

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a saint on a white horse, surrounded by various symbols including a golden dome, a lion, and a castle. The Latin motto "CETERA SPES OBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER" is inscribed around the perimeter of the seal.

TRABAJO DE GRADUACIÓN
**EVALUACIÓN DE CERDAZA COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE
PLÁNTULAS EN PILÓN DE PEPINO (*CUCUMIS SATIVUS* L.) BAJO INVERNADERO
EN FINCA LAS MARGARITAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE
GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.**

MIGUEL ALFREDO CIFUENTES OVALLE

GUATEMALA, MARZO DE 2018

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE CERDAZA COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE
PLÁNTULAS EN PILÓN DE PEPINO (*CUCUMIS SATIVUS* L.) BAJO INVERNADERO
EN FINCA LAS MARGARITAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE
GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

POR

MIGUEL ALFREDO CIFUENTES OVALLE

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, MARZO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M:A Cesar Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.Sc. Erberto Raul Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Perito Agr. Walfer Yasmany Godoy Santos
VOCAL QUINTO	Perito contadora Neydi Yasmine Juracán Morales
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, MARZO DE 2018

Guatemala, marzo de 2018

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación **“evaluación de cerdaza como sustrato para la producción de plántulas en pilón de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero en finca las margaritas, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala, Guatemala, C.A.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Miguel Alfredo Cifuentes Ovalle

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por sus bendiciones en cada día de mi vida y brindarme sabiduría en cada decisión que me trajo a este momento.

MIS PADRES: Gelga Vitalina Ovalle Ovalle y Leonel Alfredo Cifuentes Mendoza con mucho cariño por ser una bendición en mi vida, por sus sabios consejos, sacrificios, amor y apoyo incondicional, los llevo siempre en mi mente y mi corazón.

MIS HERMANOS: Marta Gelga Cifuentes Ovalle y Pablo Leonel Cifuentes Ovalle, por su apoyo incondicional y ser un ejemplo en mi vida.

MIS SOBRINOS: Ana Paula y Nicolás Alfredo, por ser la alegría de nuestro hogar.

A MIS ABUELITOS: Miguel Ángel Ovalle, Carmelita Ovalle y Salvador de Jesús Cifuentes, Olga Ruth Mendoza Stricker.

MIS TÍOS Y PRIMOS: A todos por estar pendientes, por el ejemplo y apoyo en toda mi carrera y vida.

MIS AMIGOS: porque en las buenas y en las malas han sido de gran apoyo, gracias por su amistad, en especial a Andrés V., Julio E., Javier O., Leo R., Josué M, Alejandro de L., Diego R., Luis M., Laura S., Oscar R., Roberto A., José Miguel L. (Q.E.P.D.), Oscar A., Francisco C., Antonia V., Carlos R., Raúl H., José H., Johnatan H., Oliver G., Juan D., y demás amigos con los que he podido compartir a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A:

- MI CASA DE ESTUDIOS: Universidad de San Carlos de Guatemala, específicamente a la Facultad de Agronomía por todas las lecciones académicas y de vida.
- MI SUPERVISORA: MBA Mirna Ayala Lemus, por su tiempo, consejos y asesoría para la culminación de este arduo trabajo.
- MI ASESOR: Dr. Iván Dimitri Santos Castillo. Por su paciencia e invaluable enseñanzas.
- FINCA LAS MARGARITAS: Por permitirme realizar el EPSA en sus instalaciones; por el apoyo recibido por parte de todos allí; y por ayudarme a ser un mejor profesional.

ÍNDICE GENERAL

	PÁGINA
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
CAPÍTULO I	
DIAGNÓSTICO	
FINCA LAS MARGARITAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.	
1.1 PRESENTACIÓN.....	1
1.2 MARCO TEÓRICO	2
1.2.1 Marco referencial	2
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 General.....	4
1.3.2 Específicos.....	4
1.4 METODOLOGÍA	5
1.5 RECURSOS.....	6
1.6 RESULTADOS.....	6
1.6.1 Organización de las distintas áreas de cultivo	6
1.6.2 Variedades de cultivos producidas en la finca:	6
1.6.3 Producción de almácigo.....	7
1.6.4 Preparación de invernaderos	7
1.6.5 Trasplante	7
1.6.6 Manejo agronómico y cultural del cultivo bajo invernadero.....	7
1.6.7 Cosecha de frutos.....	8
1.6.8 Monitoreo de plagas y enfermedades	8
1.6.9 Análisis FODA.....	8
1.7 CONCLUSIONES	10
1.8 BIBLIOGRAFÍA	11

CAPÍTULO II**EVALUACIÓN DE CERDAZA COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN PILÓN DE PEPINO (CUCUMIS SATIVUS L.) BAJO INVERNADERO EN FINCA LAS MARGARITAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.**

2.1	PRESENTACIÓN.....	14
2.2	MARCO TEÓRICO	16
2.2.1	Marco conceptual.....	16
2.2.2	Investigaciones similares	26
2.3	OBJETIVOS.....	28
2.3.1	Objetivo General	28
2.3.2	Objetivos Específicos.....	28
2.4	HIPÓTESIS.....	28
2.5	METODOLOGÍA	29
2.5.1	Preparación y acondicionamiento del material experimental	29
2.5.2	Descripción de los tratamientos	30
2.5.3	Diseño experimental	31
2.5.4	Unidad experimental	31
2.5.5	Modelo estadístico	31
2.5.6	Manejo Agronómico	32
2.5.7	Variables respuesta del diseño experimental.....	33
2.5.8	Altura de plantas	35
2.5.9	Análisis de la información	37
2.6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
2.6.1	Características físicas y químicas de los diferentes sustratos a base de cerdaza y arena para la producción de pilones de pepino bajo invernadero	38
2.6.2	Evaluar las características morfológicas de las plantas de pepino de los diferentes tratamientos.....	40
2.6.3	Comparación económica de los diferentes tratamientos evaluados en la investigación.	48
2.7	CONCLUSIONES	54
2.8	RECOMENDACIONES	55
2.9	BIBLIOGRAFÍA	56
2.10	ANEXOS	60

CAPÍTULO III**INFORME DE SERVICIOS FINCA LAS MARGARITAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.**

3.1	PRESENTACIÓN.....	63
3.2	SERVICIO 1: PROGRAMA DE CAPACITACIÓN	64
3.2.1	Objetivos	64
3.2.2	Objetivo General	64
3.2.3	Objetivos Específicos.....	64
3.2.4	Metodología	64
3.2.5	Resultados.....	65
3.2.6	Evaluación	65
3.3	SERVICIO 2: IMPLEMENTACIÓN DE ABONERA ORGÁNICA.	66
3.3.1	Objetivos	66
3.3.2	Objetivo General	66
3.3.3	Objetivos Específicos.....	66
3.3.4	Metodología	66
3.3.5	Resultados.....	67
3.3.6	Evaluación	67
3.4	SERVICIO 3: SISTEMATIZACIÓN DE COSTOS Y ANÁLISIS DE RENTABILIDAD EN UN INVERNADERO MODELO	68
3.4.1	Objetivos	68
3.4.2	Objetivo General	68
3.4.3	Objetivos Específicos.....	68
3.4.4	Metodología	68
3.4.5	Resultados.....	69
3.4.6	Evaluación	69
3.5	BIBLIOGRAFÍA	70
3.6	ANEXOS	71

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Temperatura diurna y nocturna en las distintas etapas de desarrollo del pepino.....	23
Cuadro 2. Días después de la siembra del estado fenológico del cultivo de pepino.	24
Cuadro 3. Conformación de los tratamientos a evaluar para la producción de pilones de pepino bajo invernadero en la finca las margaritas.	30
Cuadro 4. Soluciones nutritivas.	33
Cuadro 5. Resultados del análisis de laboratorio propiedades químicas y físicas de cada una de las mezclas.	38
Cuadro 6. Concentración de nutrientes disponibles en la cerdaza.	39
Cuadro 7. Resultados del porcentaje de Germinación para los diferentes tratamientos evaluados.....	40
Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación 10 días después de la siembra.....	42
Cuadro 9. Prueba de medias de Tukey para la variable porcentaje de germinación 10 días después de la siembra.	42
Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable altura.	43
Cuadro 11. Prueba de medias de Tukey para la variable altura.	43
Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo.....	44
Cuadro 13. Prueba de medias para la variable diámetro del tallo.	45
Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable materia seca aérea.	45
Cuadro 15. Prueba de medias de Tukey para la variable materia seca aérea.	46
Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable materia seca de raíces de pepino.	47
Cuadro 17. Prueba de medias de Tukey para la variable materia seca de raíces.	47
Cuadro 18. Costos del compostaje de la cerdaza.	48
Cuadro 19. Costo por Litro en la producción de Cerdaza.	48
Cuadro 20. Costos en la preparación de arena blanca.....	49
Cuadro 21. Costo de la preparación de un litro de arena blanca.....	49
Cuadro 22. Total de costos que varían por tratamiento para un litro.	50
Cuadro 23. Rendimiento ajustado.	51
Cuadro 24. Beneficio bruto y Beneficio neto.....	52
Cuadro 25. Dominancia de los tratamientos.	52
Cuadro 26. Tasa Marginal de Retorno.....	53
Cuadro 27. Residuo.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de finca las margaritas.....	2
Figura 2. Unidad experimental.....	31
Figura 3. Porcentaje de Germinación de los tratamientos a los 4, 7 y 10 días después de siembra de semillas de pepino.....	41
Figura 4A. Plántula tratamiento tres.	60
Figura 5A. Riego de bandejas.	60
Figura 6A. Formato costo insumos.	71
Figura 7A. Formato costo mano de obra.	71

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE CERDAZA COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN PILÓN DE PEPINO (*CUCUMIS SATIVUS L.*) BAJO INVERNADERO EN FINCA LAS MARGARITAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en Finca las Margaritas, ubicada en el municipio de Amatitlán, del departamento de Guatemala, Guatemala C.A., como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía. Este documento integra los resultados del diagnóstico, investigación y servicios productivos realizados en esta empresa.

Recursos Selectivos S.A. es una empresa que se dedica al procesamiento de alimentos para el consumo humano, ensaladas, guacamol, y otros productos comestibles. Finca las Margaritas representa la primera línea de producción, allí se producen algunas de las frutas y verduras que se utilizan en la planta principal, dicha finca alberga una gama extensa de productos vegetales como: aguacate, café, lechuga, tomate, pepino, chile pimiento y tomate tipo cherry. El manejo de los cultivos se divide en cultivos de campo abierto y cultivos bajo ambientes controlados, y las principales actividades de la finca son: la siembra de las semillas de los distintos cultivos; el manejo agronómico durante la etapa de desarrollo vegetativo; floración y fructificación; la cosecha de los frutos; el empaque e identificación y envío de éstos a la planta principal.

Dentro de las fortalezas de la empresa sobresale que cuenta con una pilonera propia para certificar la calidad de las plantas, cuenta con estructura para tomar medidas de seguridad y así evitar el ingreso de patógenos, disponibilidad de mano obra, disponibilidad y uso eficiente del agua de riego y la búsqueda de mejora continua. Entre sus debilidades están: ciclos repetitivos, altos costos de mano de obra, desconocimiento de los costos de producción por invernadero, incumplimiento de algunas medidas fitosanitarias en los invernaderos. Las oportunidades identificadas son: experimentación con nuevos sustratos, capacitar al personal, para que conozcan más sobre las plagas que afectan a los cultivos, control eficiente de plagas y enfermedades, análisis económico de invernaderos, metodología de desalinización de suelos. Las posibles amenazas identificadas fueron: altos niveles de dureza en la fuente de agua, alta incidencia de plagas.

El objetivo de la investigación fue evaluar la combinación de cerdaza y arena pómez como sustrato alternativo para la producción de plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.), variedad Tropicuke II, en condiciones de invernadero. El interés principal es consecuencia de los altos costos que representan los sustratos en la producción de pilones, y aprovechar que se cuenta con la disponibilidad de materiales orgánicos en los alrededores, con características similares a las de los sustratos convencionales.

Se evaluaron siete tratamientos con distintos porcentajes de cerdaza y arena blanca (piedra pómez), y un testigo con sustrato convencional a base de turba de Sphagnum. Cada tratamiento constó de tres repeticiones. Los resultados indicaron que el tratamiento número tres, que consiste en una mezcla compuesta por 80 % cerdaza y 20 % arena, presentó un desempeño sobresaliente del resto de tratamientos, destacándose principalmente en las pruebas como germinación, altura de la planta y peso seco de la parte aérea. También se determinó que utilizando cualquiera de los tratamientos, se puede economizar hasta en un 90 % los costos de utilizar un sustrato convencional.

Los servicios realizados fueron: un programa de capacitación a 18 personas que laboran en el área de invernaderos de Finca las Margaritas, sobre la identificación de plagas, enfermedades y síntomas que pueden provocar las mismas, también se establecieron reglas que deben de cumplir antes de entrar a los invernaderos durante su estancia adentro de ellos; la implementación de abonera orgánica, donde se aprovechó el material orgánico extraído de los invernaderos y con esto se logró reincorporar parte de los elementos extraídos del suelo, por la planta. Incorporando materia orgánica se ayudó a mejorar el ecosistema del suelo; se sistematizaron los costos reales y se analizó la rentabilidad en un invernadero modelo, donde se obtuvieron los costos reales y se determinó que el gasto con mayor monto fue la mano de obra, seguido de la fumigación y fertilización. También se obtuvo una tasa marginal de retorno de 56 %. Gracias a los formatos generados esta metodología se podrá replicar por el coordinador de producción.



CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO

**FINCA LAS MARGARITAS, MUNICIPIO DE AMATILÁN, DEPARTAMENTO DE
GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.**

1.1 PRESENTACIÓN

El siguiente diagnóstico se realizó para obtener información que ayude a analizar la capacidad actual, las debilidades y las potencialidades de Finca las Margaritas, propiedad de la empresa Recursos Selectivos S.A., con la información recabada se identificó y priorizó los principales problemas, sobre los cuales se basaron los planes, servicios y proyectos, a realizar en la finca como parte del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía.

Finca las Margaritas se ubica en las coordenadas N14°25'31.1" O90°33'11.5", aldea Tacaton, kilómetro 32.5 carretera vuelta al lago, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala. Y se dedica a la producción y procesamiento de frutas y verduras frescas, de acuerdo a Buenas Prácticas de Manufactura. La finca representa el inicio de la cadena de producción, debido a que está dedicada a la producción de aguacate, durazno, café, lechuga, tomate, chile pimiento, tomate tipo cherry y pepino, los últimos cuatro son cultivados en invernaderos, para luego ser transportados a planta central. Todos los cultivos son transformados en productos alimenticios al final de la cadena, en la planta de procesamiento.

Los datos que a continuación se presentan se obtuvieron tomando como referencia fuentes de información primaria y secundaria, la mayor parte de información fue obtenida gracias a la colaboración del personal de la finca, en sus distintas áreas de trabajo y principalmente mediante una serie de preguntas realizadas al coordinador de la finca, Ingeniero Fredy Carrera, formuladas de tal manera que nos permitiese comprender mejor las labores específicas que cumple cada uno de los empleados dentro de la línea de producción y la estructura que forman todos en conjunto.

1.2 MARCO TEÓRICO

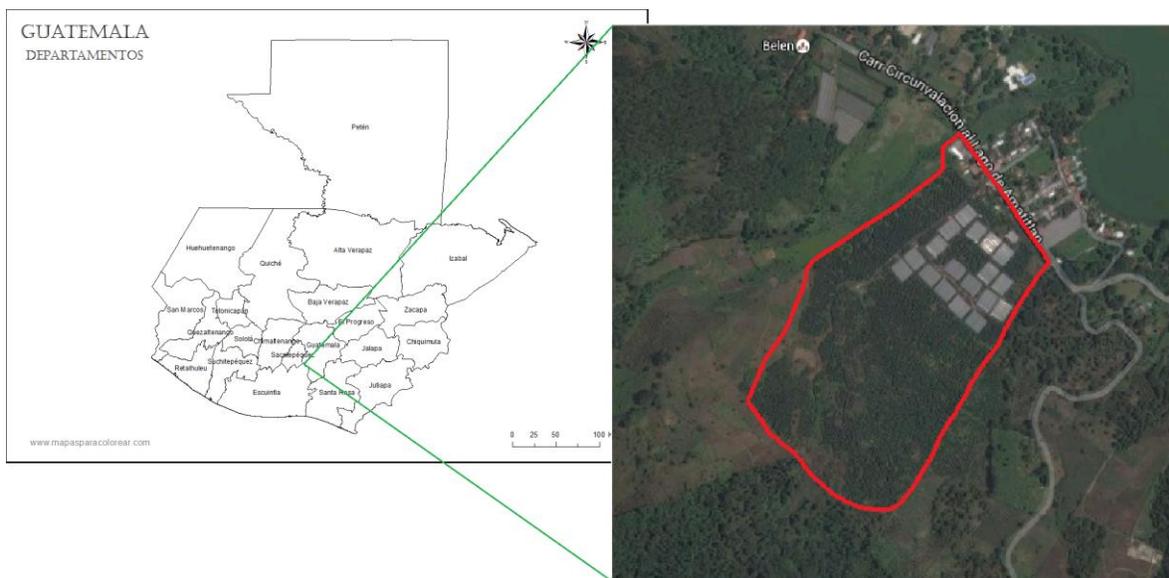
1.2.1 Marco referencial

A. Descripción del área de estudios

a) Ubicación geográfica

La investigación se llevó a cabo en Finca las Margaritas, ubicada en las coordenadas N14°25'31.1" O90°33'11.5", aldea Tacato, kilómetro 32.5 carretera vuelta al lago, municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala. La finca cuenta con una extensión de 31.5 ha, donde se encuentran cultivos como aguacate, tomate, cherry, pepino y chile pimiento. En la Fuente: elaboración propia, 2016.

Figura 1 se observa la ubicación a nivel nacional, las vías de acceso y la delimitación de la finca.



Fuente: elaboración propia, 2016.

Figura 1. Ubicación de finca las margaritas.

La cabecera de Amatitlán está ubicada en un valle a 27 km al sur de la ciudad de Guatemala, con una altura aproximada de 1,189 m s.n.m. El municipio tiene una topografía irregular con

localidades en alturas que oscilan entre 1,150 m s.n.m. y 2,665 m s.n.m. La finca se encuentra a 1,201 m s.n.m. en la parte sur del departamento de Guatemala colindando con:

- Villa nueva al norte.
- Villa canales al este.
- San Vicente Pacaya al sur.
- Santa María de Jesús del departamento de Sacatepéquez al oeste.

b) Clima

Amatitlán clasifica como meseta y altiplano, en la clasificación de las zonas climáticas de Guatemala, presentando climas templados con temperaturas máximas de 27.5 °C y mínimas de 14.5 °C. La humedad relativa promedio anual es de 76 %, las lluvias no son intensas registrando hasta 924 mm anuales. (INSIVUME, 2015)

c) Zona de vida

Cuenta con diversidad de vegetación, el municipio se encuentra dentro de la zona de vida bosque húmedo subtropical templado (bh-S t) en el mapa de zonas de vida de Holdrige. (Maga, 2002)

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Conocer los procesos de producción y las oportunidades de mejora que existen en la finca las margaritas.

1.3.2 Específicos

- Obtener información en las distintas áreas de producción de cultivos, para identificar las principales debilidades en los procesos de producción.
- Conocer las fortalezas y debilidades de los procesos de producción así como las oportunidades y amenazas que se presentan.
- Proponer soluciones a las principales limitantes que inciden en los procesos productivos de la finca.

1.4 METODOLOGÍA

La información básica se obtuvo consultando fuentes secundarias y primarias. Dicha información permitió desarrollar un panorama de la empresa y su funcionamiento.

Primero se conoció más sobre el municipio de Amatitlán y la ubicación exacta de la finca, consultando fuentes secundarias.

Ya en el lugar se procedió con el reconocimiento de la finca y sus áreas de cultivo, también se obtuvo información primaria de las distintas áreas de producción de cultivos, mediante entrevista. El propósito es conocer las condiciones de trabajo de la finca de primera mano, así como también familiarizarse con los procesos productivos.

La información empresarial sobre los cultivos se obtuvo a través del coordinador de finca ingeniero Fredy Carrera, en los aspectos agrícolas siguientes:

- a) Organización de las distintas áreas de cultivo (ambientes protegidos y campo abierto).
- b) Variedades de cultivos establecidos en la finca
- c) Producción de almacigo
- d) Preparación de invernaderos
- e) Trasplante
- f) Manejo agronómico y cultural del cultivo bajo invernadero
- g) Cosecha de frutos
- h) Monitoreo de plagas y enfermedades

La información obtenida fue sintetizada en la sección de resultados, priorizando los problemas, utilizando como principal herramienta la elaboración de un FODA que servirá para resumir la información obtenida y encontrar una posible solución a las principales problemáticas. Y así poder buscarle posibles soluciones a las principales problemáticas.

1.5 RECURSOS

- Entrevista personal.
- Información proporcionada por finca las margaritas.
- Recurso humano.
- Computadora

1.6 RESULTADOS

Finca las Margaritas está ubicada en la aldea Tacaton municipio de Amatitlán del departamento de Guatemala. Se dedican a producir fruto de aguacate, tomate, chile pimiento y pepino. También cuentan con una pilonera en la cual se producen las plantas utilizadas en la finca.

1.6.1 Organización de las distintas áreas de cultivo

La finca cuenta con áreas de campo abierto y áreas de ambiente controlado, estas cuentan con distintos cultivos, distintos supervisores y distinto manejo.

Campo abierto: esta área cuenta con una extensión de 42 ha destinadas a la producción de aguacate hass, tiene una instalación de riego por micro aspersión.

Áreas protegidas: esta área cuenta con 18 invernaderos productores de frutos de tomate, chile pimiento y pepino; y un invernadero productor de pilones.

1.6.2 Variedades de cultivos producidas en la finca:

En la finca se producen distintas variedades debido a que se está experimentando con nuevas, en chile pimiento se está evaluando si se obtiene mayor peso en el fruto y mayor cantidad de fruto. También en el tomate se están introduciendo variedades nuevas, a pesar de que siempre se han cultivado variedades de plantas indeterminadas, se está evaluando si se obtiene beneficios económicos con variedades de tomate determinado, reduciendo las labores de podas y mantenimiento.

1.6.3 Producción de almacigo

La preparación del almacigo para invernadero se lleva a cabo en la pilonera, donde se realiza la siembra de semillas en sustrato a base de peat moss, una semilla por cada celda de bandeja de pilón. Uno de los insumos que representan el mayor gasto en la pilonera es el sustrato. En la pilonera también se llevan a cabo injertos de tomate con variedades resistentes a nematodos. La finca también produce almacigo injertado de aguacate hass, durazno y café en un área específica.

1.6.4 Preparación de invernaderos

La preparación de invernaderos inicia con la extracción de la pita utilizada como tutor del cultivo, de restos de la cosecha anterior y extracción de molch. Esto se debe hacer con cuidado de extraer todos los restos debido a que muchos contienen plagas y enfermedades que adquirieron en su ciclo de producción.

El siguiente paso se realiza diez días después, para tener certeza de que el mayor número de plagas y enfermedades han sido controladas debido a la eliminación del hospedero. Se procede a labrar el suelo, limpieza y desinfección del plástico de las paredes y techo con el fin de eliminar los pocos Fitopatógenos restantes dentro del invernadero.

Al siguiente día se realizan los surcos desinfectando el suelo con productos químicos y colocándoles molch para evitar la proliferación de malezas, luego reparar los agujeros del invernadero para evitar el ingreso de insectos.

1.6.5 Trasplante

Esta labor se realiza al siguiente día de finalizar la preparación del invernadero. Esta actividad se realiza al final de la jornada cuando las temperaturas no son muy altas evitando así que el pilón sufra estrés hídrico. Una persona es la encargada de realizar los agujeros en los surcos, la siguiente coloca pilones en el agujero y la última rellena los agujeros con suelo dejando la raíz del pilón en contacto directo con el suelo sin cámaras de aire.

1.6.6 Manejo agronómico y cultural del cultivo bajo invernadero

Ya establecida la plantación inician las labores de manejo del cultivo como control de riego cada dos o tres días dependiendo de la temperatura, humedad y horas luz del día. Esta labor es de importancia pues la optimización del agua de riego en el suelo permite mantener

un mejor control de nematodos. El riego es por goteo lo que permite la utilización de fertiriego, permitiendo así la optimización de la fertilización, aunque en años anteriores se abusó de la fertilización por lo que actualmente tienen problemas de salinización de suelos.

Otra labor de importancia es el tutorado, en la finca se utilizan dos tipos de tutorado, español y holandés, cada uno tiene un manejo diferente ambos se colocan cuando la planta alcanza una altura de 40 cm y se guía a mas altura según lo va demandando la planta. Se realizan tres tipos de podas selectivas en el tomate: deshoje, deshije y selección de frutos

1.6.7 Cosecha de frutos

Las cosechas en tomate y chile pimiento inician a los 75 días después del trasplante, y en pepino a los 45 días, la finca realiza por lo menos dos cosechas a la semana. En aguacate tienen dos épocas de cosecha una en los meses de abril, mayo y junio, la segunda en los meses de agosto, septiembre y octubre.

1.6.8 Monitoreo de plagas y enfermedades

Esta práctica se realiza una vez por semana, consiste en recorrer cada invernadero revisando cada planta en busca de incidencia de plagas o enfermedades. Se llena un registro para llevar control de las observaciones hechas en cada invernadero y así tomar las medidas fitosanitarias de la finca necesarias en cada invernadero. También se consulta todos los días con personal que ingresa a los invernaderos a realizar otras labores. Estas consisten en aplicar químicos como fungicidas, insecticidas, nematicidas y otros de control biológico. Además se aplica fertilizante a base de sílice para inducir resistencia y se incorpora materia orgánica.

1.6.9 Análisis FODA

A. Fortalezas:

- Se cuenta con pilonera para certificar la sanidad de las plantas llevadas al invernadero.
- Monitoreo semanal de plagas y enfermedades.
- Medidas de seguridad para evitar el ingreso de fitopatógenos en cada invernadero.

- Búsqueda de mejora continua.
- Disponibilidad y uso eficiente de agua para riego.
- Cosecha de frutos semanal.

B. Oportunidades:

- Experimentación con nuevos sustratos.
- Capacitar al personal, para que conozcan más sobre las plagas que afectan a los cultivos.
- Análisis económico de invernaderos.
- Control eficiente de plagas y enfermedades.
- Metodología de desalinización de suelos.

C. Debilidades:

- Ciclos de cultivos repetitivos.
- Altos costos de mano de obra.
- Desconocimiento de los costos que llega a alcanzar cada invernadero.
- Falta de un protocolo de actividades a realizar por cultivo dentro del invernadero.
- Incumplimiento de algunas medidas fitosanitarias en los invernaderos.

D. Amenazas:

- Altos niveles de dureza en la fuente de agua.
- Alta incidencia de plagas.

1.7 CONCLUSIONES

Finca las Margaritas es una empresa dedicada a la producción de frutos de tomate, pepino, chile pimiento y aguacate. Para ser entregado a la planta procesadora.

Es necesario introducir un sustrato para pilones alternativo que mantenga similares niveles de producción, debido a que el actual sustrato representa el costo más alto en toda la línea de producción de pilones.

La empresa actualmente no cuenta con un análisis de rentabilidad por invernadero, de esta forma es difícil conocer el beneficio que se está obteniendo en cada uno de los mismos, o si se están teniendo pérdidas en alguno de ellos.

La finca no cuenta con un espacio destinado específicamente para colectar y descomponer los residuos orgánicos que genera cada invernadero. Este material contiene elementos que pueden ser colectados, transformados y reincorporados a los suelos de los invernaderos y así mejorar el porcentaje de materia orgánica en los mismos.

No se cuenta con un plan de monitoreo de plagas y enfermedades, tampoco se cuenta con una persona específica para llevar a cabo esta actividad. Es de suma importancia monitorear las plagas y las enfermedades para prevenir infestaciones severas e incontrolables dentro de los invernaderos.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Agromensaje. 2008. Producción, consumo y comercialización de hortalizas el mundo (en línea). Argentina. Consultado 26 feb. 2016. Disponible en <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/24/4AM24.htm>
2. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 2007. Cultivo de aguacate (en línea). Guatemala. Consultado 25 feb. 2016. Disponible en https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Cultivo_de_aguacate
3. CASAFER (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, Argentina). 2015. Buenas prácticas agrícolas (en línea). Argentina. Consultado 26 feb. 2016. Disponible en <http://www.casafe.org/buenas-practicas-agricolas/>
4. FAO, Italia. 2011. Producción de hortalizas (en línea). Bolivia. Consultado 25 feb. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-as972s.pdf>
5. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala). 2015. Datos meteorológicos de los departamentos (en línea). Guatemala. Consultado 25 feb. 2016. Disponible en <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTADISTICAS.htm>
6. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2002. Zonas de vida (en línea). Guatemala. Consultado 25 feb. 2016. Disponible en <http://www.sigmaga.com.gt/imagenes/mapas/vegetacion/zonas-de-vida.pdf>

TESIS Y DOCUMENTOS DE GRADUACION
1930
FAUSAC
* REVISIÓN *

Polando Ramos



CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE CERDAZA COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN PILÓN DE PEPINO (CUCUMIS SATIVUS L.) BAJO INVERNADERO EN FINCA LAS MARGARITAS, MUNICIPIO DE AMATITLÁN, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

La producción de pilón a nivel nacional, ha tomado importancia en la producción agrícola debido a que trae ventajas trasplantar al campo una planta desarrollada, por ejemplo un mayor porcentaje de germinación ya que podemos controlar mejor las condiciones necesarias para que estas se desarrollen, también proporcionan mayor adaptabilidad de la planta al campo, debido a que normalmente se llevan a campo plantas vigorosas, con alto contenido radicular que favorezca la absorción de agua y nutrientes.

Uno de los sustratos más utilizados en la producción de pilones es el Peat Moss (turba de Sphagnum). Dicho sustrato conlleva muchas ventajas, ya que proporciona características físicas y químicas que favorecen el desarrollo de las plántulas. Una de sus principales desventajas es el costo, debido a que el material es importado, por esta razón cada vez existe más interés en experimentar con sustratos nuevos.

Finca las Margaritas se dedica a la producción de cultivos agrícolas y uno de los principales cultivos es el pepino (*Cucumis sativus* L.) y que representa 1/3 de la producción es en condiciones de invernadero. Para mejorar la calidad de las plantas actualmente se utilizan tecnologías como la producción de pilones. Con métodos convencionales utilizando sustratos. La empresa ve una oportunidad para reducir costos en la producción de pilón al implementar la cerdaza (excretas de cerdo) como sustrato alternativo, debido a que actualmente utilizan la cerdaza para incorporar materia orgánica en los suelos de los invernaderos ya que se cuenta con fácil acceso a una planta productora de cerdos y a precios bajos. Además se minimiza un problema ambiental como la contaminación de ríos, lagos cercanos a las granjas productoras, donde muchas veces terminan los desechos fecales.

La investigación se realizó para encontrar nuevos sustratos para la empresa, más económicos y con características físicas y químicas similares a las del Peat Moss (turba de Sphagnum), y el objetivo fue la respuesta del cultivo de pepino variedad tropicuke II en etapa de pilón al utilizar material orgánico elaborado a base de cerdaza. La metodología fue que se realizaron siete tratamientos, mezclándolos con arena en proporciones establecidas y un tratamiento testigo elaborado de sustrato peat moss, este último tratamiento nos permitirá comparar los beneficios entre los tratamientos de cerdaza más arena y el sustrato convencional.

Además se hizo un análisis económico para determinar que sustrato presenta mejores beneficios económicos. Utilizando la metodología para realizar análisis económicos para experimentos agrícolas utilizando métodos parciales (Reyes, 2001).

Dicha investigación se realizó bajo condiciones de invernadero, en el área de pilonera de Finca las Margaritas, ubicada en la carretera vuelta al lago kilómetro 32.5 municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.

Los resultados obtenidos muestran que el sustrato del tratamiento T3 (80 % Cerdaza y 20 % Arena) obtuvo los mejores resultados para sustituir al tratamiento testigo, tomando en cuenta el desempeño vegetativo de las distintas variables evaluadas, como germinación, altura de planta y materia seca; y el análisis financiero realizado en donde se obtuvo hasta un 90 % de menores costos con respecto al tratamiento Testigo (100 % Peat Moss).

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

A. Sustrato

Se define sustrato como cualquier materia o medio que permita brindar el soporte físico para cultivar plantas fuera del suelo, que contienen propiedades físicas y químicas. El desarrollo y los factores que limitan los cultivos dependen en gran medida de las propiedades de los medios de cultivo (Masaguer, 2007).

Los sustratos pueden ser materiales inorgánicos inertes, sintéticos y residuos orgánicos. Los primeros dos no contienen capacidades fértiles por lo que necesitan uso de fertilizantes. Por otro lado los residuos orgánicos permiten estabilidad de la materia orgánica, retención de líquidos y espacio poroso (Mora, 1999).

a) Sustratos orgánicos

i. Musgo de turbera

Puede emplearse como acondicionador del suelo, pero también por sí solo. En el primer caso, incrementa la capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo. Se caracteriza por su potencial pH ácido, en un rango de 3.8 a 4.3.

Una de las desventajas de este sustrato es que repele agua, por lo que es difícil mantenerlo en el nivel adecuado de hidratación. Para solucionar este problema es posible adquirir musgo de turba con agentes humectantes incorporados en el producto, o agregar dichos agentes humectantes cuando inicialmente agrega el agua al producto.

ii. Composta

Es un sustrato de bajo costo y con alto grado de sustentabilidad debido a que está formado por productos de desecho locales. Si se produce de manera correcta, la composta contiene gran cantidad de microorganismos benéficos y en consecuencia puede reducir el costo de fertilizantes. El tamaño de partícula de la composta puede variar dependiendo del origen del

material. Un par de desventajas derivadas de la producción de composta son la falta de uniformidad y consistencia en el lote y el peligro de contaminación potencial.

b) Sustratos sintéticos

i. Perlita

Es un cristal volcánico amorfo que, al igual que la vermiculita, se expande al ser calentado, lo cual es parte del proceso de preparación para su uso como sustrato de cultivo. El tratamiento calorífico aplicado se hace en base a temperaturas de 1,000 °F a 1,600 °F (538 °C a 870 °C).

Posee alta permeabilidad y baja capacidad de retención de agua; razón por la cual es usado como aditivo en otros sustratos. Su pH es relativamente neutro, de 6.5 a 7.5; es económico, orgánico y reciclable, y no se deteriora.

c) Sustratos inorgánicos

i. Vermiculita

Es un mineral natural que se expande al ser calentado. Posee una estructura de placas cóncavas que le permite retener grandes volúmenes de agua así como nutrientes con carga positiva tales como potasio, magnesio y calcio. Suele emplearse en mezclas, y no por sí solo en general, pero también puede utilizarse para propagar semilla. Su pH depende de su zona de procedencia; por ejemplo, en lugares de África la vermiculita puede ser bastante alcalina con un pH de hasta 9, mientras que en algunas minas en Estados Unidos, puede ser más neutra (pH alrededor de 7).

Una característica de la vermiculita en estado natural es que puede contener asbestos. Sin embargo, en la actualidad, la vermiculita es analizada y tratada para eliminar asbestos antes de ser comercializada. De todas maneras, se recomienda utilizar una máscara antipolvo al manejar este sustrato para evitar daños potenciales. (Alexander, 2012)

ii. Fibra de coco

Está formada por cáscara de coco molida, es uno de los sustratos de cultivo más ampliamente utilizados. Este sustrato es muy asequible y es producido en abundancia en regiones tropicales.

La fibra de coco tiene propiedades que previenen la desintegración típica de otros sustratos, por lo cual es posible utilizarlo durante varios años. Otro beneficio es que una vez utilizado, usted puede venderlo con los nutrientes acumulados y conseguir un buen retorno de su inversión. (Alexander, 2012)

iii. Lana de roca

Procede de un mineral natural y sigue un proceso de calentamiento para transformarla en fibras, las cuales se compactan en bloques o cubos para crear el producto final. Tiene un pH alto, lo cual implica que se debe ajustar su sistema nutriente con ácidos de manera que la zona de la raíz posea un pH neutro.

Tiene alta capacidad de retención de agua y además puede contener aproximadamente el 18 % de aire en todo momento, lo cual proporciona oxígeno en abundancia a la zona de la raíz. Una desventaja de este sustrato es que suele ser más costoso que otros con beneficios similares. Además es difícil de desechar y no es biodegradable (Alexander, 2012).

B. Uso de sustratos

Dentro de los sustratos orgánicos más utilizados se encuentran la turba o peat moss debido a sus propiedades que son muy adecuadas como componentes de sustratos. (Masaguer, 2007)

Es de importancia tener en cuenta las propiedades físicas y químicas para el desarrollo de la plántula pero al elegir un sustrato también es importante tener en cuenta el costo del mismo el problema ambiental que representa la extracción de ciertos materiales como peat moss, por esta razón es de importancia tomar en cuenta otras alternativas que se puedan adecuar para obtener mejor ventajas. (Diaz, 2004)

C. Propiedades de los sustratos

Es de importancia conocer estas propiedades debido a que proporcionan factores que limitan como agua, oxígeno y elementos esenciales para el desarrollo de una planta.

a) Propiedades físicas.

Las propiedades físicas permiten evaluar la capacidad de una materia como sustrato (Picon, 2013).

i. Granulometría

Es la determinación de la distribución de tamaños de las partículas que conforman un sustrato. La forma de la gran mayoría de las partículas de los sustratos no es esférica ni presenta un tamaño único, por lo que en la práctica la porosidad aumenta a medida que lo hace el tamaño medio de la partícula y viceversa (Díaz, 2004).

ii. Densidad aparente

Se define como la masa de una sustancia entre el volumen que ocupa. La densidad aparente se encuentra inversamente relacionada con la porosidad de un material; a mayor densidad, se tendrá menor espacio poroso y viceversa (Díaz, 2004).

iii. Capacidad de aireación

Se refiere al volumen de aire que queda en el volumen de sustrato después de que éste ha sido saturado y drenado. Esta porosidad es la que proporciona inicialmente el oxígeno para la respiración de la planta. El volumen de aire se incrementa en relación con la disminución del volumen de agua (Díaz, 2004).

iv. Agua fácilmente disponible

Se refiere al agua que se encuentra retenida en un sustrato entre las tensiones de 10 cm y 50 cm de columna de agua. Esta es el agua que preferentemente deben tomar las raíces de las plantas, porque se requiere menor energía para extraerla del sustrato (Díaz, 2004).

v. 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 %, 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 (cano, 2004).

b) Propiedades químicas

Estas influyen en la capacidad de suministrar los nutrientes necesarios para el desarrollo de la plántula. (FUNDESYRAM, 2013)

i. PH

La escala del pH mide qué tan ácida o básica es una sustancia. Varía de 0 a 14. Un pH de 7 es neutro. Si el pH es inferior a 7 es ácido y si es superior a 7 es básico. Cada valor entero de pH por debajo de 7 es diez veces más ácido que el valor siguiente más alto (Environmental Protection Agenci, 2016).

ii. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Refleja la cantidad de cationes que pueden ser retenidos por los suelos, expresada en meq/100 g de suelo, aunque en la actualidad se utiliza la unidad cmolc/kg. A medida que la CIC es más elevada, la fertilidad del suelo aumenta. Los valores en un suelo arenoso es de 5 meq/100, en suelos francos de 5-15 meq/100 y en suelos arcillosos de 15-25 meq/100 (Tecnicoagricola, 2013).

D. Cerdaza

La cerdaza también llamada porquinaza está formada por heces fecales y orina mezclados con el material utilizado como cama, residuos de alimento, polvo, otras partículas y una cantidad variable de agua proveniente de las labores de lavado y pérdidas desde los bebederos (Peñaralda y salcedo, 2012).

Las excretas de los animales contienen un elevado contenido mineral, de nitrógeno y materia seca, el que representa su mayor riqueza, aunque cuentan con una pobre concentración de energía (Solís, 1998).

Actualmente el uso común para las excretas porcinas es como ingrediente alimenticio en la dieta de animales, fertilizante orgánico y como fuente de energía, aprovechando los gases como metano. Ya que ofrecen un gran potencial para generar recursos adicionales al productor (Cervantes, 2014).

a) Ventajas con el uso de la cerdaza

La principal ventaja es que se elimina una fuente potencial de contaminación de las fuentes de agua y del ambiente en general. Se maneja el concepto de producción de finca en forma integral, se aprovechan todos los recursos, y se establecen reciclajes de nutrientes importantes (Cervantes, 2014).

b) Desventajas con el uso de la cerdaza

El contenido nutricional depende de la forma en que se obtenga y la tipo de dieta del cerdo. Existe un riesgo alto de que los desechos del cerdo estén contaminados con bacterias, nematodos y hongos si no se le da el compostaje correcto. (Cervantes, 2014)

E. Proceso de compostaje

Se atribuye a la acción de los microorganismos, que bajo condiciones de humedad moderada y a diferentes niveles de temperatura, se alimentan de los materiales orgánicos y los devuelven en un estado más avanzado de degradación. La acción misma de los microorganismos provoca el aumento de temperatura, pues al combinarse distintos procesos bioquímicos se libera gran cantidad de energía. Normalmente el proceso de compostaje ocurre durante cuatro etapas: mesofílica, termofílica, de enfriamiento y de maduración.

En la etapa mesofílica actúan los microorganismos mesofílicos, que prosperan a temperaturas entre 20 °C y 40 °C. La temperatura aumenta gradualmente y el pH al inicio baja debido a la generación de ácidos orgánicos; luego empieza a aumentar ligeramente.

La segunda etapa es la termofílica, durante la cual actúan los microorganismos termofílicos, a temperatura entre 40 °C y 70 °C. El pH sube a más de 8 y empieza a estabilizarse. Cuando

la temperatura, que ha seguido aumentando, sobrepasa los 60 °C, los hongos mueren y el proceso es protagonizado por bacterias y actinomicetos. En ningún caso se debería dejar que la temperatura suba más de 70 °C.

Durante la etapa de enfriamiento, la temperatura baja a un ritmo más o menos similar a cuando aumentaba, y el pH se sigue estabilizando mientras reduce muy ligeramente con un valor alrededor del 8. Una vez la temperatura baja de 60, inicia una recolonización de hongos que se unen al proceso.

La etapa de maduración es la última y durante ella la temperatura y el pH acaban de estabilizarse. Diversos organismos animales se incorporan al proceso, y se da la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (Gómez, 2007).

F. Cultivo de pepino

El pepino es originario de las regiones tropicales del sur de Asia, siendo cultivado en la India desde hace más de 3.000 años. Fue introducido en América a mediados del siglo XVI, ya que Cristóbal Colón llevó semillas a América (Infoagro, 2010).

a) Descripción botánica

Especie *Cucumis sativus* L., Pertenece a la familia de las cucurbitáceas, es una planta herbácea anual que posee un sistema radicular muy potente que se ramifica rápidamente. Cuenta con un tallo principal espinoso trepador. Su flor de pétalos amarillos y corto pedúnculo aparecen en las axilas de las hojas y pueden ser hermafroditas o unisexuales. Las hojas poseen un peciolo largo con tres lóbulos de color verde oscuro y vello fino.

El fruto es de textura lisa depende de la variedades el color puede ser verde oscuro hasta alcanzar un color amarillento cuando está totalmente maduro (Infoagro, 2010).

b) Temperatura

Controlar las temperaturas en pepino es básico buscando temperaturas entre 20 °C y 30 °C durante el día, con temperatura mínima de 25 °C se puede tener mayor producción precoz y por encima de los 30 °C se observan desequilibrios en las plantas que afectan directamente a los procesos de fotosíntesis y respiración y temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 17 °C ocasionan malformaciones en hojas y frutos.

En el cuadro 1 se observa la temperatura diurna y nocturna en las distintas etapas de desarrollo del pepino y se pueden observar que durante la etapa de germinación se necesitan temperaturas más elevadas, hasta de 27 °C, no siendo así durante el desarrollo del fruto, cuya temperatura promedio durante el día es de 19 °C.

Cuadro 1. Temperatura diurna y nocturna en las distintas etapas de desarrollo del pepino.

Etapa de desarrollo	Temperatura (°C)	
	Diurna	Nocturna
Germinación	27	27
Formación de planta	21	19
Desarrollo del fruto	19	16

Fuente: Infoagro, 2010.

c) Humedad

El pepino es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60 % - 70 % y durante la noche del 70 % - 90 %. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis, aunque esta situación no es frecuente (infoagro, 2010).

d) Luminosidad

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas y a mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción. (infoagro, 2010)

e) Suelo

El pepino puede cultivarse en cualquier tipo de suelo de estructura suelta, bien drenado y con suficiente materia orgánica. Es una planta medianamente tolerante a la salinidad. El pH óptimo oscila entre 5,5 y 7. (infoagro, 2010)

f) Fenología

A continuación en el Cuadro 2 se presenta el ciclo del pepino, se observa que es corto, pero se debe tomar en cuenta que puede variar de una localidad a otra dependiendo de las condiciones edafoclimática, variedad y anejo.

Cuadro 2. Días después de la siembra del estado fenológico del cultivo de pepino.

ESTADO FENOLOGICO	DIAS DESPUES DE SIEMBRA
Emergencia	4-6
Inicio de emisión de guías	15-24
Inicio de floración	27-34
Inicio de cosecha	43-50
Fin de cosecha	75-90

Fuente: Bio-nica, 2011.

g) Inducción de la germinación del pepino

i. Humedad

La humedad es importante para una correcta germinación, pero esta debe de ser controlada, en exceso puede generar falta de oxígeno porque están llena los poros que lo contienen. También las condiciones secas pueden resultar en irregularidad de emergencia de semillas esto debido a que la el agua estimula el inicio de la germinación (CONABIO, 2005).

ii. Luz

Como la mayoría de las semillas la introducción de la germinación debe ser en ausencia de luz, aunque en su etapa vegetativa esta sea exigente con la luminosidad (CONABIO, 2005).

iii. Temperatura

Se reporta que esta planta germina entre 15 °C y 39 °C, aunque su rango óptimo está entre los 25 °C y 30 °C (CONABIO, 2005).

G. Plántula o Pilón

Se denomina plántula o pilón a la planta en sus primeros estadios de desarrollo, desde que germina hasta que se desarrollan las primeras hojas verdaderas (Sagastume, 2011).

H. Bacter-DS

Es un producto utilizado para tratar desechos sólidos orgánicos, utilizando bacterias que aceleran la descomposición, cada litro de producto contiene 15 g de población de esporas de bacterias. La empresa fabricante es “Ser agro” y es distribuido en Guatemala por la empresa “kayil S.A.”. Este producto posee muchas ventajas por ser de bajo riesgo (cinta color verde) como por ejemplo que no tiene restricciones de reingreso al área donde se aplicó el producto, tampoco es fitotóxico cumpliendo con las instrucciones de uso.

I. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales

Con este enfoque solamente se toman en consideración los costos asociados con la decisión de usar o no un tratamiento. Estos costos permiten diferenciar un costo de 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. Por esta razón se denominan “Costos Fijos”.

Los presupuestos parciales se desarrollan para formular recomendaciones a partir de datos agronómicos, el proceso de aplicación del enfoque debe generar una recomendación para los agricultores (Reyes, 2001).

J. Tasa marginal de retorno (TMR)

Para calcular la TMR se procede a ordenar las alternativas no dominadas resultante del análisis de dominancia, tal y como se colocaron en el análisis anterior, o sea, de mayor a menor beneficio neto con su respectivo costo variable, luego se procede a calcular el incremento en Costo Variable (CV) y en Beneficio neto (BN), finalmente se procede a dividir

el incremento en Beneficio Neto entre el incremento en Costo Variable y se multiplica por cien (Reyes, 2001).

$$TMR = \frac{\Delta BN}{\Delta CV} \times 100$$

TMR=Tasa marginal de retorno

BN=Beneficio neto

CV=Costo variable

2.2.2 Investigaciones similares

Santos y Camejo (2012), en la investigación sobre tecnología para la descontaminación del lago Izabal utilizando la planta *Hydrilla verticillata* como sustrato hortícola, determinaron que económicamente puede utilizarse como sustrato alternativo cualquiera de las combinaciones evaluadas, obteniendo mejores plántulas en el sustrato con 30 días de degradación combinado con 15 % de perlita H30-85-15.

Llegaron a la conclusión de que el uso de la planta como sustrato genera fuente potencial de empleo para las comunidades, al poderse fomentar una industria ecológica para producir sustratos en la zona con beneficios económicos, generando divisas al país al no tener que importar turba de Spanghum y dando uso productivo a una planta que hoy es un contaminante del medio ambiente.

De acuerdo con Toledo (2006), es posible sustituir el peat moss con un sustrato elaborado en proporciones de 1:1 mantillo + arena blanca, la plántula presentó las mismas características que la plántula sembrada en peat moss, con un ahorro de Q. 440.00 por cada 20,000 plántulas.

Cano (2004), en la evaluación de sustratos y su efecto en el desarrollo de plantas de sandía (*Citrullus lanatus* L.) bajo invernadero, para la producción de semilla, en Salamá, Baja Verapaz muestra la importancia de la desinfestación del sustrato, debido a que el tratamiento turba negra sin desinfestar reportó los valores más bajos de germinación con un 57 %.

El estudio sobre la propuesta de un plan de manejo de desechos sólidos, líquidos y emisiones atmosféricas en la granja porcicultora Hebrón Mutzus (2012) afirma que en cada una de las etapas en el proceso de producción de cerdos, se obtienen desechos propios de cada una. Estos tienen un impacto directamente sobre los recursos como el agua, el suelo y el aire. El contar con un plan sobre los desechos generados, hará que las empresas

dedicadas a la producción porcícola tengan un control sobre los desechos emitidos por la granja, reducir la contaminación ambiental y contar con un ambiente laboral aceptable.

Cruz, Álvarez, Soria y Candelaria (2016), en el estudio para la producción de sustratos orgánicos para ornamentales a menor costo que los importados determinaron que el humus de composta y vermicomposta son más baratos que los importados. Uno de los materiales empleados para elaborar los quince sustratos estudiados es la cerdaza, contribuyendo a reducir la contaminación y mal olor en los sitios de almacenaje. El sustrato 13 (50 % caballaza + 50 % cerdaza) alcanzó valores de N, P, K 1.52 %, 0.68 % y 0.62 % respectivamente.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general

Evaluar la combinación de cerdaza y arena pómez como sustrato alternativo para la producción de pilones de pepino, en condiciones de invernadero.

2.3.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar física, química y biológicamente los diferentes sustratos a base de cerdaza y arena para la producción de pilones de pepino bajo invernadero.
2. Evaluar la respuesta de las plántulas de pepino a siete combinaciones de cerdaza y arena pómez como sustrato.
3. Comparar económicamente los diferentes tratamientos a evaluados.

2.4 HIPÓTESIS

Al menos uno de los tratamientos realizados con cerdaza presenta mejores rendimientos que el tratamiento testigo

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Preparación y acondicionamiento del material experimental

Los materiales son llevados a la finca a granel, son depositados en áreas específicas de la finca. En el caso de la cerdaza llega sin algún proceso de compostaje. Y la arena pómez llega sin algún proceso de desinfección ni tamizado. Por este motivo fue sometido al siguiente proceso de preparación.

A. Descomposición de cerdaza

Este proceso se completa con 4 pasos que se describen a continuación:

- a) Se reúne la cerdaza fresca en un espacio adecuado, plano y alejado de áreas donde labore personal de la finca, para llevar acabo la descomposición. Debido a que este proceso puede llegar a tener olores molestos, lo ideal es un área retirada de áreas de trabajo.
- b) Se humedece el estiércol, en caso de que este estuviera seco.
- c) Luego se le aplica un producto para tratar desechos sólidos (BACTER-DS), de la siguiente manera:
 - i. Se mezclara 1 L de BACTER-DS+10 lb de azúcar en 200 L de agua.
 - ii. Se colocó 1 L de la mezcla en 4 L de agua para un metro cubico de cerdaza.
 - iii. Se hizo capas de 20 cm a 30 cm de grosor y se asperjara sobre el material. Si el material no tiene humedad agregar agua hasta humedecer.
- d) Se mueve el material cada ocho días hasta cumplir 30 días desde la aplicación del producto.

B. Preparación de arena

Este material está almacenado en un banco de arena y de él se extrae material, esta fue tamizada por una malla de 12.5 mm hasta obtener la cantidad necesaria. El tamizado se realiza para poder obtener partículas más pequeñas y homogéneas. Teniendo la área tamizada se procede con la desinfestación de la misma llevando acabo el siguiente proceso:

- a) Se aplicó metam sodio (dosis: 12.5 cm³ en 1 L de agua).
- b) Se dejó tapado durante 2 días.
- c) Se dejó 10 días destapado.

2.5.2 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados son ocho desglosados en siete tratamientos de cerdaza y arena en distintas proporciones y un tratamiento testigo a base de turba de Sphagnum (nombre comercial Berger BM2).

En el Cuadro 3, se describen los componentes y proporciones de cada tratamiento y las proporciones se realizan utilizando el volumen de una cubeta plástica de 200 L como la unidad física de concentración (volumen/volumen).

Cuadro 3. Conformación de los tratamientos a evaluar para la producción de pilones de pepino bajo invernadero en Finca las Margaritas.

Tratamiento	Materiales	Proporciones (%)
Testigo	Peat Moss	100
T1	Cerdaza	100
	Arena	0
T2	Cerdaza	90
	Arena	10
T3	Cerdaza	80
	Arena	20
T4	Cerdaza	70
	Arena	30
T5	Cerdaza	60
	Arena	40
T6	Cerdaza	50
	Arena	50
T7	Cerdaza	40
	Arena	60

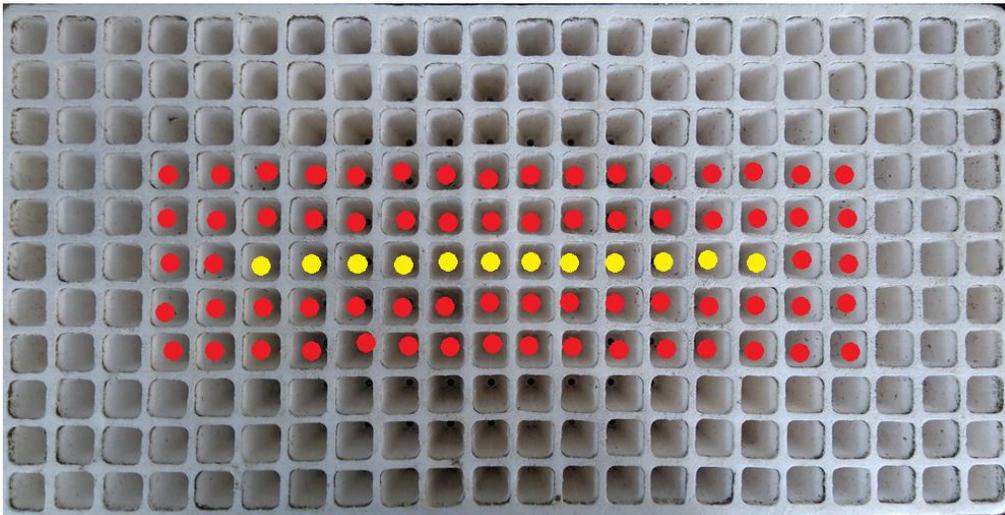
Fuente: elaboración propia, 2016.

2.5.3 Diseño experimental

Tomando en cuenta que el experimento se realizara bajo invernadero, existiendo mejor control de los factores ambientales, se utiliza el diseño experimental completamente al azar (D.C.A). Se completan ocho tratamientos/sustratos y tres repeticiones haciendo un total de 24 unidades experimentales.

2.5.4 Unidad experimental

La unidad experimental (figura 2), estuvo formada por una parcela bruta que contenía 80 pilones sembrados en una bandeja de Espumaplast de 242 celdas, y una parcela neta que contiene 12 plántulas de la parte central de la unidad experimental para evitar el efecto de borde.



Amarillo: parcela neta, Rojo: parcela bruta

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Unidad experimental.

2.5.5 Modelo estadístico

Para interpretar los resultados se utilizó el siguiente modelo estadístico:

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

Donde:

Y_{ij} =Variable de respuesta de la ij-esima unidad experimental

μ =Media general de las variables de respuesta

T_i =Efecto del i-esimo tratamiento

E_{ij} =error experimental en la ij-esima unidad experimental

2.5.6 Manejo Agronómico

A. Preparación de sustratos

Para realizar los tratamientos se utilizó medidas volumétricas en proporciones establecidas, como se observa en el Cuadro 3. donde el 100 % es una cubeta de 20 L y cada proporción de cerdaza y arena estuvo establecida en relación V/V utilizando la unidad de medida de litros. Luego se mueve para homogenizar la mezcla por último se humedece para mejorar la consistencia.

B. Llenado de bandejas y siembra

El llenado de bandejas fue de forma manual donde se colocó el sustrato, previamente preparado en 24 bandejas de Espumaplast de 242 celdas, dejando un espacio entre la parte superior de la bandeja y la superficie del sustrato, para colocar la semilla, de por lo menos dos veces el diámetro de la semilla.

Posterior mente se llenó el espacio para tapar la semilla y se realizó un riego profundo a la bandeja, con una boquilla que permita el paso de gotas muy pequeñas, a modo de humedecer homogéneamente todo el sustrato de la celda. Por último se tapó las bandejas con nylon negro durante cuarenta y ocho horas, para proporcionarle un ambiente favorable a la semilla.

C. Riego

El riego se realizó a medida que el cultivo y el ambiente lo demandó, se realizaron monitoreo constantes (en la mañana y en la tarde) donde se observó la cantidad de humedad en el sustrato para saber si este demanda más agua.

D. Fertilización

Las fertilizaciones se realizaron foliar mente utilizando el plan de fertilización siguiente:

Se realizaron dos soluciones nutritivas, descritas en el Cuadro 4, de las cuales se utilizó 2.5 ml de cada solución por un litro de agua, esta será la solución final que se aplicó a las plantas cada tres días. También se aplicó una solución nutritiva de elementos menores marca Nutri Feed de la línea Micro Max de la cual se utilizó 2.5 ml por un litro de agua y esta solución final se aplicó una vez por semana.

Cuadro 4. Soluciones nutritivas.

Solución	Composición	Dosis (kg/L)
A	Nitrato de Calcio	0.25
B	Fosfato Monopotásico	0.11
	Sulfato de Magnesio	0.05
	Sulfato de Potasio	0.08

Fuente: elaboración propia, 2016.

E. Control fitosanitario

El mayor problema que se encontró en el diagnóstico fue mosca blanca (*Bemisia tabaci*) por lo que se emplearon trampas amarillas, estas trampas fueron monitoreadas diariamente, como no se encontró presencia significativa de mosca blanca no se aplicó ningún productos químicos u orgánico para combatirla. Los sustratos fueron desinfectados con productos químicos, y se evitó el uso excesivo de agua para eliminar ambientes que favorezcan a hongos, bacterias y otros fitopatógenos.

2.5.7 Variables respuesta del diseño experimental

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre el cultivo de pepino en pilón, se establecieron parámetros a tomar en cuenta como:

A. Determinación de las características físicas y químicas

En esta etapa se determinan las características tanto físicas como químicas de las mezclas o sustratos, cumpliendo así con el primer objetivo propuesto en esta investigación. Esta etapa se llevara a cabo enviando una muestra de cada sustrato al laboratorio de suelos y agua de la Facultad de Agronomía de la universidad de San Carlos de Guatemala.

a) Propiedades físicas

i. Granulometría

Es la determinación de la distribución de tamaños de las partículas que conforman un sustrato. La granulometría de un material puede caracterizarse fácilmente por medio del tamizado de una muestra secada al aire o en estufa, recolectando cada una de las fracciones retenidas en cada tamiz y cuantificando su peso. Cada una de las fracciones se expresa con base en porcentaje en relación con el peso inicial (Díaz, 2004).

ii. Densidad aparente

Se define como la masa de una sustancia entre el volumen que ocupa. $d=m/v$. Esta propiedad se puede cuantificar en el mismo contenedor que se vaya a utilizar para el crecimiento de las plantas. Se pesa el contenedor vacío de un volumen conocido, se llena de sustrato hasta la marca del volumen conocido y se pesa. Al peso total se le resta el peso del contenedor y se divide entre el volumen conocido. (Díaz, 2004).

b) Propiedades químicas

i. Materia orgánica

En la mayoría de los laboratorios se sigue usando el factor de Van Benmelen de 1.724 para estimar la M.O. a partir de C orgánico, el cual resulta de la suposición de que la M.O. contiene un 58 % de C.

ii. Ph

El ph ejerce sus efectos principales sobre la asimilabilidad de los nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. Se puede identificar con la ayuda de un potenciómetro.

iii. Capacidad de intercambio catiónico

CIC, la Capacidad de Intercambio Catiónico, se refiere a la cantidad total de cargas negativas que están disponibles sobre la superficie de las partículas en el suelo. Es un indicador del potencial del suelo para retener e intercambiar nutrientes vegetales, mediante la estimación de su capacidad para retener cationes.

iv. Contenido nutrimental

El contenido nutrimental favorece el crecimiento y rendimiento de los cultivos, por este motivo es importante que las plantas en las primeras fases de su desarrollo cuenten con los niveles óptimos de elementos esenciales durante los inicios de su crecimiento, para obtener plantas sanas.

B. Porcentaje de germinación (%)

La germinación se determinó mediante un conteo de celdas que contengan plantas germinadas. Los conteos se realizaron tres veces, a los 4, 7 y 10 días después de la siembra. Esto se hizo para cada tratamiento, y la formula que se empleó para determinar el porcentaje fue el siguiente:

$$PG = \frac{NPG * 100}{NSS}$$

Donde:

PG= Porcentaje de germinación

TPG= Numero de plantas germinadas

TPS= Numero de semillas sembradas

2.5.8 Altura de plantas

La altura de planta se determinó midiendo la distancia desde la parte superficial del sustrato hasta el ápice del pilón, para cada uno de los tratamientos se sacó el promedio de alturas. Este variable se tomara a los 14 días.

C. Diámetro del tallo

El diámetro del tallo se determinó midiendo la base del tallo 20 días después de la siembra de semilla. Y se sacó un promedio por tratamiento (24 plantas).

D. Materia seca aérea

La materia seca aérea se obtuvo extrayendo cada una de las plántulas y separando el tallo de la raíz, se seca en un horno a 60 °C durante 72 horas para extraerles el agua, y luego ser pesado. Este parámetro nos indica el desarrollo foliar que tuvo la plántula desde la germinación, debido a que las hojas y el tallo son las unidades fundamentales para llevar a cabo la fotosíntesis y la evapotranspiración resulta de mucho interés esta variable.

E. Materia seca de raíces

La materia seca de raíces se obtuvo extrayendo cada una de las plántulas y separando el tallo de la raíz, se lavó la raíz con agua para eliminar los restos de sustrato y así evitar alteración en el peso, luego se secaron en un horno a 60 °C durante 72 horas para extraerles el agua del tejido. Por último se pesaron. La importancia de esta variable radica en que obteniendo el peso de la materia seca se sabe el desarrollo radicular, de esta manera a mayor peso mayor cantidad de raíces, lo que favorece la absorción de agua y nutrientes.

F. Relación tallo raíz

Esta es una variable que relaciona la cantidad de materia seca en la parte aérea y la cantidad de materia seca en la raíz. La fórmula para determinar la relación es:

$$RTR = \frac{MSA}{MSR}$$

Donde:

RTR= Relación tallo raíz

MSA= Materia seca parte aérea

MSR= Materia seca Raíces

2.5.9 Análisis de la información

A. Análisis estadístico

A las variables porcentaje de germinación, altura de planta, diámetro de tallo, materia seca aérea, materia seca de raíces y relación tallo raíz se les realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y las que presentaron diferencia significativa se les realizó una prueba de medias de tukey.

B. Análisis económico

Utilizando la metodología del centro de información agrosocioeconomica de la facultad de agronomía se realizó un análisis económico con presupuestos parciales, para evaluar los tratamientos que tengan mejor beneficio económico. (Reyes, 2001)

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1 Características físicas y químicas de los diferentes sustratos a base de cerdaza y arena para la producción de pilones de pepino bajo invernadero

Los resultados obtenidos en el cuadro 5 detallan las características físicas y químicas de los diferentes sustratos que se utilizaron en la presente investigación. Dentro de las propiedades químicas que se determinaron se encuentran: ph, conductividad eléctrica (C.E.), carbono orgánico (C.O.), materia orgánica (M.O.), relación carbono nitrógeno (C:N), capacidad de intercambio catiónico (CIC), mientras que, para el caso de las propiedades físicas evaluadas fueron la densidad aparente (Da), densidad real y textura.

Cuadro 5. Resultados del análisis de laboratorio propiedades químicas y físicas de cada una de las mezclas.

Tratamiento	pH	μS/cm		%			Meq/100g					%	g/cm ³		%			
		C.E	C.O	N	C:N	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB	Da	Da real	2 mm	1 mm	0.5 mm	<0.5 mm	
Testigo	5.4	1,075.00	40.51	0.46	88.1:1		1	0.36	265	0.06		0.2314		6.2	7.8	19.8	65.60	
T1	7	3,285.00	11.7	1.16	10.1:1		1	0.19	1550	0.38		0.3679		5.8	30.5	34.8	28	
T2	6.3	6,745	16.55	1.39	11.9:1	45.83	17.47	8.63	3.7	11.03	89.08	0.4124	10.321	0.9	33.67	35.08	30.34	
T3	6.2	7,04	13.39	0.8	16.7:1	29.58	15.47	12.54	2.39	8.21	>100	0.5128	10.321	1.96	32.55	34.4	31.09	
T4	6	5,855	9.65	0.82	11.8:1	19.58	12.23	8.02	1.09	4.36	>100	0.5882	10.927	0.62	31.42	34.98	32.98	
T5	5.8	7,89	11.23	0.94	11.9:1	19.58	12.48	8.43	1.09	4.1	>100	0.5797	11.261	0.97	37.03	34.06	27.94	
T6	5.8	4,395	4.73	0.55	8.6:1	11.66	8.48	4.07	0.65	2.95	>100	0.7547	16.542	1.99	42.04	34.09	21.88	
T7	7	3,92	5.52	0.82	6.7:1	12.91	10.73	4.24	1.3	4.62	>100	0.8163	12.064	1.18	47.24	31.15	20.43	

Fuente: Laboratorio de Suelo-Planta-Agua "Salvador Castillo Orellana", 2016.

Respecto a los valores de ph de los materiales en estudio, se puede mencionar que estos oscilaron entre 5.4 a 7 unidades; destacando que el material a base de Peet Most (tratamiento testigo) es el sustrato que posee el valor más bajo (5.4 unidades) y los materiales a base de cerdaza (T1) y cerdaza + arena (T7) presentaron los valores más altos (7 unidades).

La conductividad eléctrica de los sustratos osciló de 3.92 μS cm⁻¹ a 6,745 μS cm⁻¹; el tratamiento a base de cerdaza (90 %) + arena (10 %) es el que presentó el valor más alto de conductividad eléctrica, y el tratamiento 7 fue el que presentó el valor más bajo.

Se considera como rango óptimo de C.E. para un sustrato valores comprendidos entre 1,500 $\mu\text{S}/\text{cm}^3$ a 3,000 $\mu\text{S}/\text{cm}^3$ (Gilda Carrasco, 2007). De acuerdo al parámetro en mención los tratamientos 2, 3, 4, 5, 6 se encuentran por arriba del nivel de referencia indicado como óptimo, esto puede ocasionar que las aplicaciones de estos materiales al suelo pueden provocar que los contenidos de sales incrementen y provocando también dependiendo del tipo de sal que contengan generar problemas de toxicidad a nivel de planta.

Los valores de densidad aparte de los sustratos oscilaron entre 0.41 g/cm^3 a 0.81 g/cm^3 ; el tratamiento 2 fue el que presento la menor densidad y el tratamiento 7 fue el que presento la mayor densidad aparente. Los valores más bajos de densidad aparente se obtuvieron cuando los contenidos de cerdaza fueron mayores que los contenidos de arena en los sustratos, caso contrario ocurrió cuando los contenidos de arena fueron mayores que los de materia orgánica.

En general los tratamientos poseen una relación carbono-nitrógeno buena, estando el rango ideal entre 10:1 para una correcta liberación de nitrógeno, debajo de esta cifra como lo es en el caso del T7 con una relación 6.7:1 nos indica que puede tener una liberación de nitrógeno alta, y en el caso de T3 con una relación C-N de 16.7:1 nos indica que puede tener poca liberación de nitrógeno lo que tendría un efecto directo con el desarrollo de la planta, conocido como bloqueo biológico del nitrógeno (Pilar R., 2013).

Cuadro 6. Concentración de nutrientes disponibles en la cerdaza.

%				Ppm				
P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na
0.94	0.38	1	0.19	250	500	3000	300	1550

Fuente: Laboratorio de Suelo-Planta-Agua "Salvador Castillo Orellana", 2016.

El cuadro 6 se observa el contenido nutrimental de la cerdaza el cual no varía en los otros 6 tratamientos debido a que la misma cerdaza se mesclo en distintas proporciones con arena, sin ningún otro material que pueda proporcionar nutrientes.

2.6.2 Evaluar las características morfológicas de las plantas de pepino de los diferentes tratamientos.

A. Porcentaje de germinación.

En el cuadro 7 se describen los resultados de germinación obtenidos para cada tratamiento evaluado. Los resultados de germinación se midieron a los 4, 7 y 10 días después de la siembra en los diferentes tratamientos.

Cuadro 7. Resultados del porcentaje de germinación para los diferentes tratamientos evaluados.

Tratamiento	Día 4	Día 7	Día 10
Testigo	74	90	94
T1	50	73	82
T2	30	73	85
T3	34	81	95
T4	42	82	93
T5	37	79	90
T6	72	82	95
T7	65	73	86

Los porcentajes de germinación de todos los tratamientos estuvieron arriba del 80 % a los diez días después de siembra de las semillas del cultivo de Pepino. Los tratamientos T6 y T3 fueron los que presentaron los porcentajes más altos de germinación (95 % en ambos). El tratamiento en el cual se obtuvo menor porcentaje de germinación (82 %) fue el T1, el cual está a base de cerdaza al 100 %.

También, se puede mencionar que entre el tratamiento 1 al tratamiento 3 el porcentaje de germinación incremento en un 13 %, posteriormente del tratamiento 3 hasta el tratamiento 7 los porcentajes de germinación disminuyeron en un 9 % a excepción del tratamiento 6. Según el comportamiento generado se puede decir que utilizar un sustrato a base de cerdaza al 100 % provoco los porcentajes de germinación más bajos y contenidos de arena arriba del 20 % en los sustratos provoco que los porcentajes de germinación disminuyeran.

En la figura 3, se presenta la gráfica del porcentaje de germinación de los tratamiento 4, 7 y 10 días después de siembra.

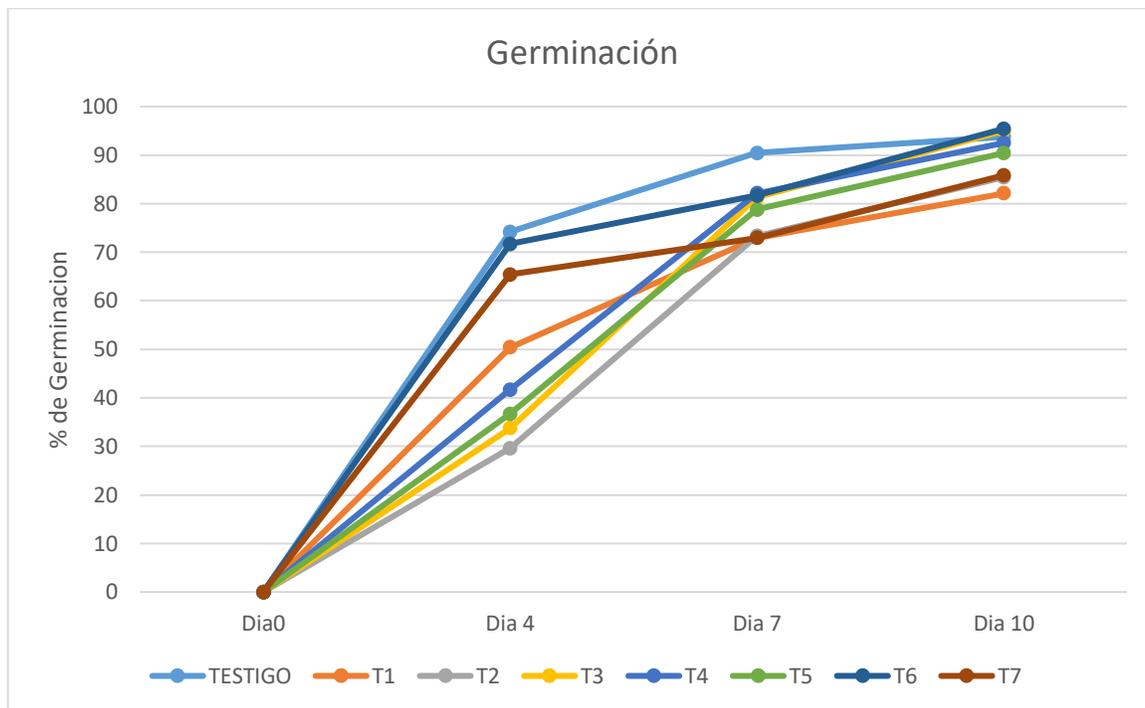


Figura 3. Porcentaje de germinación de los tratamientos a los 4, 7 y 10 días después de siembra de semillas de pepino.

En la figura 3 se describen los cambios en la germinación con el pasar del tiempo, donde se ve que al inicio en el día 4 el tratamiento testigo tuvo un inicio superior a los demás tratamientos con un 74 % de germinación, junto con los tratamientos T6 y T7 fueron los únicos que no presentaron retraso en su germinación puesto que el resto de tratamientos tuvieron menos del 50 % de germinación. Luego en el día 7 los porcentajes de germinación se homogenizaron, mostrando una germinación superior al 70 % para todos los tratamientos.

En el cuadro 8 se presenta el análisis de varianza tomado del porcentaje de germinación 10 días después de sembrada la plántula. Se analiza únicamente los resultados obtenidos a los 10 días debido a que ese es el porcentaje de germinación final y el más importante para la empresa, por contener el porcentaje de plantas que se llevaran a campo.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación 10 días después de la siembra.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	337.63	7	48.23	3.83	0.0124
Tratamiento	337.63	7	48.23	3.83	0.0124
Error	201.33	16	12.52		
Total	538.96	23	Coefficiente de variación		4.92

Según los resultados del análisis de varianza se puede mencionar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, lo cual indica que todos los tratamientos producen similar efecto en el porcentaje de germinación de las plantas de pepino. Aún, con este resultado, se realizó una prueba de Tukey, cuyos resultados se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Prueba de medias de Tukey para la variable porcentaje de germinación 10 días después de la siembra.

Tratamiento	Medias (%)	Grupo Tukey
T3	96	A
T4	95	A
T2	94	AB
T1	93	AB
T5	91	AB
T6	86	AB
T7	86	AB
TESTIGO	82	B

Según el análisis de medias para la variable porcentaje de germinación a los 10 días, se puede observar que los tratamientos con los porcentajes más altos de germinación es el tratamiento T3 y T4 siendo mejor el primero con un 96% de germinación. Este análisis nos indica que se considera como el mejor tratamiento el T3 superando al tratamiento testigo.

B. Altura de planta

En el cuadro 10 se detallan los resultados del análisis de varianza para la variable altura de planta de pepino a los 15 días después de siembra.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable altura.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	18.92	7	2.7	3.5	0.018
Tratamiento	18.92	7	2.7	3.5	0.018
Error	12.35	16	0.77		
Total	31.27	23	Coefficiente de variación		14.86

Según los resultados del análisis de varianza se puede mencionar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, lo cual indica que todos los tratamientos producen similar efecto en la altura de la plantas de pepino.

Debido a que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en el análisis de varianza se realizó el análisis postaneva. En el cuadro 11 se detallan los resultados obtenidos de la prueba de medias por el método de Tukey para la variable altura de plantas de pepino.

Cuadro 11. Prueba de medias de Tukey para la variable altura.

Tratamiento	Medias (cm)	Grupo Tukey
T3	7.45	A
T4	6.46	AB
T2	6.33	AB
T1	6.21	AB
T5	6.18	AB
T6	5.18	AB
T7	5.01	AB
TESTIGO	4.5	B

Según el análisis de medias, el tratamiento que produce mayor altura en las plantas de pepino es el número 3 calificado como grupo A, el cual genero una altura promedio de 7.45 cm; los tratamientos 1, 2, 4, 5, 6 y 7 calificados como grupo AB generaron alturas promedios comprendidas entre 5.01 cm a 6.46 cm y el tratamiento testigo calificado como B fue el que obtuvo la menor altura promedio de plantas (4.5 cm).

C. Diámetro del tallo

En el cuadro 12 se detallan los resultados del análisis de varianza para el variable diámetro tallo de plantas de pepino a los 15 días después de siembra.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable diámetro del tallo.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	7	2.00E-03	2.96	0.0344
Tratamiento	0.01	7	2.00E-03	2.96	0.0344
Error	0.01	16	6.90E-04		
Total	0.03	23	Coefficiente de variación		9.3

Según los resultados del análisis de varianza se puede mencionar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, lo cual indica que todos los tratamientos producen similar efecto en el diámetro de las plantas de pepino.

En el cuadro 13 se detallan los resultados obtenidos de la prueba de medias por el método de Tukey para el variable diámetro de plantas de pepino.

Cuadro 13. Prueba de medias para la variable diámetro del tallo.

Tratamiento	Medias (cm)	Grupo Tukey
T5	0.32	A
T2	0.31	AB
T3	0.29	AB
T4	0.28	AB
T1	0.28	AB
T6	0.28	AB
T7	0.27	AB
Testigo	0.24	B

Según el análisis de medias, el tratamiento que produce mayor diámetro en las plantas de pepino es el número 5 calificado como grupo A, el cual genero un diámetro promedio de 0.32cm; los tratamientos 1, 2, 3, 4, 6 y 7 calificados como grupo AB generaron diámetros promedios comprendidas entre 0.27 cm a 0.31 cm y el tratamiento testigo calificado como B fue en el cual se produjo menor diámetro de plantas (0.24 cm).

D. Materia seca aérea

En el cuadro 14 se detallan los resultados del análisis de varianza para la variable materia seca de plantas de pepino a los 15 días después de siembra.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable materia seca aérea.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	0.05	7	1.00E-02	2.21	0.0892
Tratamiento	0.05	7	1.00E-02	2.21	0.0892
Error	0.05	16	3.40E-03		
Total	0.11	23	Coeficiente de variación		11.65

Según los resultados del análisis de varianza se puede mencionar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, lo cual indica que todos los tratamientos producen similar efecto en la producción de materia seca de la parte aérea de las plantas de pepino.

En el cuadro 15 se detallan los resultados obtenidos de la prueba de medias por el método de Tukey para el variable materia seca de plantas de pepino.

Cuadro 15. Prueba de medias de Tukey para la variable materia seca aérea.

Tratamiento	Medias (g)	Grupo Tukey
T3	0.59	A
T4	0.53	AB
T6	0.52	AB
T5	0.5	AB
T2	0.49	AB
Testigo	0.48	AB
T7	0.48	AB
T1	0.42	B

Según el análisis de medias, el tratamiento que produce más materia seca en las plantas de pepino es el número 3 calificado como grupo A, el cual genero un rendimiento promedio de 0.59 g por planta; los tratamientos testigo, 2, 4, 5, 6 y 7 calificados como grupo AB produjeron rendimientos promedios comprendidas entre 0.48 g a 0.53 g y el tratamiento 1 calificado como B fue el que obtuvo la menor producción promedio de materia seca por planta (0.42 g).

E. Materia seca de raíces

En el cuadro 16 se detallan los resultados del análisis de varianza para la variable materia seca de raíces de pepino a los 15 días después de siembra. Esta variable nos ayuda a determinar un aproximado de la cantidad de raíces que estas plántulas desarrollaron en el proceso, la cantidad cuanto mayor es el peso mayor es la rizosfera, y si esta es mayor se asume que la plántula tiene más capacidad de absorber agua y nutrientes.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable materia seca de raíces de pepino.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	0.05	7	1.00E-02	1.26	0.3288
Tratamiento	0.05	7	1.00E-02	1.26	0.3288
Error	0.1	16	1.00E-02		
Total	0.15	23	Coeficiente de variación		30.07

Según los resultados del análisis de varianza se puede mencionar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, lo cual indica que todos los tratamientos producen similar efecto en la producción de materia seca de raíces de las plantas de pepino.

En el cuadro 17 se detallan los resultados obtenidos de la prueba de medias por el método de Tukey para la variable materia seca de raíces de pepino.

Cuadro 17. Prueba de medias de Tukey para la variable materia seca de raíces.

Tratamiento	Medias (g)	Grupo Tukey
T6	0.33	A
T1	0.31	A
T4	0.28	A
T7	0.26	A
T3	0.24	A
Testigo	0.22	A
T5	0.2	A
T2	0.2	A

Según el análisis de medias todos los tratamientos producen el mismo efecto en la producción de materia seca de raíces por planta, resaltando que las producciones oscilaron entre 0.2 g a 0.33 g de raíz por planta.

2.6.3 Comparación económica de los diferentes tratamientos evaluados en la investigación.

Se llevó a cabo un registro de los costos que se generaron para la descomposición de la cerdaza durante todo el proceso de compostaje, estos se describen a continuación en el 18.

Cuadro 18. Costos del compostaje de la cerdaza.

Costos	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (Q.)	Sub total (Q.)
Cerdaza	Sacos	250	5.00	1250.00
Bacter DS	Litros	1	500.00	500.00
Transporte	Viaje	1	400.00	400.00
Encostalado	Jornal	4	75.00	300.00
Aplicación Bacter DS y remocion	Jornal	3	75.00	225.00
			Total	Q. 2,675.00

Sumando todos los costos en los que se incurrió en el proceso de compostaje de la cerdaza se determinó un total de Q. 2,625.00 tomando en cuenta mano de obra e insumos. Se determinó que un saco de cerdaza equivale a un volumen de 120 L, por lo que al multiplicar este volumen por los 250 sacos de cerdaza obtenemos un total de 30,000 L de cerdaza en total.

En el Cuadro 19 se observan el costo de producir un litro de cerdaza, y se estima el valor de un litro debido a que las mezclas de sustratos se hacen en medidas de volumen o porcentaje de volumen como se estableció en el Cuadro 3.

Cuadro 19. Costo por litro en la producción de cerdaza.

Costo total de la cerdaza	Q. 2,625.00
Litros producidos de cerdaza	30,000.00
Costo por litro de cerdaza	Q. 0.09

El costo incurrido para producir un litro de cerdaza con las condiciones actuales de la finca es de Q. 0.09 tomando en cuenta que los 250 sacos de cerdaza representan un total de 30,000.00 L de cerdaza, y con un total de costos de Q. 2,625.00.

El Cuadro 20 presenta los costos que implica la preparación de 1 m³ de arena, tomando en cuenta que la arena blanca se obtiene en un área específica de la finca por lo que no representa un costo.

Cuadro 20. Costos en la preparación de arena blanca.

Costos	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (Q.)	Sub total (Q.)
Arena	Metro ³	1	24.00	24.00
Metam Sodio	Litros	1	65.00	65.00
Transporte	Viaje	1	100.00	100.00
Mano de obra				
Encostalado	Jornal	1	75.00	75.00
Aplicación Metam Sodio y tapado	Jornal	1	75.00	75.00
			Total	Q. 339.00

El total de costo de preparación de un metro cubico de arena es de Q. 339.00, debido a que las proporciones de las mezclas se realizaron en litros, realizamos la conversión de 1 m³ a 1,000 L como se observa en el Cuadro 21. Dicho cuadro presenta los costos que representa preparar un litro de arena blanca.

Cuadro 21. Costo de la preparación de un litro de arena blanca.

Costo total de la arena	Q. 339.00
Litros producidos de arena	1,000.00
Costo por litro de arena	Q. 0.34

El costo para producir un litro de arena blanca es de Q. 0.34. El costo de preparar 1 L de arena resulta Q. 0.25 más alto que el costo de preparar un litro de cerdaza esto se explica por el volumen de cerdaza que se preparó, debido a que se produjo un volumen más alto

de cerdaza (30,000 L), los insumos y costos de mano de obra que suman Q. 2,675.00 se dividieron entre más litros de cerdaza. Por otro lado de arena se preparó un volumen menor por lo que los costos de insumos y mano de obra, que suman Q. 339.00 se dividieron en 1,000 L de arena blanca preparada.

Ya obtenidos los costos de la preparación de arena blanca y cerdaza, en los Cuadro 19 y Cuadro 21, a continuación en el Cuadro 22 se presentan los costos de producir cada tratamiento, con base en los porcentajes que se utilizan de cada insumo.

Es importante mencionar que en el Cuadro 22 solo se tomaron en cuenta los costos que varían, debido a que los costos de semilla, mano de obra y manejo agronómico fueron los mismos para cada tratamiento.

Cuadro 22. Total de costos que varían por tratamiento para un litro.

Tratamiento	Materiales	Proporciones (%)	Cantidad (L)	Costo unitario (Q.)	Total costo por insumo (Q.)	Costo por tratamiento (Q.)	Costo por pilón (Q.)
T1	Cerdaza	100	5.88	0.09	0.52	0.52	0.01
	Arena	0	0.00	0.34	0.00		
T2	Cerdaza	90	5.29	0.09	0.47	0.67	0.01
	Arena	10	0.59	0.34	0.20		
T3	Cerdaza	80	4.70	0.09	0.42	0.82	0.01
	Arena	20	1.18	0.34	0.40		
T4	Cerdaza	70	4.12	0.09	0.37	0.97	0.01
	Arena	30	1.76	0.34	0.60		
T5	Cerdaza	60	3.53	0.09	0.31	1.11	0.02
	Arena	40	2.35	0.34	0.80		
T6	Cerdaza	50	2.94	0.09	0.26	1.26	0.02
	Arena	50	2.94	0.34	1.00		
T7	Cerdaza	40	2.35	0.09	0.21	1.41	0.02
	Arena	60	3.53	0.34	1.20		
Testigo	Berger BM2	100	5.88	2.24	13.19	13.19	0.20

El costo más alto lo obtuvo el tratamiento testigo con Q. 13.19, el costo más bajo lo obtuvo el tratamiento T1 con Q. 0.52. Se observa que la diferencia entre el tratamiento con el costo más elevado y tratamiento testigo es de Q. 11.78.

En el Cuadro 23 se presenta el rendimiento ajustado, para lo que primero se determinó el rendimiento corregido, este último se determinó calculando el promedio de las medias de los grupos Tukey para la variable respuesta germinación a los 10 días. El rendimiento ajustado se calculó multiplicando el rendimiento ajustado por uno menos la tasa de ajuste que en este caso se utilizó el 15 % debido a que el experimento se llevó a cabo en un ambiente controlado.

Cuadro 23. Rendimiento ajustado.

Tratamiento	Medias	Grupo Tukey	Rendimiento corregido	Rendimiento ajustado
TESTIGO	65.67	B	65.67	55.82
T1	74	AB	71.47	60.75
T2	75	AB	71.47	60.75
T3	76.33	A	76.17	64.74
T4	76	A	76.17	64.74
T5	72.33	AB	71.47	60.75
T6	68.67	AB	71.47	60.75
T7	67.33	AB	71.47	60.75

Debido a que el rendimiento ajustado esta dado en porcentaje de germinación, se calculó el total de plantas germinadas a los 10 días con este resultado de porcentaje de germinación se determinó el beneficio bruto y beneficio neto como se observa en el Cuadro 24. El beneficio bruto se calculó multiplicando el total de plantas germinadas a los 10 días por Q. 0.28 que es el precio de cada pilón de pepino en el mercado, el beneficio neto es el beneficio bruto menos los costos variables.

Cuadro 24. Beneficio bruto y beneficio neto

Tratamiento	Rendimiento ajustado	Total plantas germinadas	Beneficio bruto (Q.)	Costos variables (Q.)	Beneficios netos (Q.)
TESTIGO	55.82	134	37.51	13.19	24.32
T1	60.75	146	40.82	0.52	40.30
T2	60.75	146	40.82	0.67	40.15
T3	64.74	155	43.51	0.82	42.69
T4	64.74	155	43.51	0.97	42.54
T5	60.75	146	40.82	1.11	39.71
T6	60.75	146	40.82	1.26	39.56
T7	60.75	146	40.82	1.41	39.42

En el Cuadro 25 se observa la dominancia de los tratamientos, este análisis se realiza ordenando los tratamientos de acuerdo a los costos variables, de forma ascendente, se analiza si al aumentar el costo variable aumentan los beneficios netos entonces el tratamiento es no dominado. Este análisis nos permite seleccionar el mejor tratamiento en términos de ganancia, para recomendar a un agricultor. Un tratamiento es dominado cuando existe al menos un tratamiento de igual o menor costo que genera mayores beneficios.

Cuadro 25. Dominancia de los tratamientos.

Tratamiento	Costos variables (Q.)	Beneficios netos (Q.)	Dominancia
T1	0.52	40.30	No dominado
T2	0.67	40.15	Dominado
T3	0.82	42.69	No dominado
T4	0.97	42.54	Dominado
T5	1.11	39.71	Dominado
T6	1.26	39.56	Dominado
T7	1.41	39.42	Dominado
Testigo	13.19	24.32	Dominado

Como se observó en el Cuadro 25 los tratamientos no dominados es el T1 y el T3, siendo el segundo el mejor tratamiento porque presento mayores beneficios netos.

En el Cuadro 26 se calculó la Tasa Marginal de Retorno, utilizando la diferencia en el beneficio neto y la diferencia en los costos variables de los tratamientos no dominados.

Cuadro 26. Tasa Marginal de Retorno.

Tratamiento	Costos variables (Q.)	Beneficios netos (Q.)	Dominancia	ΔBN	ΔCV	TMR
T1	0.52	40.30	No dominado			
T3	0.82	42.69	No dominado	Q. 2.39	Q. 0.29	813.55761

Al final se obtuvo una Tasa Marginal de Retorno de 910.64 %. Debido a que la tasa de interés en el mercado financiero informal en el altiplano central de Guatemala es de 60 % y a esto se le suma un 40 % de la tasa de retorno mínimo en la agricultura, nos da una TAMIR (Tasa Mínima de Retorno) de 100 %, utilizada en el Cuadro 27. (Reyes, 2001)

Se determinó que el tratamiento T3 es el más rentable ya que cumple con la condición de que $TMR \geq TAMIR$ para el ultimo tratamiento no dominado. En el Cuadro 27 se observa el residuo que para el tratamiento T3 es de 41.93 lo que corrobora que dicho tratamiento es el más rentable.

Cuadro 27. Residuo.

Tratamiento	TAMIR*CV	Residuos
T1	Q. 0.52	Q. 39.77
T3	Q. 0.79	Q. 41.93

2.7 CONCLUSIONES

1. Los siete tratamientos con diferentes proporciones de arena blanca y cerdaza evaluados presentaron características físicas y químicas similares. Y al compararlos con el tratamiento testigo, compuesto únicamente de Peat Moss con las características físico-químicas de los siete tratamientos se obtuvo diferencias significativas, destacándose la conductividad eléctrica con diferencia de 2,210 $\mu\text{s}/\text{cm}$ con el tratamiento más parecido.
2. En relación a la respuesta de las plántulas de pepino a los diferentes tratamientos se logró determinar que el tratamiento número tres (80 % cerdaza y 20 % arena) obtuvo la mejor respuesta en tres variables de cinco evaluadas, siendo estas germinación, altura de planta y materia seca aérea.
3. Económicamente todos los tratamientos evaluados son por lo menos Q. 10.37 más baratos que el tratamiento testigo a base de sustrato Peat Moss, por lo que al utilizar cualquiera de los siete tratamientos se está ahorrando por lo menos un 90% de costos.
4. El tratamiento con mejores resultados para sustituir al tratamiento testigo que está compuesto de sustrato Peat Moss al 100 %, tomando en cuenta el desempeño vegetativo de las distintas variables evaluadas y el análisis financiero realizado, es el tratamiento T3. Este ofrece los mejores resultados para la producción de plantas de pepino.

2.8 RECOMENDACIONES

1. Tomar en cuenta el tratamiento número tres como alternativa económica para la producción de plántulas de pepino.
2. Evaluar la cerdaza con proporciones de Peat Moss para obtener las características favorables de Peat Moss y las ventajas económicas de la cerdaza.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Alexander, LM. 2012. Seis tipos de sustratos para ambientes controlados (en línea). Ohio, Estados Unidos de Norte América. Consultado 30 mar. 2016. Disponible en <https://www.meistermedia.com/>
2. Bio-Nica. 2011. Guía técnica del cultivo de pepino (en línea). Nicaragua. Consultado 27 mar. 2016. Disponible en: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/pepino%20guia%20tecnica.pdf>
3. Cano López, JL. 2004. Evaluación de sustratos y su efecto en el desarrollo de plantas de sandía (*Citrullus lanatus* L.) bajo invernadero, para la producción de semilla (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala. Consultado 27 mar. 2016. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2064.pdf
4. Carrasco, G; Ramírez, P; Hermine Vogel, G. 2007. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en Nft1 (en línea). Chile. Consultado 17 jun. 2017. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292007000200007&script=sci_arttext
5. Cervantes, I. 2014. Uso de excretas porcinas como ingrediente alimenticio en la dieta de otras especies (en línea). México. Consultado 30 oct. 2017. Disponible en <http://bmeditores.mx/uso-de-excretas/>
6. CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México). 2005. *Cucumis sativus* (en línea). México. Consultado 30 mar. 2016. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/biosecuridad/pdf/21650_sg7.pdf
7. Cruz Campos, JM; Álvarez Suárez, JM; Soria Fregoso, MJ; Candelaria Martínez, B. 2016. Producción de sustratos orgánicos para ornamentales a menor costo que los importados (en línea). Consultado 30 oct. 2017. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v25n1/rcta08116.pdf>
8. Díaz Serrano, FR. 2004. Selección de sustratos para la selección de hortalizas (en línea). Guanajuato, México, Universidad de Guanajuato. Consultado 22 mar. 2016. Disponible en <http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio4/04-Seleccion-sustratos-prodhortinvernadero.pdf>

9. EPA (Environmental Protection Agency, US). 2016. ¿Qué es el pH? (en línea). Estados Unidos de Norte América. Consultado 30 mar. 2016. Disponible en <https://www3.epa.gov/acidrain/spanish/measure/ph.html>.
10. Estrada Alarcón, RE. 2003. Caracterización de sustratos orgánicos e inorgánicos a nivel de región en Guatemala y su efecto en el rendimiento de hortalizas en cultivo hidropónico (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Consultado 28 mar. 2016. Disponible en
11. FUNDESYRAM. 2013. Propiedades físicas químicas y biológicas de los sustratos (en línea). San Salvador, El Salvador. Consultado 20 mar. 2016. Disponible en <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=1328>
12. García C, O; Alcántara G, G; Cabrera, RI; Gavi R, F; Volke H, V. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta (en línea). Tierra 19(3):249-258. Consultado 16 jun. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/html/573/57319306/>
13. Gómez, CA. 2007. Agricultura orgánica posible: elaboración de abono orgánico tipo compost (en línea). Consultado 30 oct. 2017. Disponible en <http://agronomord.blogspot.com/2007/12/agricultura-orgnica-posible-ii.html>
14. INFOAGRO, España. 2010. El cultivo de pepino (en línea). Consultado 26 mar. 2016. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.htm>
15. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala). 2015. Datos meteorológicos de los departamentos (en línea). Guatemala. Consultado 25 feb. 2016. Disponible en <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTADISTICAS.htm>
16. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2002. Zonas de vida (en línea). Guatemala. Consultado 25 feb. 2016. Disponible en <http://www.sigmaga.com.gt/imagenes/mapas/vegetacion/zonas-de-vida.pdf>
17. Martínez Torres, CA. 2008. Apoyo técnico a las actividades del proyecto de investigación agrocyt 017-2006 “evaluación agrotécnica y económica de *Hydrilla verticillata* (L.F.) Royle como un sustrato alternativo para la producción de plántulas en pilón y cultivos hortícolas en hidroponía bajo invernaderos” (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Consultado 29 mar. 2016. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2445.pdf

18. Masaguer, A. 2007. ¿Qué sustrato elegir? (en línea). España, Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Consultado 20 mar. 2016. Disponible en: http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh201/40_43.pdf
19. Mora, L. 1999. Sustratos para cultivos (en línea). San José, Costa Rica, INDAGRO. Consultado 20 mar. 2016. Disponible en http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_095.pdf
20. Mutzus Galván, HE. 2012. Propuesta de un plan de manejo de desechos sólidos, líquidos y emisiones atmosféricas en la granja porcicultora Hebrón (en línea). Tesis Ing. Ind. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Consultado 30 oct. 2017. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2573_IN.pdf
21. Perañanda Soto, Y; Salcedo Pacheco, N. 2012. Análisis proximal de la cerdaza (en línea). Cúcuta, Colombia, Universidad Francisco de Paula Santander. Consultado 20 mar. 2016. Disponible en <http://cerdazayacaciadecurrens.blogspot.com/2012/08/cerdaza-oporquinaza-la-porquinaza-esta.html>
22. Picón Canahui, RC. 2013. Evaluación de sustratos alternativos para la producción de pilones del cultivo de tomates (en línea). Tesis Ing. Agr. Chiquimula, Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Oriente. Consultado 22 mar. 2016. Disponible en http://cunori.edu.gt/descargas/TESIS_RIGOBERTO_PICN.pdf
23. Pilar Román, MM; Martínez, AP. 2013. Manual de compostaje del agricultor (en línea). Santiago, Chile, FAO. Consultado 16 jun. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
24. Reyes Hernández, M. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, CIAGROS (Centro de Información Agrosocioeconómica). s.p.
25. Sagastume Godínez, HH. 2011. Caracterización técnica y administrativa del proceso de producción de plántulas en pilón para pequeñas y medianas empresas productoras de hortalizas (en línea). Tesis Lic. Econ. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas. Consultado 26 mar. 2016. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3165.pdf
26. Sandoval Flores, JE. 2012. Aporte en la producción de semillas híbridas de pepino (*Cucumis sativo* L.) en la Empresa de Semillas Híbridas de Ruitter S.A. (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de

Agronomía. Consultado 27 mar. 2016. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2817.pdf

27. Santos Castillo, ID; Camejo Barreiro, LE. 2012. Tecnología para la descontaminación del lago Izabal utilizando la planta *Hydrilla verticillata* como sustrato hortícola (en línea). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 21(No. Esp.):21-25. Consultado 30 oct. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/932/93225180004.pdf>
28. Solís Medina, M. 1998. Uso de cerdaza para la alimentación de cerdas gestantes (en línea). Tesis Lic. Zoot. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Consultado 20 mar. 2016. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/10/10_0739.pdf
29. Tecnicoagrícola. 2013. Capacidad de intercambio catiónico de un suelo (en línea). España. Consultado 30 mar. 2016. Disponible en <http://www.tecnicoagricola.es/capacidad-de-intercambio-cationico-de-un-suelo/>
30. 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 (*Lycopersicon esculentum* L.) bajo condiciones de invernadero (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Consultado 29 mar. 2016. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2341.pdf

30
FAUSAC
TESIS Y DOCUMENTOS DE GRADUACIÓN
* REVISIÓN *

Polando Barrera

2.10 ANEXOS



Figura 4A. Plántula tratamiento 3.



Figura 5A. Riego de bandejas.



CAPÍTULO III

**3
INFORME DE SERVICIOS**

**FINCA LAS MARGARITAS, MUNICIPIO DE AMATILÁN, DEPARTAMENTO DE
GUATEMALA, GUATEMALA, C.A.**

3.1 PRESENTACIÓN

En el diagnóstico realizado en Finca las Margaritas ubicada en el municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala, se identificó una serie de problemáticas sobre las cuales se prestarán los proyectos de servicios. Los servicios se realizarán en el área de invernaderos de la finca, actualmente cuentan con 18 invernaderos en los cuales han tenido una serie de problemas, Algunos de estos son:

Personal que labora dentro de los invernaderos como cortadores, seleccionadores, podadores y personal de mantenimiento de invernaderos, no cuenta con total conocimiento de las principales plagas, enfermedades, los síntomas que provocan y las formas de propagarlas, por lo que se deduce que ellos son uno de los vehículos para el ingreso y propagación de plagas y enfermedades en los invernaderos; otro problema es la falta de incorporación de materia orgánica en el suelo de los invernaderos y actualmente se cuenta con problemas de salinidad, plagas y enfermedades en los suelos que podrían ser provocadas en parte por un desequilibrio en el ecosistema del mismo; además otro elemento de importancia para eficientizar los procesos, especialmente en los invernaderos, es implementar el seguimiento de los costos y análisis de rentabilidad para cada invernadero.

En función del diagnóstico los servicios realizados en Finca las Margaritas fueron: la implementación de un programa de capacitación para dieciocho personas, que laboran en el área de invernaderos, sobre el monitoreo de plagas y enfermedades que afectan a los invernaderos y se propone este servicio realizando observaciones sobre prácticas que se pueden mejorar, llevando a cabo métodos de prevención de plagas y enfermedades; implementación de uso de abono orgánico, esto se llevó a cabo creando una abonera en la cual se descomponen los restos vegetales del cultivo producido en los invernaderos sometidos a un proceso de compostaje durante 40 días y reincorporándolos al suelo de los invernaderos; la sistematización de costos y estudio de rentabilidad en un invernadero modelo se basó en la búsqueda de reducir costos en los invernaderos, ya que conociendo los mayores gastos e intentando hacer más eficiente de esto se puedan buscar alternativas más económicas. Además se diseñó un formato para controlar los gastos tanto de personal como de insumos y también de la producción de un invernadero. Al finalizar su ciclo productivo, con esta información sistematizada se podrá realizar un análisis de rentabilidad.

3.2 SERVICIO 1: PROGRAMA DE CAPACITACIÓN

3.2.1 Objetivos

3.2.2 Objetivo general

Que los trabajadores de Finca las Margaritas del área de invernaderos estén capacitados para identificar plagas, enfermedades y síntomas en las plantas que pueden provocar las mismas.

3.2.3 Objetivos específicos

- Capacitar al personal que labora en el área de invernaderos sobre las características de reconocimiento de las plagas y enfermedades comunes en los invernaderos.
- Capacitar al personal que labora en el área de invernaderos sobre los síntomas que puede causar las principales plagas y enfermedades en los invernaderos.
- Capacitar al personal que labora en el área de invernaderos sobre métodos preventivos para cada plaga y enfermedad.

3.2.4 Metodología

Identificar las principales plagas y enfermedades de los invernaderos. Recolectar información sobre las plagas y enfermedades encontradas en los invernaderos. Estas se investigaran y recolectaran fuentes bibliográficas. Esta información permitirá detallar las características de reconocimiento, así como los ambientes favorables y su forma de propagación. Dicha información será resumida de tal forma que sea de fácil comprensión para el personal que labora en el área de invernaderos.

Con la ayuda del software PowerPoint, se realizó una presentación que incluyo errores de seguridad preventiva cometidos por el personal de invernaderos que podrían provocar el ingreso de plagas y enfermedades, también se instruyó sobre los cuidados en el vestuario e higiene para prevenir la propagación de los mismos. Dentro de las conclusiones de la presentación se incluirán medidas preventivas y actividades que ayuden al personal de monitoreo de plagas.

La capacitación se llevó a cabo en cuatro horas, distribuyendo las mismas en cuatro semanas, es decir una hora a la semana, en estas capacitaciones participaron 18 miembros del personal, que trabaja directamente en el área de invernaderos, en el proceso desde la pilonera hasta los invernaderos productores.

3.2.5 Resultados

Se capacito a 18 personas que laboran en el área de invernaderos de Finca las Margaritas sobre la identificación de plagas, enfermedades y síntomas que pueden provocar las mismas. También sobre medidas básicas que ellos deben de tomar sobre higiene colores de vestuario, tipo de vestuario.

También se establecieron reglas que deben de cumplir antes de entrar a los invernaderos y durante su estancia dentro de los invernaderos. Se elaboraron señales con instrucciones para recordar al personal sobre las medidas de seguridad que ellos deben de tomar para prevenir futuras propagaciones de plagas y enfermedades.

3.2.6 Evaluación

Al terminar las capacitaciones se evaluó verbalmente al personal capacitado y se discutió la importancia de las medidas de seguridad aprendidas, para que pueda reportar, reconocer y diferenciar las distintas plagas, enfermedades y síntomas, y también para asegurarse de estar capacitadas para tomar medidas preventivas.

3.3 SERVICIO 2: IMPLEMENTACIÓN DE ABONERA ORGÁNICA.

3.3.1 Objetivos

3.3.2 Objetivo general

Realizar una abonera orgánica en Finca las Margaritas, donde se pueda descomponer residuos vegetales producidos en los invernaderos para luego ser incorporados como materia orgánica en los mismos.

3.3.3 Objetivos específicos

- Realizar el diseño del área específica para descomponer los residuos vegetales producidos en los invernaderos.
- Acomodar y preparar el material vegetal en la abonera.
- Supervisar el desarrollo y manejo de la abonera.
- Capacitar personal para el manejo de la abonera.

3.3.4 Metodología

Se diseñó el área específica donde se realizó la abonera, tomando en cuenta medidas de salubridad se buscó un lugar alejado de casas, baños, cultivos, fuentes de agua y oficinas.

Se reunió todo el material vegetal extraído de los invernaderos en el área específica y con la ayuda de una picadora se cortó en partículas más pequeñas. Se utilizó un producto a base de bacterias para acelerar la descomposición. Se realizó una mezcla de agua, 5 litros de melaza y un litro de BACTER DS en un tonel de 200 litros que contenía agua limpia. Los restos vegetales se incorporaron en la abonera formando una capa de 30 centímetros. A cada capa de restos vegetales se les incorpora la mezcla, con una bomba de mochila hasta humedecer cada capa.

Se monitoreo cada día, para evitar temperaturas demasiado altas, estas temperaturas pueden causar alta mortalidad de bacterias benéficas. Si las temperaturas excedían los 50

grados centígrados se removía el material y se humedeció. Este proceso de compostaje duro 90 días para luego incorporar el material al suelo de los invernaderos.

El área de la abonera se dividió en seis, cada espacio le corresponde a cada invernadero que finaliza su ciclo productivo, y así cada 90 días se reúne el compost elaborado y se aplica al invernadero próximo a iniciar su ciclo.

3.3.5 Resultados

Se aprovechó el material orgánico extraído de los invernaderos y con esto se logró reincorporar parte de los elementos extraídos del suelo por la planta, al incorporar materia orgánica al suelo se pueden mejorar sus características físicas y químicas. A largo plazo se mejora la retención de líquidos, proporcionar partículas de tamaño coloidal con carga negativa (humus), que tiene alta capacidad de retener e intercambiar cationes nutritivos; actúa como agente amortiguador al disminuir la tendencia a un cambio brusco del ph del suelo cuando se aplican sustancias de reacción ácida o alcalina; hace posible la formación de complejos órgano metálicos, estabilizando así micronutrientes del suelo que de otro modo no serían aprovechables.

Se obtuvo un material de buenas características físicas, el compost alcanzo un nivel de madures bastante alto, sin evidencias de alta humedad o patógenos. El proceso se llevó a cabo con la ayuda de dos agricultores, mismos que quedaron a cargo de replicar el proceso de compostaje en la abonera.

3.3.6 Evaluación

Se realizó una evaluación diez meses después de establecida la abonera, sobre el funcionamiento de la abonera, los posibles problemas que pudiera causar, la madurez del compost, coloración, densidad.

También se evaluó al personal sobre el manejo de la abonera, y la preparación del material extraído de los invernaderos.

3.4 SERVICIO 3: SISTEMATIZACIÓN DE COSTOS Y ANÁLISIS DE RENTABILIDAD EN UN INVERNADERO MODELO

3.4.1 Objetivos

3.4.2 Objetivo general

Elaborar un análisis de rentabilidad en un invernadero modelo en Finca las Margaritas.

3.4.3 Objetivos específicos

- Diseñar hojas de registro para costos de mano de obra y costos de insumos.
- Registrar los costos de mano de obra y los costos de insumos durante el ciclo del cultivo en el invernadero modelo.
- Realizar un análisis costo beneficio del invernadero modelo

3.4.4 Metodología

Se diseñó una hoja de registro para cada tipo de costos: una hoja de costos de mano de obra; una hoja de costos de insumos utilizados en el invernadero durante el ciclo completo del cultivo, estas hojas de registro se observan en el apéndice de este documento.

En el caso de las hojas de costos de mano de obra se registró el número de invernadero, la fecha, la actividad que realizó la persona, el número de personas que se utilizaron y el tiempo que duró la actividad. En el caso de las hojas de costos de insumos se registrarán el número de invernadero, la fecha, el insumo que se utilizó, la cantidad.

El formato de registro costos de mano de obra se completó cada vez que se realizó una actividad de manejo dentro del invernadero, de igual manera se completará el formato de registro insumos, cada vez que se utilice un insumo dentro del invernadero. También se registrarán los ingresos obtenidos de la producción del invernadero, para luego ser analizados por el método de costos beneficio.

3.4.5 Resultados

Se obtuvo la información deseada del invernadero modelo, donde se observó que el gasto con mayor monto fue la mano de obra con un 31% del total de costos, seguido de la fumigación y fertilización con un 13% y 7% respectivamente. Uno de los resultados obtenidos que causó mayor interés fue el alto costo de polinización y fumigación. Se concluyó que se obtuvo una tasa marginal de retorno de 56% una cifra aceptable para la empresa, aunque se pretende aumentar la producción para mejorar estos números. Gracias a los formatos generados esta metodología se podrá replicar por el coordinador de producción.

3.4.6 Evaluación

La evaluación de este servicio fue satisfactoria, presentando todo los documentos debidamente identificados y con el visto bueno del coordinador de finca. Se hizo una comparación con los costos presentados por el área de contabilidad, los cuales no detallaban en que invernadero exactamente se hicieron dichos costos, por el contrario con la sistematización de los costos, se pudo establecer exactamente los costos en que incurre cada invernadero y en que época.

3.5 BIBLIOGRAFÍA

1. Brechelt, A. 2004. El manejo ecológico de plagas y enfermedades (en línea). República Dominicana. Consultado 27 mayo 2016. Disponible en http://www.cultivopapaya.org/wp-content/uploads/Manejo_Ecologico_de_Plagas_A.Bretchel.pdf
2. FAO, Italia. 1998. Ingeniería económica aplicada a la industria pesquera (en línea). Italia. Consultado 25 mayo 2016. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/003/v8490s/v8490s00.htm#Contents>
3. Gavelán Izaguirre, J. 2007. Bases para implementar los costos agrícolas (en línea). Consultado 25 mayo 2016. Disponible en <file:///C:/Users/Miguel%20Cifuentes/Downloads/5977-20725-1-PB.pdf>
4. González, JA. 2008. El compost (en línea). Uruguay. Consultado 25 mayo 2016. Disponible en <http://www.ecocomunidad.org.uy/ecosur/txt/compost.htm>
5. Montes, LR. 2010. Cómo hacer composta (en línea). México. Consultado 27 mayo 2016. Disponible en <http://viaorganica.org/composta/>
6. Ramón, VA; Rodas, F. 2007. El control orgánico de plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo (en línea). Peru. Consultado 27 mayo 2016. Disponible en <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33767837/Abonos.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1515710368&Signature=T32QtMoVXs4kyi8fEm3QRI%2F4fY%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAbonos.pdf>.
7. Rodríguez Dimas, N; Cano Ríos, P; Figueroa Viramontes, U; Favela Chávez, E; Moreno Reséndez, A; Márquez Hernández, C; Ochoa Martínez, E; Preciado Rangel, P. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero (en línea). México. Consultado 27 mayo 2016. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000400006



