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

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA HIDROPONÍA EN CANALETAS

PARA PRODUCCIÓN DE CHILE PIMIENTO; COATEPEQUE

TESIS DE GRADO

ALEX XAVIER ANTONIO BASEGODA
CARNET 20554-09

COATEPEQUE, MAYO DE 2015
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA HIDROPONÍA EN CANALETAS

PARA PRODUCCIÓN DE CHILE PIMIENTO; COATEPEQUE

TESIS DE GRADO

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

POR

ALEX XAVIER ANTONIO BASEGODA

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

COATEPEQUE, MAYO DE 2015

SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

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

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

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

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

LIC. DAVID ALVARADO GUINAC

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. MARTIN SALVADOR SANCHEZ CRUZ

ING. RAFAEL CASTAÑEDA TORO

LIC. ABEL ESTUARDO SOLÍS ARRIOLA

Guatemala, 18 de abril de 2015

Honorable consejo de

La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícola

Presente

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el informe final de tesis del estudiante Alex Xavier Antonio Basegoda, quien se identifica con carné 2055409, titulado "**EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS PARA HIDROPONÍA EN CANALETAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CHILE PIMIENTO (*Capsicum annuum* L., Solanaceae); COATEPEQUE**". El cual considero que cumple con los requisitos establecid[redacted] facultad p[redacted]

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su amor y su inagotable sabiduría que ilumina cada día mi vida.

Universidad Rafael Landívar por darme la oportunidad de desarrollar mi carrera profesional.

Agrotecnología Orgánica S.A por permitirme realizar esta investigación en sus instalaciones.

A mi asesor M. Sc. David Alvarado Güinac por su valiosa asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

A mi padre Edgar Antonio Becerra por su apoyo y asesoría técnica en la ejecución de la presente investigación.

A mis Pastores Fernando Madrid y Gladys de Madrid por sus enseñanzas que fortalecen mi fe en Dios.

A mi tía Graciela Basegoda Castillo por sus sabios consejos y apoyo.

DEDICATORIA

A Dios	Por su amor incondicional en mi vida.
A mis padres	Edgar Antonio y María Basegoda, por ser un gran ejemplo a seguir.
A mi esposa	Alejandrina Castañeda, por ser mi ayuda idónea y por su amor entrañable.
A mi hijo	Diego Andrés, por ser mi gran inspiración para alcanzar mis metas.
A mis abuelitos	Baldomero Basegoda y Olga Castillo, por su amor y apoyo en cada momento de mi vida. Francisco Antonio (Q.E.P.D) y María Becerra (Q.E.P.D), por haber sido un ejemplo de humildad.
A mis hermanos	Edgar Antonio, César Antonio y Pablo Antonio, por su amistad, cariño y amor.

INDICE

RESUMEN i

SUMMARY ii

I. INTRODUCCIÓN 1

II. MARCO TEÓRICO 2

2.1 HIDROPONÍA 2

2.1.1 Definición de hidroponía 2

2.1.2 Historia de la hidroponía 3

2.1.3 Ventajas de la hidroponía 3

2.1.4 Hidroponía en canaleta 5

2.1.5 Soluciones hidropónicas 7

2.2 GENERALIDADES DEL CHILE PIMIENTO 8

2.2.1 Tipo de planta 10

2.2.2 Semilla 10

2.2.3 Raíz 11

2.2.4 Tallo 11

2.2.5 Flor 11

2.2.6 Fruto 11

2.3 REQUERIMIENTO DEL CULTIVO DEL CHILE PIMIENTO 12

2.3.1 Clima 12

2.3.2 Suelos 13

2.4 SUSTRATOS EVALUADOS 13

2.4.1 Fibra de coco 14

2.4.2 Arena de río 15

2.4.3 Piedra Poma 15

2.4.4 Cascarilla de Arroz con perlita 16

2.5 PROBLEMÁTICA DE FALTA DE ACCESO DE TIERRAS EN GUATEMALA 17
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 19
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO 19
IV. OBJETIVOS 20
4.1 GENERAL 20
4.2 ESPECÍFICOS 20
V. HIPÓTESIS 21
5.1 HIPÓTESIS ALTERNA 21
VI. MATERIALES Y MÉTODOS 22
6.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 22
6.1.1 Ubicación 22
6.1.2 Condiciones climáticas y edafológicas 22
6.1.3 Zona de vida 22
6.2 MATERIAL EVALUADO 23
6.3 FACTORES DE ESTUDIO 23
6.4 DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS 23
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL 23
6.6 MODELO ESTADÍSTICO 24
6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL 24
6.8 CROQUIS DE CAMPO 25
6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO 25
6.9.1 Preparación del sustrato 25
6.9.2 Instalación de los sistemas y llenado de canaletas 25
6.9.3 Siembra de los pilones 26
6.9.4 Fertirriego 26

6.9.5 Control de plagas. 26
6.9.6 Cosecha 26
6.10 VARIABLE DE RESPUESTA 26
6.10.1 Número de frutos 27
6.10.2 Peso de la raíz 27
6.10.3 Relación Beneficio-costo 27
6.11 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN 27
6.11.1 Estadístico 27
6.11.2 Económico 28
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 29
7.1 FACTOR DE RENDIMIENTO 29
7.1.1 Número de frutos 29
7.1.2 Peso de Raíz 31
7.2 FACTOR ECONÓMICO 33
7.2.1 Relación beneficio costo 33
VIII. CONCLUSIONES 35
IX. RECOMENDACIONES 36
X. BIBLIOGRAFÍA 37
XI. ANEXOS 40

INDICE DE CUADROS

		PÁGINA
1.	Ventajas de los sistemas hidropónicos	4
2.	Materiales de hidroponía en canaletas de PVC	5
3.	Composición química solución hidropónica “A”	7
4.	Composición química solución hidropónica “B”	8
5.	Clasificación Taxonómica del chile Pimiento	9
6.	Características generales del pimiento	10
7.	Uso de la tierra en Guatemala	18
8.	Descripción de los tratamientos	23
9.	Rendimiento en producción por tratamiento	29
10.	Análisis de varianza número de frutos	30
11.	Prueba de Tukey a la variable de número de frutos	30
12.	Peso de raíz expresado en gramos	31
13.	Análisis de varianza en peso de raíz	32
14.	Prueba de comparador de Tukey en peso de raíz	32
15.	Costos comunes en los tratamientos	33
16.	Ingreso por tratamientos	34
17.	Costos de los sustratos	34
18.	Relación B/C por tratamiento	34

19. Transformación de datos para variable número de frutos 41

20. Transformación de datos para variable peso de raíz 42

INDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
1.	Medidas por canaleta utilizada para el sistema de hidroponía	6
2.	Instalación completa de hidroponía, con ocho canaletas	6
3.	Área utilizada	24
4.	Distribución de las unidades experimentales	25
5.	Número de frutos por tratamientos	29
6.	Promedio de peso de Raíz	31
7.	Sistema de hidroponía en canaleta	40
8.	Propiedades del sustrato de coco	40
9.	Localización de Aldea Bethania	41
10.	Colocación de los sistemas	42
11.	Secado al sol de los tratamientos	43
12.	Llenado y aleatorización de los tratamientos	43
13.	Colocación del sistema de riego	44
14.	Siembra de los pilones	44
15.	Crecimiento de las plantas	45
16.	Producción del fruto	45
17.	Fruto del chile pimiento	46
18.	Sistema radicular del chile pimiento	46

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA HIDROPONÍA EN CANALETAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CHILE PIMIENTO; COATEPEQUE

RESUMEN

La investigación fue realizado en las instalaciones de la empresa Agrotecnología Orgánica S.A, aldea Bethania municipio de Coatepeque, Quetzaltenango, el objetivo determinar qué tipo de sustrato proporciona mejor rendimiento, mayor peso de raíz y una mejor relación beneficio – costo para la producción de chile pimiento (*Capsicum annuum*) hidropónico en canaletas. Los tratamientos evaluados fueron piedra poma, arena de río, fibra de coco y cascarilla de arroz. Se utilizó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones: La unidad experimental se constituyó por 2 canaletas de 4" con un largo de 1.75 metros en donde se sembraron 12 plantas. El mejor tratamiento para la producción de chile pimiento hidropónico fue el sustrato con piedra poma, en donde la variable de producción alcanzó un promedio por tratamiento de 88 frutos de pimientos en tres cortes de cosecha y mostró un peso promedio de raíz de 59.8 gramos, mostrando una clara significancia con respecto a los otros tratamientos. En el aspecto económico, el que mejor relación beneficio costo mostró fue el tratamiento con piedra poma mostrando una relación beneficio costo de Q1.98.

EVALUATION OF SUBSTRATA FOR HYDROPONICS USING GUTTERS FOR BELL PEPPER PRODUCTION; COATEPEQUE

SUMMARY

The research was carried out in the facilities of Agrotecnología Orgánica S.A, aldea Bethania, municipality of Coatepeque, Quetzaltenango. The objective was to determine which type of substrata provides the best yield, best root weight, and best cost-benefit relationship for the production of gutter hydroponic bell pepper (*Capsicum annuum*). The evaluated treatments were: pumice stone, river sand, coconut fiber, and rice husk. A complete randomized block design with 4 treatments and 5 replicates was used. The experimental unit consisted of 2–4” wide gutters x 1.75 meters length, planting 12 plants. The best treatment for the production of hydroponic bell pepper was pumice stone substrata, where the production variable reached an average per treatment of 88 bell pepper fruits in three harvest periods and showed an average weight of 59.8 grams, showing a significant difference compared with the other treatments. Economically, the best cost-benefit relationship was obtained with the pumice stone treatment, showing a cost-benefit relationship of Q1.98 [equivalent to US$0.25].

I. INTRODUCCIÓN

El perfil ambiental de Guatemala 2006, elaborado por la Universidad Rafael Landívar, advierte que la precaria situación alimentaria en el país “es el resultado de una compleja coincidencia de condiciones históricas, económicas, sociales y biofísicas”, que han derivado en una distribución desigual de las tierras cultivables (Ortíz, 2009).

Además de la desigualdad de tierras, la erosión y la expansión de ciudades, aunado a esto el cambio climático derivado de la contaminación, han limitado los recursos a la agricultura permitiendo la búsqueda de nuevas técnicas de producción. La hidroponía es una técnica que contribuye a mejorar la producción de los cultivos, a la vez que pueden cultivarse en forma intensiva en espacios reducidos, como por ejemplo, lugares próximos a una vivienda, como patios o terrazas (no requiere del recurso suelo) y se requiere de pequeños volúmenes de agua.

Está investigación tuvo como objetivo determinar el sustrato adecuado para la producción hidropónica de chile pimiento, para lo cual se evaluó: Arena de río, piedra poma, cascarilla de arroz con perlita, y la fibra de coco. Es importante mencionar que estos sustratos son accesibles en el área de la investigación.

El factor principal del cual depende el éxito de los cultivos en hidroponía con sustratos, es elegir un sustrato ideal, y la finalidad más importante de mismo es producir una planta de muy buena calidad, y que este le brinde las condiciones (retención de agua, oxigenación para la raíz y actuar como soporte para el crecimiento) necesarias para mejorar las producción del chile pimiento hidropónico.

Es por este motivo que se realizó la investigación, sobre la evaluación de cuatro sustratos para la producción de (*C. annuum*) hidropónico, en aldea Bethania, Coatepeque.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 HIDROPONÍA

2.1.1 Definición de hidroponía

La palabra hidroponía proviene del griego *Hydro* que significa agua y *Ponos* que significa labor, trabajo o esfuerzo; traducido literalmente significaría trabajo en agua. Sin embargo, actualmente la palabra involucra todas aquellas formas en que se cultivan plantas con algún soporte como arena, grava o carbón o cualquier sustrato que no sea suelo, en donde las plantas son alimentadas mediante una solución de nutrimentos minerales o sales minerales que se les suministra por medio del agua de riego (Guzmán, 2004).

A continuación se describen algunas definiciones de lo que se entiende por hidroponía de acuerdo a varios autores:

Amador (2000), define la hidroponía como un sistema de producción en donde las raíces de la plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos indispensables, que se encuentran disueltos en agua y que en lugar de suelo, se emplea como sustrato un material inerte o simplemente la misma solución.

El término hidroponía es usado sólo para describir sistemas basados en agua, pero en el sentido más amplio, el término es el de cultivo sin suelo. Por lo tanto, un sistema hidropónico o cultivo sin suelo, es un sistema aislado del suelo utilizado para cultivar diversos tipos de plantas de importancia económica (Rodríguez, 2001).

Es alternativa para producir cultivos saludables. Esta técnica permite cosechas con mejor sabor y calidad del producto, mayor homogeneidad y producción (Guzmán, 2004). La hidroponía permite aumentar de manera considerable en los rendimientos.

2.1.2 Historia de la hidroponía

La hidroponía no es una técnica moderna, sino más bien una técnica ancestral; en la época antigua hubo culturas y civilizaciones que la emplearon como una forma de subsistencia (Amador, 2000). Se cree que los primeros cultivos hidropónicos de la historia fueron los jardines colgantes de Babilonia, porque se alimentaban del agua que corría por medio de canales. También se dice que hace más de 1000 años, se practicaba la hidroponía en forma empírica en China, la India y Egipto (Villaviciencio, 2007).

Pero debieron pasar antes, dos siglos de contribuciones de distintos científicos, hasta que el Botánico Alemán Julio Von Sachs realizó alrededor de los años 1860, las que se pueden considerar las primeras conclusiones científicas que probaban la posibilidad de efectuar cultivos sin tierra. Este científico demostró que bajo condiciones determinadas, se podían cultivar plantas prescindiendo de la tierra; Sólo hacía falta diluir en agua, cantidades de abonos químicos en proporciones determinadas, para que éstas crecieran normalmente (León, Jelkmann, Ramírez, & Fong, 2008).

Es una alternativa nueva en nuestro medio para producir cultivos saludables. Esta técnica permite cosechas en períodos más cortos que la siembra tradicional, mejor sabor y calidad del producto, mayor homogeneidad y producción (Guzmán, 2004).

Dentro de las técnicas de cultivo que el hombre ha desarrollado durante miles de años, la hidroponía representa lo más avanzado y moderno. Es sin duda, la forma de cultivar del futuro (León, Jelkmann, Ramírez, & Fong, 2008).

2.1.3 Ventajas de la hidroponía

La hidroponía también favorece un ahorro considerable en el uso del agua de riego en la época seca y es una técnica económica, eficiente y racional en cuanto a la aplicación de los nutrimentos minerales (sales minerales o fertilizantes). Por otra parte, disminuyen los problemas relacionados con enfermedades de la raíz, lo que reduce drásticamente

la aplicación de plaguicidas, y en su lugar se pueden utilizar sustancias orgánicas repelentes que le permiten al productor obtener cosechas de muy buena calidad y libres de residuos tóxicos; de esta forma la familia consumirá alimentos más frescos y sanos. Es importante resaltar en ese sentido la protección que también se le da al medio ambiente con el uso de esta técnica (Guzmán, 2004).

En lo que respecta a la América Latina, la hidroponía ha sido orientada para ayudar a solucionar los problemas de disponibilidad y a la vez de acceso de alimentos frescos y sanos; En la última década la producción de cultivos en hidroponía para producción de hortalizas, ha sido una opción viable para abastecer de alimentos a la población (Godoy, 2001).

En el cuadro 1 se presentan las ventajas de los sistemas hidropónicos en canaletas frente a cultivos tradicionales.

Cuadro 1. Ventajas de los sistemas hidropónicos en canaletas frente a cultivos tradicionales.

FACTOR DE COMPARACIÓN	CULTIVO EN TIERRA	CULTIVO HIDROPÓNICO
Número de plantas	Limitado por disponibilidad de suelo.	En hortalizas brinda mayor densidad de plantas iguales.
Preparación del Suelo	Barbecho, rastra y surcado	No existe preparación del suelo.
Control de malas Hierbas	Gasto en herbicidas y labores culturales.	No existen malezas, por lo tanto no hay gasto.
Agua	Trastornos del cultivo por estrés hídrico.	Se requiere de pequeños volúmenes de agua. No sufre de estrés.
Fertilizantes	Se aplican al voleo sobre el	El nutriente se recircula

	suelo, utilizando grandes cantidades.	junto con el agua.
Nutrición	A veces los nutrientes no son utilizados por la planta debido a la estructura del suelo o un pH inadecuado, del cual hay complicación para el muestreo y ajuste.	Hay un control completo y estable de nutrientes para todas las plantas, fácilmente disponible en cantidades precisas.
Costos de producción	Uso obligatorio de mano de obra, en fertilización, fumigación, preparación del suelo, siembra, etc.	No se usan implementos agrícolas.

Fuente: Chávez, et al (2001).

2.1.4 Hidroponía en canaleta

La tecnología de hidroponía es un novedoso sistema de producción de hortalizas, que permite obtener un ahorro significativo de agua, evitar el uso de pesticidas, recircula los nutrientes y logra la obtención de cosechas en menos tiempo (Ver figura 7).

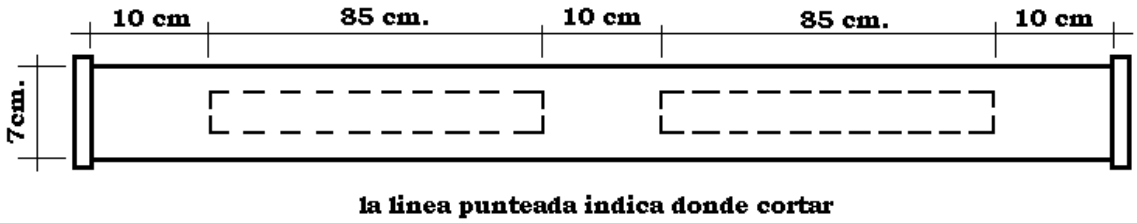
Cuadro 2. Materiales de Hidroponía en canaletas de PVC

	DESCRIPCIÓN	USO
8	Canaletas de pvc de 4" x 1.75 metros de largo	Colocación del sustrato y plantas
2	Estructuras metálicas	Soporte de canaletas
1	Contenedor plástico con tapaderas y reguladores de fertirriego	Mezcla del fertilizante y la aplicación del agua
1	contenedor plástico	Para captación de líquido para la recirculación.

Fuente: Agrotecnología Orgánica S.A, 2013

- **Elaboración de los sistemas hidropónicos**

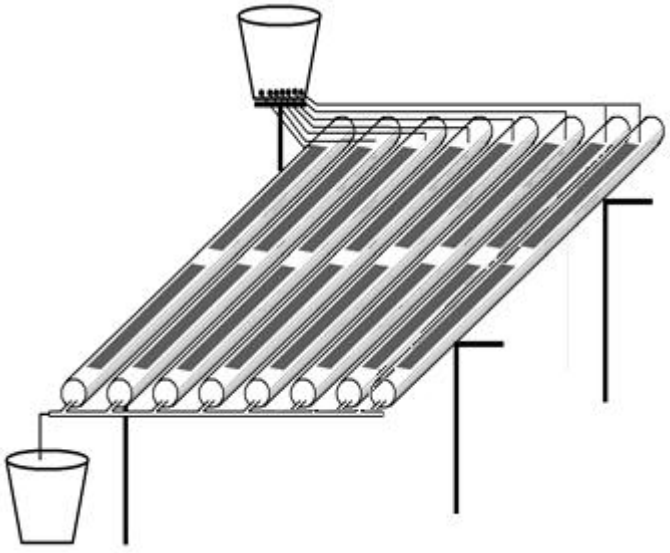
Realizar dos cortes longitudinales en las canaletas de 7 centímetros de ancho por 85 centímetros de largo, dejando espacios de 10 centímetros sin corte en el centro y los lados, como lo indica la figura.



Fuente: Agrotecnología Orgánica S.A, 2013.

Figura 1. Medidas por canaleta utilizada para el sistema de hidroponía.

Abrir 8 agujeros de 1/8 de pulgada en uno de los contenedores plásticos que irá en la parte superior del sistema, que servirá para el riego por goteo. Instalar los 8 equipos de suero, introduciendo el acople pequeño de plástico en cada agujero. Armar el sistema de canaletas sobre las bases como lo indica el dibujo.



Fuente: Agrotecnología Orgánica S.A, 2013

Figura 2. Instalación completa del sistema de hidroponía, con ocho canaletas.

2.1.5 Soluciones hidropónicas

Existen 16 elementos que son esenciales para el desarrollo y producción en la mayoría de las especies vegetales; ellos son: Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Boro (B), Molibdeno (Mo) y Cloro (Cl) (Guzmán, 2004).

Para la nutrición se emplearon las soluciones estandarizadas “A” y “B”, la dosis varía según el recipiente, para un contenedor con capacidad de 40 litros, necesitamos 200 cc de solución “A” y 80 cc de solución “B”. El cambio de solución se realizó una vez por semana. Es más fácil para el agricultor buscar un proveedor de estas soluciones hidropónicas, que elaborarla ellos mismo; por lo cual la empresa Agrotecnología Orgánica S.A. nos proveyó de las soluciones para esta investigación.

La solución A es un complejo orgánico hecho a base de macronutrientes para cultivos hidropónicos. Es un fertilizante líquido quelatados orgánicamente a base de proteínas hidrolizadas y aminoácidos. Provee los macronutrientes balanceados necesarios para el crecimiento de los cultivos sembrados utilizando la técnica de hidroponía con sustrato.

Cuadro 3. Composición química solución hidropónica “A”

ELEMENTOS	PORCENTAJES
Nitrógeno (N)	7%
Fósforo (P2O5)	3%
Potasio (k2O)	8%
Calcio (CaO)	7%
Aminoácidos	8%

Fuente: Agrotecnología Orgánica S.A ,2013

La solución B es un complejo orgánico hecho a base de micronutrientes para cultivos hidropónicos. Es un fertilizante líquido quelatados orgánicamente a base de proteínas hidrolizadas y aminoácidos. Provee los micronutrientes balanceados necesarios para el crecimiento de los cultivos sembrados utilizando la técnica de hidroponía con sustrato.

Cuadro 4. Composición química solución hidropónica "B"

ELEMENTOS	PORCENTAJES
Magnesio (MgO)	3%
Zinc (Zn)	0.26%
Manganeso (Mn)	0.26%
Boro (B)	0.26%
Hierro (Fe)	0.26%
Cobre (Cu)	0.26%
Molibdeno (Mo)	0.26%
Aminoácidos	8%
Ácido Fólico	26 ppm

Fuente: Agrotecnología Orgánica S.A, 2013

Al finalizar cada ciclo de producción aproximadamente se utilizó 2000 cc de solución hidropónica A y 800cc de solución hidropónica B para cada sistema, tomando en cuenta que se utilizó un contenedor de 40 litros de capacidad. Esto consiste en un ahorro significativo de fertilizantes versus un tipo de producción convencional, además los cultivos tienen a disposición de los nutrientes en cualquier momento.

2.2 GENERALIDADES DEL CHILE PIMIENTO

El pimiento, (*Capsicum annuum* L.), es una planta de la familia de las solanáceas. Oriundo de la América tropical, se cultiva en la mayoría de los países del mundo donde las condiciones ambientales son favorables a su desarrollo. Es una planta herbácea o semileñosa, la raíz posee numerosas raíces adventicias. La hoja tiene forma oval,

lanceolada y de pecíolo corto. Los frutos son bayas secas, huecas y de tamaño, forma y saber extremadamente variables (Hogares juveniles campesinos, 2002).

El pimiento es una planta conocida y cultivada desde muy antiguo, a causa de sus propiedades culinarias, por los pobladores de América del Sur. Se introdujo en Europa en el siglo XV, y su cultivo se extendió rápidamente a países de Asia y África (Grupo Oceano, 1999).

Cuadro 5. Clasificación taxonómica del chile pimiento.

TAXONOMÍA	
Reino	Plantae
Subreino	Embriobionta
División	Magnolipsida
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Polemoniales
Familia	Solanaceae
Género	*Capsicum*
Especie	*Capsicum annuum L*

Fuente: Cronquist, Arthur (1980)

La planta de pimiento tiene un sistema radicular bien ramificado, poco profundo y sus raíces se pueden localizar entre 5 y 40 centímetros. Su tallo es bastante leñoso. Cuando la planta tiene de 8 a 10 hojas, el tallo comienza a ramificarse; algunas variedades ramifican más que otras, según las condiciones ambientales y de acuerdo a las características de cada variedad. Las plantas pueden alcanzar una altura desde 40-150 centímetros.

Las hojas son alargadas y aguzadas; el tamaño varía de acuerdo con las variedades. Las flores son hermafroditas y están situadas en las ramificaciones del tallo, al igual que los frutos. En la madurez técnica pueden ser de diferentes colores, verde oscuro, verde

claro intenso, amarillo, amarillo verdoso, y en estado de madurez botánica pueden ser de color rojo, amarillo y naranja. Se pueden presentar en las plantas de forma colgante o erecta y con aspectos muy variados (Manso, 2009).

Cuadro 6. Principales características del chile Pimiento.

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Ciclo de vida	Anual
Tamaño de la planta	Altura 0.60 m a 1.50 m
Tipo de siembra	Trasplante
Cantidad de semilla	Almácigo 0.30-0.50 kg para una Ha
Período vegetativo	100 a 180 días
Duración de la cosecha	75 a 120 días
Rendimiento	16,000 a 26,000 kg/ ha

Fuente: Centa, 2002

2.2.1 Tipo de planta

La planta es un semiarbusto de forma variable y alcanza entre 0.60 a 1.50 metros de altura, dependiendo principalmente de la variedad, de las condiciones climáticas y del manejo. La planta de chile es monoica, tiene los dos sexos incorporados en una misma planta, y es autógama, es decir que se autofecunda; aunque puede experimentar hasta un 45% de polinización cruzada, es decir, ser fecundada con el polen de una planta vecina. Por esta misma razón se recomienda sembrar semilla híbrida certificada cada año (CENTA, 2002).

2.2.2 Semilla

La semilla se encuentra adherida a la planta en el centro del fruto. Es de color blanco crema, de forma aplanada, lisa, reniforme, cuyo diámetro alcanza entre 2.5 y 3.5 milímetros. En ambientes cálidos y húmedos, una vez extraída del fruto, pierde rápidamente su poder de germinación, si no se almacena adecuadamente.

2.2.3 Raíz

El chile dulce tiene una raíz pivotante, que luego desarrolla un sistema radicular lateral muy ramificado que puede llegar a cubrir un diámetro de 0.90 a 1.20 metros, en los primeros 60 centímetros de profundidad del suelo.

2.2.4 Tallo

El tallo puede tener forma cilíndrica o prismática angular, glabro, erecto y con altura variable, según la variedad. Esta planta posee ramas dicotómicas o seudo dicotómicas, siempre una más gruesa que la otra (la zona de unión de las ramificaciones provoca que éstas se rompan con facilidad). Este tipo de ramificación hace que la planta tenga forma umbelífera (CENTA, 2002).

2.2.5 Flor

Están localizadas en los puntos donde se ramifica el tallo o axilas, encontrándose en número de una a cinco por cada ramificación. Generalmente, en las variedades de fruto grande se forma una sola flor por ramificación, y más de una en las de frutos pequeños.

2.2.6 Fruto

El fruto es una baya, con dos a cuatro lóbulos, con una cavidad entre la placenta y la pared del fruto, siendo la parte aprovechable de la planta. Tiene forma globosa, rectangular, cónica o redonda y tamaño variable, su color es verde al principio y luego cambia con la madurez a amarillo o rojo púrpura en algunas variedades. La constitución anatómica del fruto está representada básicamente por el pericarpio y la semilla. En casos de polinización insuficiente se obtienen frutos deformes (CENTA, 2002).

2.3 REQUERIMIENTO DEL CULTIVO DEL CHILE PIMIENTO

2.3.1 Clima

Adaptación general. El cultivo se adapta muy bien a altitudes de 0 hasta 2,300 msnm, dependiendo de la variedad (CENTA, 2002).

- **Temperatura y humedad relativa**

  El chile dulce se desarrolla bien con temperaturas de 15 a 30° C; a temperaturas mayores la formación de frutos es mínima. La temperatura óptima del suelo para germinación es de 18 – 30°C. La humedad relativa óptima es del 70 a 90%.

- **Precipitación**

El cultivo requiere precipitaciones pluviales de 600 a 1200 milímetros bien distribuidos durante el ciclo vegetativo. Lluvias intensas, durante la floración, ocasionan la caída de flor por el golpe del agua y mal desarrollo de frutos, y durante el período de maduración ocasionan daños físicos que inducen a la pudrición de éstos. Una sobredosis de agua puede inducir al desarrollo de enfermedades fungosas en los tejidos de la planta.

- **Luz**

El chile dulce necesita de una buena iluminación. En caso de baja luminosidad, el ciclo vegetativo tiende a alargarse; en caso contrario, a acortarse. Esto indica que las épocas de siembra y la densidad deben ser congruentes con el balance de la luz.

- **Fotoperíodo**

Esta planta es de días cortos, es decir, la floración se realiza mejor y es más abundante en los días cortos (diciembre), siempre que la temperatura y los demás factores climáticos sean óptimos. No obstante, debido a la gran diversidad de cultivares existentes en la actualidad, las exigencias fotoperiódicas varían de 12 a 15 horas por día.

2.3.2 Suelos

Los suelos más adecuados para el pimiento son los sueltos y arenosos, profundos, ricos en materia orgánica y sobre todo con un buen drenaje. En la actualidad, el cultivo de chile se siembra en un rango muy amplio de suelos.

- **Textura**

Los suelos ideales son los de textura ligera a intermedia: franco arenosos, francos, profundos y fértiles, con adecuada capacidad de retención de agua y buen drenaje; deben evitarse los suelos demasiados arcillosos. El encharcamiento por períodos cortos, ocasiona la caída de las hojas por la falta de oxígeno en el suelo y favorece el desarrollo de enfermedades fungosas.

- **pH**

El pH óptimo para el cultivo de chile dulce es de 5.5 a 7.0. Durante la etapa de semillero el cultivo es sensible a la salinidad del suelo, pero a medida que se desarrolla se vuelve tolerante a ésta (CENTA, 2002).

2.4 SUSTRATOS EVALUADOS

Un sustrato en Horticultura es todo material sólido distinto del suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir activamente en el proceso de la nutrición vegetal (Mikel, 2010).

Las funciones básicas según (Ibalpe, 2002) los sustratos deben tener la capacidad de:

- Retener agua en forma disponible para la planta.
- Permitir la oxigenación para la respiración radicular.
- Actuar como un soporte para la planta en crecimiento.

2.4.1 Fibra de coco

La Fibra de coco se encuentra dentro de los residuos agroindustriales de origen tropical, se genera después de que el fruto del cocotero ha sido procesado con fin de obtener las fibras más larga. Esta fibra de coco es empleada en hidroponía la cual tiene una alta relación de carbono/nitrógeno (132:1), esto permite que se mantenga químicamente estable. La retención de humedad que tiene es muy buena con un 57%. Para esta investigación será el sustrato testigo, porque es el que se utiliza comúnmente.

Entre los sustratos agrícolas que se pueden conseguir en el mercado, la fibra de coco está siendo la que mayor incremento de utilización tiene, por parte del agricultor. La razón básica de este rápido incremento del consumo-utilización es debido a sus excelentes propiedades físicas, físico-químicas y químicas, las cuales son las más próximas que se conocen para un sustrato ideal (Interempresa, 2002) (Ver figura 8).

Este sustrato se obtiene a partir de la parte externa del fruto del cocotero, mediante un proceso de trituración y cribado. Este material se conocía y utilizaba desde tiempo inmemorial por los agricultores de las zonas tropicales, lo cual permitirá unas producciones elevadas, junto a una excelente calidad de los frutos o plantas que se cultivaban sobre la fibra de coco.

Otra de las ventajas que presenta la fibra de coco frente a otros sustratos es su carácter ecológico. La producción de coco es renovable por ser un cultivo anual. Cuando la raíz empieza a desarrollar en el interior de todo el volumen poroso de la fibra de coco. Esto se manifiesta en todo tipo de plantas, las cuales se desarrollan con un vigor extraordinario por la fácil alimentación que consiguen en el medio acuoso del sustrato.
Actualmente el Ministerio de Desarrollo Social (Mides) está implementado la tecnología de hidroponía en canaletas utilizando fibra de coco como sustrato. Las ventajas que tenemos con este sustrato frente a sustratos inertes (arena de río, arena volcánica, etc) es que tiene mejor retención de líquido, le da a las raíces un mejor soporte y aeración, no calienta como los sustratos inertes en horas de luz intensas.

La planta con su vigor y su alimentación equilibrada es más resistente a accidentes o enfermedades del entorno. El sustrato de fibra de coco se puede utilizar entre tres y cinco años, según el manejo y las condiciones a que ha sido sometido (Interempresa, 2002). El costo de la fibra de coco para un sistema de hidroponía es de Q150.

2.4.2 Arena de río

Material de naturaleza silícea y composición variable. Sus características físicas dependen básicamente de su granulometría, debido a la ausencia de poros intraparticulares y químicamente se considera inerte (Zárate, 2007).

La arena consiste en pequeños granos de roca que van de 0.02 a 2.0 milímetros de diámetro, formados como resultado de la intemperización de diversas rocas dependiendo su composición mineral de la roca madre que le dio origen. La arena es el más pesado de los minerales que se utilizan como medio de crecimiento, tratarla con calor antes de usarla, ya que puede contener semillas de maleza y organismos patógenos.

Si bien las arenas pueden presentar un buen drenaje y una baja capacidad de retención de agua, sin embargo no muestra los mismos comportamientos cuando se mezclan con otros materiales, particularmente orgánicos; cuando se mezcla, la arena no mejora significativamente la aireación de los sustratos con elevada capacidad de retención de agua. El costo de la arena de río para un sistema de hidroponía es de Q80.

2.4.3 Piedra Poma

Es una roca ígnea volcánica vítrea, con baja densidad (flota en el agua) y muy porosa, de color blanco o gris. Cuando se refiere a la piedra pómez en lo que respecta a sus posibles aplicaciones industriales, también puede ser conocida como puzolana. En su formación, la lava proyectada al aire sufre una gran descompresión. Como

consecuencia de la misma se produce una desgasificación quedando espacios vacíos separados por delgadas paredes de vidrio volcánico.

Es un material disponible en nuestro país, su origen es volcánico. Posee una retención de agua de un 38%, posee una buena estabilidad física y durabilidad, desde el punto de vista biológico es completamente libre de microorganismos. Las lluvias de piedra pómez son comunes en las erupciones de tipo vesubiano, donde llegan a sepultar grandes extensiones de terreno e incluso pueden romper tejados al acumularse en gran volumen sobre ellos. El costo de piedra pómez para un sistema de hidroponía es de Q80.

2.4.4 Cascarilla de Arroz con perlita

Es un subproducto de la explotación molinera, que se acumula abundantemente en las zonas arroceras de muchos países y ofrece buenas propiedades para ser usado como sustrato hidropónico (Miranda Martínez , 2008).Entre sus principales propiedades físico-químicas se encuentran: un sustrato orgánico de tasa de descomposición baja, liviano, buen drenaje, favorecer la oxigenación.

Si se utiliza cáscara de arroz es recomendable hacer un proceso de desinfección química o anaerobia, con el fin de eliminar partículas pequeñas, así como hongos, larvas de insectos u otro microorganismo que pueda ocasionarnos una contaminación a nuestro cultivo hidropónico. El inconveniente que presenta está relacionado con la dificultad de no lograr un reparto homogéneo de la misma en cuanto a humectabilidad y la baja capacidad de retención de humedad, por lo que existe un problema en el riego cuando se usa sin ningún tipo de mezcla. El sustrato será mezclada con una relación 3:1 con perlita, para mejorar la retención de agua del sustrato. El precio de la cascarilla de arroz con perlita para un sistema de hidroponía es de Q40.

La perlita es un sustrato ligero, que permite una excelente ventilación y drenaje en los cultivos. Ideal para el desarrollo de hortalizas tanto de porte alto como mediano; brinda una gran retención de líquido.

2.5 PROBLEMÁTICA DE FALTA DE ACCESO DE TIERRAS EN GUATEMALA

Estimaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) señalan que el 56% de los municipios del país tienen un suministro insuficiente de alimentos, lo cual se ha traducido en niveles bajos de consumo energético en la población, y ha redundado en altos índices de desnutrición crónica (Ortíz, 2009).

Si bien el área rural contribuye de manera significativa a la economía nacional, mediante los ingresos y el empleo generados en los ámbitos de la agricultura y aprovechamiento de recursos naturales, los indicadores socio-económicos en el área rural ubican a Guatemala entre los países con menor desarrollo humano en América Latina.

La falta de acceso a tierra y la escasez de otras oportunidades económicas y de empleo en el área rural, han obligado a importantes segmentos de la población rural a considerar la migración como la única alternativa para superar la pobreza y la exclusión (PNDRI, 2009).

Guatemala se encuentra entre los tres países latinoamericanos con los mayores niveles de desigualdad en la distribución del ingreso nacional, es el país con más desigualdades socioeconómicas en América Latina. El 20 % de la población acapara el 60 % de la riqueza nacional.

La expansión de cultivos de exportación a gran escala ha agudizado los problemas agrarios en Guatemala, caracterizados por una mayor demanda por acceder a tierras. Datos oficiales de la Secretaria de Asuntos Agrarios muestran que en 2000 la Comisión Presidencial de Atención a la Tierra (CONTIERRA) atendió casi 200 conflictos por tierras; para finales del 2011, esta cifra se había incrementado a 1.288 conflictos. A mediados de 2012 la cifra ya alcanzaba 1.400 conflictos (OFMAX, 2012).

El tamaño de la tierra a la cual se tiene acceso es, entonces, un factor importante para explicar los déficits nutricionales: por ello, para entender los determinantes de los problemas de desnutrición, es crucial tomar en consideración los datos recientes para el año 2006 que señalan que la población indígena con tierra tiene acceso a un promedio de 4.1 manzanas por hogar, mientras que el promedio sube a 21.4 manzanas por hogar en el caso de los hogares no indígenas (Palmieri Santisteban & Delgado Valenzuela, 2011).

Es imposible dejar de insistir en la importancia de los granos básicos para la economía nacional, la sobrevivencia económica de la mayor parte de productores y para la satisfacción de las necesidades nutricionales de toda la población, debe causar preocupación en la medida que está ilustrando el aumento de las importaciones como estrategia para completar el suministro de alimentos básicos en el país (Sistema de Información Regional en Seguridad Alimentaria y Nutricional SIRSAN y Programa Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional para Centroamérica-PRESANCA, 2010), sobre todo en el caso del maíz y del arroz (Palmieri Santisteban & Delgado Valenzuela, 2011).

Cuadro 7. Uso de la tierra en porcentajes de Guatemala

CAPACIDAD	**% DE USO**
Cultivo agrícola	34.4
Cultivo agrícola no arable	17
Cultivos no agrícolas	41.2
Tierra de protección	7.1
Cuerpos de Agua	0.3

Fuente: Maga, 2000

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La reducción del espacio cultivable, la menor disponibilidad de agua para el riego ha hecho que, en Guatemala el 56% de los municipios, posea suministro insuficiente de alimentos (Carrasco & Izquierdo, 1996). La dependencia existente entre agricultura y pobreza se manifiesta en un elevado porcentaje de población pobre, los índices de desnutrición crónica superan el 49% en los niños menores de cinco años.

La hidroponía en canaletas es una técnica que no utiliza energía (eléctrica, combustión, etc.) para su implementación, con costos relativamente bajos puede ser una buena manera de obtener hortalizas sanas, la cual es una alternativa de proveer alimentos a la población rural, y aquellos que no posean de extensiones para sus cultivos.

Se deben utilizar sustratos que se puedan obtener fácilmente en la región donde se implementa esta técnica. El principal factor del que depende el éxito de un cultivo en canaletas es la calidad del sustrato elegido y la finalidad más importante de un sustrato es producir una planta de alta calidad. Un sustrato puede intervenir en el proceso de nutrición. Por lo cual la importancia, y más en el uso de la tecnología de hidroponía en canaleta.

Para la producción del chile pimiento hidropónico el sustrato juega un rol importante, esta investigación se trató de resolver la interrogante del sustrato que brinda mejores producciones. Esto para, brindar alternativas a los agricultores del área, para producción de chile pimiento, para mejorar la calidad de vida de las familias y poseer un ingreso extra.

¿Cuál de los cuatros sustratos obtiene mejores rendimiento y es la más rentable para la producción de chile pimiento hidropónico?

IV. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

- Evaluar cuatro sustratos en la producción de Chile Pimiento (*Capsicum annuum* L., Solanaceae) en hidroponía en canaletas, Coatepeque.

4.2 ESPECÍFICOS

- Determinar con qué tipo de sustrato se obtiene mejor rendimiento en producción de fruto chile pimiento.

- Determinar con qué tipo de sustrato se logra el mayor peso en la raíz en chile pimiento.

- Determinar el tipo de sustrato con una mejor relación beneficio-costo en chile pimiento.

V. HIPÓTESIS

5.1 HIPÓTESIS ALTERNA

- Al menos uno de los sustratos se obtienen mejor rendimiento en producción de fruto y peso de raíz.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

6.1.1 Ubicación

La aldea de Bethania pertenece al municipio de Coatepeque. Se localiza en la latitud 14° 41' 0" y en la longitud 91° 58' 0" (Ver figura 9).

6.1.2 Condiciones climáticas y edafológicas

Suelos: De la serie Litoral del Pacífico, clase Tiquisate, los cuales tienen la característica de ser arenosos y con un drenaje moderado, igualmente hay la presencia de los suelos de la Clase Alotenango y Palin, los cuales tienen la característica de ser suelos profundos sobre materiales volcánicos, de color obscuro en relieve fuertemente ondulado a inclinado. Y por último, se encuentran los suelos de la Clase Bacul, los cuales tienen la característica de ser mal drenados y de textura pesada (Simmons, Shaffer, Tarano, & Pinto, 1959).

- Alturas: Se encuentra a una altura de 497.96 metros sobre el nivel del mar, por lo que su clima es cálido.
- Precipitación pluvial: promedio durante la época seca al mes es de 102.42 milímetros y durante la época lluviosa es en promedio de 575.22 milímetros al mes; normalmente solo los meses de diciembre, enero y febrero reciben menos de 50 milímetros de precipitación pluvial.
- Temperatura: En el área urbana es normal encontrar un clima cálido húmedo que oscila entre los 17 y 35 °C. Mientras que en las comunidades y zonas de producción predomina un clima agradable que oscila entre los 15 y 25 °C.

6.1.3 Zona de vida

La aldea Bethania se encuentra ubicado en la zona de vida vegetal bosque húmedo tropical, lo cual permite establecer mejores condiciones para la producción forestal,

debido a la pendiente de inclinación que dichos suelos presentan, esto se refrenda al analizar que el municipio recibe alrededor de 1350 mm de lluvia al año (Holdridge, 1979).

6.2 MATERIAL EVALUADO

El material evaluado fueron los sustratos con el cultivo del chile Pimiento variedad Nathalie, bajo el sistema de la tecnología hidroponía en canaletas. Es importante mencionar que los sustratos evaluados se pueden adquirir de manera sencilla (accesibles) en el área de la investigación.

6.3 FACTORES DE ESTUDIO

Los factores a estudiar fueron los diferentes tipos de sustratos.

6.4 DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS

Cuadro 8. Descripción de tratamientos.

TRATAMIENTOS	SUSTRATOS
S1	Fibra de coco
S2	Arena de río
S3	Piedra poma
S4	Cascarilla de arroz

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para esta investigación se utilizó un diseño de completamente al azar, con 5 repeticiones y 4 tratamientos, total de 20 unidades experimentales.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

Se utilizó un análisis estadístico completamente al azar. (Sitún Alvizures, 2001).

En el modelo $Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$. En donde:

Y_{ij} = Es la variable de respuesta

U = Es el efecto de la media general

T_i = Es el efecto del i-ésimo tipo de sustrato

E_{ij}= Es el efecto debido a los errores experimentales de la i-j-énesima unidad experimental.

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimenta constó de dos canaletas hidropónicas, donde se sembraron 12 plantas. Cada sistema hidropónico constó de ocho canaletas, si tenemos 20 unidades experimentales quiere decir que utilizamos 40 canales hidropónicas, que representaron 5 sistemas completos.

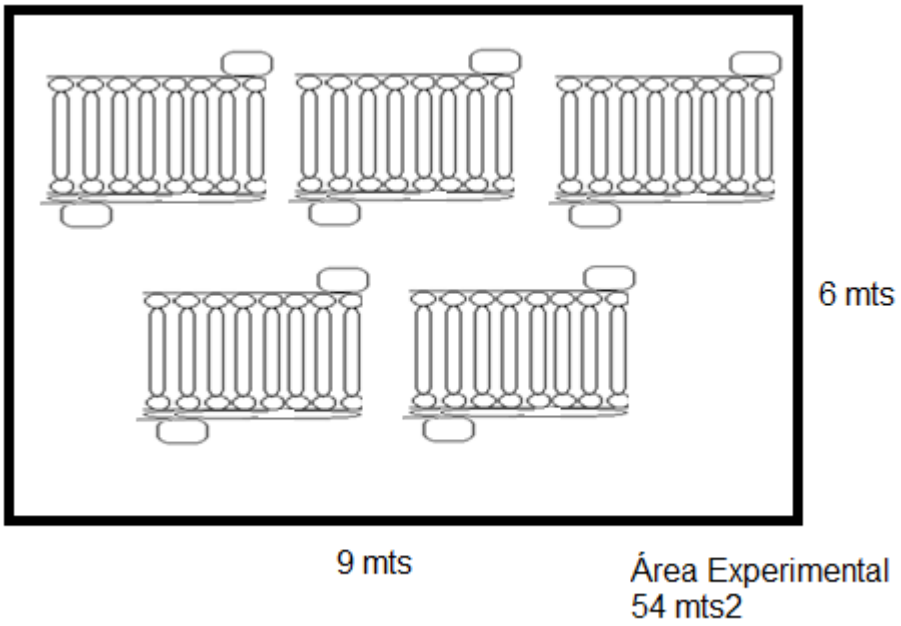


Figura 3. Área utilizada.

6.8 CROQUIS DE CAMPO

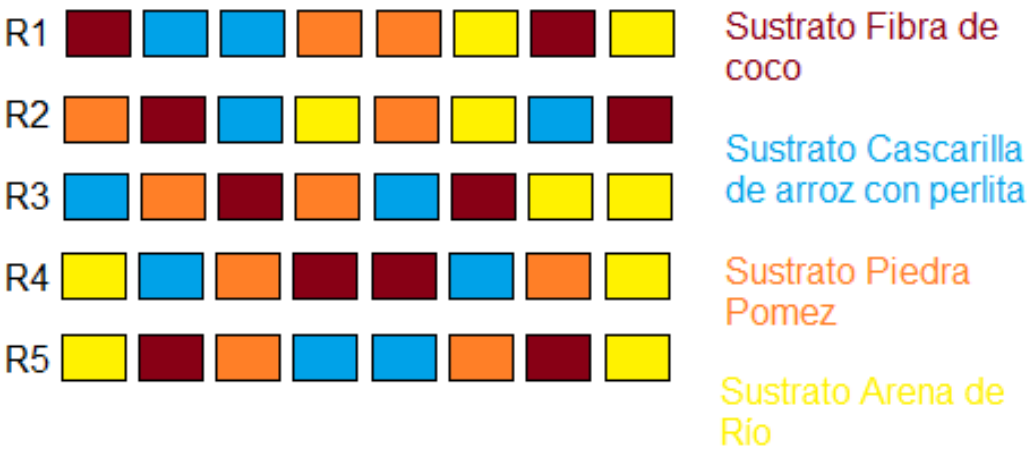


Figura 4. Distribución de unidades experimentales

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1 Preparación del sustrato

Se procedió a esterilizarlos con la técnica de vapor de baño maría, que consiste en eliminar microorganismo por medio de un cambio de temperatura.

6.9.2 Instalación de los sistemas y llenado de canaletas

Se colocaron las bases con una diferencia de altura de 10 centímetros entre la parte alta y la parte baja, esto permite que por gravedad la solución nutritiva se desplace por las canaletas.

La orientación es de norte a sur para evitar la competencia lumínica entre las plantas y se procedió a llenar las canaletas una vez aseguradas a las bases.

6.9.3 Siembra de los pilones

Se realizó de forma manual, previo se realizó un riego para humedecer los sustratos con el motivo de evitar un estrés. Se sembraron los pilones de chile pimiento con un distanciamiento de 28 centímetros entre plantas.

6.9.4 Fertirriego

Para el riego se utilizó un equipo de suero adecuado para cada canaleta, el riego regulado fue de 60 gotas por minuto, esto permite mantener el sustrato con la humedad óptima.

Para la fertilización se utilizó las soluciones estandarizas “A” y “B” elaboradas por la empresa Agrotecnología Orgánica S.A, que se utiliza especialmente para esta técnica. La dosis para un contenedor de 40 litros, es de 200 cc de solución “A” y 80 cc de solución “B”.

6.9.5 Control de plagas.

Para el control del ataque de plagas al inicio se realizaron dos aplicaciones del insecticida monarca® (Thiacloprid, Beta - cyfluthrin) para el control de la hormiga (*Formica Spp*), el primer control fue a los 20 días después de la siembra y el segundo a los 30 días, la dosis utiliza fue de 3 cc disueltos en 16 litros de agua.

6.9.6 Cosecha

Se hizo de forma manual, realizando tres cortes para aprovechar el máximo rendimiento de las plantas.

6.10 VARIABLE DE RESPUESTA

Las variables de respuestas son:

6.10.1 Número de frutos

Para está variable, se contó el número de chile Pimiento por planta, para indicar su cantidad de producción hasta el final de su ciclo productivo. Siendo su unidad de medidas en números (cantidad). Se realizó una trasformación de datos previo a su análisis por ser una variable discreta, se utilizó la fórmula $\sqrt{X}$ por cada valor en la tabla.

6.10.2 Peso de la raíz

Luego de cosechar el fruto, se procedió a pesar la raíz, por lo cual se utilizó una pesa electrónica. Siendo su unidad de medidas en gramos. Se realizó una trasformación de datos previo a su análisis, se utilizó la fórmula $\sqrt{X}$ por cada valor en la tabla. Esto debido a que la balanza que se utilizó dio los gramos en datos enteros.

6.10.3 Relación Beneficio-costo

Al final de la producción se procedió a realizar un análisis de beneficio – costo, para determinar el sustrato con mejor relación para la producción del cultivo hidropónico de Pimiento, siendo expresado en un término absoluto.

6.11 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

6.11.1 Estadístico

Como lo recomienda (Hills & Little, 1989) se realizó un Análisis de Varianza (ANDEVA), a las variables que mostraron significancia se procedió a realizarles las pruebas de medias utilizando α= 0.05 con el rango múltiple de TUKEY, para determinar los mejores resultados.

6.11.2 Económico

Este análisis se realizó mediante el cálculo de la relación beneficio costo, con el propósito de determinar cuál fue el sustrato que ofreció una mejor ganancia con respecto a otros sustratos.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 FACTOR DE RENDIMIENTO

7.1.1 Número de frutos

La producción en el cultivo de chile pimiento hidropónico mostró una diferencia en el número de frutos total por tratamientos. En los resultados obtenidos se muestra una clara ventaja cuando se utilizó el sustrato de piedra poma.

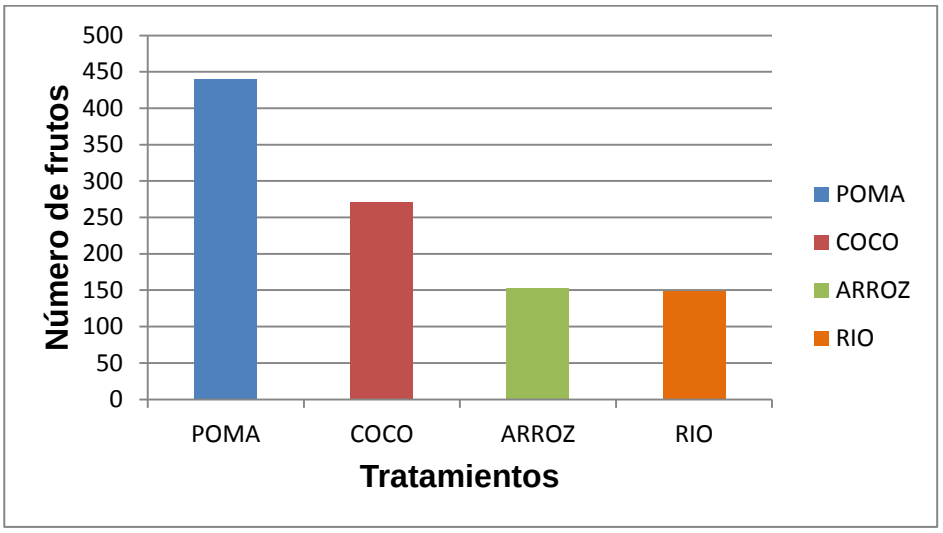


Figura 5. Número de frutos por tratamiento.

El cuadro 9, muestra los rendimientos obtenidos en la investigación. Esta se obtuvo por tres cortes de cosechas, medidas por número de fruto por tratamiento y con sus respectivas repeticiones.

Cuadro 9. Rendimiento en producción medida por número de frutos.

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	R4	R5	TOTAL
Piedra poma	81	93	87	93	86	440
Fibra de coco	54	54	55	53	55	271
Cascarilla de arroz	30	33	30	31	29	153
Arena de río	27	37	26	30	29	149

Para conocer las diferencias estadísticas de los tratamientos evaluados del cuadro anterior se procedió a realizar una trasformación de datos previo al análisis (Ver cuadro 19).

Cuadro 10. Análisis de varianza en número de frutos.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ft 5%
Tratamientos	3	51.6633	17.2211	282.31	3,24 **
Error	16	0.9774	0.061		
Total	19	52.6408			

CV = 3.57 %

El análisis de varianza muestra que si hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados lo cual se acepta la hipótesis planteada. Al haber significancia se procedió a realizar una prueba múltiple de media de Tukey con **α=** 0.05. Además de tener un coeficiente de variación aceptable.

Cuadro 11. Prueba de Tukey a la variable de número de frutos.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	LITERAL		
Piedra poma	9.3777	A		
Fibra de coco	7.3619		B	
Cascarilla de arroz	5.5304			C
Arena de río	5.4481			C

Alfa= 5% Tukey= 0.4473

En el análisis de varianza y el comparador de medias de Tukey, muestra claramente que el mejor tratamiento es la piedra poma. Dando un promedio de 88 frutos por tratamiento. Esto se debe a que la piedra poma posee mejores propiedades, como anclaje, retención de humedad, y oxigenación en las raíces, provocando una mejor producción en fruto de pimiento.

7.1.2 Peso de Raíz

El sistema radicular en el cultivo de chile pimiento hidropónico mostró una diferencia en el peso de la raíz. En los resultados muestra con claridad los tratamientos que obtuvieron un mejor soporte en el sustrato.

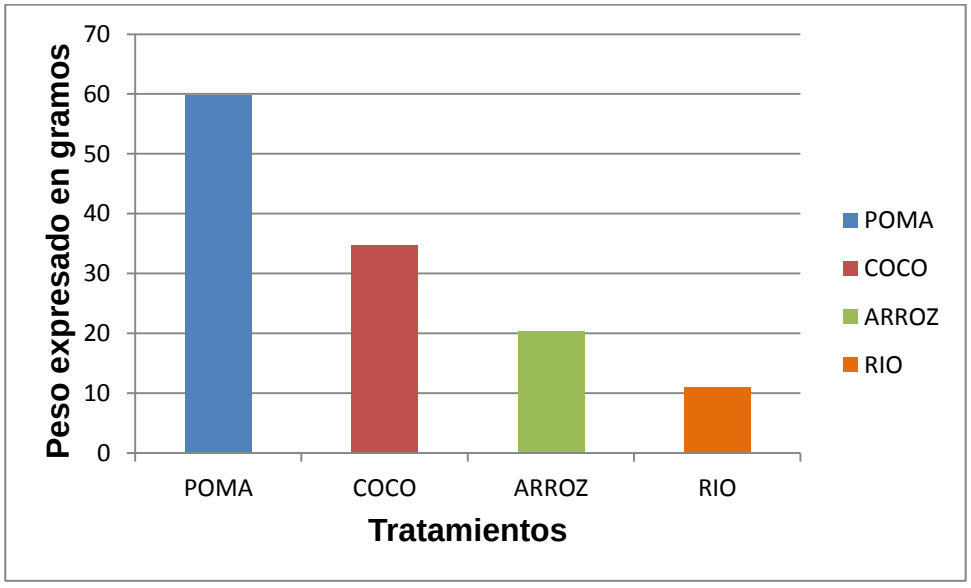


Figura 6. Promedio de peso de raíz por tratamiento.

En el cuadro 12, muestra los valores de la variable de peso de raíz, lectura que se realizó al final del ensayo, así también se presenta la media para cada tratamiento evaluado expresado en gramos.

Cuadro 12. Peso de raíz expresado en gramos.

TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	R5	PROMEDIO
Piedra poma	64	59	55	55	66	59.8
Fibra de coco	39	34	38	27	35	34.6
Cascarilla de arroz	23	19	20	17	23	20.4
Arena de río	12	10	12	11	10	11

Para conocer las diferencias estadísticas de los tratamientos evaluados del cuadro anterior se procedió a realizar una trasformación de datos (Ver cuadro 20).

Cuadro 13. Análisis de varianza en peso de raíz

FV	GL	SC	CM	F	Ft 5%
Tratamientos	3	53.8809	17.9603	186.6975	3,24 **
Error	16	1.5407	0.0962		
Total	19	55.4216			

CV = 5.79%

El análisis de varianza muestra que si hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados lo cual se acepta la hipótesis planteada. Al haber significancia se procedió a realizar una prueba múltiple de media de Tukey. Además de tener un coeficiente de variación aceptable.

Cuadro 14. Prueba de comparador de Tukey en peso de raíz.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	LITERAL
Piedra poma	7.7275	A
Fibra de coco	5.8702	B
Cascarilla de arroz	4.5092	C
Arena de río	3.3139	D

Alfa= 5% Tukey= 0.5618

Con los análisis respectivos se determinó que el mejor sustrato en peso de raíz fue la piedra poma dando un promedio de 59.8 gramos. Por lo cual se rechaza la hipótesis nula. Esto se debe a que el chile pimiento ancló de mejor manera en la piedra poma, por lo cual desarrollo más sistema radicular.

Ambas variables están entrelazadas, ya que si una planta posee un buen sistema radicular la planta tendrá un mejor rendimiento. El sustrato de arena de río se compacto, esto provoco que las raíces no crecieran tanto y afecto de manera notable la

producción de chile. El sustrato de cascarilla de arroz con perlita, presento una permeabilidad los primeros días de siembra, lo que provoco un estrés. Luego de que el sustrato humedeciera el problema paso a una humedad extrema. Esto alterando el proceso fisiológico del chile, provocando una baja producción.

El sustrato de fibra de coco, presento un ligero ataque de hormigas, ya que los sustratos orgánicos son más vulnerables a los ataques de insectos. Pero debido a la buena retención de nutrientes, las plantas se desarrollaron bien. El sustrato de piedra poma, no se compacto permitiendo una mejor oxigenación, aeración y excelente retención de humedad. Esto ayudo a que las plantas desarrollaran bien.

7.2 FACTOR ECONÓMICO

7.2.1 Relación beneficio costo

El análisis económico se enfoca a los costos por cada tratamiento, se tabularon todos los datos que se obtuvieron de los insumos utilizados, para determinar costos totales e ingresos de la producción para calcular el indicador económico de la relación Beneficio/Costo para cada tratamiento.

La fórmula utilizada fue:

R B/C = ((Ingreso-Costos))/Costos

Cuadro 15. Costos comunes en los tratamientos

DESCRIPCIÓN	COSTO (Q)
Fertilizante	75
Pilones	30
Sistema hidropónico	60
Mantenimiento	50
Total de Costos	215

Cuadro 16. Ingresos por tratamientos

SUSTRATOS	INGRESO (Q)
Piedra Poma venta de 440 frutos	880
Fibra de Coco venta de 271 frutos	542
Cascarilla de Arroz venta de 153 frutos	306
Arena de Río venta de 149 frutos	298

Cuadro 17. Costos de los sustratos

SUSTRATOS	COSTOS (Q)
Piedra Poma	80
Fibra de Coco	150
Cascarilla de Arroz	40
Arena de Río	80

Cuadro 18. Relación B/C por tratamiento en chile pimiento hidropónico.

TRATAMIENTOS	R B/C
Piedra Poma	1.98
Fibra de coco	0.48
Cascarilla de Arroz	0.2
Arena de Río	0.1

El tratamiento que obtuvo una mejor relación B/C fue la piedra poma esto quiere decir que por cada quetzal invertido se obtuvo un beneficio de Q1.98, esto nos indica que hubo una diferencia significativa con respecto a los otros tratamientos. El precio de un fruto de chile pimiento fue vendido a Q2.

Los costos del sustrato de fibra de coco, se encarecen por el proceso y tratamiento que se aplica para eliminar impurezas y su esterilización. Pudiendo ser una buena alternativa, realizar investigaciones para bajar los costos.

VIII. CONCLUSIONES

- En los tratamientos evaluados durante el ensayo se concluyó que el tratamiento con el sustrato de piedra poma obtuvo el mayor rendimiento en número de frutos con un promedio de 88 frutos de pimiento.

- El tratamiento que obtuvo un mejor peso de raíz fue el sustrato fue la piedra poma con un promedio de 59.8 gramos. Dando como resultado una planta vigorosa y con características deseadas.

- El sustrato de piedra poma mostró una mejor relación beneficio costo, obteniendo 1.98.

IX. RECOMENDACIONES

- Realizar otras investigaciones con los mismos sustratos pero en diferente cultivo, de preferencia en hortalizas de interés económico, como Tomate. U otras variedades de Chile pimiento.

- Realizar mezclas entre diferentes sustratos para encontrar el punto de equilibrio entre un sustrato inerte y uno orgánico.

- Realizar la investigación con otras alternativas de nutrición.

X. BIBLIOGRAFÍA

Amador. (2000). Hidroponía, principios y métodos de cultivos. Guatemala. 13p.

Carrasco, & Izquierdo. (1996). La Empresa Hidropónica de Mediana Escala: La Técnica de la Solución Nutritiva Recirculante ("NFT"). Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 103p.

CENTA. (2002). Guía Técnica del cultivo chile Dulce. La Libertad, El Salvador. 51p.

Godoy. (2001). Hidroponía cultivos sin tierra. Guatemala. 80p.

Grupo Oceano. (1999). Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. Barcelona: Centrum. 1032p.

Guzmán. (2004). Hidroponía en Casa: Una actividad familiar . Costa Rica: MAG. 25p.

Hills, & Little. (1989). Métodos Estadísticos para la investigación en la agricultura. México: Trillas.

Hogares juveniles campesinos. (2002). Manual agropecuario: Tecnologías orgánicas de la granja inegral agroecológica. Bogotá: Lexus.

Holdridge, L. R. (1979). Ecología basada en zonas de vida. Guatemala: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

Ibalpe. (2002). Manual Agropecuario. Bogotá, Colombia: Ibalpe. 1093p.

Interempresa. (06 de 08 de 2002). Horticultura. Recuperado el 16 de Octubre de 2013, de http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/68605-Fibra-de-coco-como-sustrato-en-hidroponia.html

León, E., Jelkmann, I., Ramírez, M., & Fong, M. (Noviembre de 2008). Hidroponía. Recuperado el 5 de Agosto de 2013, de Altiplano: http://www.altiplano.uvg.edu.gt/cdr/practicas/2008/Hidroponia/Comunidad/hid%20com.pdf

Manso, T. (2009). GUIA TECNICA PARA LA PRODUCCION DEL CULTIVO DE PIMIENTO (Primera ed.). La habana, Cuba: Eduardo Martínez Oliva. 18p.

Mikel, P. (2010). EVALUACION DE SUSTRATOS DE FIBRA DE MADERA DE PINO FRENTE A SUSTRATOS CONVENCIONALES EN CULTIVO HIDROPONICO DE TOMATE. Pamplona. 111p.

Miranda Martínez , V. (2008). Evaluación de Sustratos Orgánicos en Sistemas Hidropónicos Verticales. Tesis de licienciatura, Universidad Earth, Limón. 42p.

OFMAX. (2012). *Guatemala:* La lucha por la tierra. Recuperado el 10 de Noviembre de 2013, de http://www.oxfamblogs.org/lac/guatemala-la-lucha-por-la-tierra/

Ortíz, A. (9 de Noviembre de 2009). Noticias de Guatemala. Recuperado el 18 de Agosto de 2013, de Seguridad alimentaria tiene estrecha relación con la producción agropecuaria: http://noticias.com.gt/nacionales/20090910-seguridad-alimentaria-tiene-estrecha-relacion-con-la-produccion-agropecuaria.html

Palmieri Santisteban, M., & Delgado Valenzuela, H. (2011). Análisis situacional de la malnutrición en Guatemala: sus causas y abordaje. (E. S. Méndez, Ed.) Guatemala: Ineditasa. 42p.

Perez, J. (2007). EVALUACION DE 4 SUSTRATOS EN LA ELABORACION DE PILONES, EN EL CULTIVO DE LA PAPAYA (Carica papaya L. Caricaceae) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN ALDEA LAS PALMAS, COATEPEQUE, QUETZALTENANGO. Guatemala. 51 p.

PNDRI. (2009). DIÁLOGO POR EL DESARROLLO RURAL INTEGRAL Y LA RESOLUCIÓN DE LA CONFLICTIVIDAD AGRARIA LABORAL Y AMBIENTAL. Guatemala. 43p.

Rodríguez. (2001). Soluciones Nutritivas en Hidroponía. Perú: UNALM. 97p.

Simmons, Shaffer, C., Tarano, J. M., & Pinto, J. H. (1959). Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala: Ministerio de Educación Pública. 1000p.

Sitún Alvizures, M. (2001). Investigación Agrícola Guía de Estudio. Escuela Nacional Central de Agricultura. Comité. 137p.

Villaviciencio, E. R. (2007). Efecto de dos soluciones nutritivas de origen orgánico (Lombricompost y Bokashi) sobre el rendimiento y calidad del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L. var. longifolia Compositae) en hidroponía. Guatemala.

Zárate, B. (2007). Producción de tomate (lycopersicon esculentum Mill) hidropónico con sustrato, bajo invernadero. Tesis de maestría, Oaxaca.

XI. ANEXOS

Figura 7. Sistema de hidroponía en canaletas.

Propiedad	Fibra de coco		Sustrato ideal
	Intervalo	Mediana	
Índice de grosor (%)[a]	11 - 66	34	-
Densidad aparente (g/cm³)	0,020 - 0,094	0,059	< 0,4
Espacio poroso total (% vol.)	93,8 - 90,5	96,1	> 85
Capacidad de aireación (%vol)	22,2 - 90,5	44,9	20 - 30
Agua fácilmente disponible (*)	0,7 - 36,8	19,9	20 - 30
Agua de reserva (% vol)	0,1 - 7,8	3,5	4 - 10
Capacidad de retención de agua (mL/L substrato)	110 - 797	523	600 - 1000
Contracción (% vol)	n.d.*- 28	14	< 30
pH (pasta saturada)	4,76 - 6,25	5,71	5,2 - 6,3
Conductividad eléctrica (extracto de saturación, dS/m)	0,39 - 6,77	3,52	< 3,5
Capacidad de intercambio catiónico (m.e./100g)	31 - 97	61	
Materia orgánica total (%)	88,6 - 95,7	93,8	> 80
Relación C/N	74 - 194	132	
Iones asimilables: (ppm en el extracto de saturación)			
$N\text{-}NO_3^-$	n.d - 1,7	0,21	100 - 199
$N\text{-}NH_4^+$	n.d - 1,8	0,14	0 - 20
P^{3-}	7,4 - 104	41	6 - 10
K^+	115 - 2.343	956	150 - 249
Ca^{2+}	6,9 - 114	26	> 200
Mg^{2+}	2,6 - 59	20	> 70
Cl^-	27 - 2.242	1.085	< 180
SO_4^{2-}	2,5 - 314	23	< 960
Na^+	25 - 294	137	< 115

Figura 8. Propiedades del sustrato del coco.

(Google Earth, 2013).

Figura 9. Localización de aldea Bethania, Coatepeque.

Cuadro 19. Transformación de datos para variable número de frutos.

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	Total	Promedio
POMA	9.0000	9.6437	9.3274	9.6437	9.2736	46.8883	9.3777
COCO	7.3485	7.3485	7.4162	7.2801	7.4162	36.8094	7.3619
ARROZ	5.4772	5.7446	5.4772	5.5678	5.3852	27.6519	5.5304
RIO	5.1962	6.0828	5.0990	5.4772	5.3852	27.2403	5.4481
TOTAL	27.0218	28.8194	27.3198	27.9688	27.4601		
					G	138.5900	

Cuadro 20. Transformación de datos para variable peso de Raíz

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	Total	Promedio
POMA	8.0000	7.6811	7.4162	7.4162	8.1240	38.6376	7.7275
COCO	6.2450	5.8310	6.1644	5.1962	5.9161	29.3526	5.8705
ARROZ	4.7958	4.3589	4.4721	4.1231	4.7958	22.5458	4.5092
RIO	3.4641	3.1623	3.4641	3.3166	3.1623	16.5694	3.3139
TOTAL	22.5049	21.0333	21.5169	20.0521	21.9982		
					G	107.1054	

Figura 10. Colocación de los sistemas.

Figura 11. Secado al sol de los tratamientos.

Figura 12. Llenado y aleatorización de los tratamientos.

Figura 13. Colocación del sistema de riego.

Figura 14. Siembra de los pilones.

Figura 15. Crecimiento de las plantas.

Figura 16. Producción de fruto.

Figura 17. Fruto del chile pimiento.

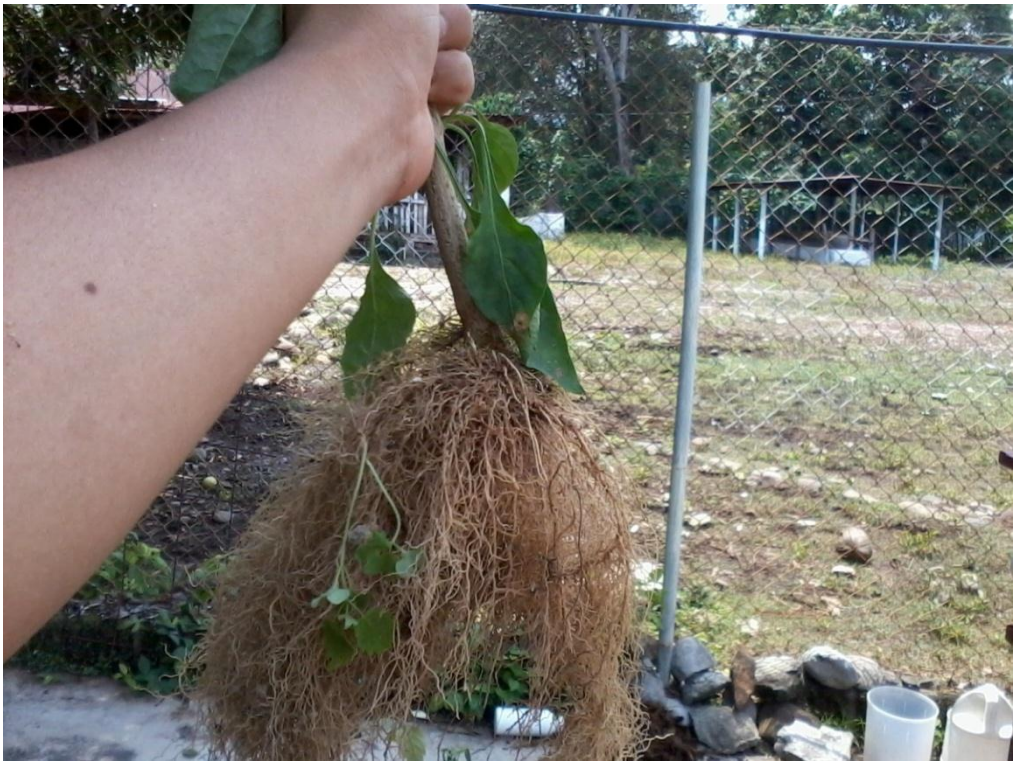


Figura 18. Sistema radicular del chile pimiento.