende todo el cultivo posterior, por lo que las aplicaciones tecnológicas y el conocimiento técnico en su elaboración son un requerimiento real.

Entre las ventajas del almácigo están; la mayor precocidad y homogeneidad del cultivo, un manejo más eficiente de la semilla como insumo y la oportunidad de seleccionar las plantas más aptas para ser sembradas en campo o invernadero.

Según Picón (2013) debido a que estos almácigos se elaboran en bandejas, el sustrato empleado es un factor fundamental, puesto que determina en gran parte la calidad de ese almácigo. No obstante, debido al alto costo de los sustratos importados, surge la necesidad de disponer de un material producido localmente, estable y de probada calidad e inocuidad y haga fortalecer e implementar el manejo agroecológico, en la producción de hortalizas de la región.

Esto además de ser un importante ahorro de divisas, evitaría los problemas de diseminación de plagas y enfermedades de una región a otra. Actualmente en la región existe muy poca información científica, realizada en la elaboración de sustratos para la producción de pilones de tomate.

2.2. Justificación

La sobreexplotación de los recursos naturales para la elaboración de turbas comerciales tipo Peat Moss, repercutirá en cambios drásticos en la ecología de los países productores, los cuales se ven obligados a reducir el uso de los recursos naturales en la elaboración del sustrato comercial.

El crecimiento en las áreas de producción agrícola a nivel mundial, está relacionado con la utilización del sustrato en el proceso de producción; por lo que este incremento afectará la oferta, incidiendo en que se prevée un aumento de los precios, por la compra de dicho producto; lo cual repercutirá sustancialmente en la rendimiento de las empresas agrícolas a nivel nacional e internacional.

Según el Diagnostico Situacional de las Hortalizas especiales en cadenas de valor en el área del Trifinio, en el departamento de Chiquimula, realizado en enero a junio del año 2009, específicamente en los talleres realizados con productores de tomate en el valle de Chiquimula, Ipala, Camotán, Jocotán y Esquipulas, se refleja la necesidad de los agricultores de contar con una línea de investigación que pueda dar alternativas de solución a la problemática de la producción de plántulas (pilón).

Entre las problemáticas están: a) poca vigorosidad de la plántula producida por las empresas b) costo alto de la obtención de la plántula de tomate en las áreas productoras de hortalizas, lo cual redunda en el costo de producción del cultivo, c) problemas con el sustrato utilizado, que no es consistente y provoca pérdidas de plántulas en el manejo.

En la región nororiental de Guatemala existe potencial para la producción de sustratos orgánicos equiparables a las turbas comerciales. El contexto de la investigación es utilizar diferentes sustratos alternativos en la producción de pilones de tomate, utilizando diversos materiales locales como: cascarilla de arroz, cascarilla de arroz carbonizada, carbón, Bocashi, semolina, fibra de coco, lombrihumus, paja de frijol carbonizada y tierra tratada, en donde se determinara el aporte real como sustrato y los nutrientes en la

propagación de pilones de calidad, evaluando el comportamiento de las diferentes variables en la producción de pilón de tomate, lo cual permite obtener información confiable y de mucha importancia para todos los productores de tomate en la región y reducir los costos de producción al no depender directamente del sustrato actualmente utilizado.

Picón (2013) en el año 2012, evaluó en el CUNORI, seis sustratos alternativos, resultando como una buena alternativa, el sustrato compuesto por un 40% de fibra de coco, 20% de cascarilla de arroz, 15% de carbón, 10% de semolina y 15% de abono orgánico tipo bocashi. Por lo cual se utilizó como uno de los tratamientos de esta investigación, además de cinco sustratos nuevos los cuales contienen elementos que aún no se han evaluado.

Mediante la divulgación de los resultados obtenidos, los productores podrán emprender la implementación de una nueva alternativa tecnológica en la producción agrícola en la región, porque beneficiará la producción de hortalizas, especialmente el cultivo de tomate, en el departamento de Chiquimula y otras zonas productoras de similares condiciones.

2.3. Definición y delimitación del problema

Los productores de tomate del departamento de Chiquimula, utilizan plántulas en pilones para plantaciones, los cuales se producen utilizando turbas comerciales tipo Peat Moss, importados principalmente de países de Canadá y Finlandia.

En la actualidad se empiezan a tener restricciones ecológicas en los países como Canadá donde se extrae este recurso natural, en grandes volúmenes. Es natural que ocurra un desequilibrio ecológico en las regiones de extracción, por lo que las autoridades oficiales de ecología y ambiente, detectaron ya este problema, implementando un control en las extracciones para no impactar de manera severa el medio ambiente de dichas áreas.

Se observa el incremento en las áreas donde la utilización de sustratos empiezan a ser mayores; como consecuencia, se ve reducida la disponibilidad de dicho producto, lo que ha generado un incremento en su costo, afectando así a la economía de los productores de tomate o a las piloneras de esta región, aumentando sus costos de producción.

Esta es la problemática que se presenta puesto que el aumento de los costos del peatmoss se están dando a la alza año a año debido a su escasez y la dependencia que actualmente se tiene a nivel local de los sustratos tipo Peat Moss para la producción de pilones, es una debilidad que afecta directamente los productores de hortalizas y productores de pilones; se llegara a un extremo en el que no se presentara rentabilidad económica en la producción de plántulas de tomate en pilones afectando así como se menciona anteriormente en la economía del productor y agricultor.

El propósito de la presente fue encontrar alternativas que ayuden a identificar sustratos alternativos para la producción de plántulas de tomate, se realizó la evaluación de diferentes sustratos alternativos para la producción de plántulas de tomate en pilón, bajo condiciones protegidas, en el municipio de Jocotan, San Juan Ermita y Chiquimula, durante los meses de junio a julio de 2015.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Sustrato

Según García, (2006), citado por Picón (2013), puede asegurarse, sin exageración, que el principal factor del que depende el éxito de un cultivo en contenedor es la calidad del sustrato elegido y la finalidad más importante de un sustrato es producir una planta de alta calidad en un tiempo menor, a bajo costo.

Un sustrato es cualquier medio que se utilice para cultivar plantas en contenedores, entendiendo por contenedor cualquier recipiente que tenga una altura determinada y que su superficie se halle a presión atmosférica.

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (INFOAGRO 2010).

En condiciones muy intensivas de producción de hortalizas en almácigos, el empleo de los sustratos se justifica por varias razones. Se tiende a sustituir el suelo natural para poder controlar mejor los parámetros de crecimiento y de desarrollo de los cultivos a través del:

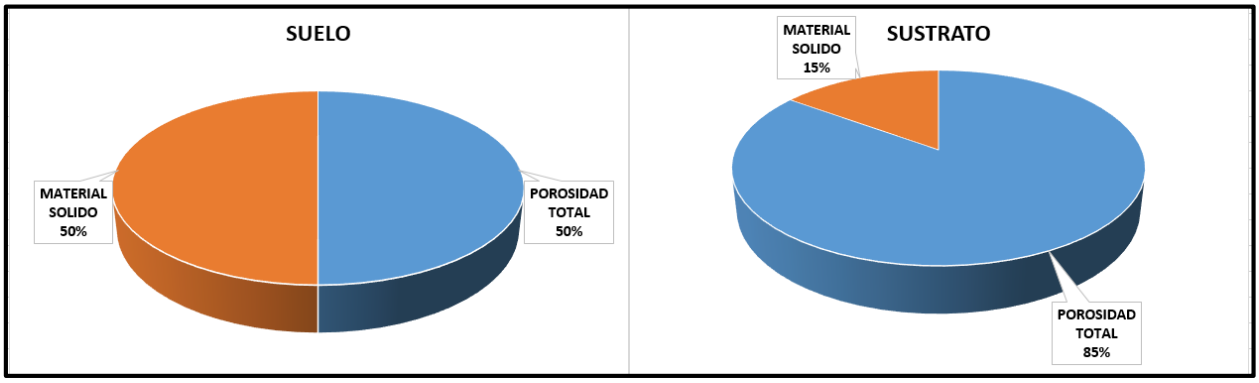
- Relación de aire en el sustrato,
- Control de la relación de agua y elementos minerales,
- Desinfección fácil de los sustratos, disminución de parásitos y fácil control,
- Extensión del período de producción,
- Desplazamiento más fácil de las plantas,
- Trasplante con alto grado de éxito, sin daño de las raíces.

Según García, (2006), citado por Picón (2013), las siguientes ventajas del trasplante frente a la siembra directa:

- Mayor calidad de plantas
- Posibilidad de selección de la plántula
- Cultivos con menos tiempo en el campo

Ventajas del trasplante a raíz cubierta en contenedor:

- Disminuye estrés del trasplante
- Plantas más uniformes
- Menor tiempo de crecimiento
- Permite mecanizar el trasplante
- Producción a gran escala



Fuente: Pérez Macareno y Mancera Gómez, 2012.

Figura 1. Diferencia entre suelo y sustrato en porcentajes de material sólido y porosidad total

Cuadro 1. Diferencia entre suelo y sustrato en porcentajes de material sólido, porosidad total, densidad y capacidad de retención de agua.

Características	Suelo	Sustrato
Materia solido	50%	15%
Espacio poroso total o porosidad total	50%	>85%
Densidad	Pesados 1L = 1500 g	Livianos 1 L = 50 a 400 g
Capacidad de retención de agua	Mala 30 a 35%	Muy alta 55-70%

Fuente: Pérez Macareno y Mancera Gómez, 2012.

3.2. Propiedades de los sustratos

Las propiedades físicas del sustrato en los medios de cultivo son de primera importancia, porque ya una vez hecho el sustrato y colocarlo en el contenedor y la planta creciendo en él no es posible cambiar sus propiedades físicas básicas de dicho medio.

Las propiedades físicas más importantes que permiten evaluar la capacidad de un material como sustrato o comparar diferentes materiales, son:

- Distribución del tamaño de partículas o granulometría
- Porosidad y su reparto entre las fases líquida y gaseosa; es decir: capacidad de retención de agua y porosidad de aire.

Cuadro 2. Características apropiadas para un sustrato ideal.

Propiedades de un buen sustrato
Físicas
Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible
Suficiente suministro de aire
Distribución del tamaño de las partículas que asegure las condiciones anteriores
Baja densidad aparente
Elevada porosidad total
Estructura estable y contracción reducida
Químicas
Capacidad de intercambio catiónico
Suficiente nivel de nutrientes asimilables
Baja salinidad
Elevada capacidad de tampón
Mínima velocidad de descomposición
Otras
Libre de semillas de malas hierbas, nematodos, patógenos y sustancias fitotóxicas.
Reproductividad y disponibilidad
Fácil de mezclar
Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección
Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales.

Fuente: Pérez Macareno y Mancera Gómez, 2012.

Picón (2013), sugiere los valores “ideales físicos” para un sustrato (como porcentaje del volumen total): el total de espacio poroso (PT) sería 85 %; porosidad del aire (PAI) 10-30 %; agua fácilmente disponible (AFD) 20-30 %; y capacidad buffer del agua (agua de reserva) (AR) 4-10 %.

3.3. Propiedades físicas

3.3.1. Porosidad

La porosidad es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80-85 %, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones.

La porosidad debe ser abierta, pues la porosidad ocluida, al no estar en contacto con el espacio abierto, no sufre intercambio de fluidos con él y por tanto no sirve como almacén para la raíz. El menor peso del sustrato será el único efecto positivo. El espacio o volumen útil de un sustrato corresponderá a la porosidad abierta (INFOAGRO 2010).

El grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato. Poros gruesos suponen una menor relación superficie/volumen, por lo que el equilibrio tensión superficial/fuerzas gravitacionales se restablece cuando el poro queda solo parcialmente lleno de agua, formando una película de espesor determinado.

Nuez (2009), citado por Picón (2013), el total de poros existentes en un sustrato se divide entre: 1) Poros capilares de pequeño tamaño (< 30 micrómetros), que son los que retienen el agua y 2) Poros no capilares o macroporos, de mayor tamaño (> 30 um), que son los que se vacían después que el sustrato ha drenado. Sin embargo, los poros no drenan completamente y una fina película de agua es retenida alrededor de las partículas del sustrato.

3.3.2. Densidad

La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el

espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente.

La densidad real tiene un interés relativo. Su valor varía según la materia de que se trate y suele oscilar entre 2,5-3 para la mayoría de los de origen mineral. La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. Los valores de densidad aparente se prefieren bajos (0,7-01) y que garanticen una cierta consistencia de la estructura (INFOAGRO 2010).

3.3.3. Estructura

Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas (INFOAGRO 2010).

3.3.4. Granulometría

El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varía su comportamiento hídrico a causa de su porosidad externa, que aumenta de tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría (INFOAGRO 2010).

De la naturaleza y del tamaño de partículas del sustrato dependerán principalmente sus propiedades físicas, como el reparto de aire y agua y la disponibilidad para las raíces. Según Picón (2013), en sustratos que presentan amplia distribución de tamaños de partículas, las partículas pequeñas se alojan en los huecos entre las partículas grandes, reduciendo su tamaño y, por tanto, la porosidad total y la ocupada por aire. Al mismo tiempo, aumentará la cantidad de agua retenida, al ser mayor el número de microporos.

En consecuencia, las propiedades físicas de los sustratos dependen en gran medida de la distribución de los tamaños de partícula, por lo que modificando o seleccionando adecuadamente el tamaño de partícula, se pueden alcanzar propiedades físicas óptimas.

3.3.5. Agua fácilmente disponible

Según Nuez, (2001), citado por Picón (2013), es la diferencia entre el volumen de agua retenido por el sustrato, después de haber sido saturado con agua y dejado drenar a 10 cm de tensión matricial y el volumen de agua presente en dicho sustrato a una succión de 50 cm de capacidad de absorción. El valor óptimo para el agua fácilmente disponible oscila entre el 20 y el 30% del volumen.

3.4. Propiedades químicas de los sustratos

La reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza.

Las propiedades químicas de un sustrato son importantes, ya que de ellas dependerán en gran parte la disponibilidad de nutrientes. Según sea el pH del sustrato estarán disponibles en mayor o menor medida los iones de unos u otros minerales. Las propiedades químicas más importantes de los materiales de los componentes de un medio de crecimiento son:

3.4.1. Capacidad de intercambio catiónico

Según Nuez (2001), citado por Picón (2013), se define como la suma de los cationes cambiables que pueden ser adsorbidos por unidad de peso (o de volumen) del sustrato. Dichos cationes quedan así retenidos frente al efecto lixiviante del agua y están usualmente disponibles para la planta. La capacidad de los sustratos orgánicos para

adsorber cationes metálicos depende del pH: Cuando más alto es el pH, más elevada es la capacidad de intercambio catiónico.

3.4.2. Salinidad

La salinidad de una solución acuosa se mide por su contenido en sales disueltas (mg/l o ppm) o, más comúnmente, por su capacidad para conducir la corriente eléctrica o conductividad (en miliSiemens por cm, mS/cm, o microSiemens por cm, µS/cm) (INFOAGRO 2010).

El efecto más común de la salinidad, es un retraso general en el crecimiento de la planta, aunque no todas las partes de la planta son afectadas de igual manera, el crecimiento aéreo muy a menudo se suspende más que el crecimiento de la raíz.

3.4.3. pH

Según Nuez, (2001) citado por Picón (2013), la planta del tomate puede sobrevivir en un amplio intervalo de pH del sustrato sin sufrir desórdenes fisiológicos aparentes, siempre y cuando todos los nutrientes se suministren en forma asimilable. No obstante el crecimiento y el desarrollo de las plantas se ven reducidos de modo marcado en condiciones de acidez o alcalinidad extremas.

En sustratos orgánicos, el rango óptimo de pH para el crecimiento de plantas está entre 5,0 y 6,5, lo que no excluye que no puedan crecer satisfactoriamente fuera de ese intervalo.

3.4.4. Relación Carbono/Nitrógeno

Se usa tradicionalmente como un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y de su estabilidad. Los daños que aparecen sobre las plantas cultivadas en materiales orgánicos inmaduros son, en parte por una inmovilización del nitrógeno como a una baja disponibilidad de oxígeno en la rizosfera. Esta situación está provocada por la actividad

de los microorganismos, que descompone los materiales orgánicos crudos y utilizan el N para la síntesis de sus proteínas celulares.

3.5. Materiales utilizados como sustratos

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos utilizados en la producción de pilones, los cuales se clasifican según el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación (INFOAGRO 2010).

A continuación se detallan los más utilizados, de acuerdo a sus propiedades:

- Sustratos químicamente inertes. Arena granítica o silícea, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.

- Sustratos químicamente activos. Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.

Las diferencias entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato.

Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal, (INFOAGRO 2010).

A. Según el origen de los materiales

a. Materiales orgánicos

- De origen natural. Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turbas).

- De síntesis. Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido).

- Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, aserrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.).

b. Materiales inorgánicos o minerales

- De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).

- Transformados o tratados. A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.).

- Residuos y subproductos industriales. Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, etc.).

3.6. Producción pilones de tomate

Hasta unos cuantos años, las plántulas se producían en almácigos al aire libre, trasplantándolas a raíz desnuda con pérdidas de plantas tanto en la almaciguera como en el trasplante. Debido principalmente al daño causado a las raicillas durante la extracción de las plántulas desde el suelo, más el ingreso de patógenos a través de estas heridas.

La utilización de híbridos de alto costo ha traído consigo la especialización, el mejoramiento y la tecnificación de los almácigos, en los que se aprovecha al máximo la semilla y se consigue mayor defensa contra plagas y enfermedades. Permite, además, una mejor adaptación al medio donde se va a cultivar y la máxima mecanización del cultivo. Es así como, hoy en día, las empresas dedicadas a la producción de plántulas siembran la semilla en forma individual, de modo de economizar y hacer un mejor aprovechamiento del espacio y de la semilla.

Tampoco es un problema seleccionar las variedades a utilizar, debido a que las empresas productoras de tomate tienen definidas las variedades para cada zona agroecológica, época de plantación y manejo del agricultor. Otra gran ventaja es la obtención de plantas sanas y homogéneas. Ello debido a que las semillas son sembradas en sustratos, dentro de invernaderos o casas malla, lo que permite un mayor control de la humedad, temperatura y luminosidad. Por lo tanto, el uso de almácigos en contenedores trae consigo un ahorro de mano de obra y facilita la mecanización del trasplante.

Actualmente existe una diversidad de empresas a nivel mundial y nacional, que ofrecen una diversidad de pilones de hortalizas, esto incentivado por el incremento en la producción hortícola, lo cual ejerce una alta competitividad entre las empresas productoras de pilones, por lo que los costos de producción deben minimizarse.

3.7. Descripción botánica del cultivo de tomate

3.7.1. Taxonomía del cultivo de tomate

Cuadro 3. Contexto taxonómico del género *Solanum*.

Reino	*Plantae*
División	*Magnoliophyta*
Clase	*Magnoliopsida*
Subclase	*Asteridae*
Orden	*Solanales*
Familia	*Solanaceae*
Género	*Solanum*
Subgénero	*Potatoe*
Sección	*Petota*
Especie	*S. lycopersicum L.*

Fuente: itis.com, 2014.

3.8. Características de la planta de tomate

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual, puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta, y su crecimiento es limitado en las variedades determinadas, e ilimitado en las indeterminadas.

3.8.1. El tallo

Según Jaramillo et al. (2007), el tallo principal tiene 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis; sobre el tallo se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias. Éste tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con el suelo, característica importante que se aprovecha en las operaciones culturales de aporque dándole mayor anclaje a la planta.

3.8.2. Las hojas

Según Jaramillo et al. (2007), son compuestas imparipinadas con siete a nueve foliolos, los cuales generalmente son peciolados, lobulados y con borde dentado, y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo.

3.8.3. La raíz

Según Jaramillo et al. (2007), el sistema radical del tomate es superficial y está constituido por la raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Dentro de la raíz se encuentra la epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, además el cortex y el cilindro central donde se sitúa el xilema.

3.9. Requerimientos climáticos y edáficos del cultivo de tomate

3.9.1. Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30 ºC durante el día y entre 1 y 17 ºC durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35 ºC afectan la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular (INFOAGRO 2010).

3.9.2. Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre un 60% y un 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores (INFOAGRO 2010).

3.9.3. Luminosidad

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación y el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad (INFOAGRO 2010).

3.9.4. Suelo

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos sueltos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica. Aunque se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos. En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados (INFOAGRO 2010).

3.10. Anatomía y fisiología de la planta de tomate

3.10.1. La semilla

Según Jaramillo et al. (2007), la semilla del tomate es pequeña, con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm, éstas pueden ser de forma globular, ovalada, achatada, casi redonda, ligeramente alongada, plana, arriñonada, triangular con la base puntiaguda. La semilla está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, la cual está recubierta de pelos. Las semillas dentro del lóculo, en sus últimas etapas de desarrollo, aparecen inmersas en una sustancia gelatinosa.

3.10.2. Germinación

Es el proceso mediante el cual, a partir de una semilla, comienza el desarrollo de una nueva planta.

3.10.3. El Proceso de germinación

Según Nuez, (2001) citado por Picón (2013), en la germinación pueden distinguirse tres etapas. En la primera, que dura unas 12 h, se produce una rápida absorción de agua por la semilla. Le sigue un periodo de reposo de unas 40 h durante el cual no se observa ningún cambio en la anatomía ni en la actividad metabólica de la semilla. Posteriormente, la semilla comienza a absorber agua de nuevo, iniciándose la etapa de crecimiento asociada con la emergencia de la radícula.

3.10.4. Edad de trasplante

Según Gallo y Viana, (2005); mencionan que en condiciones normales los pilones deben estar listos para el trasplante entre los 20 y 40 días de la siembra, dependiendo de la temperatura y de la iluminación. Las plantas óptimas para el trasplante deben tener de 10 a 15 cm de alto y de 6 – 8 hojas verdaderas formadas. El envejecimiento de los pilones se manifiesta con amarillamiento de hojas, pérdida de cotiledones y ahilamiento del tallo, cuando se retrasa el momento del trasplante.

3.11. Requerimientos nutricionales de la plántula de tomate en pilón

Según Gallo y Viana (2005), el nivel de la nutrición mineral para las plántulas en el invernadero o casa malla tiene un impacto en la desempeño de los trasplantes cuando son colocadas en el campo. Variaciones en el N tienen el mejor efecto, P es requerido en muy pequeñas cantidades y K puede variar en una gran extensión con muy poco efecto en la performance del trasplante.

Los resultados obtenidos de un estudio muestran que la óptima nutrición con N estuvo entre 100 a 200 mg /litro. Variando el P desde 5 a 200 mg/ litro no tuvo efecto en el desempeño de los pilones en el invernáculo o fuera. De cualquier modo, el crecimiento de los pilones fue afectado por la variación de la nutrición con P en el rango de 0 a 5 mg/ litro. No hubo interacción entre N y P en la respuesta de los pilones.

El potasio, a bajos niveles menores a 100 mg /litro redujo el crecimiento sólo ligeramente; a muy altos niveles de potasio, por ejemplo 2000 mg/litro, es decir alta conductividad eléctrica, el crecimiento fue reducido, por lo tanto fue un problema las quemaduras del tejido por altos niveles de sal.

Cuadro 4. Extracción de nutrientes del cultivo de tomate en fase de pilón.

Edad	**M.S.**	**N**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**	**B**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Zn**
(días)	(g)	mg / planta						µg/planta				
15	0.1	5.1	0.7	4.7	2.1	0.6	0.2	19	1.9	36.4	41.5	1.2
30	0.79	32.8	7	43.6	22.3	4.9	3	70.3	14.7	391.9	333	73

Fuente: Gallo y Viana, 2005.

Todas las estimaciones de la absorción de nutrientes están sujetas a diferencias en el ambiente local, puesto que la absorción de nitrógeno y potasio están altamente correlacionadas con la intensidad de luz y temperatura del aire mientras la absorción de fósforo aparentemente ha estado estrechamente relacionado a la temperatura de la raíz.

3.12. Descripción de los materiales para la elaboración de los sustratos

3.12.1. Turbas

Las turbas son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se pueden clasificar en dos grupos: turbas rubias y negras. Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica (INFOAGRO 2010).

Es más frecuente el uso de turbas rubias en cultivo sin suelo, debido a que las negras tienen una aireación deficiente y unos contenidos elevados en sales solubles. Las turbias

rubias tiene un buen nivel de retención de agua y de aireación, pero muy variable en cuanto a su composición ya que depende de su origen. La inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfiere en la nutrición vegetal, presentan un pH que oscila entre 3,5 y 8,5. Se emplea en la producción ornamental y de plántulas hortícolas en semilleros. (INFOAGRO 2010).

3.12.2. Fibra de coco

Este producto se obtiene de fibras de coco. Tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su peso, un pH ligeramente ácido (6,3-6,5) y una densidad aparente de 200 kg/m3. Su porosidad es bastante buena y debe ser lavada antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee (INFOAGRO 2010).

3.12.3. Cascarilla de arroz

Este ingrediente mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilita la aireación, la absorción de humedad y filtrado de nutrientes, también beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra. El 83% de las partículas tienen un diámetro medio que va desde 1,70 hasta 2,90 mm (INFOAGRO 2010).

3.12.4. Carbón

Mejora las características físicas del suelo, facilita la aireación de absorción de humedad y calor, por su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo retiene, filtra y libera gradualmente nutrientes a las plantas, disminuyendo la pérdida y lavado de éstos en el suelo (INFOAGRO 2010).

3.12.5. Abono orgánico tipo Bocashi

Según Gallo y Viana (2005), mencionan que el bocashi es un tipo de abono el cual se caracteriza por conservar mucha energía en forma de vitaminas, azúcares, ácidos

orgánicos y aminoácidos, los cuales a su vez, son una fuente de alimento para organismos benéficos que aumenta la biodiversidad de este; se basa en procesos de descomposición aeróbica de los residuos orgánicos y temperaturas controladas orgánicos a través de poblaciones de microorganismos existentes en los propios residuos, que en condiciones favorables producen un material parcialmente estable de lenta descomposición, aunque presenta en su composición mayor contenido de sales, pH y fósforo.

3.12.6. Pulimiento de arroz (Semolina)

Favorecen la fermentación de los abonos, incrementada por la presencia de vitaminas en la pulidora de arroz. Aporta nitrógeno, fósforo, calcio, potasio y magnesio (INFOAGRO 2010).

3.12.7. Lombrihumus

Según Gómez (2001), el humus de lombriz es de color oscuro, su olor es agradable, está constituido por partículas finas sin grumos y es fácilmente manipulable. Las inclusiones del humus de lombriz en el sustrato causan la liberación gradual de los nutrimentos, limitan las pérdidas por lixiviación y favorecen la absorción paulatina de nutrimentos.

3.12.8. Cascarilla de arroz carbonizada

Según Saboya (2010), las características del carbón de cascarilla de arroz, es un buen sustrato para germinación de las semillas y enraizamiento de estacas por que permite la penetración y el intercambio de aire en la base de las raíces; es suficientemente fuerte y densa para fijar las semillas o estaca; tiene coloración oscura y forma sombra en la base de la estaca; es ligero y poroso permitiendo una buena aireación y drenaje; tiene volumen constante en seco o húmedo; es libre de plagas dañinas, nematodos y patógenos; no necesita de tratamientos químicos para la esterilización, porque ha sido esterilizada con la carbonización.

La cascarilla se considera un sustrato orgánico y reactivo por su pH entre 7.5 – 9. 0, debido a los óxidos derivados del proceso de quemado, beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas.

Además, el carbón de cascarilla de arroz otorga excelentes beneficios como material libre de bacterias y hongos, tiene buena capacidad de retención de agua, mantiene su forma por mucho tiempo y puede suministrar nutrientes a la planta.

3.12.9. Paja de frijol carbonizada

No existe mucha información de la utilización de paja de frijol carbonizada para el uso de sustratos para pilones pero al igual que la cascarilla de arroz carbonizada es un buen sustrato para germinación de las semillas y enraizamiento de estacas por que permite la penetración y el intercambio de aire en la base de las raíces; tiene coloración oscura y forma sombra en la base de la estaca; es ligero y poroso permitiendo una buena aireación y drenaje; tiene volumen constante en seco o húmedo; es libre de plagas dañinas; nematodos y patógenos; no necesita de tratamientos químicos para la esterilización, porque ha sido esterilizada con la carbonización.

Su pH entre 7.5 – 9. 0, debido a los óxidos derivados del proceso de quemado, beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas.

3.12.10. Tierra tratada o desinfectada

La tierra tratada es tierra de color oscuro con gran porcentaje de materia orgánica la cual ha pasado por un proceso de desinfección, el proceso de desinfección que lleva este tipo de material por medio del agua hervida o productos químicos desinfectantes para eliminar todos los microrganismo y patógenos nocivos que se encuentren en el por medio de este proceso.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Ubicación y descripción del área experimental

La investigación se desarrolló en tres localidades, en cada una se estableció un ensayo con los sustratos objeto de evaluación. Las tres localidades disponen de la infraestructura y condiciones requeridas para la producción de pilones de hortalizas y se ubican dentro de la zona productora de hortalizas del el departamento de Chiquimula (*Ver Anexo 1).*

A continuación se describen las tres localidades donde se desarrollara la investigación:

4.1.1. Vivero de la carrera de Agronomía de CUNORI

El vivero de la carrera de Agronomía, se dedica principalmente a la producción de plantas frutales, forestales y ornamentales, pero dispone de la infraestructura que puede adaptarse para la producción de pilones de hortalizas en invernadero. Con la presente investigación se adaptó la casa malla para la producción de pilones de hortalizas.

El vivero de la carrera de Agronomía de CUNORI, se ubica en el municipio de Chiquimula, a 14°48’7.90” Latitud Norte y 89° 31’ 50.84” Longitud Oeste, con elevación de 377 msnm.

4.1.2. Instituto técnico experimental en recursos naturales maya Ch´orti´ (INTERNMACH)

El INTERNMACH es una institución educativa comunitaria orientada a la formación de jóvenes en las áreas Forestal, Agrícola y Pecuaria, con valores de liderazgo y orientados a la empresarialidad. Se dispone de la infraestructura que puede adaptarse para la producción de pilones de hortalizas (Casa malla). Con la presente investigación se adaptó la casa malla para la producción de pilones de hortalizas.

El INTERNMACH se encuentra ubicado en el municipio de Jocotan, a 14°48´21.65” Latitud Norte y 89°23´16.86” Latitud Oeste con una elevación de 453 msnm.

4.1.3. Casas malla de la Asociación regional campesina Ch´orti´ (ASORECH)

La ASORECH es una organización de segundo nivel conformada por instituciones legalmente constituidas, donde sus socias son personas jurídicas que representan a las organizaciones municipales de productores. Se tiene cobertura en cinco municipios de Chiquimula y dos de Zacapa, siendo estos, Quezaltepeque, San Jacinto, Olopa, San Juan Ermita, Camotán en Chiquimula, y Zacapa y La Unión en el departamento de Zacapa.

Con la presente investigación se adaptó la casa malla para la producción de pilones de hortalizas.

La localidad donde se encuentra estas casas malla de producción, se ubica en el municipio de San Juan Ermita, a 14°45’46.47” Latitud Norte y 89° 25’ 59.38” Longitud Oeste, con elevación de 578 msnm.

4.2. Zona de Vida

4.2.1. Localidad Vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI.

Según De La Cruz (1982), el vivero de la carrea de Agronomía del CUNORI se encuentra ubicado en la zona de vida Bosque Seco Subtropical (bs-S), con terrenos de relieve plano a ligeramente accidentado.

Datos de la estación meteorológica tipo B, del Centro Universitario de Oriente, indican que la precipitación media anual es de 825 mm; temperatura media anual de 29 ˚C (con una máxima de 37.8 ˚C y una mínima de 20.3 ˚C) y una humedad relativa de 60% en la época seca y 75% en la época de lluvia.

4.2.2. Localidad instituto técnico experimental en recursos naturales maya Ch´orti´ (INTERNMACH).

Según De La Cruz (1982), utilizando la metodología de Clasificación de Zonas de Vida desarrollado por Holdridge, en el área se identificó la zona de vida de Bosque seco subtropical (bs-S) con un 18% del territorio, la precipitación varía de los 600 a los 900 mm.

La vegetación natural está constituida principalmente por las especies (*Cochlospermun vitifolium), (Swietenia humilis), (Alvaradoa amorphoides), (Sabal mexicana), (Phylocarpus septentrionalis), (Ceiba aescutifolia), (Albizzia caribaea), (Rhizophora mangle), (Avicennia nítida) y (Leucaena guatemalensis).*

4.2.3. Localidad productora de la asociación regional campesina Ch´orti´ (ASORECH).

La temperatura media anual oscila entre 23 C° y 25 C°; la precipitación pluvial varía entre 1100 y 1600 mm. En el municipio de San Juan Ermita se identificó la zona de vida de bosque seco subtropical (bs-S) con el porcentaje restante, que corresponde al 18%.

4.3. Trabajos de investigación relacionados con el tema

4.3.1. Evaluación de sustratos alternativos para producción de pilones del cultivo del tomate

Picón (2013); la investigación se enfocó a la evaluación del efecto de distintos sustratos orgánicos a partir de la mezcla de materiales orgánicos utilizando microbiología para su descomposición y homogenización, en el crecimiento de plántulas de tomate híbrido Silverado bajo condiciones de invernadero.

La investigación se realizó en dos localidades: El vivero de la carrera de Agronomía en el Centro Universitario de Oriente CUNORI, del municipio de Chiquimula, Chiquimula y en la empresa Pilones Cristo Negro en el municipio de Esquipulas, Chiquimula, en el periodo comprendido de enero de 2010 a febrero de 2011.

Para las dos localidades se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, efectuando análisis de Varianza y pruebas de medias a los resultados para evaluar las diferencias entre los tratamientos, utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysys System) versión 6.12.

Se evaluaron 6 sustratos alternativos compuestos por diferentes materiales orgánicos e inorgánicos para determinar el efecto en el desempeño de las plantas de tomate en cuanto al porcentaje de germinación, altura de planta, diámetro del tallo, materia seca de la parte aérea, materia seca de raíces, calidad de adobe, porcentaje de plantas transplantables y porcentaje de rendimiento de las plantas de tomate.

El sustrato testigo (T0) compuesto por peat moss obtuvo el mayor porcentaje de rendimiento (93.88%), esta variable incluye el número de plantas de calidad producidas por unidad experimental (bandejas de espumaplast de 200 celdas) en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI. En la empresa Pilones Cristo Negro el grupo de los sustratos conformado por el sustrato testigo T0 y el sustrato T1, compuesto por

fibra de coco 40%, cascarilla de arroz 20%, carbón 15%, bocashi 15% y semolina 10%, obtuvieron los mayores valores en la variable porcentaje de rendimiento con (97.88% y 96.63%) respectivamente.

El sustrato testigo, obtuvo un mayor retorno marginal de capital por cada quetzal invertido (Q.3.06) en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía y en la empresa de Pilones Cristo Negro fue el sustrato T1 el más rentable, con un retorno marginal de Q.1.44 por cada quetzal invertido.

4.3.2. Evaluación de un sustituto de turba de musgo (peat moss) como sustrato y un estimulador radicular en la producción de plántulas de maíz dulce

Toledo (2006); la investigación busco encontrar un sustituto del peat moss, con un sustrato de origen local, que elimine la dependencia de las importaciones del peat moss, y evaluar la eficacia del fertilizante rico en fósforo utilizado como estimulador radicular

Para lograr dichos objetivos, se evaluaron 5 diferentes porcentajes de sustitución de peat moss, 0, 25, 50, 75 y 100%, y el estimulador radicular se evaluó con la aplicación y no aplicación del mismo. La combinación de los dos factores dio como resultado 10 tratamientos, los cuales tuvieron 4 repeticiones cada uno. La unidad experimental fue una bandeja de 105 celdas, con un volumen de sustrato de 32 centímetros cúbicos por celda. Los resultados se analizaron por medio de un modelo estadístico completamente al azar con arreglo bifactorial y las variables que se evaluaron fueron altura de planta, diámetro del tallo, peso seco de raíz y peso del de hojas.

Los resultados indican que es posible sustituir hasta 35% el peat moss, para la producción de plántulas de tomate y 25% para la producción de plántulas de maíz dulce. Ya que la plántulas producidas tuvieron el mismo desarrollo que al ser producidas únicamente con peat moss. En cuanto al estimulador radicular, los resultados indican que es eficaz para el maíz dulce, mientras que para el tomate, las plántulas no mostraron diferencias significativas. En cuanto a las características físicas del sustrato, para producción de

plántulas de tomate, la densidad aparente y porosidad del sustrato con 35% de peat moss sustituido, según los análisis físicos hechos, indican que sería de 0.4 gr/ml y 71% respectivamente. Para el sustrato con 25% de peat moss sustituido, la densidad y porosidad son de 0.25 gr/ml y 77% respectivamente. Además, al realizar la sustitución del peat moss, se produce un ahorro de Q400.00 por cada 20,000 plántulas de tomate, y Q450.00 por cada 42,000 plántulas de maíz dulce, cantidad de plántulas necesarias para sembrar una hectárea de terreno.

5. MARCO METODOLOGICO

5.1. Objetivos

5.1.1. General

- Generar alternativas tecnológicas para la producción de pilones de calidad en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo condiciones protegidas, en tres áreas de producción del departamento de Chiquimula.

5.1.2. Específicos

- Evaluar siete sustratos para la producción de plántulas de tomate en casa malla, con la finalidad de identificar el sustrato que presente mejor desarrollo y calidad de los pilones.

- Realizar el análisis financiero de la producción de plántulas de tomate en los sustratos evaluados, para determinar la alternativa que genere mayores beneficios para el productor.

5.2. Hipótesis alternativa

- Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia estadística significativa en tamaño de las raíces de la plántula de tomate.

- Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia estadística significativa en el diámetro del tallo de la plántula de tomate.

- Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia estadística significativa en la altura de la plántula de tomate.

- Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia estadística significativa en la materia seca de raíces de la plántula de tomate.

- Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia estadística significativa en la materia seca de la parte aérea de la plántula de tomate.

- Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia estadística significativa en la calidad de adobe.

- Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia estadística significativa en el porcentaje trasplante de plántulas de tomate.

- Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia estadística significativa en el rendimiento de las plántulas de tomate.

5.3. Metodología

5.3.1. Caracterización física y química de los sustratos

Se realizó una caracterización de los tratamientos evaluados, con el objeto de disponer de información científica que permita discutir el desempeño obtenido de las plantas de tomate a través de las variables estudiadas en cada tratamiento.

Se evaluaron las siguientes características en los sustratos:

- Granulometría
- Porcentaje de materia orgánica
- Conductividad eléctrica
- pH
- Nitrógeno (N)
- Fosforo (P)
- Potasio (K)
- Calcio (Ca)
- Magnesio (Mg)
- Hierro (Fe)
- Cobre (Cu)
- Manganeso (Mn)
- Zinc (Zn)

5.3.2. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, con 7 tratamientos/sustratos, con cuatro repeticiones cada uno. El modelo estadístico que se utilizó es el siguiente:

$Yij = U + Ti + Bj + Eij$

Dónde:

Yij = Variable respuesta de la ij-ésima unidad.
U = La media general
Ti = Efecto del i-ésimo tratamiento
Bj = Efecto del j-ésimo bloque
Eij = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.
‘i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 tratamientos
‘j = 1, 2, 3, 4 repeticiones

Se utilizó el sistema de contrastes ortogonales para comprobar promedios más a fondo, con el objetivo de observar las diferencias de cada tratamiento sobre las variables de respuesta con ANDEVA.

5.3.3. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo conformada por una bandeja germinadora de plástico color negro de 105 celdas, de 20 cc de volumen por celda, la parcela neta del experimento tiene 30 plántulas que fueron muestreadas, la razón de analizar 30 plántulas del centro del contenedor, fue para evitar el efecto de borde.

5.3.4. Descripción de los tratamientos

Un tratamiento estuvo conformado por la mezcla homogénea de uno o más materiales, como se muestra en el cuadro 8; donde se puede observar los diversos porcentajes de cada uno de los materiales que constituyeron cada uno de los sustratos o tratamientos.

Cuadro 5. Conformación de los tratamientos evaluados, para la producción de plántulas de tomate a nivel de invernadero, Chiquimula 2015.

Tratamientos	Materiales	Porcentajes	Peso de materiales en Kg para un volumen de 40 Lts.
T1	Fibra de coco	40%	3.247
	Cascarilla de arroz	20%	0.87
	Carbón vegetal	15%	1.941
	Bocashi	15%	4.127
	Semolina	10%	1.401
Total		**100%**	**11.59**
T2	Tierra desinfectada	25%	7.298
	Lombrihumus	25%	8.228
	Cascarilla de arroz	20%	0.87
	Cascarilla de arroz carbonizada	30%	1.864
Total		**100%**	**18.26**
T3	Lombrihumus	30%	9.874
	Paja de frijol carbonizada	25%	1.465
	Cascarilla de arroz	20%	0.87
	Tierra desinfectada	25%	7.298
Total		**100%**	**19.51**
T4	Cascarilla de arroz	25%	1.12
	Cascarilla de arroz carbonizada	25%	1.551
	Tierra desinfectada	25%	7.298
	Bocashi	25%	6.881
Total		**100%**	**16.85**
T5	Lombrihumus	30%	9.874
	Cascarilla de arroz	30%	1.347
	Cascarilla de arroz carbonizada	40%	2.485
Total		**100%**	**13.71**
T6	Cascarilla de arroz	30%	1.347
	Cascarilla de arroz carbonizada	40%	2.485
	Bocashi	30%	8.26
Total	**100%**		**12.092**
T7	Peat moss	**100%**	**4.84**

Fuente: Elaboración propia

5.3.5. Variables de respuesta

Para determinar la significancia de los tratamientos/sustratos sobre el desarrollo de la plántulas de tomate de la variedad Santa Cruz No. 1, se evaluaron las variables durante el crecimiento y desarrollo de las plántulas, por un periodo de 41 días después de la siembra en la localidad del INTERNMACH, en el municipio de Jocotan, Chiquimula, 42 días después de la siembra, para la localidad del Vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, del municipio de Chiquimula y 38 días después de la siembra en la localidad de ASORECH, en el municipio de San Juan Ermita, Chiquimula.

a. Germinación

La germinación se determinó en porcentaje, para lo cual se realizó conteos de las plantas emergidas en cada bandeja; a los 5, 10, 15 días después de la siembra.

Para los cálculos de esta variable se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% G = \frac{NPG * 100}{NTS}$$

%G = Porcentaje de germinación
NPG = Número de plantas germinadas
NTS = Número total de semillas sembradas

b. Tamaño de las raíces (cm)

Se extrajo la plántula del alveolo de la bandeja se lavó la raíz y procedió a medir, utilizando regla graduada.

c. Diámetro del tallo (mm)

Se realizó la medición en la base del tallo utilizando un vernier digital, en milímetros.

d. Vigorosidad de la plántula

Se procedió determinar la vigorosidad de la plántula de tomate, se consideró la siguiente escala visual de evaluación:

Cuadro 6. Escala cualitativa de vigorosidad establecida para la evaluación de sustratos para plántulas de tomate, Chiquimula 2015.

Escala	Vigorosidad de la plántula	Características
3	Vigorosa	• Coloración verde oscuro • 6 a 7 hojas compuestas • Tallo recto y de buen grosor
2	Ligeramente vigorosa	• Coloración verde claro • 4 a 5 hojas compuestas • Tallo ligeramente inclinado y de poco grosor
1	Débil	• Clorosis generalizada • 2 a 3 hojas compuestas • Tallo inclinado y de muy poco grosor

Fuente: Elaboración propia

e. Altura de la plántula (cm)

Se midió en cada tratamiento desde la base del tallo hasta el ápice, utilizando una regla graduada, con el propósito de identificar el efecto de los tratamientos.

f. Materia seca de raíces (gr)

Se determinó la materia seca de raíces de los pilones que conforman los tratamientos en cada una de las repeticiones. Cada una de las plántulas se cortó a la altura del cuello del

tallo, se limpiaron las raíces para someter las muestras a una temperatura de 60°C en un horno de convección por espacio de 72 horas, a fin de eliminar el contenido de humedad en los tejidos. El peso se determinó en gramos.

g. Materia seca de parte aérea (gr)

Se determinó la materia seca de la parte aérea en cada uno de los tratamientos. Cada una de las plántulas se cortó a nivel cuello del tallo, el tallo con el grupo de hojas se secaron en un horno de convección, a una temperatura de 60°C por espacio de 72 horas, a fin de eliminar el contenido de humedad en los tejidos. El peso se determinó en gramos.

h. Calidad de adobe (%)

Se cuantificó la calidad de adobe que conforma cada tratamiento, tomando en cuenta el número de pilones a muestrear por repetición, con el propósito de identificar el efecto de los tratamientos, en respuesta al desempeño de los pilones en los diferentes sustratos (Quesada y Méndez 2005).

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

Para determinar la calidad de adobe, se consideró la siguiente escala visual de evaluación:

Cuadro 7. Escala de calidad de adobe a utilizar en la evaluación de sustratos para la producción de plántulas de tomate, Chiquimula 2015.

Calidad de adobe	Porcentaje de adobe
1	Sale 100% al 95% del adobe íntegro
2	Sale el 94% al 85% del adobe
3	Sale del 84% al 75% del adobe
4	Sale del 74% al 50% del adobe
5	Sale menos del 50% del adobe o la raíz desnuda

Fuente: Quesada y Méndez, 2005.

i. Porcentaje de plantas trasplantables (%)

La determinación del porcentaje (%) de plantas trasplantables se realizó de forma visual observando el estado de las plantas considerando el vigor y apariencia general sin considerar la calidad del adobe, realizando un conteo de las plantas existentes en cada tratamiento con estas características.

Para los cálculos de esta variable se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% P = \frac{NPT * 100}{NPV}$$

%P = Porcentaje de plantas trasplantables
NPV = Número de plantas vivas
NPT = Número de plantas trasplantables

j. Porcentaje de rendimiento

El rendimiento se midió con base a porcentaje (%), para lo cual se realizó un conteo de las plantas trasplantables en cada bandeja al día de la cosecha y relacionar con la cantidad de celdas por bandeja.

Para los cálculos de esta variable se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% R = \frac{NPT * 100}{\text{Celdas/bandeja}}$$

%R = Porcentaje de rendimiento
NPT = Número de plantas trasplantables
Celdas/bandeja= 105

5.3.6. Manejo del experimento

a. Preparación de los materiales

Para desarrollar la investigación se utilizó 10 materiales (materias primas) para conformar los tratamientos o sustratos: Peat Moss, cascarilla de arroz, fibra de coco, carbón, semolina (pulidura de arroz), lombrihumus, paja de frijol carbonizada, carbón de cascarilla de arroz, tierra tratada, abono orgánico tipo bocashi.

La preparación de los materiales consistió en realizar un tamizado de los mismos, utilizando un tamiz, con el propósito de disponer de un tamaño homogéneo de las partículas, para obtener una proporción adecuada de macro y microporos. Los materiales preparados serán almacenados para su posterior uso en la elaboración de los sustratos.

b. Proceso de preparación de sustratos

La preparación de los sustratos se realizó con base a volumen es decir que los diferentes porcentajes de los materiales que se muestran en el cuadro 8; se estimaron en cada sustrato o tratamiento utilizando, de base el volumen de 20 litros que es el volumen necesitado para un tratamiento en una localidad. Para ello se necesitó calibrar un recipiente para obtener los volúmenes necesitados. Como ejemplo de este proceso se

describe el tratamiento o sustrato uno T1, conformado por 6 materiales en las siguientes proporciones: fibra de coco (40%) 8 litros, cascarilla de arroz (20%) 4 litros, carbón (15%) 3 litros, abono orgánico tipo bocashi (15%) 3 litros y semolina (10%) 2 litros; en total se tiene 20 litros de volumen, que corresponde al 100%.

c. Preparación y desinfección de bandejas

Se utilizaron bandejas de 105 celdas, las cuales serán lavadas y desinfectadas para su uso, a través de la inmersión en un recipiente con agua y yodo a razón de 2 ppm/ litro.

d. Siembra

Inicialmente se llenaron las bandejas con cada uno de los tratamientos/sustratos, utilizando 4 bandejas por tratamiento.

La siembra se realizó de forma manual colocando 1 semilla de tomate variedad Santa Cruz No.1 por celda, la semilla se introdujo a la profundidad de 1 cm, cubriéndola con sustrato para completar el llenado de la bandeja.

Posteriormente las bandejas se cubrieron con nylon negro para estimular la germinación durante un período de 48 horas, a fin de crear un ambiente adecuado para garantizar la germinación, posteriormente las bandejas fueron trasladadas al interior del invernadero y se colocaron sobre perfiles, tomando en cuenta la distribución de las unidades experimentales.

e. Análisis del agua

Se realizó un análisis físico-químico del agua utilizada para riego en cada una de las localidades, en el laboratorio de CUNORI. Se determinó el estado y la calidad de la misma del agua para riego de las plántulas de tomate en la localidad del INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula. En el anexo 5, se muestra el resultado de los diferentes parámetros y éstos

se encuentran dentro del límite máximo aceptable con un pH de 7.89 y conductividad eléctrica en 368 µS/cm.

En el anexo 6, se muestran los resultados obtenidos del análisis físico-químico del agua utilizada para el riego de las plantas de tomate, la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula. Los parámetros se encuentran dentro del límite máximo aceptable, pH de 7.48 y conductividad eléctrica en 619 µS/cm.

En el anexo 7, se muestran los resultados obtenidos del análisis físico-químico del agua utilizada para el riego de las plantas de tomate, en la localidad del ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula. Los parámetros se encuentran dentro del límite máximo aceptable, pH de 7.71 y conductividad eléctrica en 716 µS/cm.

f. Riegos

Los pilones de tomate son muy susceptibles a la deficiencia de agua, se aplicó riego a los sustratos evitando al máximo el exceso de humedad o de resequedad, controlando que la distribución del agua en las bandejas sea homogénea. El riego se aplicó diariamente en la mañana y cuando fue necesario según las variaciones del clima.

g. Análisis de fertilidad de sustratos

Se realizó un análisis de fertilidad a los tratamientos, en el Laboratorio de Suelos del Centro Universitario de Oriente (CUNORI) para la caracterización y evaluación de los parámetros físicos y químicos de cada tratamiento / sustrato.

h. Fertilización

La nutrición de los pilones se realizó mediante aplicaciones a través de una aplicación por riego al sustrato en toda la unidad experimental. El programa de fertilización utilizado para ambas localidades se puede observar en el anexo 4.

En la localidad del vivero del INTERNMACH, en el municipio de Jocotan, Chiquimula se hicieron aplicaron tres fertilizaciones a los 24, 27 y 30 días después de la siembra (DDS), utilizando 48 gramos de 15-15-15 en 16 litros de agua en la primera fertilización (24 DDS) y en la segunda fertilización (27 DDS) se utilizó también 48 gramos de 15-15-15 en 16 litros de agua más 75cc fertilizante foliar multimineral quelatado Complesal® , y en la tercera fertilización (30 DDS) también se utilizó también 48 gramos de 15-15-15 en 16 litros de agua más 75cc fertilizante foliar multimineral quelatado Complesal®.

En la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula se aplicaron tres fertilizaciones a los 23, 26 y 29 días después de la siembra (DDS), utilizando 48 gramos de 15-15-15 en 16 litros de agua en la primera fertilización (23 DDS) y en la segunda fertilización (26 DDS) se utilizó también 48 gramos de 15-15-15 en 16 litros de agua más 75cc fertilizante foliar multimineral quelatado Complesal® , y en la tercera fertilización (29 DDS) también se utilizó también 48 gramos de 15-15-15 en 16 litros de agua más 75cc fertilizante foliar multimineral quelatado Complesal®.

En la localidad de ASORECH, en el municipio de San Juan Ermita, Chiquimula; se aplicaron tres fertilizaciones a los 19, 22 y 31 días después de la siembra (DDS), utilizando 48 gramos de 15-15-15 en 16 litros de agua en la primera fertilización (19 DDS) y en la segunda fertilización (22 DDS) se utilizó también 48 gramos de 15-15-15 en 16 litros de agua más 75cc fertilizante foliar multimineral quelatado Complesal® , y en la tercera fertilización (31 DDS) también se utilizó también 48 gramos de 15-15-15 en 16 litros de agua más 75cc fertilizante foliar multimineral quelatado Complesal®.

i. Control fitosanitario

Se realizaron monitoreos diarios, con la finalidad de conocer el estado sanitario del cultivo, para detectar el desarrollo de posibles focos de enfermedades y plagas. La metodología para realizar los monitoreos será de observar en horas de la mañana, para establecer una medida de control apropiada.

En la localidad del INTERNMACH, municipio de Jocotan, Chiquimula, se hizo una única aplicación de fungicidas sistémicos curativos Prevircur® + Derosal® a los 16 DDS a razón de 12.5cc de cada uno en un volumen de 16 litros de agua, debido a que había presencia de damping off y fue necesario controlarla.

En la localidad del vivero del CUNORI, Chiquimula, se hicieron un total de dos aplicaciones de Prevalor® fungicida sistémico a los 5, 22 y 28 DDS a razón de 12.5cc en un volumen de 16 litros de agua.

j. Temperatura

Se obtuvieron los registros de temperatura en las estaciones meteorológicas de Jocotan, Centro Universitario de Oriente, CUNORI y de San Juan Ermita para contar con información climatológica que permita estudiar el comportamiento de las plántulas de tomate en el proceso de investigación en ambas localidades, dichos registros se pueden observar en el anexo 17.

También se instalaron higrómetros en las distintas localidades para observar la humedad relativa y la temperatura.

5.3.7. Técnicas que se utilizaron para la recolección, análisis e interpretación de datos

a. Trabajo de campo

Para recolectar la información proveniente de las mediciones realizadas de las diferentes variables se anotó en tablas para su posterior análisis para evaluar las características físicas, químicas, de crecimiento y calidad, en donde se anotó el día observado, se clasifico la información y se independizo por localidad.

También se anotaron los costos provenientes de la producción de plántulas de tomate por sustrato para el análisis de presupuestos parciales por localidad.

b. Trabajo de gabinete

Posterior al trabajo de campo se efectuó la etapa de gabinete, en donde se analizaron los diferentes datos por localidad. Además, para interpretar los diferentes procedimientos, se utilizaron hojas de cálculo y texto en ordenador; donde se efectuaron tablas, gráficas y cuadros por medio de Excel. Para interpretar los resultados estadísticos se utilizó el programa Infostat para efectuar el análisis de varianza y los contrastes ortogonales, además se realizó una comparación de medias utilizando las pruebas de Tukey, para conocer la significancia de los tratamientos.

5.3.8. Análisis de la información

a. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y se determinó la existencia o no de diferencias estadísticas entre los tratamientos, realizando una comparación de medías utilizando la prueba de TUKEY para conocer los tratamientos estadísticamente iguales.

También se utilizó la metodología de contrastes ortogonales para estudiar de una mejor manera que sustratos al final tienen mejores beneficios.

b. Análisis Financiero

Para realizar el análisis financiero de la investigación, se utilizó la metodología del presupuesto parcial, cual proporcionó información útil para tomar decisiones en el proceso de investigación, que repercutió en la variación de algunos aspectos económicos del proceso de producción de plántulas de tomate, permaneciendo fijo todo lo demás (costos fijos).

c. Presupuesto parcial

Para determinar el presupuesto parcial, se determinaron los costos variables por cada tratamiento y los ingresos producto de venta de las plántulas de tomate, luego se determinó el Beneficio Bruto y el Beneficio Neto.

d. Análisis de dominancia

Una vez determinados los beneficios netos para cada tratamiento/sustrato, se efectuó el análisis de dominancia. Esto se hizo clasificando los tratamientos incluyendo el testigo, ordenándolas de menor a mayor, con base a los costos, conjuntamente con sus respectivos beneficios netos. Moviéndose de los tratamiento/sustratos de menor a mayor costo, el sustrato que presentó un menor costo que el anterior, pero rinde un menor beneficio neto se dice que es "dominado" y es excluido del análisis.

e. Análisis de la tasa marginal de retorno (TMR)

Una vez eliminados todos los tratamientos dominados, se calculó la Tasa Marginal de Retorno, la cual es una relación entre el beneficio neto y el costo variable de los insumos utilizados para la elaboración de los sustratos; este análisis indica el retorno neto por cada quetzal invertido en cada sustrato, lo que contribuye a detectar la eficiencia en la utilización de los mismos.

Para determinar la TMR, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\mathbf{TMR = (IBN / ICV) * 100}$$

En donde:

TMR= Tasa de Retorno Marginal
IBN= Incremento en el Beneficio Neto.
ICV= Incremento en el costo Variable.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Caracterización física y química de los sustratos alternativos

La evaluación de los sustratos para la producción de pilones de calidad del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.)* variedad Santa Cruz No.1, se realizó en tres localidades, con el objeto de evaluar los sustratos en diferentes condiciones climáticas y contar con información más precisa que permita analizar el desempeño de cada sustrato.

Se elaboraron seis sustratos, utilizando diez materias primas: cascarilla de arroz, fibra de coco, carbón, semolina (pulidura de arroz), abono orgánico tipo Bocashi, Peat moss, paja de frijol carbonizada, cascarilla de arroz carbonizada, tierra tratada o desinfectada y lombrihumus. Los sustratos se conformaron con la mezcla de los materiales en diferentes proporciones, que ofrezcan las mejores características físicas y químicas para el desarrollo de plántulas de tomate en contenedor.

Se realizaron análisis de laboratorio sobre cada tratamiento, para determinar sus características físicas y químicas, con el fin de identificar que sustratos muestran mejores resultados; al igual se evaluaron diez variables de respuesta para evaluar calidad y crecimiento de las plántulas sobre cada tratamiento y se realizó un análisis financiero de la producción de pilones con el fin de establecer la alternativa que genere mayores beneficios.

En el cuadro 8, se observa los valores de macronutrientes: fósforo (P), potasio (K), y micronutrientes: calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn); así como el potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica, texturas, materia orgánica (MO) y densidad aparente, por cada uno de los tratamientos evaluados. De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio de Suelos y Agua del Centro Universitario de Oriente.

Cuadro 8. Características físicas y químicas de los sustratos evaluados para la producción de plántulas de tomate, Chiquimula 2015.

Tratamientos		Proporción	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	pH	Cond. Elec. (mS/cm)	MO (%)	Densi-dad ap.
			ppm		meq/100 grs		ppm							
T1	Fibra de coco + Cascarilla de arroz + Carbón + Bocashi + Semolina	40:20:15:15:10	267.05	937.50	12.87	6.32	68	4.80	68	4.80	5.82	1.362	6.88	0.289
T2	Tierra desinfectada + Lombrihumus + Cascarilla de arroz + Cascarilla de arroz Carbonizada	25:25:20:30	285	812.5	27.76	6.99	55	3.90	52	3.90	6.83	1.744	6.88	0.456
T3	Lombrihumus + Paja de frijol carbonizada + Cascarilla de arroz + Tierra desinfectada	30:25:20:25	282	1000	21.52	6.37	38	2.70	34	3	8.12	3.140	6.88	0.487
T4	Cascarilla de arroz + Cascarilla de arroz carbonizada + Tierra desinfectada + Bocashi	25:25:25:25	282	687.50	29.32	8.73	48	3.50	52	4.2	6.18	0.755	6.88	0.421
T5	Lombrihumus + Cascarilla de arroz + Cascarilla de arroz carbonizada	30:30:40	282	1000	19.34	8.68	45	3.30	56	3.90	8.31	0.523	6.82	0.342
T6	Cascarilla de arroz + Cascarilla de arroz carbonizada + Bocashi	30:40:30	262	812.5	19.96	9.20	41.5	3.90	64	3.50	6.96	3.190	6.88	0.302
T7	Peat moss (Turba)	100	283	625	8.13	11.56	45	3	57	3.40	6.69	0.411	6.88	0.121
Rango Optimo[1]			75 - 150	250 - 400	> 3	1.67 - 2.92	30 - 50	0.2 - 2	30 - 50	0.2 - 1	5.5 - 6.5	< 4.0	3-5	0.05-0.3

Fuente: Laboratorio de suelos del Centro Universitario de Oriente CUNORI, 2015.

Como se puede apreciar en el cuadro 8, los tratamientos difieren marcadamente entre sí en el contenido de nutrientes asimilables. Se puede observar que los macronutrientes y micronutrientes de los tratamientos en su mayoría están sobre los rangos óptimos deseables.

En lo que consisten los macronutrientes todos los tratamientos se encuentra por encima de los rangos óptimos, solo el T6 es el que tiene una menor cantidad de Fosforo (P) a comparación de los demás, pero sigue estando por encima del rango optimo y esto se

[1] Evaluación agronómica de sustratos orgánicos en la producción de plantines de tomate. Gallo y Viana, (2005).

debe a la utilización de abonos orgánicos, materiales carbonizados y el uso de cascarilla de arroz que están presentes en los demás tratamientos (T1, T2, T3, T4 y T5).

Las cantidades de Potasio (K) todos los tratamientos están por encima de los rangos óptimos, solo el T7 se encuentra en un nivel más bajo comparado a los de los demás tratamientos, pero sigue estando por encima del rango óptimo y estos se debe a uso de los materiales tales como la tierra tratada y abonos orgánicos que contienen altas cantidades de potasio que están presente en los demás tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5 Y T6).

Las cantidades de Calcio (Ca) se encuentran dentro del rango optimo en todos los tratamientos y el Magnesio (Mg) se encuentra en todos los tratamientos por encima del optimo, solo en el T1 tiene la cantidad más baja a comparado a los demás tratamientos (T1 ,T2, T3, T4, T5, Y T6) aunque sigue estando por encima del rango óptimo.

Los elementos menores tales como Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn) se encuentran por encima de los rangos óptimos a excepción de los tratamientos T3, T4, T5, T6 Y T7, que sus muestran cantidades de Hierro (Fe) dentro de rangos óptimos.

Los tratamientos T1 y T4 están dentro del rango óptimo de pH de un sustrato para el cultivo de tomate (5.5 – 6.5); los tratamientos T2, T3, T5 y T7 muestran un pH alcalino lo que podría estar influyendo en la absorción de los nutrientes, reduciendo la tasa de crecimiento y el desarrollo de la planta. El aumento de pH de los sustratos podría deberse a la composición de abono orgánico, el cual presenta como característica negativa un alto valor de pH.

Teniendo en cuenta como referencia los rangos de conductividad eléctrica (< 4 mS/cm), todos los tratamientos están dentro del rango óptimo aceptable observando así que ningún sustrato presenta problemas de alta salinidad o cantidad de sales minerales. En todos los tratamientos las cantidades de materia orgánica se encuentran ligeramente por encima del rango óptimo.

Teniendo en cuenta que el rango óptimo de densidad aparente (Da) es (0.05-0.3 gr/cc) los tratamientos T1, T5, T6 y T7 se encuentran dentro del rango optimo a diferencia de los tratamientos T2, T3 y T4 que están ligeramente por encima del rango optimo, esto se debe a las diferencias de porcentajes del distintos materiales como la cascarilla de arroz, tierra desinfectada y abonos orgánicos en estos tratamientos a diferencia de los demás

6.1.1. Síntesis de caracterización de sustratos

Todos los tratamientos mostraron una gran diferencia en disponibilidad de nutrientes en la caracterización química, su granulometría en la caracterización física y otros valores como pH, conductividad eléctrica y materia orgánica, que son las variables analizadas dentro de la caracterización.

Mostrando que el tratamiento T7, el sustrato testigo del tipo comercial, conformado por un 100% de turbas ó Peat moss, y el tratamiento T3 conformado por, 30% lombrihumus, 25% Paja de frijol carbonizada, 20% cascarilla de arroz y 25% tierra desinfectada, identificado como los sustratos con mejores características físicas y químicas dentro de la caracterización.

Los tratamientos T7 y T3 muestra sus niveles en macronutrientes por encima de los valores óptimos presentando así gran disponibilidad hacia la plántula, los micronutrientes están en su mayoría dentro de los niveles óptimos para producción de plántulas de tomate, el pH muestra un ligero nivel de alcalinidad, su conductividad eléctrica está dentro de los niveles óptimos, al igual que el porcentaje de materia orgánica y su densidad aparente.

6.2. Localidad instituto técnico experimental en recursos naturales maya Ch´orti´ (INTERNMACH)

Los sustratos fueron evaluados inicialmente en esta localidad a los 41 DDS, donde se utilizó la casa malla del instituto técnico experimental en recursos naturales maya Ch´orti´, ubicado en el municipio de Jocotan.

En las plántulas de tomate, se evaluaron las variables agronómicas: porcentaje de germinación, tamaño de raíces, diámetro en la base de la planta, vigorosidad, altura de la plántula, materia seca del tallo, materia seca de la raíz, calidad de adobe, porcentaje de plantas trasplantables y porcentaje de rendimiento.

A continuación se presenta el análisis de forma detallada de los resultados obtenidos de cada una de las variables evaluadas, en la localidad del INTERNMACH.

6.2.1. Porcentaje de germinación

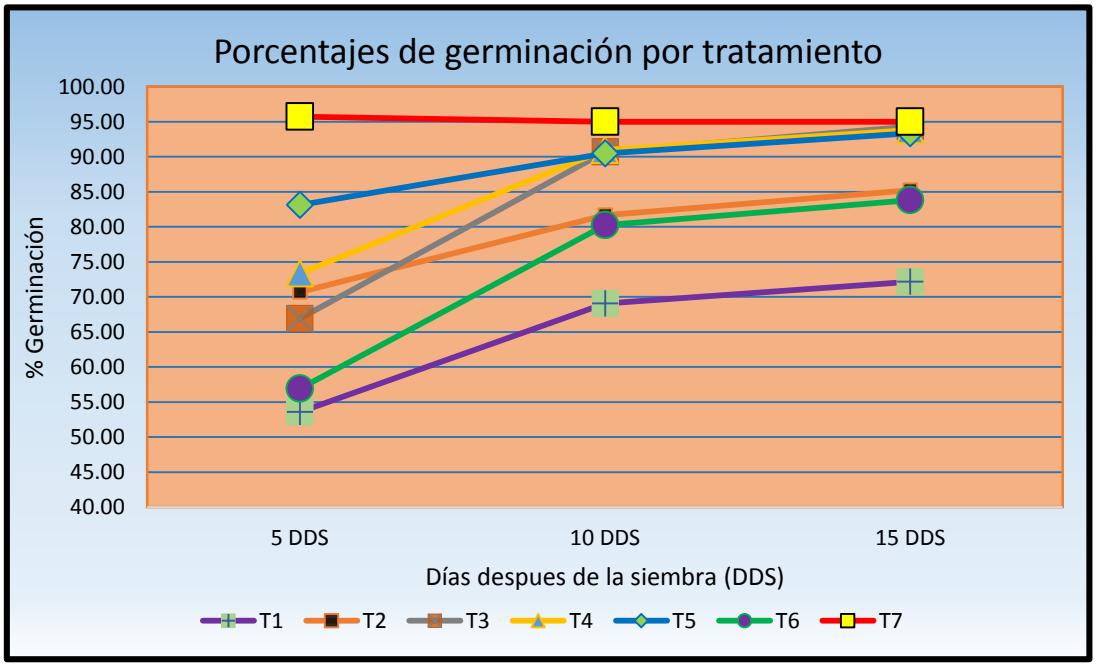
La evaluación del porcentaje de germinación es una de las variables importantes, porque de ella depende el buen rendimiento/bandeja, además es el primer paso para lograr producir un pilón de calidad. Es necesario resaltar que la semilla ya había sido sometida a procesos de germinación en laboratorio por parte del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) en sus laboratorios; obteniendo ellos así un porcentaje de germinación de 95%, de esta forma se descartan limitantes en la germinación de las plantas de tomate por causa de la semilla.

En el cuadro 9, se presenta el porcentaje de germinación obtenido de los tratamientos evaluados a los 5, 10 y 15 días después de siembra, en donde se puede apreciar que únicamente el tratamiento (T7) (95%) mostró una germinación adecuada a los 10 días después de siembra.

Cuadro 9. Porcentaje de germinación promedio en el cultivo de tomate, a los 5, 10 y 15 días después de siembra, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Porcentaje de germinación días después de la siembra (%)		
	5 DDS	10 DDS	15 DDS
T1	53.57	69.05	72.14
T2	70.71	81.67	85.24
T3	66.91	90.71	94.29
T4	73.33	90.95	93.81
T5	83.10	90.48	93.33
T6	56.90	80.24	83.81
T7	95.71	95.00	95.00

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Porcentaje de germinación a los 5, 10, y 15 días después de siembra en el cultivo de tomate, para cada tratamiento evaluado, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

La semilla del testigo (T7) germinó en su totalidad a los 5 DDS a diferencia de los demás sustratos que expresaron su mayor porcentaje hasta los 15 DDS siendo así porque el testigo es un material hecho 100% Peat Moss (turbas) y estas mejoran las condiciones de germinación de la semilla a comparación de los demás tratamientos que ya son mezclas de materiales que se usaron para hacer estos sustratos, que causan un mayor retraso en la germinación de las semilla de tomate pero aun así muestran porcentajes altos de germinación que son necesarias para la producción de tomate.

6.2.2. Tamaño de raíces

El tamaño de las raíces se ve influenciado por la calidad del sustrato tanto en su densidad, capacidad para guardar humedad y porosidad. Se procedió a la toma de datos a los 41 DDS, limpiando la plántula y quitando el sustrato cuidadosamente de las raíces para poder medirlas con una regla graduada.

En el cuadro 10 se presenta el análisis de varianza, para la variable tamaño de raíces y se observa que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 8.65%.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable tamaño de raíces en el cultivo de tomate a los 41DDS, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	14.94	9	1.66	4.66	0.0027	
Tratamiento	5.72	6	0.95	2.67	0.0493	*
Bloque	9.22	3	3.07	8.62	0.0009	*
Error	6.42	18	0.36			
Total	21.36	27				
C.V.	8.65					

* = Diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, es estadísticamente significativo, por lo cual se acepta la hipótesis que si existe al menos un tratamiento diferente a los demás, por lo que se efectuó la prueba de medias, para determinar el o los tratamientos diferentes entre sí. También se realizó una prueba de contrastes ortogonales para observar si existen diferencias entre los tratamientos en base al tamaño de las raíces, como se puede observar en los cuadros 11 y 12.

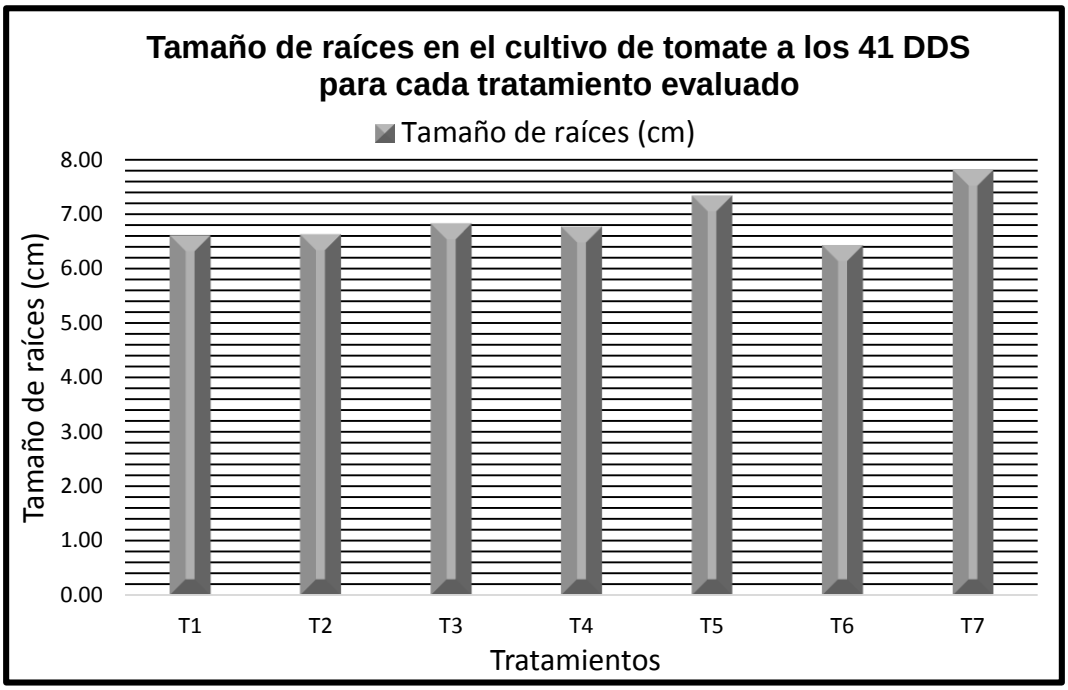
Cuadro 11. Prueba de medias de LSD Fisher, para la variable tamaño de raíces en el cultivo de tomate, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Media (cm)	Grupo de LSD Fisher
T7	7.80	A
T5	7.33	AB
T3	6.82	BC
T4	6.76	BC
T2	6.62	BC
T1	6.60	BC
T6	6.42	C

Fuente: Elaboración propia

La razón por la cual se utilizó LSD Fisher en esta prueba de medias es porque al usar la prueba de medias de Tukey no se mostraba diferencia alguna entre los grupos de medias.

El testigo T7 mostró un mejor desarrollo radicular, debido a que el Peat Moss permite un buen desarrollo radicular por su densidad y porosidad, al igual que los tratamientos T5 y T3, presentaron también un desarrollo radicular óptimo para la producción de plántulas de tomate, debido a que los sustratos tienen una buena densidad y mayor disponibilidad de nutrientes, que permitió el alto desarrollo radicular de los pilones.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Tamaño de raíces en el cultivo de tomate a los 41 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Cuadro 12. Contrastes ortogonales para la variable tamaño de raíces en el cultivo de tomate, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	-6.26	1.93	3.74	1	3.74	10.48	0.0046
B vs L	-0.99	0.73	0.66	1	0.66	1.84	0.1915
T2 vs T3 por dif. entre CAC Y PF	-0.2	0.42	0.08	1	0.08	0.24	0.6332
T4 vs T6 por presen. TD	0.35	0.42	0.24	1	0.24	0.68	0.4213
T2 vs T5 por dif. de TD	-0.72	0.42	1.02	1	1.02	2.87	0.1076
T1 vs Resto	0.977	1.64	0.12	1	0.12	0.35	0.5615
Total			5.19	6	1.04	2.91	0.0493

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3 podemos observar los resultados obtenidos en la evaluación de cada tratamiento. Para poder observar mejor las diferencias, se utilizó contrastes ortogonales, tal como se muestra en el cuadro 12.

6.2.3. Diámetro del tallo

Con el propósito de evaluar la respuesta vegetativa de las plántulas de tomate en los diferentes sustratos, se midió la variable diámetro del tallo en la base del pilon, por medio de un vernier digital. En el cuadro 13, se presenta el análisis de varianza donde se muestra que no existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 7.71%.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 41 DDS, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	0.99	9	0.11	2.21	0.073	
Tratamiento	0.49	6	0.08	1.63	0.1962	NS
Bloque	0.5	3	0.17	3.36	0.0417	*
Error	0.89	18	0.05			
Total	1.88	27				
C.V.	7.71					

NS = no existen diferencias significativas
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, no existe diferencia significativa, por lo cual se rechaza la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que no se efectuó la prueba de medias, para determinar que tratamientos son diferentes entre sí. Todos los tratamientos están por encima del diámetro mínimo (2.5 mm) para la producción de plántulas de tomate.

No existen diferencias significativas por el regular engrosamiento del tallo en todos los tratamientos, debido a las irregularidades de crecimiento en altura y raíces, provocado

por el volumen de la celda y la irregularidad de luminosidad que se presentó en la localidad, esto influyó en el engrosamiento del tallo de una manera equitativa sin importar el tipo de sustrato.

6.2.4. Vigorosidad de la plántula

La vigorosidad de la plántula fue una variable de respuesta que se obtuvo a los 41 DDS, esta es únicamente de carácter cualitativo, en donde se utilizó una escala visual que se creó para clasificarlas en tres escalas. En la cuadro 14 se puede observar el cuadro con la escala visual obtenida de cada tratamiento.

Cuadro 14. Escalas y vigorosidades de la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Escala de vigorosidad	Vigorosidad de la plántula
T1	2	Ligeramente Vigorosa
T2	2	Ligeramente Vigorosa
T3	2	Ligeramente Vigorosa
T4	2	Ligeramente Vigorosa
T5	2	Ligeramente Vigorosa
T6	2	Ligeramente Vigorosa
T7	2	Ligeramente Vigorosa

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo una ligera vigorosidad en todos los tratamientos ya que las plántulas mostraban una coloración verde claro con 4 a 5 hojas compuestas y un tallo ligeramente inclinado y de poco grosor en algunas de ellas esto se debió a la poca luminosidad del sitio donde afecto el crecimiento y desarrollo de las plántulas y además las constantes lluvias le llevaron a una sobre carga hídrica a los sustratos evaluados.

6.2.5. Altura de la plántula

El crecimiento de los pilones de tomate bajo condiciones protegidas está influenciado por la disponibilidad de luz solar, para todas las plantas en el medio donde se desarrollan; la competencia por luminosidad puede repercutir en la elongación de las partes vegetativas de las plantas.

Con el propósito de evaluar, la respuesta vegetativa de las plántulas de tomate en los diferentes sustratos, se midió la variable altura de planta desde la base al ápice. En el cuadro 15, se presenta el análisis de varianza, para la variable altura de plántula y se observa que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 9.05%.

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable altura de plántula en el cultivo de tomate a los 41 DDS, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	138.43	9	15.38	3.78	0.0079	
Tratamiento	107.69	6	17.95	4.41	0.0065	*
Bloque	30.74	3	10.25	2.52	0.0906	NS
Error	73.22	18	4.07			
Total	211.65	27				
C.V.	9.05					

* = Diferencia significativa
NS = no existen diferencias significativas
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, se concluye que al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, es estadísticamente significativo, por lo que se acepta la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que se efectuó la prueba de medias, para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

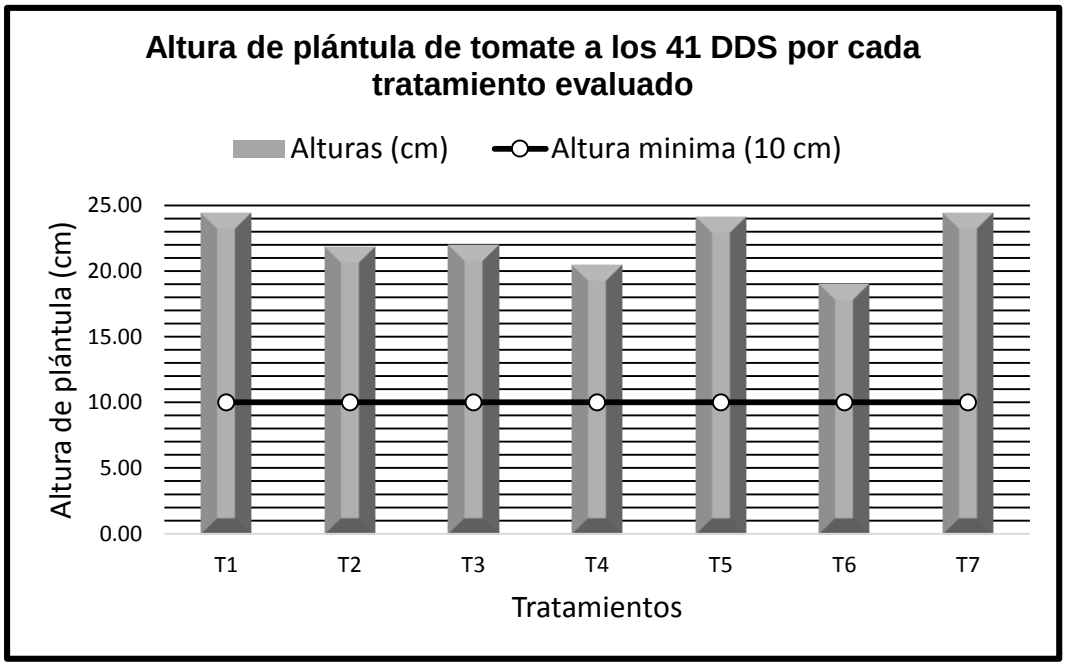
Cuadro 16. Prueba de medias de Tukey para la variable altura de plántula en el cultivo de tomate, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Media (cm)	Grupo de Tukey
T1	24.39	A
T7	24.38	A
T5	24.09	A
T3	21.93	AB
T2	21.80	AB
T4	20.42	AB
T6	18.97	B

Fuente: Elaboración propia

Los tratamientos que presentan mayor altura son los (T1, T7 y T5). Se puede observar también que en los contrastes ortogonales se muestran diferencias significativas entre ellos, en el cuadro 16 podemos observar estas diferencias. Este comportamiento puede explicarse por la adecuada disponibilidad de agua y el alto contenido nutricional comprobados en los análisis físico y químico de los sustratos, que al interaccionar permiten un nivel adecuado de nutrientes disponibles para la planta.

Además, todos los tratamientos fueron influenciados por la competencia por luz, dadas las condiciones en la casa malla, por lo tanto las plántulas de tomate sufrieron una elongación de los tallos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Altura de plántula en el cultivo de tomate a los 41 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

El tratamiento (T7) logró el segundo valor más alto en altura de planta. Este valor se atribuye a las buenas propiedades físicas y químicas que presenta el tratamiento. Además de ser un material especializado para la producción de pilones.

Los tratamientos (T2, T3 y T4) también presentan valores arriba del mínimo aceptable y estos tratamientos contienen una adecuada disponibilidad de agua y el alto contenido nutricional comprobados en los análisis físico y químico de los sustratos, que al interaccionar permiten un nivel adecuado de nutrientes disponibles para la planta.

En los contrastes ortogonales podemos observar en el cuadro 17 que si hay diferencia significativa entre los sustratos.

Cuadro 17. Contrastes ortogonales para la variable altura de la plántula en el cultivo de tomate, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	-14.66	6.54	20.47	1	20.47	5.03	0.0377
B vs L	-4.04	2.47	10.88	1	10.88	2.67	0.1193
T2 vs T3 por dif. entre CAC y PF	-0.13	1.43	0.03	1	0.03	0.01	0.9284
T4 vs T6 por presen. TD	1.46	1.43	4.23	1	4.23	1.04	0.3211
T2 vs T5 por dif. de TD	-2.29	1.43	10.51	1	10.51	2.58	0.1253
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6	-14.75	5.52	29.01	1	29.01	7.13	0.0156
Total			107.69	6	17.95	4.41	0.0065

Fuente: Elaboración propia

6.2.6. Materia seca raíces

La importancia de determinar la materia seca de la raíz de la planta de tomate, radica en que está relacionada con la cantidad de raíces con que cuenta la planta al momento de la cosecha para deducir la capacidad de adaptación al trasplante en el campo definitivo.

En el cuadro 18, se presenta el análisis de varianza donde se observa que no existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 23.09%.

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable materia seca de raíces en el cultivo de tomate a los 41 DDS, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	0.02	9	1.80E-03	1.2	0.3528	
Tratamiento	0.01	6	1.60E-03	1.05	0.4265	NS
Bloque	0.01	3	2.30E-03	1.5	0.2486	NS
Error	0.03	18	1.50E-03			
Total	0.04	27				
C.V.	23.09					

NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, ninguno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, no hay diferencia significativa, por lo cual se rechaza la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que no fue necesario efectuar la prueba de medias para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

El coeficiente de variación es mayor de 20 debido al volumen de la celda que ya no permitió el mayor crecimiento de las raíces en los tratamientos que presentan las medias más altas creando así un desbalance en los datos y aumentando el coeficiente de variación dando lugar a que no se presente ninguna significancia.

6.2.7. Materia seca de parte aérea

La materia seca de la parte aérea muestra la vigorosidad y el desarrollo foliar, por lo que es importante conocer el desempeño de la variable en los sustratos evaluados. En el cuadro 19, se presenta el análisis de varianza donde se observa que no existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 29.21%.

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable materia seca de la parte aérea en el cultivo de tomate a los 41 DDS, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	0.18	9	0.02	2.46	0.05	
Tratamiento	0.13	6	0.02	2.6	0.0541	NS
Bloque	0.05	3	0.02	2.17	0.127	NS
Error	0.15	18	0.01			
Total	0.33	27				
C.V.	29.21					

NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, ninguno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, no existe diferencia significativa, por lo cual se rechaza la hipótesis de que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que no fue necesario realizar la prueba de medias, para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

El coeficiente de variación es mayor de 20 debido al irregular crecimiento de esta influida por dos razones, la primera es por el volumen de la celda que ya no permitió el mayor crecimiento de raíces, deteniéndose el crecimiento de la parte aérea de la plántula, la segunda razón es por luminosidad irregular de la localidad que provoco una elongación de los tallos en todos los tratamientos.

6.2.8. Calidad de adobe

Parte del éxito en la producción de pilones incurre en la calidad de adobe que se obtenga, observando si el sustrato adopta fácilmente la forma y tamaño del recipiente donde se establece, por lo que se evaluó la calidad de adobe de las plántulas de tomate a los 41 DDS, periodo en el cual los pilones están listos para el trasplante.

En el cuadro 20, se presenta el análisis de varianza donde se observa que no existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 7.49%.

Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate a los 41 DDS, en la localidad del vivero INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	667.95	9	74.22	1.91	0.1159	
Tratamiento	488.61	6	81.44	2.1	0.1045	NS
Bloque	179.33	3	59.78	1.54	0.2387	NS
Error	699.15	18	38.84			
Total	1367.1	27				
C.V.	7.49%					

NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, ninguno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, no existe diferencia significativa, por lo que se rechaza la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás; por lo tanto, no fue necesario efectuar la prueba de medias, para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

No existen diferencias significativas por el regular crecimiento de las raíces y la humedad, que permitió buen amarre y enraizamiento de la plántula al sustrato.

6.2.9. Porcentaje de plantas trasplantables

Se midió el porcentaje de plantas trasplantables a los 41 DDS, cuando los pilones están listos para el trasplante, efectuando conteos de las plantas deficientes y comparándolas con el total de plantas emergidas.

En el cuadro 21, se presenta el análisis de varianza donde se observa no que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 4.39%.

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas trasplantables en el cultivo de tomate a los 41 DDS, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	108.77	9	12.09	0.81	0.6137	
Tratamiento	60.79	6	10.13	0.68	0.6686	NS
Bloque	47.98	3	15.99	1.07	0.3858	NS
Error	268.59	18	14.92			
Total	377.36	27				
C.V.	4.39					

NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, ninguno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, no existe diferencia significativa, por lo que se rechaza la hipótesis de que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que no fue necesario efectuar la prueba de medias, para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

Todos los tratamientos muestran un porcentaje de trasplante mayor del 85% que es el mínimo requerido para la producción de plántulas de tomate, debido a los altos porcentajes de germinación que presentaron los tratamientos y a la buena disponibilidad de nutrientes en la mayoría de tratamientos que permitió el buen desarrollo de las plántulas.

6.2.10. Porcentaje de rendimiento

Se midió la variable porcentaje de rendimiento de las plantas de tomate a los 41 DDS, al momento de la cosecha, cuando los pilones están listos para el trasplante.

El porcentaje de rendimiento toma en cuenta el porcentaje de germinación y el porcentaje de plántulas trasplantables por unidad experimental (bandejas de 105 celdas). En el cuadro 22, se presenta el análisis de varianza donde se observa que existen diferencias

altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 7.10%.

Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable porcentaje de rendimiento de plántulas de tomate a los 41 DDS, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	1502.74	9	166.97	7.71	0.0001	
Tratamiento	1425	6	237.5	10.97	<0.0001	**
Bloque	77.75	3	25.92	1.2	0.339	NS
Error	389.59	18	21.64			
Total	1892.33	27				
C.V.	7.10					

** = Diferencia altamente significativa
NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

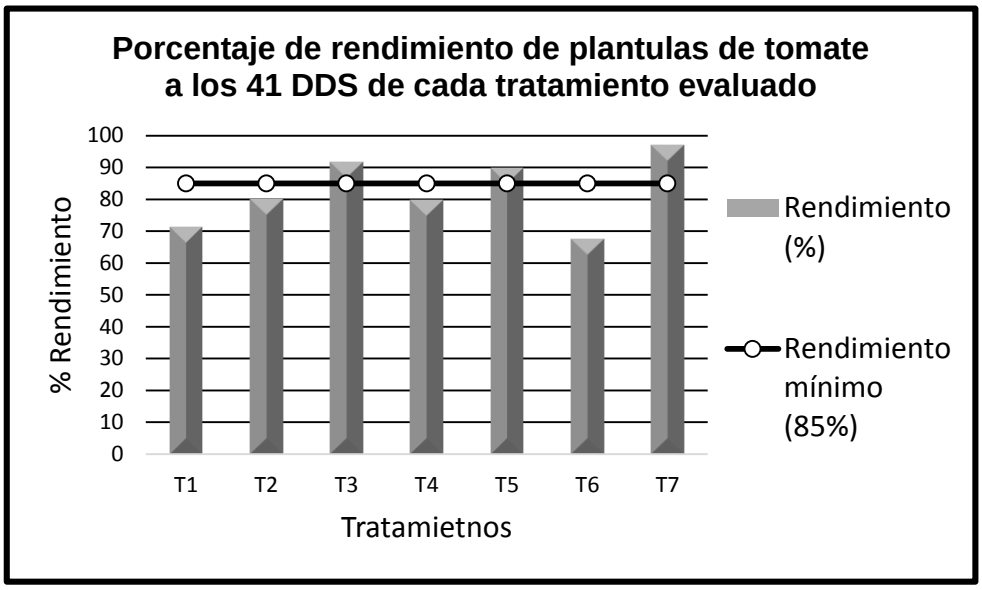
Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, es altamente significativo, por lo que fue necesario efectuar la prueba de medias, para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

Cuadro 23. Prueba de medias de Tukey para la variable porcentaje de rendimiento de plántulas de tomate, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Tratamientos	Media (%)	Grupo de Tukey
T7	93.27	A
T3	91.47	AB
T5	89.68	AB
T2	80	BC
T4	79.75	BC
T1	71.27	C
T6	67.51	C

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se pueden observar todos los tratamientos y el mínimo porcentaje de rendimiento requerido (85%) en la producción de plántulas de tomate.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Porcentaje de rendimiento de plántulas de tomate a los 41 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

En la figura 5, se observa que los tratamientos (T1 y T6) presentaron una pobre germinación, la cual afectó considerablemente el desempeño de las plántulas de tomate, ya que no estaban por encima del rendimiento mínimo (85%).

También se realizó una prueba de contrastes ortogonales, para ver las diferencias entre tratamientos en porcentajes de rendimiento, en el cuadro 24 se muestran los datos.

Cuadro 24. Contrastes ortogonales para la variable porcentaje de rendimiento en el cultivo de tomate, en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	-65.97	15.08	414.54	1	414.54	19.15	0.0004
B vs L	-31.62	5.7	666.55	1	666.55	30.8	<0.0001
T2 vs T3 por dif. entre CAC y PF	-9.58	3.29	183.65	1	183.65	8.49	0.0093
T4 vs T6 por presen. TD	8.01	3.29	128.16	1	128.16	5.92	0.0256
T2 vs T5 por dif. de TD	-7.84	3.29	122.85	1	122.85	5.68	0.0284
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6	38.26	12.74	195.18	1	195.18	9.02	0.0076
Total			1425	6	237.5	10.97	<0.0001

Fuente: Elaboración propia

Los tratamientos T7, T3 y T5 muestran un porcentaje de rendimiento arriba del mínimo del 85% requerido en la producción de pilones, estos tratamientos presentan una buena disponibilidad de nutrientes y características físicas que permitieron el crecimiento y la producción de pilones de calidad, siendo estos los tratamientos que generaron los mayores beneficios para esta localidad.

6.2.11. Síntesis de la localidad INTERNMACH, en el municipio de Jocotan, departamento de Chiquimula

Se identificaron los tratamientos T3 y T5 como las mejores alternativas al tratamiento testigo T7 conformado al 100% por turba del tipo comercial, debido a que mostraron una alta calidad y vigorosidad, tomando en cuenta las distintas variables de respuesta analizadas en esta localidad.

Los factores que influyeron en esta localidad fueron la precipitación y la falta de luminosidad que propiciaron la presencia de hongos tales como el damping off, que fue controlado por medio de aplicaciones de fungicidas.

6.3. Localidad Vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI.

Los sustratos fueron evaluados inicialmente en esta localidad a los 42 DDS, donde se utilizó la casa malla del vivero de Agronomía, del Centro Universitario de Oriente, CUNORI, ubicado en el municipio de Chiquimula.

A continuación se presenta el análisis de forma detallada de los resultados obtenidos de cada una de las variables evaluadas, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía.

6.3.1. Porcentajes de germinación

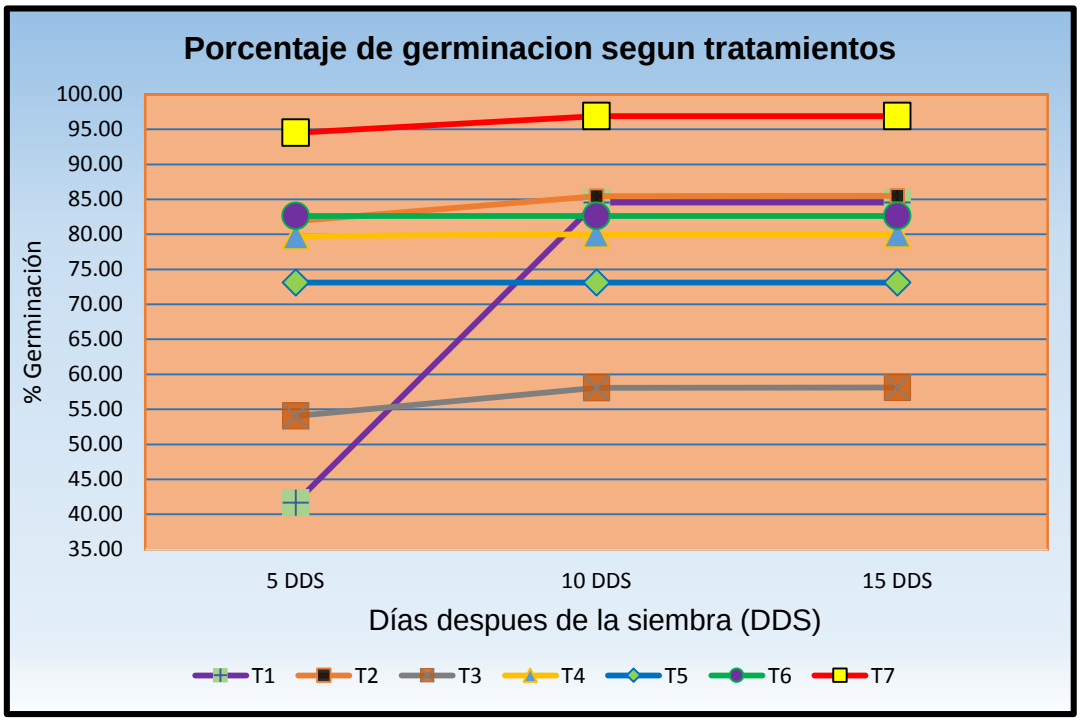
En el cuadro 25, se presenta el porcentaje de germinación obtenido de los tratamientos evaluados a los 5, 10 y 15 días después de siembra, en donde se puede apreciar que únicamente el tratamiento (T7) (96.90%) mostró una germinación adecuada a los 10 días después de siembra.

Cuadro 25. Porcentaje de germinación promedio en el cultivo de tomate, a los 5, 10 y 15 días después de siembra, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Porcentaje de germinación (%)		
	5 DDS	10 DDS	15 DDS
T1	41.67	84.52	84.52
T2	81.90	85.48	85.48
T3	54.05	58.10	58.10
T4	79.76	80.00	80.00
T5	73.10	73.10	73.10
T6	82.62	82.62	82.62
T7	94.52	96.90	96.90

Fuente: Elaboración propia

En la figura 6, el tratamiento con la mayor porcentaje de germinación al final, es el testigo con 96.90% a 10 DDS, seguido por el tratamiento (T1) con un porcentaje de germinación de 84.52%, los demás tratamientos presentaron porcentajes de germinación inferiores a 85%, mostrando así que estos tratamientos no son los ideales en lo que respecta a germinación; la poca germinación presentada a los 15 DDS por todos los tratamientos se debe a que hubo presencia de damping off causando daño a las plántulas y afectando así los porcentajes de germinación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Porcentaje de germinación a los 5, 10 y 15 días después de siembra en el cultivo de tomate, para cada tratamiento evaluado, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

6.3.2. Tamaño de raíces

El tamaño de las raíces se ve influenciado por la calidad del sustrato tanto en su densidad, capacidad para guardar humedad y porosidad. La toma de datos del tamaño de raíces de las plántulas de tomate en la localidad vivero de la carrera de agronomía, CUNORI.

Se procedió a la toma de datos a los 42 DDS, limpiando la plántula y quitando el sustrato cuidadosamente de las raíces para poder medirlas con una regla graduada.

En el cuadro 26 se presenta el análisis de varianza para la variable tamaño de raíces y se observa que no existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 12.95%.

Cuadro 26. Análisis de varianza para la variable tamaño de raíces en el cultivo de tomate a los 42 DDS, en la localidad vivero de la carrera de agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	9	9	1	1.36	0.2862	
Tratamiento	6.99	6	1.16	1.59	0.2181	NS
Bloque	2.01	3	0.67	0.91	0.4584	NS
Error	11	15	0.73			
Total	19.99	24				
C.V.	12.95					

NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, ninguno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, no existe diferencia significativa, por lo que se rechaza la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo tanto no fue necesario efectuar la prueba de medias, para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

6.3.3. Diámetro del tallo

Con el propósito de evaluar la respuesta vegetativa de las plántulas de tomate en los diferentes sustratos se midió la variable diámetro del tallo en la base de la planta. En el cuadro 27, se presenta el análisis de varianza donde se muestra que existen diferencias

altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 3.75%.

Cuadro 27. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 42 DDS, en la localidad vivero de la carrera de agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo.	1.35	9	0.15	9.71	0.0001	
Tratamiento	1.22	6	0.2	13.17	<0.0001	**
Bloque	0.13	3	0.04	2.78	0.077	NS
Error	0.23	15	0.02			
Total	1.59	24				
C.V.	3.75					

** = Diferencia altamente significativa
NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

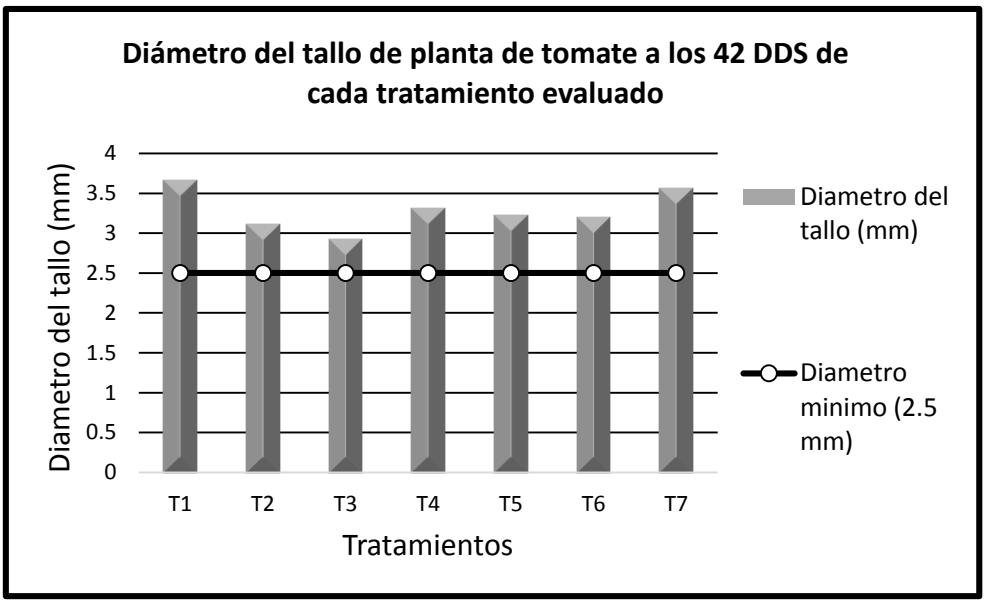
De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta una diferencia altamente significativa a los demás, por lo que se acepta la hipótesis, que al menos uno de los tratamientos si es diferente a los demás, por lo que se efectuó la prueba de medias, para determinar que tratamientos son diferentes entre sí.

En la figura 7, se observan las diferencias de los tratamientos en relación a la variable diámetro del tallo, donde se aprecia que el tratamiento (T1) tiene mayor diámetro, principalmente por la adecuada disponibilidad de agua y el adecuado nivel nutricional comprobados en los análisis físico y químico de los sustratos, que al interaccionar permiten un nivel adecuado de nutrientes disponibles para la planta. Los demás tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6 y T7) están sobre diámetro mínimo del pilón.

Cuadro 28. Prueba de medias de Tukey para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamientos	Media (mm)	Grupo de Tukey
T1	3.67	A
T7	3.56	AB
T4	3.31	BC
T5	3.22	CD
T6	3.20	CD
T2	3.11	CD
T3	2.92	D

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 42 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Cuadro 29. Contrastes ortogonales para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	-1.91	0.41	0.33	1	0.33	21.51	0.0003
B vs L	0.93	0.17	0.45	1	0.45	28.87	0.0001
T2 vs T3 por dif. entre CAC y PF.	0.19	0.11	0.05	1	0.05	2.95	0.1066
T4 vs T6 por presen. TD	0.11	0.09	0.03	1	0.03	1.63	0.2208
T2 vs T5 por dif. de TD	-0.11	0.1	0.02	1	0.02	1.22	0.2862
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6	-2.61	0.35	0.86	1	0.86	55.58	<0.0001
Total			1.28	6	0.21	13.71	<0.0001

Fuente: Elaboración propia

6.3.4. Vigorosidad de las plántulas

La vigorosidad de la plántula fue una variable de respuesta que se obtuvo a los 42 DDS, esta es únicamente de carácter cualitativo, en donde se utilizó una escala visual que se creó para clasificarlas en tres escalas. En la cuadro 30 se puede observar el cuadro con la escala visual obtenida de cada tratamiento.

Cuadro 30. Escalas y vigorosidades de la localidad vivero de la carrera de agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Escala de vigorosidad	Vigorosidad de la plántula
T1	2	Ligeramente vigorosa
T2	2	Ligeramente vigorosa
T3	1	Débil
T4	2	Ligeramente vigorosa
T5	1	Débil
T6	2	Ligeramente vigorosa
T7	2	Ligeramente vigorosa

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo una ligera vigorosidad en todos los tratamientos ya que las plántulas mostraban una coloración verde claro con 4 a 5 hojas compuestas y un tallo ligeramente inclinado y de poco grosor en algunas de ellas esto se debió a la excesiva temperatura del sitio donde afecto el crecimiento y desarrollo de las plántulas y además las constantes lluvias aumentaron la humedad del ambiente sometiendo las planta a un stress en relación con las temperaturas.

6.3.5. Altura de la plántula

Se midió la variable altura de planta desde la base al ápice. En el cuadro 36, se presenta el análisis de varianza para la variable altura de plántula y se observa que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 12.71%.

Cuadro 36. Análisis de varianza para la variable altura de plántula en el cultivo de tomate a los 42 DDS, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	285.36	9	31.71	14.92	<0.0001	
Tratamiento	278.53	6	46.42	21.84	<0.0001	**
Bloque	6.83	3	2.28	1.07	0.3908	NS
Error	31.89	15	2.13			
Total	317.25	24				
C.V.	12.71					

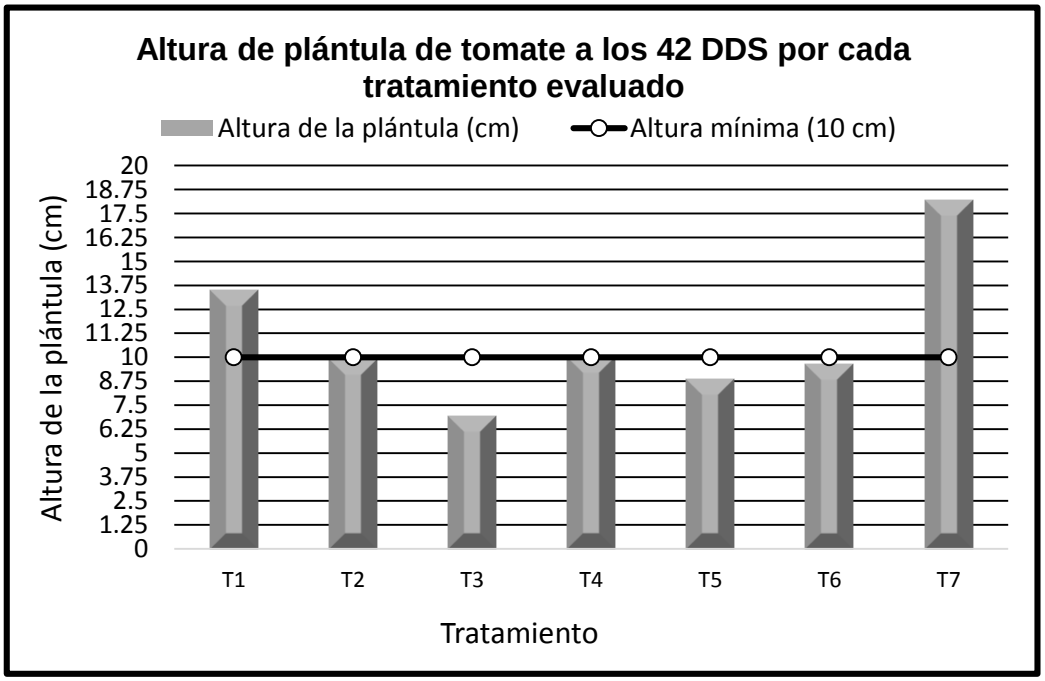
** = Diferencia altamente significativa
NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, se concluye que al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, es altamente significativo, por lo que se acepta la hipótesis, que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo tanto se efectuó la prueba de medias, para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

Cuadro 32. Prueba de medias de Tukey para la variable altura de plántula en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamientos	Media (cm)	Grupo de Tukey
T7	18.19	A
T1	13.47	B
T4	9.99	BC
T2	9.88	BC
T6	9.65	C
T5	8.82	C
T3	6.92	C

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Altura de plántula en el cultivo de tomate a los 42 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

El tratamiento que presento mayor altura es el (T7). Este comportamiento puede explicarse por la adecuada disponibilidad de agua y el alto contenido nutricional comprobados en los análisis físico y químico de los sustratos, que al interaccionar permiten un nivel adecuado de nutrientes disponibles para la planta. Además todos los tratamientos fueron influenciados por la competencia por luz, dadas las condiciones en la casa malla, por lo tanto las plántulas de tomate sufrieron una elongación de los tallos.

El tratamiento (T1) logró el segundo valor más alto en altura de planta. Este valor se atribuye a las buenas propiedades físicas y químicas que presenta el tratamiento.

Los tratamientos (T4 y T2) también presentan valores abajo del mínimo aceptable y estos tratamientos contienen una adecuada disponibilidad de agua y el alto contenido nutricional comprobados en los análisis físico y químico de los sustratos, que al interaccionar permiten un nivel adecuado de nutrientes disponibles para la planta.

Los tratamientos (T6, T5 y T3) muestran valores inferiores ya que estos fueron los más afectados por los daños del damping off.

Cuadro 33. Contrastes ortogonales para la variable altura de la plántula en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	-50.39	4.82	232.32	1	232.32	109.29	<0.0001
B vs L	7.49	2.02	29.07	1	29.07	13.67	0.0021
T2 vs T3 por dif. entre CAC y PF	2.96	1.3	11.05	1	11.05	5.2	0.0376
T4 vs T6 por presen. TD	0.34	1.03	0.23	1	0.23	0.11	0.7443
T2 vs T5 por dif. de TD	1.06	1.13	1.89	1	1.89	0.89	0.3608
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6	-22.11	4.11	61.67	1	61.67	29.01	0.0001
Total			284.7	6	47.45	22.32	<0.0001

Fuente: Elaboración propia

6.3.6. Materia seca de raíces

La importancia de determinar la materia seca de la raíz de la plántula de tomate, radica en que está relacionada con la cantidad de raíces con que cuenta en pilón al momento de la cosecha para deducir la capacidad de adaptación al trasplante en el campo definitivo.

En el cuadro 34, se presenta el análisis de varianza donde se observa que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 21.36%.

Cuadro 34. Análisis de varianza para la variable materia seca de raíces en el cultivo de tomate a los 42 DDS, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	0.04	9	4.60E-03	4.5	0.0052	
Tratamiento	0.02	6	3.70E-03	3.61	0.0203	*
Bloque	0.02	3	0.01	6.29	0.0056	*
Error	0.02	15	1.00E-03			
Total	0.06	24				
C.V.	21.36					

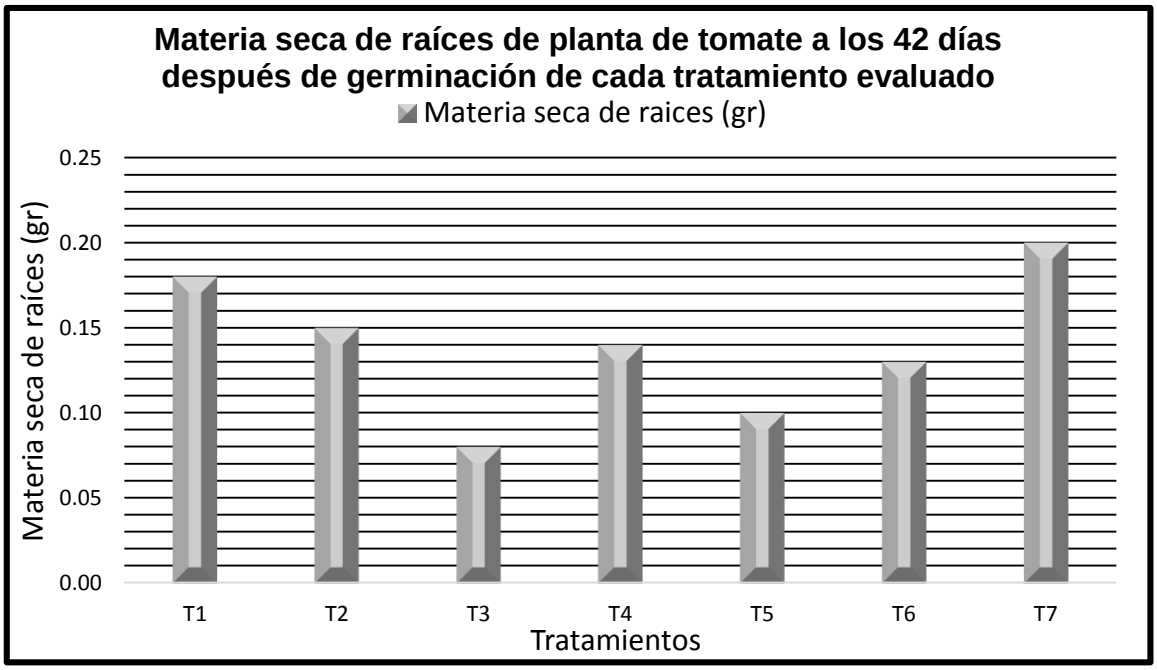
* = Diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, muestra una diferencia significativa, por lo tanto se acepta la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que fue necesario efectuar la prueba de medias, para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

Cuadro 35. Prueba de medias de Tukey para la variable materia seca de raíces en el cultivo de tomate, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamientos	Media (gr)	Grupo de Tukey
T7	0.20	A
T1	0.18	AB
T2	0.15	ABC
T4	0.14	ABC
T6	0.13	ABC
T5	0.10	BC
T3	0.08	C

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Materia seca de raíces en el cultivo de tomate a los 42 días después de germinación para cada tratamiento evaluado, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Como se observa en la figura 10, el tratamiento T7 (0.20 gr) obtuvo una mayor materia seca de raíces lo cual indica que por su alto contenido de fósforo estimula el crecimiento radicular, además de las buenas propiedades físicas que presenta.

Cuadro 36. Contrastes ortogonales para la variable materia seca de raíces en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	-0.43	0.11	0.02	1	0.02	16.77	0.001
B vs L	0.1	0.04	0.01	1	0.01	5.02	0.0407
T2 vs T3 por dif. entre CAC y PF	0.07	0.03	0.01	1	0.01	5.73	0.0301
T4 vs T6 por presen. TD	0.02	0.02	4.50E-04	1	4.50E-04	0.44	0.519
T2 vs T5 por dif. de TD	0.05	0.02	4.00E-03	1	4.00E-03	3.85	0.0685
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6	-0.27	0.09	0.01	1	0.01	8.91	0.0093
Total			0.03	6	5.00E-03	4.83	0.0062

En el cuadro 36, todos los contrastes marcan una diferencia significativa, a excepción del contraste 4 (T4 vs T6 por presen. TD) que no muestra una diferencia significativa.

6.3.7. Materia seca de parte aérea

La materia seca de la parte aérea muestra la vigorosidad y el desarrollo foliar, por lo que es importante conocer el desempeño de la variable en los sustratos evaluados. En el cuadro 37, se presenta el análisis de varianza donde se observa que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 17.57%.

Cuadro 37. Análisis de varianza para la variable materia seca de la parte aérea en el cultivo de tomate a los 42 DDS, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, Chiquimula 2015**.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	0.13	9	0.01	7.86	0.0003	
Tratamiento	0.13	6	0.02	11.57	0.0001	*
Bloque	2.50E-03	3	8.20E-04	0.45	0.7224	NS
Error	0.03	15	1.80E-03			
Total	0.16	24				
C.V.	17.57					

* = Diferencia significativa
NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, se determinó que, al menos uno de los tratamientos evaluados, muestra una alta diferencia significativa, por lo tanto se acepta la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que se realizó la prueba de medias para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

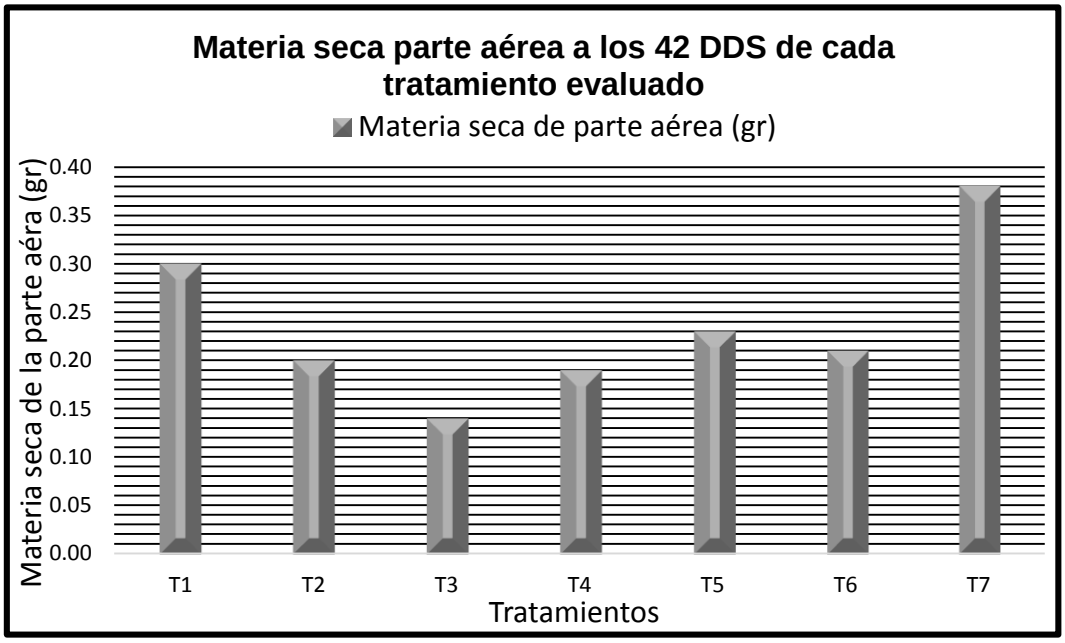
Cuadro 38. Prueba de medias de Tukey para la variable materia seca de la parte aérea en el cultivo de tomate, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamientos	Media (gr)	Grupo de Tukey
T7	0.38	A
T1	0.30	AB
T5	0.23	BC
T6	0.21	BC
T2	0.20	BC
T4	0.19	BC
T3	0.14	C

Fuente: Elaboración propia

El tratamiento T7 y T1 muestran una mayor cantidad de materia seca de 38 gramos y 30 gramos, esto se debe a que los sustratos de este tratamiento permitieron una mayor retención de humedad, un mejor desarrollo radicular debido su alta porosidad y permitió el buen desarrollo del pilón.

Los resultados se pueden observar en la figura 10. Se puede observar también en el cuadro 39 los contrastes ortogonales, para materia seca para la parte aérea y observar las diferencias significativas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Materia seca parte aérea en el cultivo de tomate a los 42 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI Chiquimula 2015.

Cuadro 39. Contrastes ortogonales para la variable materia seca de la parte aérea en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	-0.98	0.14	0.09	1	0.09	47.98	<0.0001
B vs L	0.14	0.06	0.01	1	0.01	5.44	0.034
T2 vs T3 por dif. entre CAC yPF	0.06	0.04	4.00E-03	1	4.00E-03	2.21	0.1583
T4 vs T6 por presen. TD	-0.02	0.03	6.10E-04	1	6.10E-04	0.34	0.5711
T2 vs T5 por dif. de TD	-0.03	0.03	1.60E-03	1	1.60E-03	0.86	0.3688
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6	-0.54	0.12	0.04	1	0.04	20.4	0.0004
Total			0.13	6	0.02	11.52	0.0001

Fuente: Elaboración propia

6.3.8. Calidad de adobe

Parte del éxito en la producción de pilones incurre en la calidad de adobe que se obtenga, observando si el sustrato adopta fácilmente la forma y tamaño del recipiente donde se establece, por lo que se evaluó la calidad de adobe de las plántulas de tomate a los 42 DDS, periodo en el cual los pilones están listos para el trasplante.

En el cuadro 40, se presenta el análisis de varianza donde se observa que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 16.56%.

Cuadro 40. Análisis de varianza para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate a 42 DDS, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	5417.72	9	601.97	4.14	0.0077	
Tratamiento	4272.33	6	712.05	4.89	0.0059	*
Bloque	1145.4	3	381.8	2.62	0.0887	NS
Error	2183.37	15	145.56			
Total	7601.09	24				
C.V.	16.56					

* = Diferencia significativa
NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, es estadísticamente significativo, por lo tanto se acepta la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que fue necesario efectuar la prueba de medias para poder determinar cuál o cuáles de los tratamientos son diferentes entre sí.

Cuadro 41. Prueba de medias de Tukey para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Media (%)	Grupo de Tukey
T7	100	A
T1	99.94	A
T5	93.49	AB
T6	83.79	AB
T4	79.92	AB
T2	78.60	AB
T3	48.44	B

Fuente: Elaboración propia

La razón por la cual el tratamiento T1 obtuvo ese resultado es por la buena estructura que conforma el sustrato, conformado por (fibra de coco 40%, cascarilla de arroz 20%, carbón 15%, bocashi 15% y semolina 10%). Además el tratamiento (T1) tuvo el mayor valor en la variable materia seca de la raíz, lo cual indica un desarrollo radicular adecuado que permite el anclaje y la agregación de las raíces al sustrato y por consiguiente su fácil extracción de la celda, sin dañar al pilón al momento de la cosecha de las bandejas, lo cual constituye una ventaja en el trasplante.

Los tratamientos (T5, T6, T4 y T2), son estadísticamente iguales entre sí pero diferentes a los demás, mostrando una calidad de adobe buena y regular, con valores entre 93 % - 78 %, este resultado puede repercutir al momento del trasplante, porque las raíces de la plántula de tomate no sé del agregaron al sustrato.

El tratamiento (T3) es diferente a los demás, su calidad de adobe es muy mala y esto se debe al poco desarrollo radicular de la plántula que no pudo enraizarse bien al sustrato por medio de sus raíces. Se pueden observar mayores diferencias en la prueba de contrastes ortogonales, cuadro 42.

Cuadro 42. Contrastes ortogonales para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	-139.92	39.88	1791.54	1	1791.54	12.31	0.0032
B vs L	36.52	16.75	692.02	1	692.02	4.75	0.0456
T2 vs T3 por dif. entre CAC y PF	18.34	10.75	423.22	1	423.22	2.91	0.1088
T4 vs T6 por presen. TD	-2.88	8.53	16.53	1	16.53	0.11	0.7408
T2 vs T5 por dif. de TD	-12.78	9.35	272.18	1	272.18	1.87	0.1916
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6	-131.92	33.97	2195.34	1	2195.34	15.08	0.0015
Total			4677.7	6	779.62	5.36	0.0039

Fuente: Elaboración propia

6.3.9. Porcentaje de plantas trasplantables

Se midió el porcentaje de plantas trasplantables a los 42 DDS, cuando los pilones están listos para el trasplante, efectuando conteos de las plantas deficientes y comparándolas con el total de plantas emergidas.

En el cuadro 43, se presenta el análisis de varianza, donde se observa que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 9.88%.

Cuadro 43. Análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas trasplantables en el cultivo de tomate a los 42 DDS, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	1574.26	9	174.92	3.1	0.0258	
Tratamiento	1325.49	6	220.91	3.91	0.0149	*
Bloque	248.77	3	82.92	1.47	0.2631	NS
Error	847.05	15	56.47			
Total	2421.3	24				
C.V.	9.88					

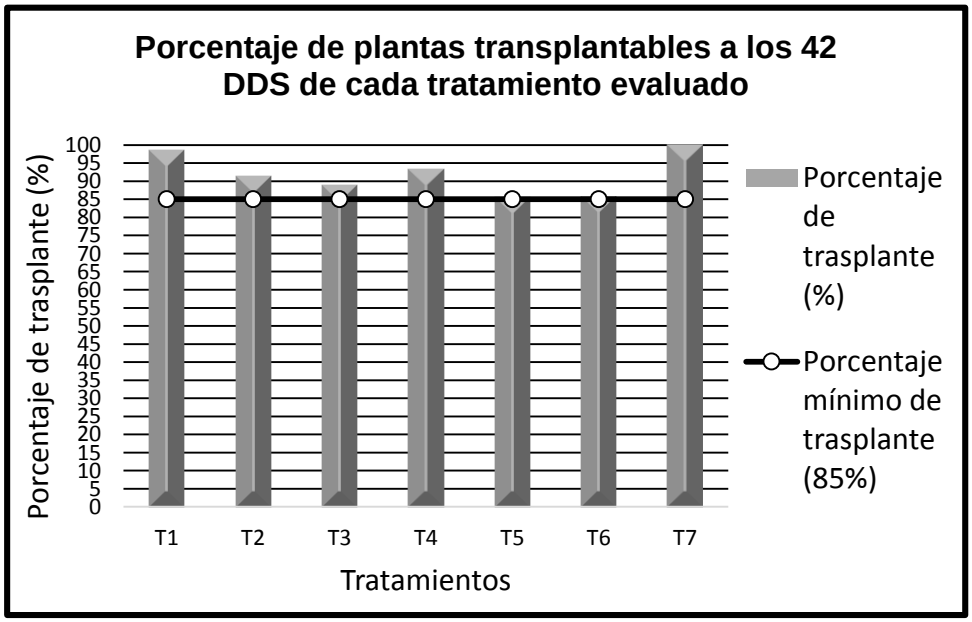
* = Diferencia significativa
NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, es estadísticamente significativo, por lo tanto se acepta la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que fue necesario efectuar la prueba de medias para poder determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

Cuadro 44. Prueba de medias de Tukey para la variable porcentaje de plantas trasplantables en el cultivo de tomate, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Media (%)	Grupo de Tukey
T7	99.93	A
T1	98.60	AB
T4	93.24	AB
T2	91.30	AB
T3	88.82	AB
T6	85.68	B
T5	85.57	B

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Porcentaje de plantas trasplantables en el cultivo de tomate a los 42 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

En la figura 11, se pueden observar los resultados de los tratamientos el tratamiento T1 es superior a los demás, exceptuando el testigo T7, debido a que el tratamiento T1 permitió el desarrollo de plántulas que puedan ser trasplantadas, porque el sustrato del T1 permitió una mayor retención de humedad y crecimiento de raíces permitiendo el desarrollo de una plántula de calidad. Las mismas características se presentaron en el tratamiento T7.

Cuadro 50. Contrastes ortogonales para la variable porcentaje de trasplante en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	-94.48	24.84	816.81	1	816.81	14.46	0.0017
B vs L	14.92	10.43	115.51	1	115.51	2.05	0.1732
T2 vs T3 por dif. entre CAC y PF	2.37	6.7	7.1	1	7.1	0.13	0.7278
T4 vs T6 por presen. TD	7.16	5.31	102.39	1	102.39	1.81	0.1981
T2 vs T5 por dif. de TD	5.17	5.82	44.59	1	44.59	0.79	0.3883
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6	-62.42	21.16	491.5	1	491.5	8.7	0.0099
Total			1401.42	6	233.57	4.14	0.0119

Fuente: Elaboración propia

6.3.10. Porcentaje de rendimiento

Se midió la variable porcentaje de rendimiento de las plántulas de tomate a los 42 DDS, al momento de la cosecha, cuando los pilones están listos para el trasplante.

El porcentaje de rendimiento toma en cuenta el porcentaje de germinación y el porcentaje de plantas trasplantables por unidad experimental (bandejas de 105 celdas). En el cuadro 46, se presenta el análisis de varianza donde se observa que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 15.29%.

Cuadro 46. Análisis de varianza para la variable porcentaje de rendimiento de plantas de tomate a los 42 DDS, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	6595.01	9	732.78	11.89	<0.0001	
Tratamiento	6086.26	6	1014.38	16.46	<0.0001	**
Bloque	508.75	3	169.58	2.75	0.0792	NS
Error	924.66	15	61.64			
Total	7519.68	24				
C.V.	15.29					

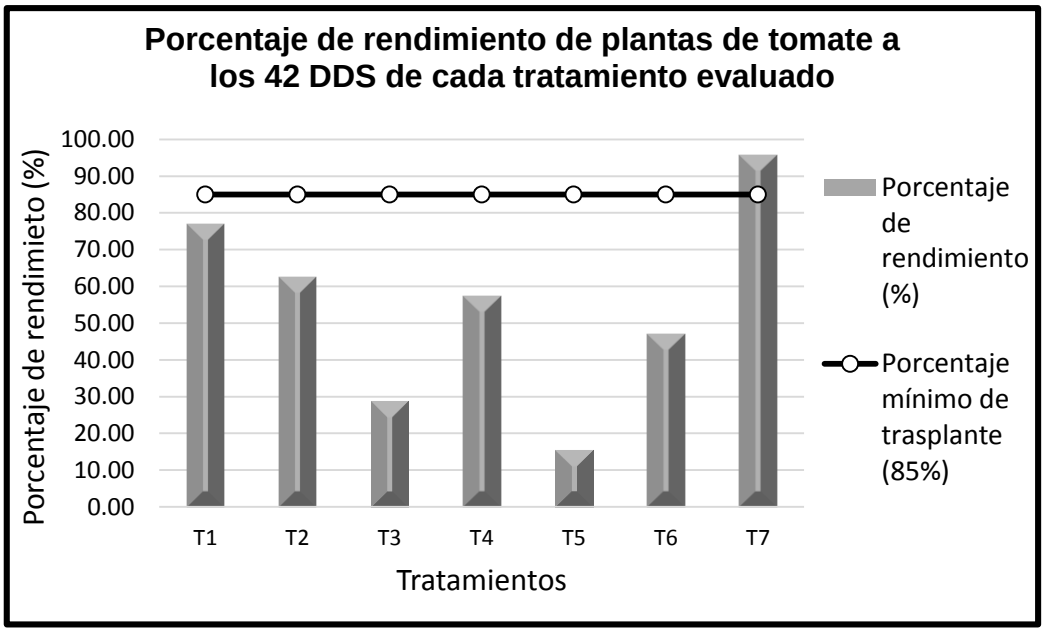
** = Diferencia altamente significativa
NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, es altamente significativo, por lo tanto se acepta la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que fue necesario efectuar la prueba de medias para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

Cuadro 47. Prueba de medias de Tukey para la variable porcentaje de rendimiento de plantas de tomate, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Media (%)	Grupo de Tukey
T7	95.77	A
T1	76.90	AB
T2	62.38	BC
T4	57.28	BC
T6	47	BCD
T3	28.61	CD
T5	15.39	C

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Porcentaje de rendimiento de plantas de tomate a los 42 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

En la figura 12 se puede observar que el tratamiento (T7) es el único que esta sobre el mínimo requerido del 85%. Se debe a que el tratamiento sobresalió sobre los demás a pesar de las condiciones adversas que se presentaron debido a que este sustrato es un sustrato tiene condiciones físicas y químicas que permiten el buen desarrollo de la plántula.

Cuadro 48. Contrastes ortogonales para la variable porcentaje de rendimiento en el cultivo de tomate, en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	-207.43	25.95	3937.4	1	3937.4	63.87	<0.0001
B vs L	46.13	10.9	1104.07	1	1104.07	17.91	0.0007
T2 vs T3 por dif. entre CAC y PF	19.83	7	494.93	1	494.93	8.03	0.0126
T4 vs T6 por presen. TD	5.91	5.55	69.92	1	69.92	1.13	0.3037
T2 vs T5 por dif. de TD	29.07	6.08	1408.72	1	1408.72	22.85	0.0002
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6	-106.3	22.11	1425.32	1	1425.32	23.12	0.0002
Total			6399.01	6	1066.5	17.3	<0.0001

Fuente: Elaboración Propia

6.3.11. Síntesis de la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, municipio de Chiquimula

En la localidad vivero de la carrera de agronomía, se presentó baja de producción de plántulas de tomate, por efecto de la alta temperatura y humedad que propicio la aparición de hongos, que se controlaron parcialmente con aplicaciones de fungicidas, esto tuvo efecto en las variables de respuesta que se evaluaron.

Los tratamientos T1 y el testigo T7 conformado al 100% por turba del tipo comercial, fueron los que mejores características presentaron en casi todas las variables de respuesta; a pesar de las condiciones adversas de esta localidad. Por lo que con estas condiciones los demás tratamientos no mostraron su rendimiento potencial.

6.4. Localidad productora de la asociación regional campesina Ch´orti´ (ASORECH).

Los sustratos fueron evaluados inicialmente en esta localidad a los 38 DDS, donde se utilizó la casa malla de la localidad productora de la asociación regional campesina Ch´orti, ASORECH, ubicado en el municipio de San Juan Ermita, Chiquimula. A continuación se presenta el análisis de forma detallada de los resultados obtenidos de cada una de las variables evaluadas, en la localidad ASORECH.

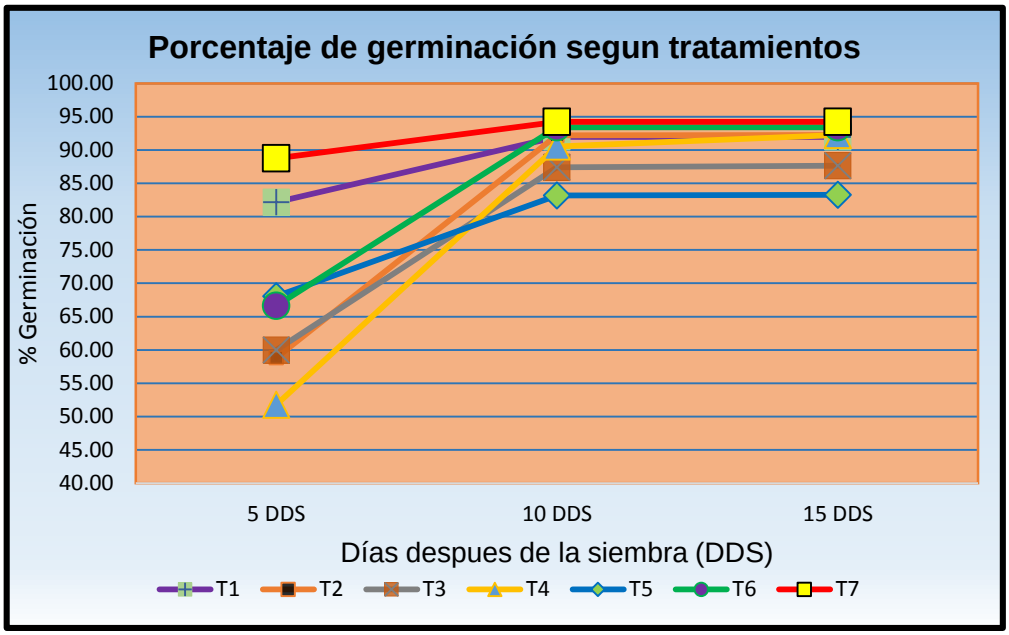
6.4.1. Porcentaje de germinación

En el cuadro 49, se presenta el porcentaje de germinación obtenido de los tratamientos evaluados a los 5, 10 y 15 días después de siembra, en donde se puede apreciar que únicamente el tratamiento (T7) (94.24%) mostró una germinación adecuada a los 15 días después de siembra.

Cuadro 49. Porcentaje de germinación promedio en el cultivo de tomate, a los 5, 10 y 15 días después de siembra, en la ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Porcentaje de germinación (%)		
	5 DDS	10 DDS	15 DDS
T1	82.16	91.98	91.98
T2	58.82	92.21	92.26
T3	59.99	87.38	87.66
T4	51.76	90.50	92.23
T5	68.05	83.16	83.26
T6	66.61	93.41	93.41
T7	88.73	94.24	94.24

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 13. Porcentaje de germinación a los 5, 10, y 15 días después de siembra en el cultivo de tomate, para cada tratamiento evaluado, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Los altos porcentajes de germinación superior al 85%, se debió porque en esta localidad no se presentó ningún tipo de hongo, enfermedad o condiciones adversas que afectaran los porcentajes de germinación de los tratamientos expresando así sus máximos porcentajes de germinación.

6.4.2. Tamaño de raíces

El tamaño de las raíces se ve influenciado por la calidad del sustrato al igual en su densidad, capacidad para guardar humedad y porosidad. La toma de datos del tamaño de raíces de las plántulas de tomate en la localidad ASORECH. Se procedió a la toma de datos a los 38 DDS, limpiando la plántula y quitando el sustrato cuidadosamente de las raíces para poder medirlas con una regla graduada.

En el cuadro 50 se presenta el análisis de varianza para la variable tamaño de raíces y se observa que si existen diferencias altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 12.40%.

Cuadro 50. Análisis de varianza para la variable tamaño de raíces en el cultivo de tomate a los 38 DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	20.88	9	2.32	3.19	0.0173	
Tratamiento	19.69	6	3.28	4.51	0.0058	*
Bloque	1.18	3	0.39	0.54	0.6597	NS
Error	13.09	18	0.73			
Total	33.97	27				
C.V.	12.4					

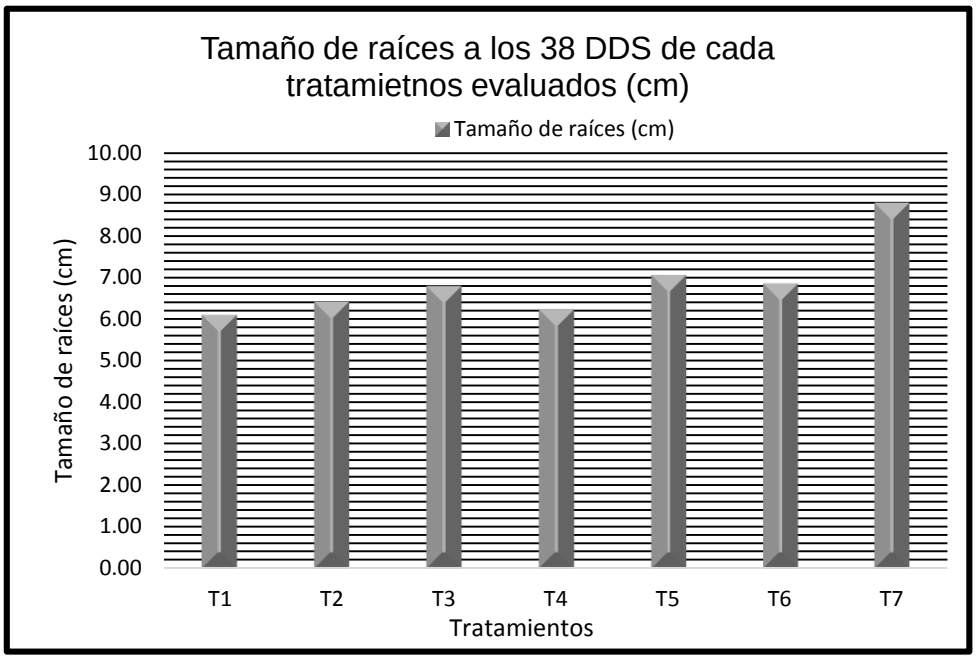
* = Diferencia significativa
NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta diferencia significativa a los demás, por lo tanto se acepta la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que se efectuó la prueba de medias, para determinar que tratamientos son diferentes entre sí.

Cuadro 51. Prueba de medias de Tukey para la variable tamaño de raíces en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Media (cm)	Grupo de Tukey
T7	8.78	A
T5	7.04	AB
T6	6.84	AB
T3	6.78	B
T2	6.40	B
T4	6.22	B
T1	6.09	B

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Tamaño de raíces a los 38 DDS de casa tratamientos evaluados, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Podemos observar que el tratamiento con mayor tamaño de raíces es el tratamiento (T7) al que le siguen los tratamientos (T5 y T6), el tamaño mayor de las raíces se presentó por las densidades aparentes optimas de los sustratos que permitieron un buen desarrollo radicular al igual que las proporciones de fosforo en los sustratos.

Cuadro 52. Contrastes ortogonales para la variable Tamaño de raíces en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	-13.29	2.76	16.82	1	16.82	23.12	0.0001
B vs L	-1.06	1.04	0.75	1	0.75	1.03	0.3225
T2 vs T3 por dif. entre CAC y PF	-0.38	0.6	0.29	1	0.29	0.4	0.5339
T4 vs T6 por presen. TD	-0.62	0.6	0.77	1	0.77	1.06	0.3175
T2 vs T5 por dif. de TD	-0.64	0.6	0.81	1	0.81	1.12	0.3044
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6	2.85	2.34	1.08	1	1.08	1.49	0.2377
Total			19.69	6	3.28	4.51	0.0058

Fuente: Elaboración propia

6.4.3. Diámetro del tallo

Con el propósito de evaluar la respuesta vegetativa de las plántulas de tomate en los diferentes sustratos se midió la variable diámetro del tallo en la base de la plántula. En el cuadro 53, se presenta el análisis de varianza donde se muestra que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 4.77%.

Cuadro 53. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 38 DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	0.94	9	0.1	4.28	0.0042	
Tratamiento	0.6	6	0.1	4.12	0.0089	*
Bloque	0.34	3	0.11	4.61	0.0145	*
Error	0.44	18	0.02			
Total	1.38	27				
C.V.	4.77					

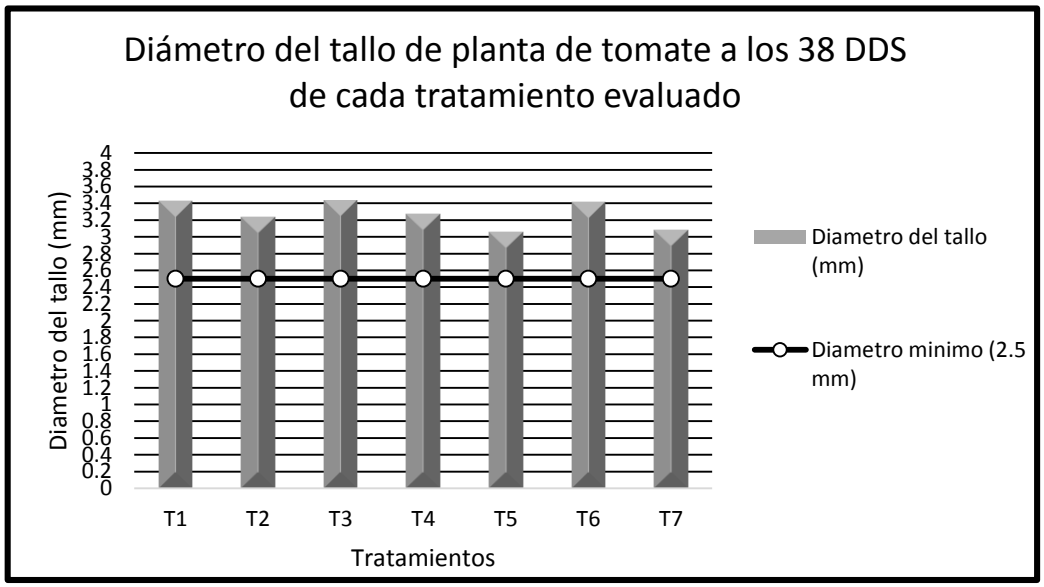
* = Diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta una diferencia significativa a los demás, por lo tanto se acepta la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que se efectuó la prueba de medias, para determinar que tratamientos son diferentes entre sí.

Cuadro 54. Prueba de medias de Tukey para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Media (mm)	Grupo de Tukey
T3	3.43	A
T1	3.42	A
T6	3.41	AB
T4	3.27	AB
T2	3.23	AB
T7	3.08	AB
T5	3.06	B

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Diámetro del tallo en el cultivo de tomate a los 42 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

En la figura 15, se observa el crecimiento de los tratamientos en relación a la variable diámetro del tallo, donde se aprecia que los tratamientos (T3 y T1) tienen mayor diámetro, principalmente por la adecuada disponibilidad de agua y el adecuado nivel nutricional comprobados en los análisis físico y químico de los sustratos, que al interaccionar

permiten un nivel adecuado de nutrientes disponibles para la planta. Los demás tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6 y T7) están sobre diámetro mínimo del pilón.

Cuadro 55. Contrastes ortogonales para la variable diámetro del tallo en el cultivo de tomate, en la localidad vivero ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	1.32	0.51	0.16	1	0.16	6.76	0.0181
B vs L	0.39	0.19	0.1	1	0.1	4.16	0.0563
T2 vs T3 por dif. entre CAC y PF	-0.21	0.11	0.08	1	0.08	3.45	0.0797
T4 vs T6 por presen. TD	-0.13	0.11	0.04	1	0.04	1.44	0.2455
T2 vs T5 por dif. de TD	0.17	0.11	0.06	1	0.06	2.37	0.1409
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6	-0.72	0.43	0.07	1	0.07	2.88	0.1071
Total			0.6	6	0.1	4.12	0.0089

Fuente: Elaboración propia

6.4.4. Vigorosidad de las plántulas

La vigorosidad de la plántula fue una variable de respuesta que se obtuvo a los 38 DDS, esta es únicamente de carácter cualitativo, en donde se utilizó una escala visual que se creó para clasificarlas en tres escalas. En el cuadro 56 se puede observar el cuadro con la escala visual obtenida de cada tratamiento.

Cuadro 56. Escalas y vigorosidades de la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamientos	Vigorosidad
T1	Vigorosa
T2	Vigorosa
T3	Vigorosa
T4	Vigorosa
T5	Vigorosa
T6	Vigorosa
T7	Vigorosa

Fuente: Elaboración propia

En la localidad del vivero de la carrera de agronomía, las plántulas de tomate mostraron vigorosidad alta, para lo cual se posiciona en una vigorosidad óptima para la producción de plántulas de tomate. Esto se debió al ambiente de producción favorable en esta localidad pues que no afecto a la producción de pilones demostrando altos niveles de vigorosidad en una escala cualitativa.

6.4.5. Altura de la plántula

El crecimiento de los pilones de tomate bajo condiciones protegidas está influenciado por la disponibilidad de luz solar, para todas las plantas en el medio donde se desarrollan; la competencia por luminosidad puede repercutir en la elongación de las partes vegetativas de las plantas.

En el cuadro 57, se presenta el análisis de varianza para la variable altura de plántula y se observa que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 7.48%.

Cuadro 57. Análisis de varianza para la variable altura de plántula en el cultivo de tomate a los 38 DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	350.76	9	38.97	13.75	<0.0001	
Tratamiento	325.48	6	54.25	19.14	<0.0001	**
Bloque	25.29	3	8.43	2.97	0.0592	NS
Error	51.02	18	2.83			
Total	401.79	27				
C.V.	7.48					

** = Diferencia altamente significativa
NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

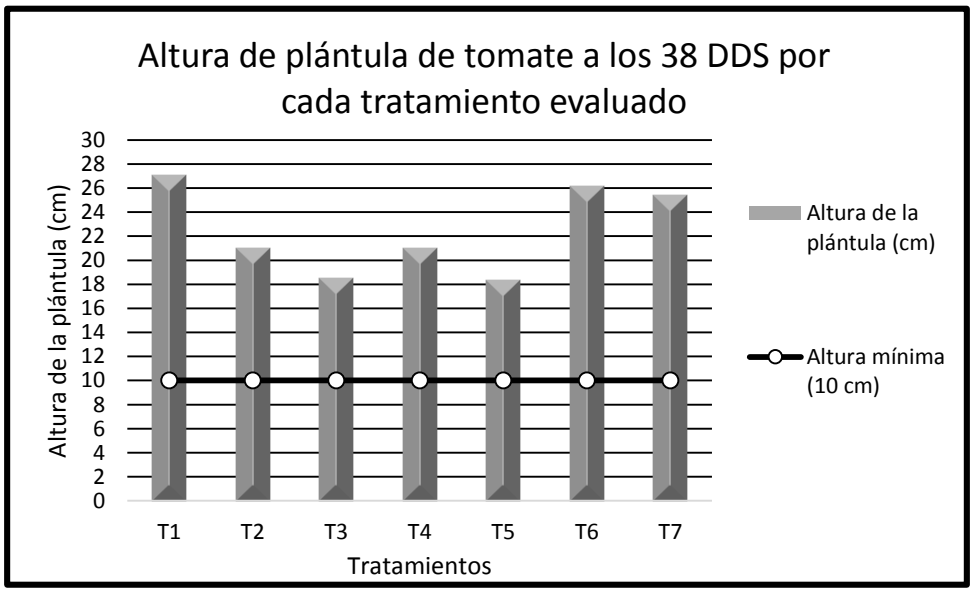
De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta una diferencia altamente significativa a los demás, por lo tanto se acepta la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los

demás, por lo que se efectuó la prueba de medias, para determinar que tratamientos son diferentes entre sí.

Cuadro 58. Prueba de medias de Tukey para la variable altura de plántula en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Media (cm)	Grupo de Tukey
T1	27.09	A
T6	26.19	A
T7	25.44	A
T2	21.02	B
T4	20.99	B
T3	18.49	B
T5	18.32	B

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Altura de plántula en el cultivo de tomate a los 38 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Los tratamientos (T1, T6 y T7) mostraron las mayores alturas comparado a los otros tratamientos. Este comportamiento puede explicarse por la adecuada disponibilidad de agua y el alto contenido nutricional comprobados en los análisis físico y químico de los sustratos, que al interaccionar permiten un nivel adecuado de nutrientes disponibles para la planta. Además, todos los tratamientos fueron influenciados por la competencia por luz, dadas las condiciones en la casa malla, por lo tanto las plántulas de tomate sufrieron una elongación de los tallos.

Los tratamientos (T2, T4, T3 y T5) logró el segundo valor más alto en altura de planta. Este valor se atribuye a las buenas propiedades físicas y químicas que presenta el tratamiento y una adecuada disponibilidad de agua. Todos los tratamientos están sobre el nivel mínimo requerido para la producción de pilones.

Cuadro 59. Contrastes ortogonales para la variable altura de la plántula en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	-20.56	5.46	40.25	1	40.25	14.2	0.0014
B vs L	16.44	2.06	180.24	1	180.24	63.58	<0.0001
T2 vs T3 por dif. entre CAC y PF	2.53	1.19	12.75	1	12.75	4.5	0.0481
T4 vs T6 por presen. TD	-5.2	1.19	54.13	1	54.13	19.1	0.0004
T2 vs T5 por dif. de TD	2.7	1.19	14.58	1	14.58	5.14	0.0359
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6	-30.43	4.61	123.44	1	123.44	43.55	<0.0001
Total			325.48	6	54.25	19.14	<0.0001

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en el cuadro 59 que todos los contrastes son significativos lo que demuestra que existen grandes diferencias significativas entre los tratamientos por diferencias de materiales.

6.4.6. Materia seca de raíces

La importancia de determinar la materia seca de la raíz de la planta de tomate, radica en que está relacionada con la cantidad de raíces con que cuenta la planta al momento de la cosecha para deducir la capacidad de adaptación al trasplante en el campo definitivo.

En el cuadro 60, se presenta el análisis de varianza donde se observa que no existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 24.13%.

Cuadro 60. Análisis de varianza para la variable materia seca de raíces en el cultivo de tomate a los 38 DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	0.01	9	1.30E-03	1.32	0.2945	
Tratamiento	0.01	6	2.00E-03	1.92	0.1317	NS
Bloque	3.30E-04	3	1.10E-04	0.11	0.9555	NS
Error	0.02	18	1.00E-03			
Total	0.03	27				
C.V.	24.13					

NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, ninguno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, no hay diferencia significativa, por lo tanto se rechaza la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que no fue necesario efectuar la prueba de medias para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

El coeficiente de variación es mayor de 20 debido al volumen de la celda que ya no permitió el mayor crecimiento de las raíces en los tratamientos que presentan las medias

más altas creando así un desbalance en los datos y aumentando el coeficiente de variación dando lugar a que no se presente ninguna significancia.

6.4.7. Materia seca de parte aérea

La materia seca de la parte aérea muestra la vigorosidad y el desarrollo foliar, por lo que es importante conocer el desempeño de la variable en los sustratos evaluados.

En el cuadro 66, se presenta el análisis de varianza donde se observa que existen altas diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 10.40%

Cuadro 66. Análisis de varianza para la variable materia seca de la parte aérea en el cultivo de tomate a los 38 DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	0.08	9	0.010	6.88	0.0003	
Tratamiento	0.08	6	0.010	10.03	0.0001	**
Bloque	2.30E-03	3	7.60E-04	0.59	0.6317	NS
Error	0.02	18	1.30E-03			
Total	0.10	27				
C.V.	10.40					

** = Diferencia altamente significativa
NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

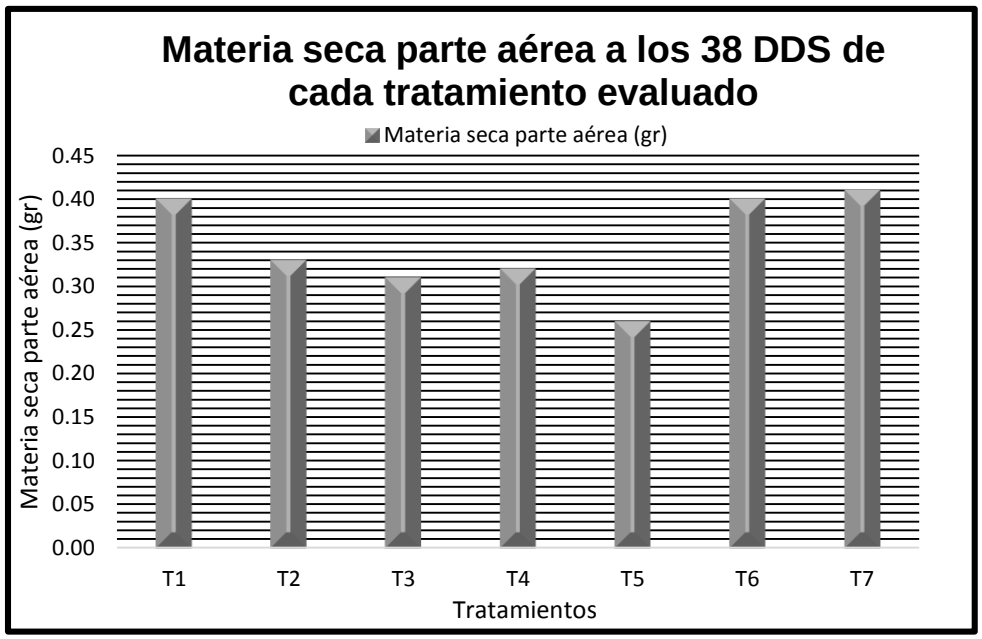
De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, se determinó que, al menos uno de los tratamientos evaluados, muestra una alta diferencia significativa, por lo tanto se acepta la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, presenta un resultado diferente a los demás, por lo que se realizó la prueba de medias, para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

Cuadro 62. Prueba de medias de Tukey para la variable materia seca de la parte aérea en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Media (gr)	Grupo de Tukey
T7	0.41	A
T6	0.40	AB
T1	0.40	AB
T2	0.33	ABC
T4	0.32	BC
T3	0.31	C
T5	0.26	C

Fuente: Elaboración propia

Los grupos con mayor materia seca son los tratamientos T7, T6 y T1, esto se debe a que los sustratos de este tratamiento permitieron una mayor retención de humedad, un mejor desarrollo radicular debido su alta porosidad y permitió el buen desarrollo del pilón.



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Materia seca parte aérea en el cultivo de tomate a los 38 DDS para cada tratamiento evaluado, en la localidad del ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Cuadro 63. Contrastes ortogonales para la variable materia seca de la parte aérea en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	-0.44	0.12	0.02	1	0.02	13.98	0.0015
B vs L	0.23	0.04	0.03	1	0.03	26.18	0.0001
T2 vs T3 por dif. entre CAC y PF	0.03	0.03	1.30E-03	1	1.30E-03	0.97	0.3378
T4 vs T6 por presen. TD	-0.08	0.03	0.01	1	0.01	8.73	0.0085
T2 vs T5 por dif. de TD	0.07	0.03	0.01	1	0.01	8.15	0.0105
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6	-0.38	0.1	0.02	1	0.02	14.54	0.0013
Total			0.08	6	0.01	10.03	0.0001

Fuente: Elaboración propia

6.4.8. Calidad de adobe

Parte del éxito en la producción de pilones incurre en la calidad de adobe que se obtenga, observando si el sustrato adopta fácilmente la forma y tamaño del recipiente donde se establece, por lo que se evaluó la calidad de adobe de las plántulas de tomate, a los 38 DDS, periodo en el cual los pilones están listos para el trasplante.

En el cuadro 64, se presenta el análisis de varianza donde se observa que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 9.54%.

Cuadro 64. Análisis de varianza para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate a los 38DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	1884.21	9	209.36	3.39	0.0132	
Tratamiento	1672.65	6	278.78	4.52	0.0058	*
Bloque	211.56	3	70.52	1.14	0.3588	NS
Error	1111.19	18	61.73			
Total	2995.4	27				
C.V.	9.54					

* = Diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

Al menos uno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, muestra una diferencia significativa, por lo tanto se acepta la hipótesis que al menos hay un tratamiento diferente a los demás, por lo que fue necesario efectuar la prueba de medias para poder determinar cuál o cuáles de los tratamientos son diferentes entre sí.

Cuadro 65. Prueba de medias de Tukey para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Media (%)	Grupo de Tukey
T7	100	A
T5	100	A
T1	99.60	A
T3	98.27	AB
T4	98.16	AB
T6	97.12	AB
T2	82.85	B

Fuente: Elaboración propia

Con base a la prueba de medias de Tukey, se observa que los tratamientos (T7 y T5) son estadísticamente iguales entre sí pero diferentes a los demás y son los que tienen la mejor calidad de adobe, ya que tienen valores entre el rango de 95 % - 100%. La razón

por la cual el tratamiento (T1 y T5) obtuvo dicho resultado es por la buena estructura que conforma el sustrato y el buen desarrollo radicular.

Además el tratamiento (T1) obtuvo uno de los mayores valores en la variable materia seca de la raíz, lo cual indica un desarrollo radicular adecuado que permite el anclaje y la agregación de las raíces al sustrato y por consiguiente su fácil extracción de la celda, sin dañar al pilón al momento de la cosecha de las bandejas, lo cual constituye una ventaja en el trasplante.

Los tratamientos (T3, T4 y T6), son estadísticamente iguales entre sí pero diferentes a los demás, mostrando una calidad de adobe buena, con valores entre 95 % - 100 %, este resultado puede repercutir al momento del trasplante, porque las raíces de la plántula de tomate no sé del agregaron al sustrato.

El tratamiento (T2) es diferente a los demás, su calidad de adobe es REGULAR y esto se debe al poco desarrollo radicular de la plántula que no pudo agregarse bien al sustrato por medio del crecimiento de sus raíces. Este resultado puede repercutir al momento del trasplante, porque las raíces de la planta de tomate no sé del agregaron al sustrato. Se pueden observar mayores diferencias en la prueba de contrastes ortogonales en el cuadro 66.

Cuadro 66. Contrastes ortogonales para la variable calidad de adobe en el cultivo de tomate, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
T7 vs Resto	-53.32	25.46	270.76	1	270.76	4.39	0.0507
B vs L	10.99	9.62	80.45	1	80.45	1.3	0.2686
T2 vs T3 por dif. entre CAC y PF	-16.93	5.56	572.91	1	572.91	9.28	0.0069
T4 vs T6 por presen. TD	1.97	5.56	7.78	1	7.78	0.13	0.7267
T2 vs T5 por dif. de TD	-24.31	5.56	1181.95	1	1181.95	19.15	0.0004
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6	-31.63	21.52	133.39	1	133.39	2.16	0.1588
Total			1672.65	6	278.78	4.52	0.0058

Fuente: Elaboración propia

6.4.9. Porcentaje de plantas trasplantables

Se midió el porcentaje de plantas trasplantables a los 38 DDS, cuando los pilones están listos para el trasplante, efectuando conteos de las plantas deficientes y comparándolas con el total de plantas emergidas. En el cuadro 72, se presenta el análisis de varianza donde se observa que no existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 5.25%.

Cuadro 72. Análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas trasplantables en el cultivo de tomate a los 38 DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	240.1	9	26.68	1.31	0.30	
Tratamiento	107.72	6	17.95	0.88	0.5298	NS
Bloque	132.38	3	44.13	2.16	0.1282	NS
Error	367.72	18	20.43			
Total	607.83	27				
C.V.	5.25					

NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, ninguno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, no hay diferencia significativa, por lo tanto se rechaza la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que no fue necesario efectuar la prueba de medias para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí. Todos los tratamientos están sobre el porcentaje mínimo de trasplante requerido (85%) para la producción de pilones de tomate.

6.4.10. Porcentaje de rendimiento

Se midió la variable porcentaje de rendimiento de las plantas de tomate a los 38 DDS, al momento de la cosecha, cuando los pilones están listos para el trasplante. El porcentaje de rendimiento toma en cuenta el porcentaje de germinación y el porcentaje de plantas trasplantables por unidad experimental (bandejas de 105 celdas). En el cuadro 68, se presenta el análisis de varianza donde se observa que no existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación obtenido es de 17.67%.

Cuadro 68. Análisis de varianza para la variable porcentaje de rendimiento de plantas de tomate a los 38 DDS, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	SIG
Modelo	1964.74	9	218.3	1.47	0.2317	
Tratamiento	986.83	6	164.47	1.11	0.3956	NS
Bloque	977.91	3	325.97	2.2	0.1236	NS
Error	2670.66	18	148.37			
Total	4635.39	27				
C.V.	17.67					

NS = no existe diferencia significativa
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la regla de decisión y los resultados del ANDEVA, ninguno de los tratamientos evaluados, presenta un resultado diferente a los demás, no hay diferencia significativa, por lo tanto se rechaza la hipótesis que al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás, por lo que no fue necesario efectuar la prueba de medias para determinar cuál o cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

Todos los tratamientos están sobre el porcentaje mínimo de rendimiento requerido (85%) para la producción de pilones de tomate, a excepción de los tratamientos (T3, T4 y T5) que obtuvieron rendimientos medios de 82.56, 82.51 y 76.45% que son porcentajes

inferiores al porcentaje mínimo de rendimientos (85%) para producción de plántulas de tomate.

6.4.11. Síntesis de la localidad ASORECH, municipio San Juan Ermita, departamento de Chiquimula

Los mejores tratamientos alternativos al tratamiento testigo T7, en esta localidad fueron los tratamientos T6, T1 y T3; mostrando características deseables para la producción de plántulas de tomate, porque presentaron una alta calidad y vigorosidad, tomando en cuenta las distintas variables de respuesta analizadas.

En el área donde se realizó el experimento, las condiciones climáticas no afectaron al ensayo, pues no se diagnosticaron problemas de hongos y otras enfermedades en las plántulas de tomate.

6.5. Síntesis general constatando los resultados de las tres localidades.

Tomando en cuenta los resultados de las tres localidades, en donde se experimentaron y analizaron diez variables de respuesta por localidad, se puede afirmar que los mejores sustratos en cuanto a calidad, vigorosidad y rendimiento, sin tomar en cuenta los costos de producción, son los sustratos de los tratamientos T3, T6, T5 y T1; obteniéndose así cuatro tratamientos alternativos al tratamiento testigo (T7).

Cuadro 69. Resumen de datos de las tres localidades en evaluación de sustratos orgánicos para producción de plántulas de tomate, Chiquimula 2015.

Localidad	Tratamientos	Germinación Media (%)	Altura de la plántula Media (cm)	Diámetro de la plántula Media (mm)	Calidad de adobe Media (%)	Tamaño de raíces Media (cm)	Plantas trasplantables Media (%)	Vigorosidad	Rendimiento Media (%)	Materia seca parte aérea Media (gr)	Materia seca raíces Media (gr)
INTERNMACH	T 1	72.14	24.39	3.08	97.21	6.59	100.00	Ligeramente Vigorosa	71.25	0.43	0.20
	T 2	85.24	21.80	2.84	91.29	6.62	99.00	Ligeramente Vigorosa	79.50	0.26	0.17
	T 3	94.29	21.93	2.91	95.92	6.82	100.00	Ligeramente Vigorosa	91.25	0.39	0.18
	T 4	93.81	20.42	2.82	90.00	6.76	99.00	Ligeramente Vigorosa	79.50	0.33	0.18
	T 5	93.33	24.09	3.09	96.75	7.33	99.25	Ligeramente Vigorosa	89.25	0.26	0.15
	T 6	83.81	18.97	2.75	91.79	6.41	99.50	Ligeramente Vigorosa	67.00	0.23	0.14
	T 7	94.52	24.38	2.75	99.67	7.80	99.50	Ligeramente Vigorosa	93.25	0.29	0.15
CUNORI	T 1	83.81	13.47	3.67	98.63	7.16	97.25	Ligeramente Vigorosa	76.25	0.30	0.18
	T 2	74.76	9.88	3.11	74.46	6.73	91.25	Ligeramente Vigorosa	62.25	0.20	0.15
	T 3	36.90	7.87	2.90	45.79	6.64	94.00	Débil	24.33	0.20	0.08
	T 4	70.95	9.99	3.31	77.74	5.96	90.50	Ligeramente Vigorosa	57.00	0.19	0.14
	T 5	38.57	9.08	3.23	93.66	7.19	86.00	Débil	20.00	0.23	0.12
	T 6	70.95	9.65	3.19	76.26	6.57	84.25	Ligeramente Vigorosa	47.25	0.21	0.13
	T 7	95.95	18.18	3.55	100.00	6.79	99.75	Ligeramente Vigorosa	95.25	0.37	0.20
ASORECH	T 1	91.52	27.09	3.42	96.50	6.09	98.50	Vigorosa	82.50	0.40	0.12
	T 2	92.26	21.02	3.22	75.50	6.40	99.50	Vigorosa	93.25	0.33	0.11
	T 3	87.66	18.49	3.43	92.83	6.78	98.00	Vigorosa	81.50	0.30	0.15
	T 4	92.23	20.99	3.27	92.79	6.22	99.50	Vigorosa	74.75	0.32	0.14
	T 5	83.26	18.32	3.05	99.96	7.03	98.00	Vigorosa	76.00	0.26	0.10
	T 6	93.20	26.19	3.41	90.33	6.84	99.50	Vigorosa	90.75	0.40	0.16
	T 7	84.24	25.44	3.08	100.00	8.78	99.00	Vigorosa	91.50	0.41	0.14

Fuente: Elaboración propia

6.6. Análisis financiero

Para realizar el análisis financiero se utilizó la metodología de presupuestos parciales, con el objeto de determinar el tratamiento con mayores beneficios, en cada una de las localidades.

Según Reyes, (2001); se llama presupuestos parciales, porque con este enfoque solamente se toman en consideración los costos asociados con la decisión de usar o no un tratamiento. Estos son los costos que permiten diferenciar un tratamiento del otro, y se denominan “Costos que Varían”, y se llaman así porque varían de un tratamiento a otro. El resto de costos no se ven afectados por la decisión de usar un tratamiento en particular, y permanecen constantes. Por esta razón se denominan costos fijos.

Para determinar el presupuesto parcial, se determinarán los costos variables por cada tratamiento y los ingresos producto de la venta de los pilones de tomate, luego se determinará el beneficio neto.

El rubro de los costos de producción de cada tratamiento comprenden en esta investigación los costos variables, dado que los tratamientos lo conforman una mezcla de diferentes materiales. El volumen utilizado como base para la preparación de cada uno de los sustratos es de 40 L, cantidad adecuada para evaluar el desempeño de los sustratos en las tres localidades, los costos de los materiales utilizados se encuentran en el Anexo 22.

Los costos que se incurrieron en el manejo de los pilones (siembra, fertilización, riegos, etc.) son costos fijos.

A continuación se presentan los costos variables, en este caso los costos variables son los costos asociados a la producción de los tratamientos utilizando diversos materiales así como de la mano de obra empleada para su elaboración.

Cuadro 70. Costos variables asociados a la producción de los tratamientos, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Materiales	Porcentaje	Unidad de medida	Cantidad Utilizada	Precio unitario de materiales en Q	Costo de material en Q	Costo total en Q	Costo por Kg en Q
T1	Fibra de coco	40%	Kgs	3.25	22.01	71.53	121	10.41
	Cascarilla de arroz	20%	Kgs	0.9	2.33	2.10		
	Carbón	15%	Kgs	1.94	15.67	30.40		
	Bocashi	15%	Kgs	4.13	1.38	5.70		
	Semolina	10%	Kgs	1.4	3.35	4.69		
	Mano de obra		hora	0.7	9.37	6.56		
T2	Tierra desinfectada	25%	Kgs	7.3	0.91	6.64	32.94	1.80
	Lombrihumus	25%	Kgs	8.22	1.65	13.56		
	Cascarilla de arroz	20%	Kgs	0.9	2.33	2.10		
	Cascarilla de arroz carbonizada	30%	Kgs	1.86	2.95	5.49		
	Mano de obra		hora	0.55	9.37	5.15		
T3	Lombrihumus	30%	Kgs	9.87	1.65	16.29	33.00	1.69
	Paja de frijol carbonizada	25%	Kgs	1.46	1.93	2.82		
	Cascarilla de arroz	20%	Kgs	0.9	2.33	2.10		
	Tierra desinfectada	25%	Kgs	7.3	0.91	6.64		
	Mano de obra		hora	0.55	9.37	5.15		
T4	Cascarilla de arroz	25%	Kgs	1.12	2.33	2.61	28.47	1.69
	Cascarilla de arroz carbonizada	25%	Kgs	1.55	2.95	4.57		
	Tierra desinfectada	25%	Kgs	7.3	0.91	6.64		
	Bocashi	25%	Kgs	6.88	1.38	9.49		
	Mano de obra		hora	0.55	9.37	5.15		
T5	Lombrihumus	30%	Kgs	9.87	1.65	16.29	31.41	2.29
	Cascarilla de arroz	30%	Kgs	1.34	2.33	3.12		
	Cascarilla de arroz carbonizada	40%	Kgs	2.48	2.95	7.3		
	Mano de obra		hora	0.5	9.37	4.69		
T6	Bocashi	30%	Kgs	8.26	1.38	11.40	26.52	2.20
	Cascarilla de arroz	30%	Kgs	1.34	2.33	3.12		
	Cascarilla de arroz carbonizada	40%	Kgs	2.48	2.95	7.3		
	Mano de obra		hora	0.5	9.37	4.69		
T7	Peat moss (turba)	100%	Kgs	4.84	23.96	115.97	119.25	24.64
	Mano de obra		hora	0.35	9.37	3.28		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el cuadro 70, el costo más elevado por Kilogramo lo tiene el tratamiento T7 con Q.24.64 y el costo más bajo por Kilogramo lo tiene los tratamientos T3 y T4 con un valor de Q.1.69 cada uno

En base a esto podemos determinar el costo del sustrato para la producción de pilones de tomate considerando bandejas de 105 celdas de 20cc de volumen por celda, la elaboración de estos costos variables se realizó en relación a la producción de 4 contenedores de 105 celdas que dan un total 420 plantas que constituyen cada tratamiento en una localidad.

Además en los cuadros, se observan los costos por localidades y el costo de pilón, al utilizar diferente sustrato.

Cuadro 71. Costo de sustrato (Tratamiento) por pilón de tomate producido utilizando bandejas de 105 celdas en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Costo/Kg	Peso/Bandeja (Kg)	Costo/Bandeja	Costo de semilla perdida	Costo/Localidad	Costo/Pilón
T1	10.41	0.55	5.73	35.10	58.00	0.1381
T2	1.80	1.30	2.34	18.60	27.96	0.0666
T3	1.69	1.39	2.35	7.20	16.60	0.0395
T4	1.69	1.40	2.37	8.10	17.56	0.0418
T5	2.29	0.98	2.24	8.40	17.38	0.0414
T6	2.20	0.93	2.05	20.40	28.58	0.0681
T7	24.64	0.34	8.38	6.90	40.41	0.0962

Fuente: Elaboración propia

Como el observa en el cuadro 71, el tratamiento que presenta el menor costo por localidad es el tratamiento T3 y el que presentó el mayor costo por localidad es el tratamiento T7, considerando únicamente el costo variable para la producción del sustrato.

Cuadro 72. Costo de sustrato (Tratamiento) por pilón de tomate producido utilizando bandejas de 105 celdas en la localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Costo/Kg	Peso/Bandeja (Kg)	Costo/Bandeja	Costo semilla perdida	Costo/Localidad	Costo/Pilón
T1	10.41	0.55	5.73	20.40	43.30	0.103100
T2	1.80	1.30	2.34	31.80	41.16	0.098000
T3	1.69	1.39	2.35	79.50	88.90	0.211658
T4	1.69	1.40	2.37	36.60	46.06	0.109676
T5	2.29	0.98	2.24	77.40	86.38	0.205659
T6	2.20	0.93	2.05	36.60	44.78	0.106629
T7	24.64	0.34	8.38	5.10	38.61	0.091930

Fuente: Elaboración propia

Como el observa en el cuadro 72, el tratamiento que presenta el menor costo por localidad es el tratamiento T7 y el que presentó el mayor costo por localidad es el tratamiento T3, considerando únicamente el costo variable para la producción del sustrato.

Cuadro 73. Costo de sustrato (Tratamiento) por pilón de tomate producido utilizando bandejas de 105 celdas en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Costo/Kg	Peso/Bandeja (Kg)	Costo/Bandeja	Costo de semilla perdida	Costo/Localidad	Costo/Pilón
T1	10.41	0.55	5.73	11.40	34.30	0.081671
T2	1.8	1.30	2.34	10.50	19.86	0.047286
T3	1.69	1.39	2.35	16.20	25.60	0.060944
T4	1.69	1.40	2.37	10.50	19.96	0.047533
T5	2.29	0.98	2.24	21.60	30.58	0.072802
T6	2.2	0.93	2.05	9.30	17.48	0.041629
T7	24.64	0.34	8.38	8.10	41.61	0.099072

Fuente: Elaboración propia

Como el observa en el cuadro 73, el tratamiento que presenta el menor costo por localidad es el tratamiento T6 y el que presentó el mayor costo por localidad es el tratamiento T7, considerando únicamente el costo variable para la producción del sustrato.

6.6.1 Localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula

A continuación se analizan los resultados obtenidos de la localidad INTERNMACH desde el punto de vista financiero.

Como se observa en el cuadro 74, se obtuvieron los rendimientos experimentales corregidos, los cuales resultan de promediar los rendimientos de los grupos de medias determinados con la prueba de comparación de medias. De acuerdo a la aprueba de Tukey, existen cuatro grupos de medias. El tratamiento T7, con el rendimiento más alto con una media corregida de 93.27%, en seguida los tratamientos T3 y T5 se ubican en la intersección de las distribuciones de rendimiento de los grupos A y B; los cuales se consideraron como un segundo grupo con rendimiento medio corregido con 90.57%. Luego se encuentran los tratamientos T2 y T4, con un rendimiento medio corregido de 79.87% y finalmente, los tratamientos T1 y T6, con un rendimiento medio corregido de 69.39%.

Cuadro 74. Rendimiento corregido de los diferentes sustratos, en la localidad del INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Media (%)	Grupo de Tukey	Rendimiento Corregido
T7	93.27	A	93.27
T3	91.47	AB	90.57
T5	89.68	AB	90.57
T2	79.99	BC	79.87
T4	79.75	BC	79.87
T1	71.27	C	69.39
T6	67.51	C	69.39

Fuente: Elaboración propia

En base a esto se obtuvo los beneficios brutos y beneficios netos, multiplicando el rendimiento corregido (pilones producidos por localidad) por el precio de cada pilón de tomate (Q.0.60) se obtuvo el beneficio bruto y luego sustrayendo los costos variables se obtuvo el beneficio neto.

Cuadro 75. Beneficio neto de los diferentes tratamientos de la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Rendimiento (%)	Pilones Producidos / Localidad	Beneficio Bruto	Costos Variables	Beneficio Neto
T1	69.39	291	174.6	58.00	116.60
T2	79.87	335	201	27.96	173.04
T3	90.57	380	228	16.60	211.40
T4	79.87	335	201	17.56	183.44
T5	90.57	380	228	17.38	210.62
T6	69.39	291	174.6	28.58	146.02
T7	93.27	391	234.6	40.41	194.19

Fuente: Elaboración propia

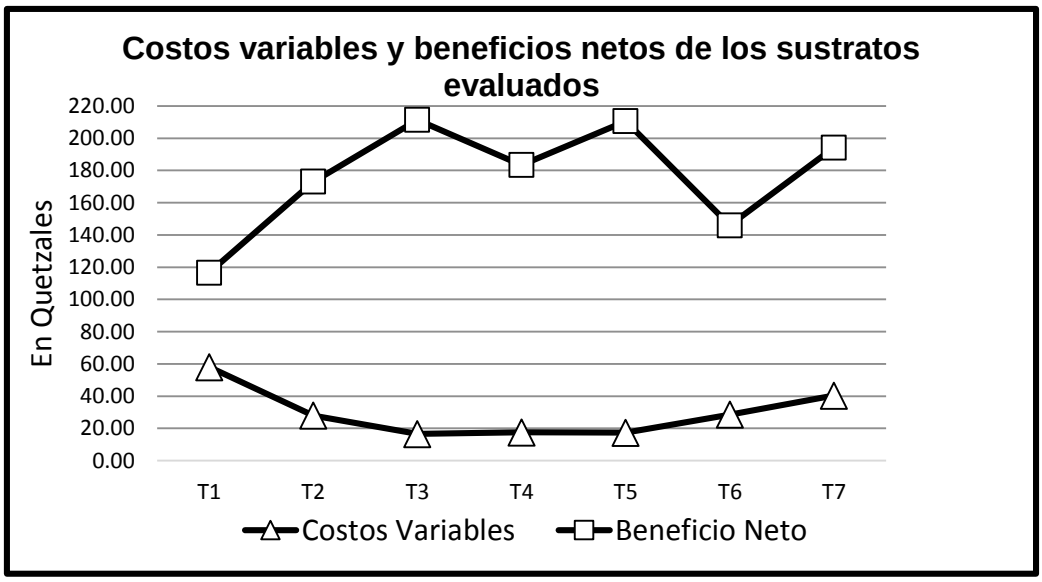
Como se observa en el cuadro 75, el menor costo lo mostró el tratamiento T3 con Q.16.60 de costo variable para la producción en 4 contenedores (420 plantas) y el mayor costo lo presentó el tratamiento T1, con un costo variable de Q.58.00. Así mismo, se puede observar que el mayor beneficio neto lo presenta el tratamiento T3 y el menor beneficio neto lo obtuvo el tratamiento T1. Con base a esta información se realizó el análisis de dominancia como se muestra en el cuadro 76.

Cuadro 76. Análisis de dominancia de la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Tratamientos	Costos Variables	Beneficio Neto	Observación del Cambio del Tratamiento	Dominancia
T3	16.60	211.40		No Dominado
T5	17.38	210.62	DE T3 A T5	Dominado
T4	17.56	183.44	DE T3 A T4	Dominado
T2	27.96	173.04	DE T3 A T2	Dominado
T6	28.58	146.02	DE T3 A T6	Dominado
T7	40.41	194.19	DE T3 A T7	Dominado
T1	58.00	116.60	DE T3 A T1	Dominado

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 76, se puede observar que el único tratamiento no dominado es el tratamiento T3, por lo tanto no fue necesario calcular la tasa de retorno marginal (TRM), porque el único tratamiento no dominado es el que presenta el mayor beneficio neto y el menor costo variable. Además se observa en la figura 18, el tratamiento que a menor costo se obtienen los mayores beneficios es el tratamiento T3, luego el tratamiento que presenta mejores beneficios netos es el T5, seguido del T7 y tratamiento que presentó el menor margen de beneficio fue el tratamiento T1.



Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Comparación de los costos variables y beneficio neto de los sustratos evaluados en la producción de plántulas de tomate en contenedor en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Cuadro 77. Análisis de residuo de los diferentes tratamientos evaluados en la producción de plántulas de tomate en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Costos Variables	Beneficio Neto	Costo de Oportunidad	Residuo
T1	58.00	116.60	58.00	58.60
T2	27.96	173.04	27.96	145.08
T3	16.60	211.40	16.60	194.81
T4	17.56	183.44	17.56	165.87
T5	17.38	210.62	17.38	193.25
T6	28.58	146.02	28.58	117.43
T7	40.41	194.19	40.41	153.78

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 77, se presenta el residuo para cada uno de los tratamientos evaluados, con lo cual se confirma que el tratamiento T3, es el más rentable. Esto indica que al utilizar el tratamiento T3, para la producción de plántulas de tomate en contenedor, se obtiene un

mayor beneficio en comparación con la utilización del resto de los tratamientos evaluado aparentemente.

6.6.2 Localidad vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula

A continuación se analizan los resultados obtenidos de la localidad del vivero de la carrera de Agronomía desde el punto de vista financiero.

Como se observa en el cuadro 78, se obtuvieron los rendimientos experimentales corregidos, los cuales resultan de promediar los rendimientos de los grupos de medias determinados con la prueba de comparación de medias. De acuerdo a la aprueba de Tukey, existen seis grupos de medias. El tratamiento T7, con el rendimiento más alto con una media corregida de 95.76%, el tratamiento T1, se ubica en la intersección de las distribuciones de rendimiento de los grupos A y B es el segundo tratamiento más alto, con el rendimiento con una media corregida de 76.90%, en seguida los tratamientos T2 y T4; con rendimiento medio corregido de 59.83% cada uno, el tratamiento T6, con rendimiento corregido 46.99%, el tratamiento T3, con rendimiento corregido 28.61% y por último el tratamiento T5, con un rendimiento corregido del 15.39%

Cuadro 78. Rendimiento corregido de los diferentes sustratos, en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Media (%)	Grupo de Tukey	Rendimiento Corregido
T7	95.76	A	95.76
T1	76.90	AB	76.90
T2	62.38	BC	59.83
T4	57.28	BC	59.83
T6	46.99	BCD	46.99
T3	28.61	CD	28.61
T5	15.39	C	15.39

Fuente: Elaboración propia

En base a esto se obtuvo los beneficios brutos y beneficios netos, multiplicando el rendimiento corregido (pilones producidos por localidad) por el precio de cada pilón de tomate (Q.0.60) se obtuvo el beneficio bruto y luego sustrayendo los costos variables se obtuvo el beneficio neto.

Cuadro 79. Beneficio neto de los diferentes tratamientos de la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Rendimiento (%)	Pilones Producidos / Localidad	Beneficio Bruto	Costos Variables	Beneficio Neto
T1	76.90	322	193.2	43.30	149.90
T2	59.83	251	150.6	41.16	109.44
T3	28.61	120	72	88.90	-16.90
T4	59.83	251	150.6	46.06	104.54
T5	15.39	64	38.4	86.38	-47.98
T6	46.99	197	118.2	44.78	73.42
T7	95.76	402	241.2	38.61	202.59

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro 79, el menor costo lo mostró el tratamiento T7 con Q.38.61 de costo variable para la producción en 4 contenedores (420 plantas) y el mayor costo lo presentó el tratamiento T3, con un costo variable de Q.88.90. Así mismo, se puede observar que el mayor beneficio neto lo presenta el tratamiento T7 y el menor beneficio neto lo obtuvo el tratamiento T5. Con base a esta información se realizó el análisis de dominancia como se muestra en el cuadro 80.

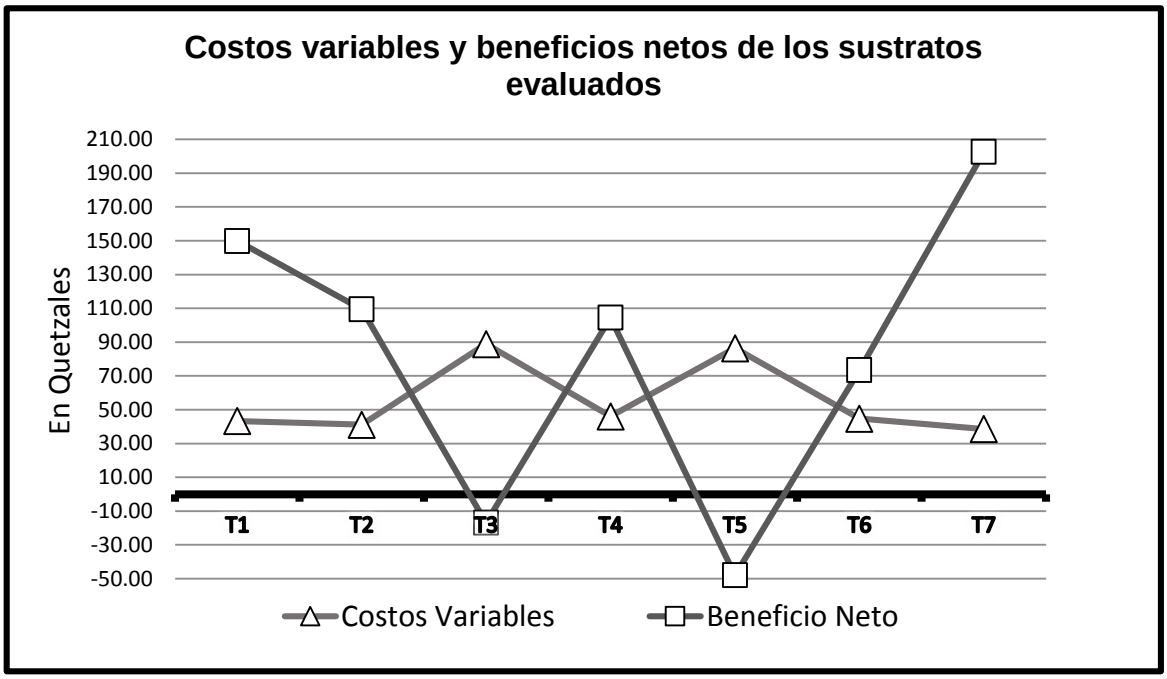
Cuadro 80. Análisis de dominancia de la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamientos	Costos Variables	Beneficio Neto	Observación del Cambio del Tratamiento	Dominancia
T7	38.61	202.59		No Dominado
T2	41.16	109.44	DE T7 A T2	Dominado
T1	43.30	149.90	DE T7 A T1	Dominado
T6	44.78	73.42	DE T7 A T6	Dominado
T4	46.06	104.54	DE T7 A T4	Dominado
T5	86.38	-47.98	DE T7 A T5	Dominado
T3	88.90	-16.90	DE T7 A T3	Dominado

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 80, se puede observar que el único tratamiento no dominado es el tratamiento T7, por lo tanto no fue necesario calcular la tasa de retorno marginal (TRM), porque el único tratamiento no dominado es el que presenta el mayor beneficio neto y el menor costo variable.

Además se observa en la figura 19, que el tratamiento que a menor costo se obtienen los mayores beneficios es el tratamiento T7, luego el tratamiento que presenta mejores beneficios netos es el T1, seguido del T2 y tratamiento que presentó el menor margen de beneficio fue el tratamiento T5.



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Comparación de los costos variables y beneficio neto de los sustratos evaluados en la producción de plántulas de tomate en contenedor en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Cuadro 81. Análisis de residuo de los diferentes tratamientos evaluados en la producción de plántulas de tomate en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula 2015.

Tratamientos	Costos Variables	Beneficio Neto	Costo de Oportunidad	Residuo
T1	43.30	149.90	43.30	106.60
T2	41.16	109.44	41.16	68.28
T3	88.90	-16.90	88.90	-105.79
T4	46.06	104.54	46.06	58.47
T5	86.38	-47.98	86.38	-134.35
T6	44.78	73.42	44.78	28.63
T7	38.61	202.59	38.61	163.98

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 81, se presenta el residuo para cada uno de los tratamientos evaluados, con lo cual se confirma que el tratamiento T7, es el más rentable. Esto indica que al utilizar el tratamiento T7, para la producción de plántulas de tomate en contenedor, se obtiene un mayor beneficio en comparación con la utilización del resto de los tratamientos evaluado.

6.6.3 Localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula

A continuación se analizan los resultados obtenidos de la localidad ASORECH desde el punto de vista financiero.

Como se observa en el cuadro 82, se obtuvieron los rendimientos experimentales corregidos, los cuales resultan de promediar los rendimientos de los grupos de medias determinados con la prueba de comparación de medias. De acuerdo a la aprueba de Tukey, existen un solo grupo de medias. El tratamiento T7 y todos los demás tratamientos tienen el mismo rendimiento más alto con una media corregida de 86.29%.

Cuadro 82. Rendimiento corregido de los diferentes sustratos, en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Media (%)	Grupo de Tukey	Rendimiento Corregido
T7	95.18	A	86.29
T2	93.53	A	86.29
T6	91.29	A	86.29
T1	86.71	A	86.29
T3	82.56	A	86.29
T4	78.36	A	86.29
T5	76.45	A	86.29

Fuente: Elaboración propia

En base a esto se obtuvo los beneficios brutos y beneficios netos, multiplicando el rendimiento corregido (pilones producidos por localidad) por el precio de cada pilón de tomate (Q.0.60) se obtuvo el beneficio bruto y luego sustrayendo los costos variables se obtuvo el beneficio neto.

Cuadro 83. Beneficio neto de los diferentes tratamientos de la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Rendimiento (%)	Pilones Producidos / Localidad	Beneficio Bruto	Costos Variables	Beneficio Neto
T1	86.29	362	217.2	34.30	182.90
T2	86.29	362	217.2	19.86	197.34
T3	86.29	362	217.2	25.60	191.60
T4	86.29	362	217.2	19.96	197.24
T5	86.29	362	217.2	30.58	186.62
T6	86.29	362	217.2	17.48	199.72
T7	86.29	362	217.2	41.61	175.59

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro 83, el menor costo lo mostró el tratamiento T6 con Q.17.48 de costo variable para la producción en 4 contenedores (420 plantas) y el mayor costo lo presentó el tratamiento T7, con un costo variable de Q.41.61. Así mismo se puede observar que el mayor beneficio neto lo presenta el tratamiento T6 y el menor beneficio neto lo obtuvo el tratamiento T7. Con base a esta información se realizó el análisis de dominancia como se muestra en el cuadro 84.

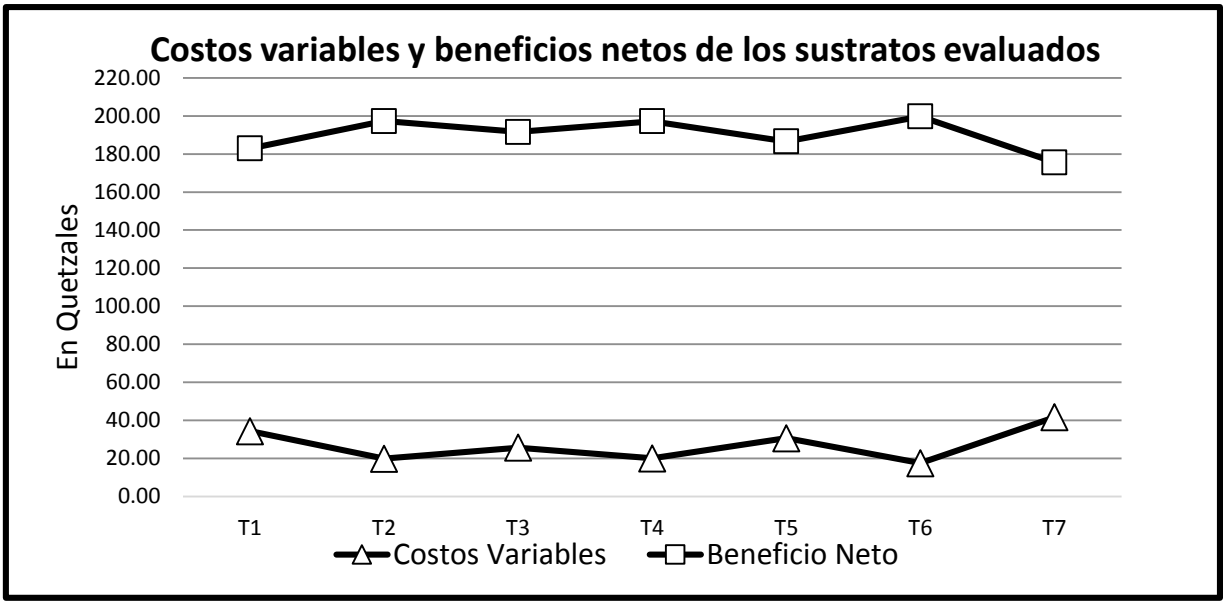
Cuadro 84. Análisis de dominancia de la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamientos	Costos Variables	Beneficio Neto	Observación del Cambio del Tratamiento	Dominancia
T6	17.48	199.72		No Dominado
T2	19.86	197.34	DE T6 A T2	Dominado
T4	19.96	197.24	DE T6 A T4	Dominado
T3	25.60	191.60	DE T6 A T3	Dominado
T5	30.58	186.62	DE T6 A T5	Dominado
T1	34.30	182.90	DE T6 A T1	Dominado
T7	41.61	175.59	DE T6 A T7	Dominado

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 84, se puede observar que el único tratamiento no dominado es el tratamiento T6, por lo tanto no fue necesario calcular la tasa de retorno marginal (TRM), porque el único tratamiento no dominado es el que presenta el mayor beneficio neto y el menor costo variable.

Además se observa en la figura 20, el tratamiento que a menor costo se obtienen los mayores beneficios es el tratamiento T6, luego el tratamiento que presenta mejores beneficios netos es el T2, seguido del T4 y tratamiento que presentó el menor margen de beneficio fue el tratamiento T7.



Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Comparación de los costos variables y beneficio neto de los sustratos evaluados en la producción de plántulas de tomate en contenedor en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Cuadro 85. Análisis de residuo de los diferentes tratamientos evaluados en la producción de plántulas de tomate en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula 2015.

Tratamiento	Costos Variables	Beneficio Neto	Costo de Oportunidad	Residuo
T1	34.30	182.90	34.30	148.60
T2	19.86	197.34	19.86	177.48
T3	25.60	191.60	25.60	166.01
T4	19.96	197.24	19.96	177.27
T5	30.58	186.62	30.58	156.05
T6	17.48	199.72	17.48	182.23
T7	41.61	175.59	41.61	133.98

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 85, se presenta el residuo para cada uno de los tratamientos evaluados, con lo cual se confirma que el tratamiento T6, es el más rentable. Esto indica que al utilizar el tratamiento T6, para la producción de plántulas de tomate en contenedor, se obtiene un mayor beneficio en comparación con la utilización del resto de los tratamientos evaluados.

7. CONCLUSIONES

1. Los tratamientos que mejores resultados presentaron en las tres localidades donde se realizó la evaluación de sustratos alternativos, mediante el análisis de diez variables de respuesta, sin considerar los costos de producción, fueron los tratamientos T1, T3, T5 y T6 porque mostraron alta calidad y vigorosidad en la producción de plántulas de tomate.

2. El análisis financiero de la evaluación de sustratos alternativos en las tres localidades, permitió se determinar que los mejores tratamientos fueron T3, T2 y T6 porque generaron mayor rentabilidad para el productor de pilones.

3. En la integración de los resultados obtenidos en la evaluación técnica y financiera de la producción de plántulas de tomate utilizando diferentes sustratos, se determinó que los tratamientos sobresalientes fueron el T3 y T6, porque permitieron obtener una adecuada producción de plántulas de tomate con alta calidad y vigorosidad, además de generar mayores beneficios financieros para el productor.

8. RECOMENDACIONES

1. Continuar evaluando los tratamientos T1, T3, T5 y T6 para comprobar su calidad y desempeño productivo, en comparación con otros sustratos alternativos comerciales que se generen en futuras investigaciones, para la producción de plántulas de tomate en bandejas bajo condiciones protegidas.

2. Con base en el desempeño vegetativo de las plántulas producidas y el análisis financiero de los sustratos evaluados, el tratamiento T6 compuesto por 30% cascarilla de arroz, 40% cascarilla de arroz carbonizada y 30% bocashi y el tratamiento T3 que está compuesto por 30 % lombrihumus, 25% paja de frijol carbonizada, 20% cascarilla de arroz y 25% tierra tratada; pueden ser una opción para la producción de plántulas de tomate en condiciones protegidas.

9. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

De La Cruz S, JR. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basado en el sistema Holdridge. Guatemala, INAFOR. 35 p.

Gallo Rodríguez, A; Viana Otero, V. 2005. Evaluación agronómica de sustratos orgánicos en la producción de plantines de tomate (*Lycopersicum sculentum)* (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 195 p. Consultado 18 sep. 2014. Disponible en http://biblioteca.fagro.edu.uy/iah/textostesis/2005/3363gal1.pdf

Gómez M, F. 2001. Evaluación del Bokashi como sustrato para semilleros en la región Atlántica de Costa Rica (en línea). Tesis. Ing. Agr. Costa Rica, Universidad Earth. 32 p. Consultado 1 mar. 2015. Disponible en http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/bokashi_sustrato_para_semilleros_cr.pdf

ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, Guatemala). 2014. Identificación de sustratos para la producción de plántulas de tomate en la región oriental de Guatemala. Guatemala, ICTA. 10 p.

INFOAGRO Systems (Información Agronómica, España). 2010. El cultivo de tomate (en línea). España. Consultado 4 oct. 2014. Disponible en http:/www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm

ITIS (Integrated Taxonomic Information System, Estados Unidos De América). 2014. *Solanum lycopersicum* L. (en línea). Estados Unidos De América. Consultado 7 oct. 2014. Disponible en http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=521671

Jaramillo N, J; Rodríguez, VP; Guzmán A, M; Zapata G, M; Rengifo M, T. 2007. Manual técnico: buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas (en línea). Colombia, Corpoica; Mana; FAO. 316 p. Consultado 10 feb. 2015. Disponible en http://www.fao.org.co/manualtomate.pdf

Pérez Macareno, G; Mancera Gómez, JM. 2012. Los sustratos (en línea). España, SlideShare. Consultado 15 feb. 2015. Disponible en http://es.slideshare.net/GerardoPM88/los-sustratos

Picón Canahui, RC. 2013. Evaluación de sustratos alternativos para la producción de pilones de cultivo de tomate (*Lycopersicum sculentum L.*) en los municipios de Esquipulas y Chiquimula, Guatemala. Tesis. Ing. Agr. Chiquimula, Guatemala, USAC - CUNORI. 145 p.

Quesada Roldán, G; Méndez Soto, C. 2005. Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas (en línea). Revista Agronomía Mesoamericana 16 (2): 171-183. ISSN: 1021-7444. Consultado 27 oct. 2014. Disponible en http://www.mag.go/rev_meso/v16n02_171.pdf

Reyes, H. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: re-enseñando el uso de este enfoque. Guatemala, FAUSAC. p. 32. (Boletín informativo 1-2001).

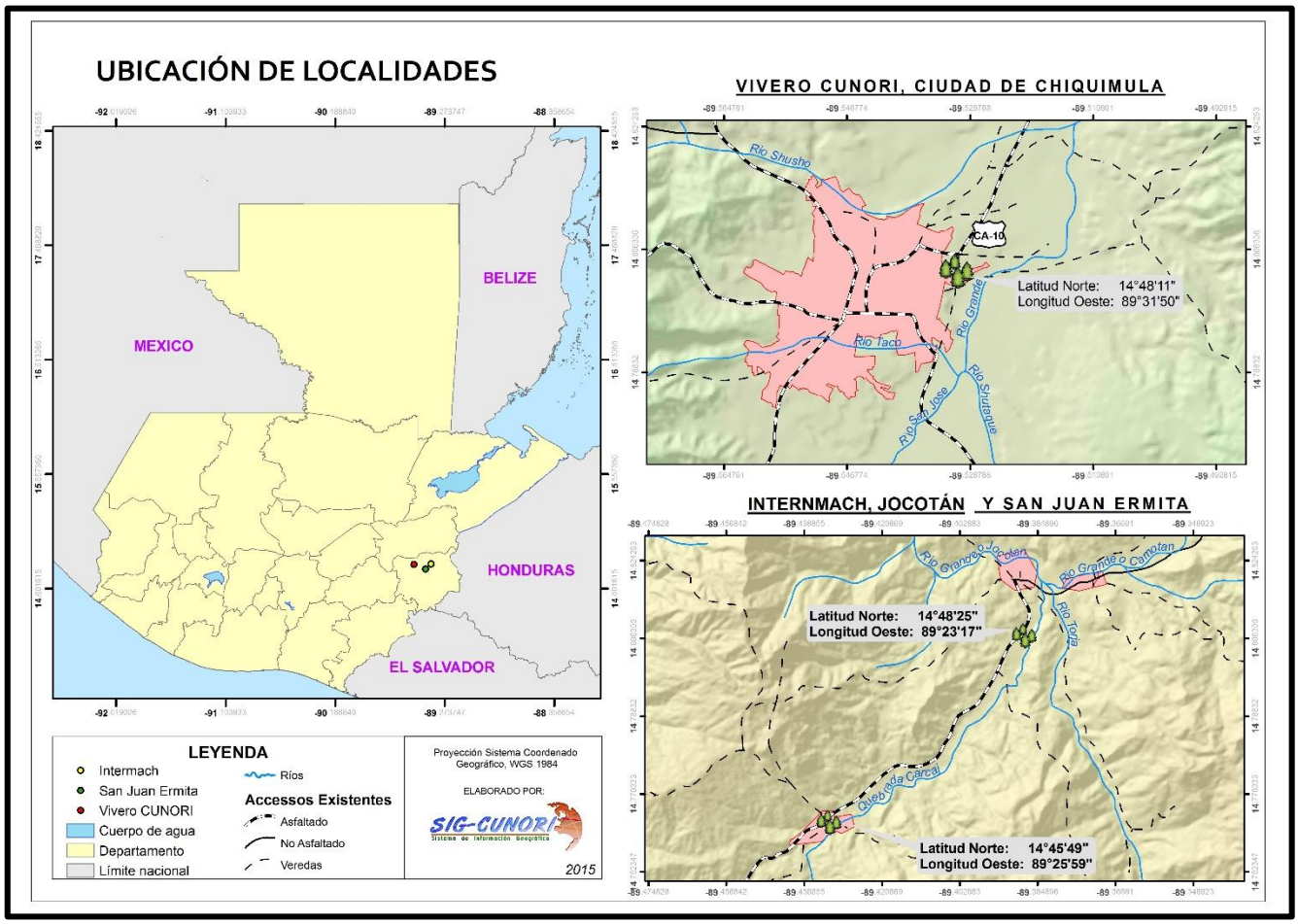
Saboya Saboya, GJ. 2010. Análisis técnico y económico en la producción de la cascarilla de arroz carbonizada (CAC) como sustrato para la propagación vegetativa de estacas juveniles de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en cámara de sub-irrigación, Pucallpa, Perú (en línea). Tesis Ing. Forestal. Pucallpa, Perú, Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. 110 p. Consultado 18 ene. 2015. Disponible en http://www.iiap.org.pe/ cdpublicaciones2011/documentos/pdf/probosques/pu/66.pdf

Toledo Chávez, PF. 2006. Evaluación de un sustituto de turba de musgo (Peat moss) como sustrato y un estimulador radicular en la producción de plántulas de maíz dulce (*Zea mays* L.) y tomate (*Lycopersicum esculentum* L.) bajo condiciones de invernadero en San Jerónimo, Baja Verapaz. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, USAC. 62 p. Consultado 4 abril 2015. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2341.pdf

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CHIQUIMULA
BIBLIOTECA

10. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de localidades



Anexo 2. Distribución de los tratamientos de la unidad experimental que se utilizara en ambas localidades.

Bloque IV	**T5 407**	**T3 406**	**T1 405**	**T4 404**	**T0 403**	**T2 402**	**T6 401**
Bloque III	**T2 301**	**T6 302**	**T1 303**	**T4 304**	**T5 305**	**T3 306**	**T0 307**
Bloque II	**T0 207**	**T2 206**	**T4 205**	**T5 204**	**T6 203**	**T1 202**	**T3 201**
Bloque I	**T4 101**	**T1 102**	**T6 103**	**T0 104**	**T2 105**	**T5 106**	**T3 107**

Tratamientos		**Proporción (%)**
T1	Fibra de coco + Cascarilla de arroz + Carbón + Bocashi + Semolina	40:20:15:15:10
T2	Tierra desinfectada + Lombrihumus + Cascarilla de arroz + Cascarilla de arroz Carbonizada	25:25:20:30
T3	Lombrihumus + Paja de frijol carbonizada + Cascarilla de arroz + Tierra desinfectada	30:25:20:25
T4	Cascarilla de arroz + Cascarilla de arroz carbonizada + Tierra desinfectada + Bocashi	25:25:25:25
T5	Lombrihumus + Cascarilla de arroz + Cascarilla de arroz carbonizada	30:30:40
T6	Cascarilla de arroz + Cascarilla de arroz carbonizada + Bocashi	30:40:30
T7	Peat moss	100

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Características de la variedad de tomate Santa Cruz No. 1.

Variedad	Días a inicio de floración	Días a inicio maduración	Hábito de Crecimiento	Forma de Fruto	Color de Fruto	Grados Brix	pH
Santa Cruz No. 1	28	70	Indeterminado	Redondo	Rojo	4.53	4.38

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Plan de manejo de plántulas de tomate para las localidades evaluadas.

Plan de manejo de producción de plántulas de tomate en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula				
Día de aplicación	Formula	Aplicación	Tipo	Dosis
16 Días después de la siembra	Prevircur® + Derosal®	Sustrato	Fungicida	12.5cc +12.5cc /16 Lts
24 Días después de la siembra	15-15-15	Sustrato	Fertilizante hidrosoluble	48 gr /16 Lts
27 Días después de la siembra	15-15-15 + Complesal®	Sustrato	Fertilizante hidrosoluble + fertilizante foliar multimineral quelatado	48gr + 75cc / 16 Lts
30 Días después de la siembra	15-15-15 + Complesal®	Sustrato	Fertilizante hidrosoluble + fertilizante foliar multimineral quelatado	48gr + 75cc / 16 Lts

Fuente: Elaboración propia

Plan de manejo de producción de pilones de tomate en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula				
Día de aplicación	Formula	Aplicación	Tipo	Dosis
5 Días después de la siembra	Prevalor®	Sustrato	Fungicida	12.5cc / 16 Lts
19 Días después de la siembra	15-15-15	Sustrato	Fertilizante hidrosoluble	48 gr /16 Lts
22 Días después de la siembra	Prevalor®	Sustrato	Fungicida	12.5cc / 16 Lts
23 Días después de la siembra	15-15-15 + Complesal®	Sustrato	Fertilizante hidrosoluble + fertilizante foliar multimineral quelatado	48gr + 75cc / 16 Lts
28 Días después de la siembra	Prevalor®	Sustrato	Fungicida	12.5cc / 16 Lts
29 Días después de la siembra	15-15-15 + Complesal®	Sustrato	Fertilizante hidrosoluble + fertilizante foliar multimineral quelatado	48gr + 75cc / 16 Lts

Fuente: Elaboración propia

Plan de manejo de producción de plántulas de tomate en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula				
Día de aplicación	Formula	Aplicación	Tipo	Dosis
19 Días después de la siembra	Prevalor®	Sustrato	Fungicida	12.5cc / 16 Lts
22 Días después de la siembra	15-15-15 + Complesal®	Sustrato	Fertilizante hidrosoluble + fertilizante foliar multimineral quelatado	48gr + 75cc / 16 Lts
31 Días después de la siembra	15-15-15 + Complesal®	Sustrato	Fertilizante hidrosoluble + fertilizante foliar multimineral quelatado	48gr + 75cc / 16 Lts

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5 .Análisis físico químico del agua utilizada para riego de plantas de tomate en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula.

LABORATORIO AMBIENTAL
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERA DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL
Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 78730300

Referido por:	Diego Rosas	**No. Muestra:**	03
Identificación de la Muestra:	INTERMACH	**Fecha:**	05/08/2015
Localización:	Jocotán, Chiquimula		
Tipo de Fuente:	Pozo		
Uso de Agua:	Riego		
Telefono:			

ANALISIS DE FISICO-QUIMICO DE AGUA

PARAMETROS		RESULTADOS	Limite Maximo Aceptable	Limite Máximo Permisible
Turbidez	NTU	0.16	5	15
Conductividad	µS/cm	368	---	menor de 1,500
Temperatura*	°C	24.1	15 a 25	34
Solidos Totales	mg/l	300	500	1000
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	235,52	---	500
Oxigeno Disuelto	mg/l	7.88	8	4
Oxigeno Disuelto	% Sat.	112.9	---	80 a 100
pH	Unidades	7.89	7.0 a 7.5	6.5 a 8.5
Fosfatos	mg/l	0.490	0.5	1
Nitratos	mg/l	0.75	---	10
Nitritos	mg/l	0.0270	---	0.1
Sulfato	mg/l	20.00	100	250
Demanda Biológica de Oxígeno BDO5	mg/l	480.00	---	25
Dureza	mg/l CaCO3	270	100	500

** Temperatura: los resultados corresponden a la temperatura de la muestra en el laboratorio, no en el campo*

ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS	Valor de Referencia
COLIFORMES TOTALES	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	3
ESCHERICHIA COLI	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	3
COLIFORMES FECALES	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	3

Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son validos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

Anexo 6. Análisis físico químico del agua utilizada para riego de plantas de tomate en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula.

LABORATORIO AMBIENTAL
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERA DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL
Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 78730300

Referido por:	Diego Rosas	**No. Muestra:**	01
Identificación de la Muestra:	Vivero CUNORI	**Fecha:**	05/08/2015
Localización:	Finca EL Zapotillo Z5 Chiquimula		
Tipo de Fuente:	Pozo Mecánico		
Uso de Agua:	Riego Vivero		
Telefono:			

ANALISIS DE FISICO-QUIMICO DE AGUA

PARAMETROS		RESULTADOS	Limite Maximo Aceptable	Limite Máximo Permisible
Turbidez	NTU	3	5	15
Conductividad	µS/cm	619	---	menor de 1,500
Temperatura*	°C	25	15 a 25	34
Solidos Totales	mg/l	432	500	1000
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	396.16	---	500
Oxigeno Disuelto	mg/l	7.51	8	4
Oxigeno Disuelto	% Sat.	109.3	---	80 a 100
pH	Unidades	7.48	7.0 a 7.5	6.5 a 8.5
Fosfatos	mg/l	0.610	0.5	1
Nitratos	mg/l	5.0	---	10
Nitritos	mg/l	0.0010	---	0.1
Sulfato	mg/l	23.47	100	250
Demanda Biológica de Oxígeno BDO5	mg/l	150.00	---	25
Dureza	mg/l CaCO3	335	100	500

** Temperatura: los resultados corresponden a la temperatura de la muestra en el laboratorio, no en el campo*

ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS	Valor de Referencia
COLIFORMES TOTALES	28.0 NMP/100 ml	3
ESCHERICHIA COLI	28.0 NMP/100 ml	3
COLIFORMES FECALES	28.0 NMP/100 ml	3

Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son validos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA - CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE - CHIQUIMULA - LABORATORIO AMBIENTAL

Anexo 7. Análisis físico químico del agua utilizada para riego de plantas de tomate en la localidad de ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula.

LABORATORIO AMBIENTAL
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERA DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL
Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 78730300

Referido por:	Diego Rosas	**No. Muestra:**	02
Identificación de la Muestra:	Río Carcaj	**Fecha:**	05/08/2015
Localización:	San Juan Ermita, Chiquimula		
Tipo de Fuente:	Río		
Uso de Agua:	Riego		
Telefono:			

ANALISIS DE FISICO-QUIMICO DE AGUA

PARAMETROS		RESULTADOS	Limite Maximo Aceptable	Limite Máximo Permisible
Turbidez	NTU	2	5	15
Conductividad	µS/cm	716	---	menor de 1,500
Temperatura*	°C	25	15 a 25	34
Solidos Totales	mg/l	628	500	1000
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	458.24	---	500
Oxigeno Disuelto	mg/l	7.44	8	4
Oxigeno Disuelto	% Sat.	108.7	---	80 a 100
pH	Unidades	7.71	7.0 a 7.5	6.5 a 8.5
Fosfatos	mg/l	0.470	0.5	1
Nitratos	mg/l	0.9	---	10
Nitritos	mg/l	0.0270	---	0.1
Sulfato	mg/l	54.73	100	250
Demanda Biológica de Oxígeno BDO5	mg/l	50.00	---	25
Dureza	mg/l CaCO3	70	100	500

** Temperatura: los resultados corresponden a la temperatura de la muestra en el laboratorio, no en el campo*

ANALISIS BACTERIOLOGICO DE AGUA

PARAMETROS	RESULTADOS	Valor de Referencia
COLIFORMES TOTALES	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	3
ESCHERICHIA COLI	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	3
COLIFORMES FECALES	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	3

Licda. Vilma Leticia Ramos López
Responsable Laboratorio Ambiental

Los resultados de este informe son validos para la muestra como fue recibida en el laboratorio

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA - CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE - CHIQUIMULA - LABORATORIO AMBIENTAL

Anexo 8. Análisis de suelo realizado al tratamiento T1.

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
LABORATORIO DE SUELOS
Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 79420173 - 79424676

Nombre Propiertario:	Diego Rosas	No. Muestra:	01
Nombre de Finca:		Fecha:	24/07/2015
Localización:	Chiquimula	Teléfono:	
Identif. de la muestra:	T1		
Cultivo:			

ANALISIS DE SUELO Y RECOMENDACIONES

TEXTURA DEL SUELO

Textura **Franco Arenosa**

% Arcilla	19.58%
% Limo	12.66%
% Arena	67.76%

MATERIA ORGANICA (%)

Resultados	6.88	%
Rango Adecuado	3 - 5	%

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Conductividad Electrica	1356 US/cm

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL SUELO

DETERMINACIONES			RESULTADOS	Rango Adecuado	Representación Gráfica		
					Bajo	Adecuado	Alto
pH	Unidades		5.82	5.5 - 7.5			
Nitrogeno	N	ppm		-			
Fósforo	P	ppm	267.05	20 - 40			
Potasio	K	ppm	937.50	125 - 200			
Calcio	Ca	meq/100 grs	12.87	3 - 6			
Magnesio	Mg	meq/100 grs	6.32	1.5 - 2			
Hierro	Fe	ppm	68.00	30 - 50			
Cobre	Cu	ppm	4.80	2 - 3.5			
Manganeso	Mn	ppm	68.00	30-50			
Zinc	Zn	ppm	4.80	3 - 6			

RECOMENDACIONES POR MANZANA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE LABORATORIO DE SUELOS CHIQUIMULA

Coordinador de Laboratorio de Suelos -CUNORI-

Anexo 9. Análisis de suelo realizado al tratamiento T2.

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
LABORATORIO DE SUELOS
Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 79420173 - 79424676

Nombre Propiertario:	Diego Rosas	No. Muestra:	02
Nombre de Finca:		Fecha:	24/07/2015
Localización:	Chiquimula	Teléfono:	
Identif. de la muestra:	T2		
Cultivo:			

ANALISIS DE SUELO Y RECOMENDACIONES

TEXTURA DEL SUELO

Textura **Franco**

% Arcilla	25.91%
% Limo	29.54%
% Arena	44.55%

MATERIA ORGANICA (%)

Resultados	6.88	%
Rango Adecuado	3 - 5	%

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Conductividad Electrica	1744 US/cm

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL SUELO

DETERMINACIONES			RESULTADOS	Rango Adecuado	Representación Gráfica		
					Bajo	Adecuado	Alto
pH	Unidades		6.83	5.5 - 7.5			
Nitrogeno	N	ppm		-			
Fósforo	P	ppm	285.00	20 - 40			
Potasio	K	ppm	812.50	125 - 200			
Calcio	Ca	meq/100 grs	27.76	3 - 6			
Magnesio	Mg	meq/100 grs	6.99	1.5 - 2			
Hierro	Fe	ppm	55.00	30 - 50			
Cobre	Cu	ppm	3.90	2 - 3.5			
Manganeso	Mn	ppm	52.00	30-50			
Zinc	Zn	ppm	3.90	3 - 6			

RECOMENDACIONES POR MANZANA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
LABORATORIO DE SUELOS
CHIQUIMULA

Coordinador de Laboratorio de Suelos -CUNORI-

Anexo 10. Análisis de suelo realizado al tratamiento T3.

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
LABORATORIO DE SUELOS
Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 79420173 - 79424676

Nombre Propiertario:	Diego Rosas	No. Muestra:	03
Nombre de Finca:		Fecha:	24/07/2015
Localización:	Chiquimula	Teléfono:	
Identif. de la muestra:	T3		
Cultivo:			

ANALISIS DE SUELO Y RECOMENDACIONES

TEXTURA DEL SUELO

Textura **Franco Arcillosa**

% Arcilla	34.35%
% Limo	37.98%
% Arena	27.67%

MATERIA ORGANICA (%)

Resultados	6.88	%
Rango Adecuado	3 - 5	%

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Conductividad Electrica	3140 US/cm

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL SUELO

DETERMINACIONES			RESULTADOS	Rango Adecuado	Representación Gráfica		
					Bajo	Adecuado	Alto
pH	Unidades		8.12	5.5 - 7.5			
Nitrogeno	N	ppm		-			
Fósforo	P	ppm	282.00	20 - 40			
Potasio	K	ppm	1000.00	125 - 200			
Calcio	Ca	meq/100 grs	21.52	3 - 6			
Magnesio	Mg	meq/100 grs	6.37	1.5 - 2			
Hierro	Fe	ppm	38.00	30 - 50			
Cobre	Cu	ppm	2.70	2 - 3.5			
Manganeso	Mn	ppm	34.00	30-50			
Zinc	Zn	ppm	3.00	3 - 6			

RECOMENDACIONES POR MANZANA

Coordinador de Laboratorio de Suelos -CUNORI-

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE LABORATORIO DE SUELOS CHIQUIMULA

Anexo 11. Análisis de suelo realizado al tratamiento T4.

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
LABORATORIO DE SUELOS
Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 79420173 - 79424676

Nombre Propiertario:	Diego Rosas	No. Muestra:	04
Nombre de Finca:		Fecha:	24/07/2015
Localización:	Chiquimula	Teléfono:	
Identif. de la muestra:	T4		
Cultivo:			

ANALISIS DE SUELO Y RECOMENDACIONES

TEXTURA DEL SUELO

Textura **Franco Arcillosa**

% Arcilla	34.35%
% Limo	21.10%
% Arena	44.55%

MATERIA ORGANICA (%)

Resultados	6.88	%
Rango Adecuado	3 - 5	%

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Conductividad Electrica	755 US/cm

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL SUELO

DETERMINACIONES			RESULTADOS	Rango Adecuado	Representación Gráfica		
					Bajo	Adecuado	Alto
pH	Unidades		6.18	5.5 - 7.5			
Nitrogeno	N	ppm		-			
Fósforo	P	ppm	282.00	20 - 40			
Potasio	K	ppm	687.50	125 - 200			
Calcio	Ca	meq/100 grs	29.32	3 - 6			
Magnesio	Mg	meq/100 grs	8.73	1.5 - 2			
Hierro	Fe	ppm	48.00	30 - 50			
Cobre	Cu	ppm	3.50	2 - 3.5			
Manganeso	Mn	ppm	52.00	30-50			
Zinc	Zn	ppm	4.20	3 - 6			

RECOMENDACIONES POR MANZANA

Coordinador de Laboratorio de Suelos -CUNORI-

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
LABORATORIO DE SUELOS
CHIQUIMULA

Anexo 12. Análisis de suelo realizado al tratamiento T5.

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
LABORATORIO DE SUELOS

Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 79420173 - 79424676

Nombre Propiertario:	Diego Rosas	No. Muestra:	05
Nombre de Finca:		Fecha:	24/07/2015
Localización:	Chiquimula	Teléfono:	
Identif. de la muestra:	T5		
Cultivo:			

ANALISIS DE SUELO Y RECOMENDACIONES

TEXTURA DEL SUELO

Textura **Franco Arenosa**

% Arcilla	17.47%
% Limo	29.54%
% Arena	52.99%

MATERIA ORGANICA (%)

Resultados	6.82	%
Rango Adecuado	3 - 5	%

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Conductividad Electrica	523 US/cm

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL SUELO

DETERMINACIONES			RESULTADOS	Rango Adecuado	Representación Gráfica		
					Bajo	Adecuado	Alto
pH	Unidades		8.31	5.5 - 7.5			
Nitrogeno	N	ppm		-			
Fósforo	P	ppm	282.00	20 - 40			
Potasio	K	ppm	1000.00	125 - 200			
Calcio	Ca	meq/100 grs	19.34	3 - 6			
Magnesio	Mg	meq/100 grs	8.68	1.5 - 2			
Hierro	Fe	ppm	45.00	30 - 50			
Cobre	Cu	ppm	3.30	2 - 3.5			
Manganeso	Mn	ppm	56.00	30-50			
Zinc	Zn	ppm	3.90	3 - 6			

RECOMENDACIONES POR MANZANA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE LABORATORIO DE SUELOS CHIQUIMULA

Coordinador de Laboratorio de Suelos -CUNORI-

Anexo 13. Análisis de suelo realizado al tratamiento T6.

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
LABORATORIO DE SUELOS
Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 79420173 - 79424676

Nombre Propiertario:	Diego Rosas	No. Muestra:	06
Nombre de Finca:		Fecha:	24/07/2015
Localización:	Chiquimula	Teléfono:	
Identif. de la muestra:	T6		
Cultivo:			

ANALISIS DE SUELO Y RECOMENDACIONES

TEXTURA DEL SUELO

Textura **Franca**

% Arcilla	19.58%
% Limo	31.65%
% Arena	48.77%

MATERIA ORGANICA (%)

Resultados	6.88	%
Rango Adecuado	3 - 5	%

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Conductividad Electrica	3190 US/cm

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL SUELO

DETERMINACIONES			RESULTADOS	Rango Adecuado	Representación Gráfica		
					Bajo	Adecuado	Alto
pH	Unidades		6.96	5.5 - 7.5			
Nitrogeno	N	ppm		-			
Fósforo	P	ppm	262.00	20 - 40			
Potasio	K	ppm	812.50	125 - 200			
Calcio	Ca	meq/100 grs	19.96	3 - 6			
Magnesio	Mg	meq/100 grs	9.20	1.5 - 2			
Hierro	Fe	ppm	41.50	30 - 50			
Cobre	Cu	ppm	3.90	2 - 3.5			
Manganeso	Mn	ppm	64.00	30-50			
Zinc	Zn	ppm	3.50	3 - 6			

RECOMENDACIONES POR MANZANA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE LABORATORIO DE SUELOS CHIQUIMULA

Coordinador de Laboratorio de Suelos -CUNORI-

Anexo 14. Análisis de suelo realizado al tratamiento T7.

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
LABORATORIO DE SUELOS
Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 79420173 - 79424676

Nombre Propiertario:	Diego Rosas	No. Muestra:	07
Nombre de Finca:		Fecha:	24/07/2015
Localización:	Chiquimula	Teléfono:	
Identif. de la muestra:	T7		
Cultivo:			

ANALISIS DE SUELO Y RECOMENDACIONES

TEXTURA DEL SUELO

Textura **Franco Arcilloso**

% Arcilla	34.35%
% Limo	21.10%
% Arena	44.55%

MATERIA ORGANICA (%)

Resultados	6.88	%
Rango Adecuado	3 - 5	%

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Conductividad Electrica	411 US/cm

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL SUELO

DETERMINACIONES			RESULTADOS	Rango Adecuado	Representación Gráfica		
					Bajo	Adecuado	Alto
pH	Unidades		6.69	5.5 - 7.5		■	
Nitrogeno	N	ppm		-	■		
Fósforo	P	ppm	283.00	20 - 40			■
Potasio	K	ppm	625.00	125 - 200			■
Calcio	Ca	meq/100 grs	8.13	3 - 6			■
Magnesio	Mg	meq/100 grs	11.56	1.5 - 2			■
Hierro	Fe	ppm	45.00	30 - 50		■	
Cobre	Cu	ppm	3.00	2 - 3.5		■	
Manganeso	Mn	ppm	57.00	30-50			■
Zinc	Zn	ppm	3.40	3 - 6		■	

RECOMENDACIONES POR MANZANA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
LABORATORIO DE SUELOS
CHIQUIMULA

Coordinador de Laboratorio de Suelos -CUNORI-

Anexo 15. Análisis de suelo realizado al tratamiento al Bocashi.

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
LABORATORIO DE SUELOS
Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 79420173 - 79424676

Nombre Propiertario:	Diego Rosas	No. Muestra:	08
Nombre de Finca:		Fecha:	24/07/2015
Localización:	Chiquimula	Teléfono:	
Identif. de la muestra:	T8		
Cultivo:			

ANALISIS DE SUELO Y RECOMENDACIONES

TEXTURA DEL SUELO

Textura **Franco Arenosa**

% Arcilla	17.47%
% Limo	27.43%
% Arena	55.10%

MATERIA ORGANICA (%)

Resultados	6.00	%
Rango Adecuado	3 - 5	%

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Conductividad Electrica	7180 US/cm

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL SUELO

DETERMINACIONES			RESULTADOS	Rango Adecuado	Representación Gráfica		
					Bajo	Adecuado	Alto
pH		Unidades	5.86	5.5 - 7.5			
Nitrogeno	N	ppm		-			
Fósforo	P	ppm	285.00	20 - 40			
Potasio	K	ppm	812.50	125 - 200			
Calcio	Ca	meq/100 grs	32.44	3 - 6			
Magnesio	Mg	meq/100 grs	14.85	1.5 - 2			
Hierro	Fe	ppm	59.50	30 - 50			
Cobre	Cu	ppm	4.50	2 - 3.5			
Manganeso	Mn	ppm	69.00	30-50			
Zinc	Zn	ppm	4.50	3 - 6			

RECOMENDACIONES POR MANZANA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE LABORATORIO DE SUELOS CHIQUIMULA

Coordinador de Laboratorio de Suelos -CUNORI-

Anexo 16. Análisis de suelo realizado al tratamiento al Lombrihumus.

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
LABORATORIO DE SUELOS
Finca El Zapotillo, Zona 5, Municipio de Chiquimula, Chiquimula
Tel. 79420173 - 79424676

Nombre Propiertario:	Diego Rosas	No. Muestra:	09
Nombre de Finca:		Fecha:	24/07/2015
Localización:	Chiquimula	Teléfono:	
Identif. de la muestra:	T9		
Cultivo:			

ANALISIS DE SUELO Y RECOMENDACIONES

TEXTURA DEL SUELO

Textura **Franco Arenosa**

% Arcilla	17.47%
% Limo	23.21%
% Arena	59.32%

MATERIA ORGANICA (%)

Resultados	6.10	%
Rango Adecuado	3 - 5	%

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Conductividad Electrica	2320 US/cm

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL SUELO

DETERMINACIONES			RESULTADOS	Rango Adecuado	Representación Gráfica		
					Bajo	Adecuado	Alto
pH	Unidades		7.41	5.5 - 7.5			
Nitrogeno	N	ppm		-			
Fósforo	P	ppm	282.00	20 - 40			
Potasio	K	ppm	750.00	125 - 200			
Calcio	Ca	meq/100 grs	25.58	3 - 6			
Magnesio	Mg	meq/100 grs	10.22	1.5 - 2			
Hierro	Fe	ppm	35.20	30 - 50			
Cobre	Cu	ppm	2.20	2 - 3.5			
Manganeso	Mn	ppm	40.30	30-50			
Zinc	Zn	ppm	3.00	3 - 6			

RECOMENDACIONES POR MANZANA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE LABORATORIO DE SUELOS CHIQUIMULA

Coordinador de Laboratorio de Suelos -CUNORI-

Anexo 17. Registros históricos de temperaturas y precipitaciones de las estaciones meteorológicas del Centro Universitario de Oriente CUNORI, Estación climática Jocotan Mancomunidad CopanCh'orti y Estación climática Municipalidad de San Juan Ermita Mancomunidad CopanCh'orti.

Estación climática CUNORI (MES JUNIO)				
Día	Temperaturas (C°)			Precipitación (mm)
	Min.	Med.	Max	
1	24.4	29	35.4	0.4
2	24.4	29.2	35.3	0
3	24.2	29.1	35.3	0
4	23.6	26.8	34.7	2.8
5	23.1	27.2	32	0.2
6	24.2	27.9	32.8	0
7	24.1	28.2	35.7	1.4
8	22.6	26.1	33.1	7.4
9	22.3	26.7	31.7	1.2
10	23.6	27.4	33.1	6.8
11	23.2	26.1	31.3	7.2
12	22.7	26.3	33	41.4
13	22.1	25.6	33.3	17.6
14	22.1	26.2	33.5	1.2
15	22.9	27.7	33.8	0.2
16	24.7	28.6	33.9	0
17	24.4	27.7	32.5	0
18	24.1	27.9	33.3	0
19	24.7	27.5	31.9	0
20	24	27.7	31.9	0
21	23.3	28	32.7	0
22	23.1	27.6	32.4	0
23	23.4	27.5	32.2	0
24	23	26.7	31.3	1.2
25	22.6	26.1	30.9	0.2
26	23.7	27.6	32.2	0
27	22.7	27.6	32.3	0
28	22.9	27.8	33.3	0
29	24.5	28.6	34.4	0.4
30	24.6	28.7	34.4	0
Promedios	22.1	27.5	35.7	Total = 89.6

Estación climática CUNORI (MES JULIO)				
Día	Temperaturas (C°)			Precipitación (mm)
	Min.	Med.	Max	
1	23.6	27.9	32.9	0
2	22.6	28.2	34.4	0
3	24.7	28.7	33.4	0
4	23.3	27.6	31.7	0
5	24.5	28.3	33	0
6	24.6	28.3	33.1	0
7	24.1	27.8	31.9	0
8	23.8	26.9	30.4	0
9	22.4	25.2	30.4	9.6
10	22.6	25.7	29.2	0
11	23.7	27.1	32.1	0
12	22.1	27.3	32.7	0
13	19.8	26.9	33.5	0
14	20.3	26.5	35.8	0
15	21.6	26.7	34.2	0.6
16	23.3	28.2	35.1	0.2
17	23.3	28.4	34.5	2.6
18	22.8	28.3	35.1	0
19	22.1	26.2	35.7	57.4
20	22.2	26.3	33.7	0.2
21	22.1	26.4	33.9	0
22	22.6	27.8	33.9	0
23	24.3	28.7	33.8	0
24	24.6	28.1	32.7	0.2
25	23.7	28.4	33.3	0
26	22.9	28.1	33.5	0
27	24.2	28.3	33.1	0
28	24.1	28.2	34.1	0
29	23	27.8	33.8	0
30	22	26.8	33.4	6.4
31	21.6	26.7	32.3	0
Promedios	19.8	27.5	35.8	Total = 77.2

Estación climática Jocotan Mancomunidad Copan Ch'orti (MES JUNIO)			
Día	Temperaturas (C°)		Precipitación (mm)
	Min.	Max	
1	24.2	35.1	0
2	24.3	34.9	0
3	24.8	33.6	0
4	22.7	35.8	25.4
5	22	31.9	2.6
6	23.8	32.7	0
7	24.2	33.6	0
8	22.6	33.3	16.4
9	22.9	33.1	0.6
10	23.6	35.8	16.4
11	23.3	34	3.6
12	22.6	34.4	47.6
13	22.5	33.7	25.8
14	22.4	36.1	4
15	22.8	35.4	0.4
16	24.3	34.6	0
17	24	32.3	0
18	23.2	33.6	0
19	24.5	32.9	0
20	24.3	32.6	0
21	23.2	33.1	0
22	22.7	32.2	0
23	23.2	32.3	0
24	22.6	31.6	8.6
25	22.2	30.8	0.4
26	23.2	32.1	0
27	22.4	32.3	0
28	22.6	33.2	0
29	24	34.4	0
30	24.1	34.9	0
Promedios	23.3	33.5	Total= 151.8

Estación climática Jocotan Mancomunidad Copan Ch'orti (MES JULIO)			
Día	Temperaturas (C°)		Precipitación (mm)
	Min.	Max	
1	22.2	33.1	0
2	22.3	34.4	0
3	23.7	33.8	0
4	23.7	31	0
5	23.7	33.3	0.2
6	24.4	33.8	0
7	22.8	32.4	0
8	22.3	30.8	0
9	22.3	31.1	10.6
10	22	29.6	0
11	23.4	32.1	0
12	22	32.6	0
13	20.1	33.5	0
14	20.7	35.6	0
15	22.1	33.6	1.2
16	22.9	34.8	0.4
17	24.3	34.5	0
18	23.4	34.6	0
19	22.2	34.8	9
20	22.2	34.9	0
21	22.9	33.8	0
22	22.6	34.7	0
23	23.6	34.9	0
24	24.5	32.8	0
25	23.6	33.7	0
26	22.9	33.9	0
27	24.2	33.8	0
28	23.6	34.6	0
29	24.6	34.1	0
30	21.2	33.1	10.4
31	21.5	33.2	0
Promedios	22.8	33.4	Total = 31.8

Estación climática Municipalidad de San Juan Ermita Mancomunidad Copan Ch'orti (MES JUNIO)			
Día	Temperaturas (C°)		Precipitación (mm)
	Min.	Max	
1	23.3	33.1	1
2	22.2	32.7	0
3	23.3	31.8	0
4	21.9	33.1	15.4
5	20.7	31.1	0.6
6	22.3	31	0
7	22.3	32.6	0
8	21.7	31.3	27
9	21.3	30.1	1.2
10	22.9	31.4	14.6
11	22.1	29.9	8.2
12	21.6	31.9	54.4
13	20.9	31.8	68
14	20.9	34.1	4.6
15	21.5	32.6	0.4
16	22.8	32.6	1.2
17	22.2	30.8	0
18	21.4	31.6	0
19	23.1	31.1	0
20	23.3	31.6	0
21	22	31.8	0
22	21.2	30.9	0
23	23	30.6	0
24	21.6	30.1	3.6
25	20.7	29.6	0.4
26	22.1	30.4	0
27	20.7	30.9	0
28	21.4	31.3	0
29	23.7	32.8	0
30	22.7	32.5	0
Promedios	22.0	31.6	Total = 200.6

Estación climática Municipalidad de San Juan Ermita Mancomunidad Copan Ch'orti (MES JULIO)			
Día	**Temperaturas (C°)**		**Precipitación (mm)**
	Min.	**Max**	
1	20.7	31.2	0
2	21	32.7	0
3	22.6	32.1	0
4	22.1	29.7	0
5	22.6	31.6	0.2
6	23.3	32	0
7	21.5	30.6	0
8	21.2	29.2	0
9	20.8	28.8	27
10	20.8	27.9	0.2
11	22.3	30.4	0
12	20.9	31.3	0
13	18.2	31.3	0
14	18.7	33.8	0.2
15	19.8	31.9	0.4
16	21.8	32.6	1.2
17	22.3	32.8	0.2
18	21.7	33.2	0
19	20.9	33.2	10
20	20.7	33.4	0.2
21	20.9	32.4	0
22	20.7	32.4	0
23	22.3	33.2	0
24	22.8	30.7	1.4
25	22	31.7	0
26	21.8	32.1	0
27	21.4	31.4	0
28	22.2	32.4	0
29	22.1	31.9	0
30	20.1	31.2	12
31	20.4	31.1	0
Promedios	21.3	31.6	Total= 53

Fuente: Elaboración propia

Anexo 18. Conductividad eléctrica y pH de los diferentes tratamientos por localidad.

Tratamientos		Proporción	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	pH	Cond. Elec. (mS/cm)	MO (%)	Densidad ap.
			ppm		meq/100 grs		ppm							
T1	Fibra de coco + Cascarilla de arroz + Carbón + Bocashi + Semolina	40:20:15:15:10	267.05	937.50	12.87	6.32	68	4.80	68	4.80	5.82	1.362	6.88	0.289
T2	Tierra desinfectada + Lombrihumus + Cascarilla de arroz + Cascarilla de arroz Carbonizada	25:25:20:30	285	812.5	27.76	6.99	55	3.90	52	3.90	6.83	1.744	6.88	0.456
T3	Lombrihumus + Paja de frijol carbonizada + Cascarilla de arroz + Tierra desinfectada	30:25:20:25	282	1000	21.52	6.37	38	2.70	34	3	8.12	3.140	6.88	0.487
T4	Cascarilla de arroz + Cascarilla de arroz carbonizada + Tierra desinfectada + Bocashi	25:25:25:25	282	687.50	29.32	8.73	48	3.50	52	4.2	6.18	0.755	6.88	0.421
T5	Lombrihumus + Cascarilla de arroz + Cascarilla de arroz carbonizada	30:30:40	282	1000	19.34	8.68	45	3.30	56	3.90	8.31	0.523	6.82	0.342
T6	Cascarilla de arroz + Cascarilla de arroz carbonizada + Bocashi	30:40:30	262	812.5	19.96	9.20	41.5	3.90	64	3.50	6.96	3.190	6.88	0.302
T7	Peat moss (Turba)	100	283	625	8.13	11.56	45	3	57	3.40	6.69	0.411	6.88	0.121
Rango Optimo			75 - 150	250 - 400	> 3	1.67 - 2.92	30 - 50	0.2 - 2	30 - 50	0.2 - 1	5.5 - 6.5	< 4.0	3-5	0.05-0.3

Fuente: Laboratorio de suelos Centro universitario de oriente, CUNORI.

Anexo 19. Resultados obtenidos de las variables evaluadas en la localidad INTERNMACH, Jocotan, Chiquimula.

Tratamiento	Variables / Repetición	Germinación (%)			Altura de la plántula (cm)	Diámetro de la plántula (mm)
		5DDS	10DDS	15DDS		
T 1	1	47.62	66.67	72.38	21.43	3.14
	2	63.81	73.33	74.29	23.48	3.08
	3	52.38	71.43	73.33	25.04	3.07
	4	50.48	64.76	68.57	27.62	3.02
Promedios		53.57	69.05	72.14	24.39	3.08
T 2	1	55.24	71.43	80.00	22.34	3.09
	2	69.52	81.90	86.67	20.52	2.87
	3	72.38	82.86	85.71	19.23	2.79
	4	85.71	90.48	88.57	25.11	2.61
Promedios		70.71	81.67	85.24	21.80	2.84
T 3	1	58.10	91.43	93.33	20.57	3.07
	2	74.28	88.57	93.33	19.96	2.98
	3	72.38	94.28	95.24	24.25	2.86
	4	62.86	88.57	95.24	22.94	2.73
Promedios		66.91	90.71	94.29	21.93	2.91
T 4	1	70.48	91.43	94.29	17.76	2.95
	2	85.71	93.33	95.24	20.61	2.81
	3	74.28	90.48	90.48	20.38	2.80
	4	62.86	88.57	95.24	22.94	2.73
Promedios		73.33	90.95	93.81	20.42	2.82
T 5	1	86.67	85.71	90.48	22.11	2.90
	2	92.38	96.19	97.14	24.46	3.96
	3	73.33	87.62	92.38	26.36	2.83
	4	80.00	92.38	93.33	23.44	2.66
Promedios		83.10	90.48	93.33	24.09	3.09
T 6	1	60.00	80.95	88.57	21.41	2.95
	2	64.76	80.95	80.95	18.72	2.76
	3	45.71	79.05	83.81	17.45	2.72
	4	57.14	80.00	81.90	18.29	2.55
Promedios		56.90	80.24	83.81	18.97	2.75
T 7	1	96.19	97.14	96.19	25.07	2.94
	2	94.28	94.28	93.33	20.98	2.75
	3	94.28	95.24	95.24	24.26	2.68
	4	98.10	93.33	93.33	27.20	2.64
Promedios		95.71	95.00	94.52	24.38	2.75

Calidad de adobe (%)	Tamaño de raíces (cm)	Plantas trasplantables (%)	Vigorosidad de la plántula	Rendimiento (%)	Materia seca (gr)	
					Tallo	Raíz
95.67	5.94	100.00	Ligeramente vigorosa	72.00	0.29	0.20
98.00	6.82	100.00	Ligeramente vigorosa	74.00	0.41	0.19
100.00	7.19	100.00	Ligeramente vigorosa	72.00	0.52	0.24
95.17	6.43	100.00	Ligeramente vigorosa	67.00	0.49	0.16
97.21	6.59	100.00		71.25	0.43	0.20
90.33	5.95	98.00	Ligeramente vigorosa	67.00	0.28	0.22
93.33	6.98	98.00	Ligeramente vigorosa	83.00	0.27	0.18
90.33	6.44	100.00	Ligeramente vigorosa	80.00	0.24	0.15
91.17	7.09	100.00	Ligeramente vigorosa	88.00	0.23	0.13
91.29	6.62	99.00		79.50	0.26	0.17
92.33	6.30	100.00	Ligeramente vigorosa	92.00	0.24	0.13
96.33	6.33	100.00	Ligeramente vigorosa	91.00	0.28	0.24
97.67	7.39	100.00	Ligeramente vigorosa	95.00	0.35	0.17
97.33	7.26	100.00	Ligeramente vigorosa	87.00	0.67	0.17
95.92	6.82	100.00		91.25	0.39	0.18
91.50	5.88	100.00	Ligeramente vigorosa	78.00	0.24	0.23
74.33	6.03	100.00	Ligeramente vigorosa	80.00	0.32	0.17
96.83	7.88	96.00	Ligeramente vigorosa	73.00	0.50	0.16
97.33	7.26	100.00	Ligeramente vigorosa	87.00	0.28	0.17
90.00	6.76	99.00		79.50	0.33	0.18
95.33	6.21	100.00	Ligeramente vigorosa	84.00	0.23	0.21
95.17	6.99	99.00	Ligeramente vigorosa	95.00	0.26	0.12
96.50	7.43	98.00	Ligeramente vigorosa	86.00	0.25	0.11
100.00	8.69	100.00	Ligeramente vigorosa	92.00	0.31	0.18
96.75	7.33	99.25		89.25	0.26	0.15
82.00	5.39	98.00	Ligeramente vigorosa	69.00	0.21	0.12
98.00	7.15	100.00	Ligeramente vigorosa	60.00	0.26	0.16
96.33	5.62	100.00	Ligeramente vigorosa	56.00	0.22	0.13
90.83	7.50	100.00	Ligeramente vigorosa	83.00	0.22	0.15
91.79	6.41	99.50		67.00	0.23	0.14
98.67	6.37	98.00	Ligeramente vigorosa	94.00	0.26	0.22
100.00	7.59	100.00	Ligeramente vigorosa	92.00	0.24	0.16
100.00	8.77	100.00	Ligeramente vigorosa	94.00	0.38	0.14
100.00	8.47	100.00	Ligeramente vigorosa	93.00	0.29	0.09
99.67	7.80	99.50		93.25	0.29	0.15

Fuente: Elaboración propia

Anexo 20. Resultados obtenidos de las variables evaluadas en la localidad del vivero de la carrera de Agronomía, CUNORI, Chiquimula.

Tratamiento	Variables / Repetición	Germinación (%)			Altura de la plántula (cm)	Diámetro de la plántula (mm)
		5DDS	10DDS	15DDS		
T 1	1	40.00	89.52	90.48	13.67	3.81
	2	37.14	89.52	86.67	15.32	3.57
	3	35.24	78.10	81.90	12.35	3.69
	4	54.29	80.95	76.19	12.55	3.62
Promedios		41.67	84.52	83.81	13.47	3.67
T 2	1	92.38	89.52	80.95	10.89	3.33
	2	80.95	81.90	76.19	10.65	3.15
	3	71.43	87.62	80.95	8.54	2.95
	4	82.86	82.86	60.95	9.45	3.01
Promedios		81.90	85.48	74.76	9.88	3.11
T 3	1	57.14	78.10	73.33	8.12	3.10
	2	47.62	59.05	48.57	6.71	2.84
	3	54.29	27.62	15.24	8.80	2.76
	4	57.14	67.62	10.48	0.00	0.00
Promedios		54.05	58.10	36.90	7.87	2.90
T 4	1	67.62	65.71	59.05	8.35	3.26
	2	80.95	82.86	79.05	10.85	3.35
	3	86.67	89.52	77.14	10.98	3.24
	4	83.81	81.90	68.57	9.77	3.38
Promedios		79.76	80.00	70.95	9.99	3.31
T 5	1	66.67	42.86	40.95	8.43	3.27
	2	80.00	66.67	55.24	9.90	3.23
	3	80.00	28.57	21.90	8.93	3.20
	4	65.71	60.95	36.19	0.00	0.00
Promedios		73.10	49.76	38.57	9.08	3.23
T 6	1	77.14	85.71	77.14	11.84	3.35
	2	81.90	84.76	77.14	11.42	3.37
	3	94.29	78.10	65.71	7.62	3.06
	4	77.14	80.00	63.81	7.70	3.00
Promedios		82.62	82.14	70.95	9.65	3.19
T 7	1	97.14	99.05	99.05	17.58	3.71
	2	98.10	99.05	97.14	17.03	3.32
	3	94.29	97.14	96.19	20.46	3.61
	4	88.57	92.38	91.43	17.67	3.58
Promedios		94.52	96.90	95.95	18.18	3.55

Calidad de adobe (%)	Tamaño de raíces (cm)	Plantas trasplantables (%)	Vigorosidad de la plántula	Rendimiento (%)	Materia seca (gr)	
					Tallo	Raíz
94.50	6.75	100.00	Ligeramente vigorosa	86.00	0.26	0.16
100.00	7.72	100.00	Ligeramente vigorosa	85.00	0.32	0.24
100.00	7.65	95.00	Ligeramente vigorosa	65.00	0.31	0.18
100.00	6.52	94.00	Ligeramente vigorosa	69.00	0.32	0.12
98.63	7.16	97.25		76.25	0.30	0.18
87.00	7.27	93.00	Ligeramente vigorosa	72.00	0.23	0.21
90.17	7.03	92.00	Ligeramente vigorosa	65.00	0.22	0.16
49.50	5.69	89.00	Ligeramente vigorosa	61.00	0.13	0.12
71.17	6.94	91.00	Ligeramente vigorosa	51.00	0.21	0.12
74.46	6.73	91.25		62.25	0.20	0.15
77.70	6.69	96.00	Ligeramente vigorosa	52.00	0.15	0.15
49.67	4.13	85.00	Débil	21.00	0.14	0.07
10.00	9.10	100.00	Ligeramente vigorosa	0.00	0.31	0.03
0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00
45.79	6.64	93.67		24.33	0.20	0.08
81.80	4.91	94.00	Ligeramente vigorosa	60.00	0.19	0.14
86.33	7.07	91.00	Ligeramente vigorosa	39.00	0.22	0.16
86.33	6.61	100.00	Ligeramente vigorosa	76.00	0.16	0.14
56.50	5.26	77.00	Ligeramente vigorosa	53.00	0.20	0.12
77.74	5.96	90.50		57.00	0.19	0.14
87.61	7.00	96.00	Débil	26.00	0.17	0.12
98.37	7.60	82.00	Ligeramente vigorosa	31.00	0.23	0.11
95.00	6.98	80.00	Ligeramente vigorosa	3.00	0.28	0.13
0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00
93.66	7.19	86.00		20.00	0.23	0.12
94.00	7.44	97.00	Ligeramente vigorosa	64.00	0.25	0.18
91.47	7.01	81.00	Ligeramente vigorosa	60.00	0.27	0.18
80.83	6.70	72.00	Ligeramente vigorosa	25.00	0.15	0.10
38.73	5.12	87.00	Ligeramente vigorosa	40.00	0.17	0.04
76.26	6.57	84.25		47.25	0.21	0.13
100.00	7.15	99.00	Ligeramente vigorosa	97.00	0.36	0.22
100.00	6.24	100.00	Ligeramente vigorosa	98.00	0.34	0.23
100.00	7.08	100.00	Ligeramente vigorosa	97.00	0.40	0.21
100.00	6.70	100.00	Ligeramente vigorosa	89.00	0.40	|
100.00	6.79	99.75		95.25	0.37	0.22

Fuente: Elaboración propia

Anexo 21. Resultados obtenidos de las variables evaluadas en la localidad ASORECH, San Juan Ermita, Chiquimula.

Tratamiento	Variables / Repetición	Germinación (%)			Altura de la plántula (cm)	Diámetro de la plántula (mm)
		5DDS	10DDS	15DDS		
T 1	1	83.33	92.16	90.35	26.91	3.33
	2	79.41	94.12	93.14	28.89	3.54
	3	72.55	91.18	91.18	26.64	3.57
	4	93.33	90.48	91.43	25.90	3.25
Promedios		82.16	91.98	91.52	27.09	3.42
T 2	1	56.86	87.25	85.54	19.45	3.09
	2	69.61	94.12	94.12	23.16	3.39
	3	75.49	94.12	95.10	21.43	3.39
	4	33.33	93.33	94.29	20.02	3.03
Promedios		58.82	92.21	92.26	21.02	3.22
T 3	1	57.84	88.24	86.51	19.11	3.49
	2	49.02	92.16	92.16	18.52	3.56
	3	58.82	86.27	86.27	17.49	3.24
	4	74.29	82.86	85.71	18.84	3.43
Promedios		59.99	87.38	87.66	18.49	3.43
T 4	1	79.41	94.12	92.27	18.60	3.37
	2	41.18	94.12	93.14	24.25	3.53
	3	26.47	81.37	90.20	20.25	3.16
	4	60.00	92.38	93.33	20.85	3.03
Promedios		51.76	90.50	92.23	20.99	3.27
T 5	1	62.75	79.41	77.85	20.16	3.16
	2	74.51	84.31	88.24	19.26	3.19
	3	55.88	78.43	76.47	17.14	3.01
	4	79.05	90.48	90.48	16.70	2.86
Promedios		68.05	83.16	83.26	18.32	3.05
T 6	1	50.00	92.16	90.35	28.52	3.00
	2	68.63	92.16	92.16	27.24	3.55
	3	73.53	93.14	94.12	26.89	3.70
	4	74.29	96.19	96.19	22.11	3.37
Promedios		66.61	93.41	93.20	26.19	3.41
T 7	1	94.12	97.06	95.16	28.50	3.08
	2	94.12	96.08	96.08	24.83	3.25
	3	93.33	88.57	90.48	23.99	3.04
	4	73.33	95.24	95.24	24.44	2.96
Promedios		88.73	94.24	94.24	25.44	3.08

Calidad de adobe (%)	Tamaño de raíces (cm)	Plantas trasplantables (%)	Vigorosidad de la plántula	Rendimiento (%)	Materia seca (gr)	
					Tallo	Raíz
100.00	5.44	97.00	Vigorosa	44.00	0.35	0.11
87.67	5.96	99.00	Vigorosa	97.00	0.41	0.11
100.00	6.39	100.00	Vigorosa	94.00	0.41	0.13
98.33	6.55	98.00	Vigorosa	95.00	0.42	0.14
96.50	6.09	98.50		82.50	0.40	0.12
77.83	7.19	100.00	Vigorosa	88.00	0.28	0.12
71.00	6.09	98.00	Vigorosa	95.00	0.36	0.08
92.00	6.38	100.00	Vigorosa	96.00	0.35	0.12
61.17	5.93	100.00	Vigorosa	94.00	0.33	0.11
75.50	6.40	99.50		93.25	0.33	0.11
94.17	7.15	100.00	Vigorosa	88.00	0.36	0.20
99.33	7.40	98.00	Vigorosa	90.00	0.28	0.18
91.00	6.38	95.00	Vigorosa	58.00	0.27	0.08
86.83	6.19	100.00	Vigorosa	90.00	0.31	0.13
92.83	6.78	98.25		81.50	0.30	0.15
88.83	4.70	100.00	Vigorosa	24.00	0.29	0.15
94.00	6.57	100.00	Vigorosa	93.00	0.31	0.11
94.00	6.65	98.00	Vigorosa	90.00	0.35	0.17
94.33	6.97	100.00	Vigorosa	92.00	0.34	0.14
92.79	6.22	99.50		74.75	0.32	0.14
100.00	7.31	100.00	Vigorosa	69.00	0.25	0.09
100.00	7.07	96.00	Vigorosa	73.00	0.24	0.12
100.00	7.20	98.00	Vigorosa	74.00	0.26	0.11
99.83	6.56	98.00	Vigorosa	88.00	0.28	0.09
99.96	7.03	98.00		76.00	0.26	0.10
93.00	7.34	100.00	Vigorosa	82.00	0.40	0.18
71.00	5.14	100.00	Vigorosa	92.00	0.33	0.14
97.33	6.78	98.00	Vigorosa	95.00	0.46	0.17
100.00	8.11	100.00	Vigorosa	94.00	0.40	0.16
90.33	6.84	99.50		90.75	0.40	0.16
100.00	8.89	100.00	Vigorosa	100.00	0.43	0.11
100.00	8.37	100.00	Vigorosa	98.00	0.42	0.20
100.00	7.68	96.00	Vigorosa	71.00	0.37	0.12
100.00	10.16	100.00	Vigorosa	97.00	0.41	0.14
100.00	8.78	99.00		91.50	0.41	0.14

Fuente: Elaboración propia

Anexo 22. Costo de materiales utilizados para la elaboración de los tratamientos

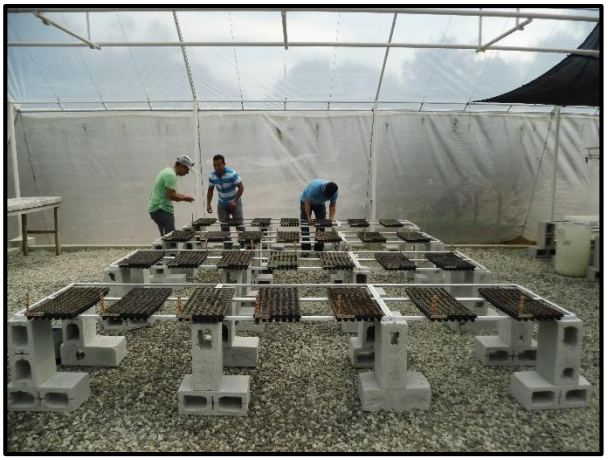
Materiales	Unidad de medida	Canti dad	Costo unitario (Q)	Costo (Q)	Costo de procesado de material (Q)	Costo total (Q)	Cantidad de material obtenida	Peso material (Kgs)	Peso total de los materiales (Kgs)	Costo/ Kgs
Fibra de coco	Kgs	8	18.5	148	28.11	176.11	8	8	8	22.01
Carbón	Saco	1	80	80	18.75	98.75	0.33	19.09	6.3	15.67
Semolina	Kgs	11.34	3.35	38	0	38	11.34	11.34	11.34	3.35
Peat moss	Lts	107	2.89	310	0	310	107	12.94	12.94	23.96
Bocashi	Saco	1	50	50	0	50	1	36.29	36.29	1.38
Tierra desinfectada	Saco	1	20	20	13.02	33.02	1	36.29	36.29	0.91
Cascarilla de arroz carbonizada	Saco	1.5	15	15	40.11	55.11	1	18.66	18.66	2.95
Lombrihumus	Saco	1	60	60	0	60	1	36.29	36.29	1.65
Paja de frijol carbonizada	Saco	7	2	14	5	19	1	9.84	9.84	1.93
Cascarilla de arroz	Saco	1	10	10	14.37	24.37	1	10.45	10.45	2.33
Leña	Unidad	17	1	17	0	17				
Chimenea	Unidad	1	350	350	0	350				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 23. Fotografías varias

Recolección de materiales para hacer los sustratos

Llenado de bandejas



Establecimiento del ensayo en el CUNORI

Conteo de plantas germinadas en el INTERNMACH

Conteo de plantas germinadas en el CUNORI

Fertilización de pilones

Localidad de ASORECH en San Juan Ermita

Localidad de INTERNMACH, Jocotan

Localidad vivero de agronomía, CUNORI

Medición de raíces de las plántulas de tomate

Clasificación de pilones para evaluar

Medición de alturas de plántulas

Ingreso de sobres al horno de convección para secado de raíces y parte aérea

Limpieza del sustrato y clasificación de plántulas

Pesado de materia seca de raíces y parte aérea de las plántulas