

UNIVERSIDAD DE 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 shield with a figure on a horse, a crown above, and various symbols. The Latin motto "BIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CÆTERA" is inscribed around the perimeter of the seal.

TRABAJO DE GRADUACIÓN
EVALUACIÓN DE TRES CONCENTRACIONES DE SOLUCIONES
NUTRITIVAS EN HIDROPONÍA PARA EL CULTIVO DE TOMATE *Solanum*
***lycopersicum* L., HÍBRIDO HERMOSA BAJO INVERNADERO,**
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL ÁREA CONSULADO ORIENTE DE
LA FINCA ENCA BÁRCENA, VILLA NUEVA, GUATEMALA, C.A.

DULCE MARÍA MEJÍA SOLARES

GUATEMALA, JULIO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE TRES CONCENTRACIONES DE SOLUCIONES
NUTRITIVAS EN HIDROPONÍA PARA EL CULTIVO DE TOMATE *Solanum
lycopersicum* L., HÍBRIDO HERMOSA BAJO INVERNADERO,
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL ÁREA CONSULADO ORIENTE DE
LA FINCA ENCA BÁRCENA, VILLA NUEVA, GUATEMALA, C.A.**

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

POR

DULCE MARÍA MEJÍA SOLARES

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA AGRÓNOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, JULIO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

DR. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr.	LAURIANO FIGUEROA QUIÑONEZ
VOCAL I	Dr.	ARIEL ABDERRAMÁN ORTÍZ LÓPEZ
VOCAL II	Ing. Agr. MSc.	MARINO BARRIENTOS GARCÍA
VOCAL III	Ing. Agr. MSc.	OSCAR RENÉ LEIVA RUANO
VOCAL IV	Br.	ANA ISABEL FIÓN RUIZ
VOCAL V	Br.	LUIS ROBERTO ORELLANA LÓPEZ
SECRETARIO	Ing. Agr.	CARLOS ROBERTO ECHEVERRÍA ESCOBEDO

GUATEMALA, JULIO DE 2013

Guatemala, Julio de 2013

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 TRES CONCENTRACIONES DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN HIDROPONÍA PARA EL CULTIVO DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L., HÍBRIDO HERMOSA BAJO INVERNADERO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL ÁREA CONSULADO ORIENTE DE LA FINCA ENCA BÁRCENA, VILLA NUEVA, GUATEMALA, C.A.** como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónomo en recursos naturales renovables, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Dulce María Mejía Solares

Perito Agrónomo

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS:** Por acompañarme en esta fase de mi vida, por ser mi guía y fortaleza, sígueme dando más victorias mi Señor.
- A MIS PAPAS:** Blanca Solares de Mejía y Julio Mejía C. Por enseñarme el valor de la perseverancia además de apoyarme económica y moralmente, gracias papi y mami por hacer este esfuerzo por mí, mil gracias.
- A MIS ABUELITAS:** mamita Zoila Esperanza Girón de Solares (Q.E.P.D) y Raquel Carranza, admiración y valentía, las amo, Dios las bendiga.
- A MIS HERMANOS:** Julio A. Mejía y Bárbara E. Mejía, que siempre me exhortaron a seguir y la comprensión mostrada en este tiempo, mil gracias. Y éxitos en todo para ustedes.
- MIS TIAS:** Agradecerles por ser ejemplos de vida y por sus consejos.
- MI NOVIO:** Ing. Mardoqueo Flores, por ser mi compañero y amigo, que el Señor te bendiga, espero siempre estés en mis caminos. T.A.
- MIS AMIGOS:** Amarilis Yoc, Regina Valiente, Byron Estrada, José Carlos Mérida, Conny Muy, Victoria Argueta, Anita Marroquín, Ruthia Juracán, Daniel López, Brisly Turcios, Miguel Abaj, y Mildred, Sandra Santos, Sandra Mogollón, Jeny Silva por brindarme su valiosa amistad en todo momento. El Señor los bendiga.
- A MI CUÑADA:** Esther Flores de Mejía, el Señor te guarde y gracias por ser como eres.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

MI ETERNA PRIMAVERA; GUATEMALA.

ESCUELA VIRGEN PODEROSA, CASA CENTRAL.

ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA.

FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA.

MI FAMILIA PATERNA Y MATERNA.

MIS CATEDRÁTICOS.

A MIS SOBRINOS JOEL, YAMAIRIS Y MARCELA MEJÍA

AGRADECIMIENTOS

A:

A mis asesores: Ing. Iván Dimitri Santos e Ing. Hermógenes Castillo por sus consejos y darme guía para elaborar este documento. Ing. Enio Aguilar por su paciencia y asesoramiento tanto antes como durante la investigación. Ing. Mardoqueo Flores por sus críticas constructivas.

Ing. Jorge Aristondo por abrirme puertas en su empresa para que me desarrollara en el ámbito laboral y darme la oportunidad para que no se truncara este éxito. Muy agradecida.

A la Escuela Nacional Central de Agricultura por ser la fuente primaria de mis conocimientos y darme la oportunidad de ejecutar esta investigación.

Al personal de la FAUSAC, por facilitar medios para concluir el proceso.

A Martín Castillo, Juan Pérez y Adolfo Arrésis, que me apoyaron durante el tiempo en la ENCA.

A Susy Solares de Flores y Marvin Flores, por pensar en lo primordial para mí.

A todos los compañeros de la ENCA y de la FAUSAC por compartir un pedacito de su vida en este trayecto conmigo.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
RESUMEN.....	ix
1 CAPÍTULO I.....	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	3
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	4
1.2.1 <i>Ubicación geográfica y vías de acceso</i>	4
1.2.2 <i>Condiciones climáticas</i>	4
1.2.3 <i>Suelos</i>	5
1.2.4 <i>Fuentes de agua</i>	6
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	7
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	7
1.4 METODOLOGÍA.....	8
1.4.1 <i>Revisión de información secundaria</i>	8
1.4.2 <i>Recolección de información primaria</i>	8
1.4.3 <i>Sistematización de la información</i>	8
1.4.4 <i>Propuesta de análisis de la información</i>	10
1.5 RESULTADOS.....	11
1.5.1 <i>Información primaria recabada</i>	11
1.5.1.1 <i>Antecedentes</i>	11
1.5.1.2 <i>Recurso humano</i>	11
1.5.1.3 <i>Académico</i>	12
1.5.1.4 <i>Administrativo</i>	12
1.5.1.5 <i>Organigrama de la ENCA</i>	12
1.5.2 <i>Recursos físicos</i>	13
1.5.2.1 <i>Tierra</i>	13
1.5.2.2 <i>Maquinaria y equipo</i>	13

Contenido	Página
1.5.2.3 Instalaciones.....	13
1.5.2.4 Invernaderos.....	13
1.5.2.5 Macrotuneles.....	14
1.5.2.6 Bodegas.....	14
1.5.2.7 Sala de empaque y lavado.....	14
1.5.2.8 Oficina general.....	14
1.5.2.9 Instalaciones de riego.....	14
1.5.3 <i>Canales de comercialización.....</i>	15
1.5.4 <i>Análisis FODA y sus componentes.....</i>	16
1.5.5 <i>Análisis del entorno.....</i>	16
1.5.5.1 Análisis de la situación interna.....	16
1.5.5.2 Función sustantiva de la sub-área consulado oriente.....	16
1.5.5.3 Análisis de la información.....	18
1.5.5.4 Descripción de la matriz FODA.....	19
1.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	20
1.7 BIBLIOGRAFÍA.....	21
1.8 ANEXOS.....	23
2 CAPÍTULO II.....	25
2.1 PRESENTACIÓN.....	27
2.2 MARCO TEÓRICO.....	28
2.2.1 <i>Marco Conceptual.....</i>	28
2.2.1.1 Reseña histórica de la hidroponía.....	28
2.2.1.2 Hidroponía.....	28
2.2.1.3 Cultivos en sustrato.....	29
2.2.1.4 Propiedades de los sustratos para cultivo.....	31
2.2.1.5 Materiales y componentes utilizados como sustratos para cultivos: clasificación.....	35
2.2.1.6 Cultivo en fibra de coco.....	36
2.2.1.7 Soluciones nutritivas.....	39
2.2.1.8 Riego.....	43

Contenido	Página
2.2.1.9 Antecedentes de investigaciones con soluciones nutritivas	45
2.2.1.10 Generalidades del cultivo de tomate hib. Hermosa	46
2.3 OBJETIVOS.....	51
2.3.1 <i>Objetivo General.....</i>	<i>51</i>
2.3.2 <i>Objetivos específicos.....</i>	<i>51</i>
2.4 METODOLOGÍA.....	52
2.4.1 <i>Ubicación y descripción del sitio experimental</i>	<i>52</i>
2.4.2 <i>Tratamientos.....</i>	<i>52</i>
2.4.3 <i>Diseño Experimental</i>	<i>53</i>
2.4.4 <i>Modelo estadístico.....</i>	<i>53</i>
2.4.5 <i>Unidad Experimental</i>	<i>54</i>
2.4.6 <i>Manejo agronómico del experimento.....</i>	<i>55</i>
2.4.6.1 <i>Preparación de canaletas.....</i>	<i>55</i>
2.4.6.2 <i>Lavado de bolsas de crecimiento de fibra de coco.....</i>	<i>55</i>
2.4.6.3 <i>Siembra</i>	<i>56</i>
2.4.6.4 <i>Tutorado</i>	<i>56</i>
2.4.6.5 <i>Podas de formación</i>	<i>56</i>
2.4.6.6 <i>Riego.....</i>	<i>56</i>
2.4.7 <i>Variables respuesta.....</i>	<i>57</i>
2.4.7.1 <i>El rendimiento total en kg/planta.</i>	<i>57</i>
2.4.7.2 <i>Rendimiento de tomate en kg/planta clasificado por calidad.....</i>	<i>57</i>
2.4.7.3 <i>Vida de anaquel del tomate.....</i>	<i>57</i>
2.4.7.4 <i>Número de racimos por planta.</i>	<i>58</i>
2.4.7.5 <i>Rentabilidad</i>	<i>58</i>
2.4.8 <i>Análisis de la información.....</i>	<i>58</i>
2.4.8.1 <i>Análisis estadístico</i>	<i>58</i>
2.4.8.2 <i>Análisis económico.....</i>	<i>59</i>
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	61
2.5.1 <i>Rendimiento total (kg).</i>	<i>61</i>
2.5.2 <i>Rendimiento de tomate en kg/planta clasificado por calidad.....</i>	<i>62</i>

Contenido	Página
2.5.2.1 Análisis para el rendimiento de frutos de segunda calidad	66
2.5.3 <i>Vida de anaquel de tomate producido</i>	67
2.5.4 <i>Número de racimos producidos promedio por tratamiento</i>	68
2.5.5 <i>Análisis económico</i>	70
2.6 CONCLUSIONES	74
2.7 RECOMENDACIONES	75
2.8 BIBLIOGRAFÍA	76
2.9 ANEXOS	80
3 CAPÍTULO III	93
3.1 PRESENTACIÓN	95
3.2. SERVICIO 1. PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO EN COMPOSTERAS	96
SUBSUPERFICIALES A BASE DE RESIDUOS DE PLANTACIONES	96
3.1.1 <i>Objetivos</i>	96
3.1.1.1 General	96
3.1.1.2 Específicos.....	96
3.1.2 <i>Metodología</i>	96
3.1.2.1 Elaboración de composteras orgánicas	96
3.1.2.2 Preparación del terreno.....	97
3.1.2.3 Preparación de compostera	97
3.1.2.4 Remoción de compostera	98
3.1.3 <i>Resultados</i>	99
3.1.4 <i>Evaluación</i>	100
3.3 SERVICIO No.2 IMPLEMENTACIÓN DE CAMAS BIOLÓGICAS POR INVERNADERO . 101	
3.3.1 <i>Objetivos</i>	101
3.3.1.1 General	101
3.3.1.2 Específicos.....	101
3.3.2 <i>Metodología</i>	101
3.3.2.1 Selección de la ubicación.....	101
3.3.2.2 Construcción de la cama biológica.....	101
3.3.2.3 Utilización de la cama biológica	102

Contenido	Página
3.3.3 <i>Resultados</i>	103
3.3.4 <i>Evaluación</i>	104
3.4 BIBLIOGRAFÍA	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Mapa de localización de la sub-área consulado oriente, ENCA.....	5
Figura 2. Organigrama de la ENCA para el año 2012.....	12
Figura 3. Canal de comercialización de la sub-área consulado oriente.	15
Figura 4A. Mapa de la sub-área consulado oriente, ENCA.....	23
Figura 5. Cultivo De tomate en fibra de coco	38
Figura 6. Racimo de tomate hib. Hermosa.....	48
Figura 7. Distribución de tratamientos en campo.....	54
Figura 8. Contenedores hidropónicos.	55
Figura 9. Rendimientos totales por tratamiento	61
Figura 10. Rendimiento de frutos en kg de primera calidad.....	64
Figura 11. Rendimientos en kg de frutos de segunda calidad por tratamiento	67
Figura 12. Prueba de vida de anaquel del tratamiento (T3E).....	68
Figura 13. Izq: racimos de los tratamientos 1 y 3, Der: racimos del tratamiento 2.	69
Figura 14. Rentabilidad por tratamientos en porcentaje.....	71
Figura 15A. Peso de fuentes para elaboración de soluciones nutritivas concentradas	84
Figura 16A. Toma de resultados de rendimientos	84
Figura 17A. Fluctuación de precios de tomate, según Ministerio de Economía	92
Figura 18. Materiales para composteras.....	97
Figura 19. Distribución de capas de materiales orgánicos para elaboración	98
Figura 20. A. Riego de capas de compostera, B. Compostera concluida.	99
Figura 21. Esquema de construcción de cama biológica.....	102
Figura 22. Cama biológica en el área consulado oriente, finca ENCA Bárcena,	103

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Matriz plana para la presentación de fortalezas, debilidades,	9
Cuadro 2. Matriz FODA con interacciones del conjunto de variables.....	10
Cuadro 3. Recurso humano de la sub-área consulado oriente para el año 2012.....	11
Cuadro 4. Función sustantiva de la sub-área consulado oriente, en la ENCA 2012.	17
Cuadro 5. Matriz FODA de la unidad productiva consulado oriente, ENCA (2012).....	18
Cuadro 6. Niveles de referencia de los nutrientes en la disolución del sustrato,	34
Cuadro 7. Niveles de referencia para el manejo de la fertirrigación en un cultivo	42
Cuadro 8. Concentraciones de soluciones nutritivas en distintos tratamientos en ppm	52
Cuadro 9. Resumen de las ecuaciones utilizadas en análisis de varianza.....	59
Cuadro 10. Promedio de precios del tomate industrial para el año 2011 según	60
Cuadro 11. Detalle de costos fijos y variables.....	60
Cuadro 12. Pesos y porcentajes de cada tratamiento	61
Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable rendimiento total en kg/planta.....	62
Cuadro 14. Rendimientos de frutos de primera calidad.....	63
Cuadro 15. Análisis de varianza para pesos de frutos de primera calidad.....	63
Cuadro 16. Coeficientes de los contrastes ortogonales.	65
Cuadro 17. Resumen del análisis de contrastes ortogonales.....	65
Cuadro 18. Análisis de varianza para el rendimiento de frutos de segunda calidad.	66
Cuadro 19. Análisis de varianza para número de racimos promedio por tratamiento	69
Cuadro 20. Resumen de análisis de costos por tratamiento	70
Cuadro 21. Concentración de solución nutritiva que presenta mejores resultados.	72
Cuadro 22. Concentración de solución nutritiva con mejores efectos fisiológicos.....	73
Cuadro 23A. Prueba múltiple de medias (Tukey) para la variable rendimiento de.....	80
Cuadro 24A. Rendimiento de frutos de segunda calidad por planta/tratamiento.....	80
Cuadro 25A. Rendimiento de frutos por planta de tercera calidad por planta/tratamiento .	80
Cuadro 26A. Análisis de varianza para el rendimiento de frutos de tercera calidad.....	81
Cuadro 27A. Boleta de campo para el tratamiento T1H.....	81
Cuadro 28A. Boleta de campo para el tratamiento T2S	82

Cuadro	Página
Cuadro 29A. Boleta de campo para el tratamiento T3S.....	82
Cuadro 30A. Rendimiento en kg/planta de tomate de primera calidad por repetición.	83
Cuadro 31A. Rendimiento en kg/planta de tomate de segunda calidad por repetición.	83
Cuadro 32A. Rendimiento en kg/planta de tomate de tercera calidad por repetición.	83
Cuadro 33A. Número de racimos promedio por planta en cada tratamiento.	83
Cuadro 34A. Soluciones nutritivas del tratamiento 1.....	85
Cuadro 35A. Soluciones nutritivas del tratamiento 2.....	86
Cuadro 36A. Soluciones nutritivas del tratamiento 3.....	87
Cuadro 37A. Hoja de cálculo de costos del tratamiento T1H.....	88
Cuadro 38A. Hoja de cálculo de costos del tratamiento T2S.....	89
Cuadro 39A. Hoja de cálculo de costos del tratamiento T3E.....	91
Cuadro 40. Análisis de abono orgánico elaborado en consulado oriente.....	99

TRABAJO DE GRADUACIÓN
EVALUACIÓN DE TRES CONCENTRACIONES DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN
HIDROPONÍA PARA EL CULTIVO DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L., HÍBRIDO
HERMOSA BAJO INVERNADERO, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL ÁREA
CONSULADO ORIENTE DE LA FINCA ENCA BÁRCENA, VILLA NUEVA,
GUATEMALA, C.A.

EVALUATION OF THREE CONCENTRATIONS OF NUTRIENT SOLUTIONS IN
HYDROPONICS FOR GROWING HERMOSA HYBRID TOMATO *Solanum*
***lycopersicum* L., UNDER GREENHOUSE, DIAGNOSTICS AND SERVICES IN THE**
CONSULADO ORIENTE AREA OF BARCENA ENCA FARM, VILLA NUEVA
GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

La Universidad de San Carlos de Guatemala generó el programa del ejercicio profesional supervisado en sus diferentes facultades, siendo una la Facultad de Agronomía, que envía a sus educandos para concluir con el proceso de diversas carreras. El mismo fue realizado en el área consulado oriente de la Escuela Nacional Central de Agricultura ubicada en el municipio de Villa Nueva del departamento de Guatemala. Este constó de tres ejes principales; diagnóstico, investigación y servicios, los cuales fueron concluidos en dicha institución.

El diagnóstico se enfocó en la realización de un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que enfrentaba en ese momento el área consulado oriente. Dentro de las debilidades se mencionan, que no se cumplen a cabalidad los planes operativos anuales y debido a ello es imposible realizar contratos de negociación con empresas que requieren constantemente de volúmenes fijos de producto de calidad certificada, y aunado a esto se amenaza con la falta de innovación de técnicas de producción que puedan generar productos inócuos con la técnica hidropónica o cultivos sin suelo.

Basado en uno de los problemas identificados en el diagnóstico, se evaluaron tres concentraciones de soluciones nutritivas en hidroponía para el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L., híbrido Hermosa en invernadero, involucrando macroelementos como N, P, K, además Ca, Mg y S como elementos secundarios. Las variables consideradas

fueron el efecto sobre el rendimiento total en kg y clasificado en tres calidades, otra de las variables fueron vida de anaquel y rentabilidad acompañado de un análisis económico.

Para la variable rendimiento total en kg, no existió significancia estadística entre los tratamientos, el mayor rendimiento lo obtuvo el tratamiento 1 referencia de Luna C. 2004 con 34.7 kg; este tratamiento constó de distintas concentraciones en las tres etapas fenológicas del cultivo. En cuanto a la mayor rentabilidad, este mismo tratamiento tipificado como (T1H) es el que presentó 33% de la misma.

La concentración de solución nutritiva del tratamiento 3 que se evaluó posee las siguientes cantidades de nutrientes en ppm: 250 de N, 60 de P, 300 de K, 300 de Ca, 50 de Mg y 200 de S; en relación al rendimiento de frutos de primera calidad; se elaboró un análisis de varianza, resultando alta significancia estadística entre los tratamientos. A raíz del andeva, se realizó una prueba de tukey, determinándose que la concentración del tratamiento 3 es la que produce mayor cantidad de frutos de primera calidad por planta, y que además no presentó deficiencia de calcio. A este mismo tratamiento 3, según referencias de Gómez T. y Sánchez del Castillo F. se le atribuye mediante una prueba descriptiva, como el que presenta mayor vida de anaquel; obteniéndose 15 días de consistencia para el tomate híbrido Hermosa. Para la variable número de racimos por planta, no presentó diferencias estadísticas significativas.

Los servicios profesionales que se realizaron fueron en base a las necesidades inmediatas del área consulado oriente; el primero se ejecutó buscando el uso eficiente de los residuos de plantaciones, mediante la utilización de las cenizas de estas, y otros materiales orgánicos como estiércol bovino y rastrojo de maíz, se elaboraron composteras de seis metros cúbicos cada una.

El segundo servicio profesional consistió en la implementación de camas biológicas por invernadero con la finalidad de evitar contaminación de aguas superficiales y subsuperficiales, debido a que las mezclas de plaguicidas se realizaban dentro del invernadero y no se aplicaba la recomendación de triple lavado en equipos de aspersión.

CAPÍTULO I

**DIAGNÓSTICO REALIZADO EN EL ÁREA CONSULADO ORIENTE FINCA ENCA
BÁRCENA, VILLA NUEVA GUATEMALA.**

1.1 Presentación

La Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA-, es una institución educativa, rectora de la formación media de peritos agrónomos y forestales.

Dentro de los objetivos de la ENCA también está acaparar estudiantes de los niveles universitarios para que junto con los estudiantes de la ENCA se involucren en actividades teórico-prácticas como es la investigación, producción y extensionismo, además de otras.

A través de los años desde su independencia en 1986, la ENCA ha cobijado profesionales en materias agronómicas y realizado diversas investigaciones, sobre esta base se fundamenta la información secundaria recopilada en la sub-área consulado oriente. La información primaria generada es debido al acceso de inventarios, observación y registros encontrados del área.

La unidad productiva consulado oriente es un área que lleva funcionando desde el año 2001, destinada para la producción de cultivos bajo condiciones protegidas. En ella se cultiva principalmente tomates, chiles y pepinos de diversos tipos.

En el presente diagnóstico se analizaron aspectos económicos, políticos y sociales mediante una matriz FODA donde se concluye que el área posee gran capacidad productiva para comercializar el producto a clientes directos y obtener mejores ingresos, acompañado de la enseñanza práctica de los estudiantes de la ENCA.

1.2 Marco Referencial

1.2.1 Ubicación geográfica y vías de acceso

La Escuela Nacional Central de Agricultura se encuentra ubicada dentro de la finca Bárcena, a escasos 3 kilómetros del centro del municipio de Villa Nueva, en el departamento de Guatemala (Estrada, 2008). La ENCA posee varias sub-áreas productivas dentro de las cuales se encuentra el consulado oriente, con 26 manzanas de extensión, esta posee un área de 4,680 metros cuadrados de invernadero, 430 metros cuadrados de dos macrotuneles, 10,980 metros cuadrados de área destinada a cultivos sin cobertura pero con riego y el restante es utilizado para cultivo de maíz para ensilaje sin riego. Se encuentra a una altitud promedio de 1434 metros sobre el nivel del mar.

La sub-área consulado oriente es colindante al norte con la colonia Lomas de San José, al sur con la carretera que conduce a Bárcena y la sub-área de hortalizas de la ENCA, al este con las empresas espongel y transportes CLT, al oeste con el campo de futbol de la aldea Bárcena. Las coordenadas son 14° 32' 44" latitud norte y 90° 36' 58" longitud oeste. En cuanto al acceso a la finca, se puede llegar por varias vías, ya sea por la carretera asfaltada que comunica con la autopista CA-4 que a su vez comunica con la ciudad capital a 17 km. o bien se puede acceder por la interconexión Bárcenas – Antigua Guatemala a 18 km. de distancia y la salida al kilometro 22 que conduce al Pacífico del país (Herrera, 2009).

1.2.2 Condiciones climáticas

La temperatura media anual se encuentra entre los 14°C y 24°C, la precipitación es de 1000 a 2000 mm anuales, la evapotranspiración es de 800 a 1000 mm. La lluvia va de 90 a 120 días al año, teniendo lluvias esporádicas en los meses de enero a abril, el área se encuentra dentro de la zona de vida bosque húmedo subtropical templado (Luna, 2004).

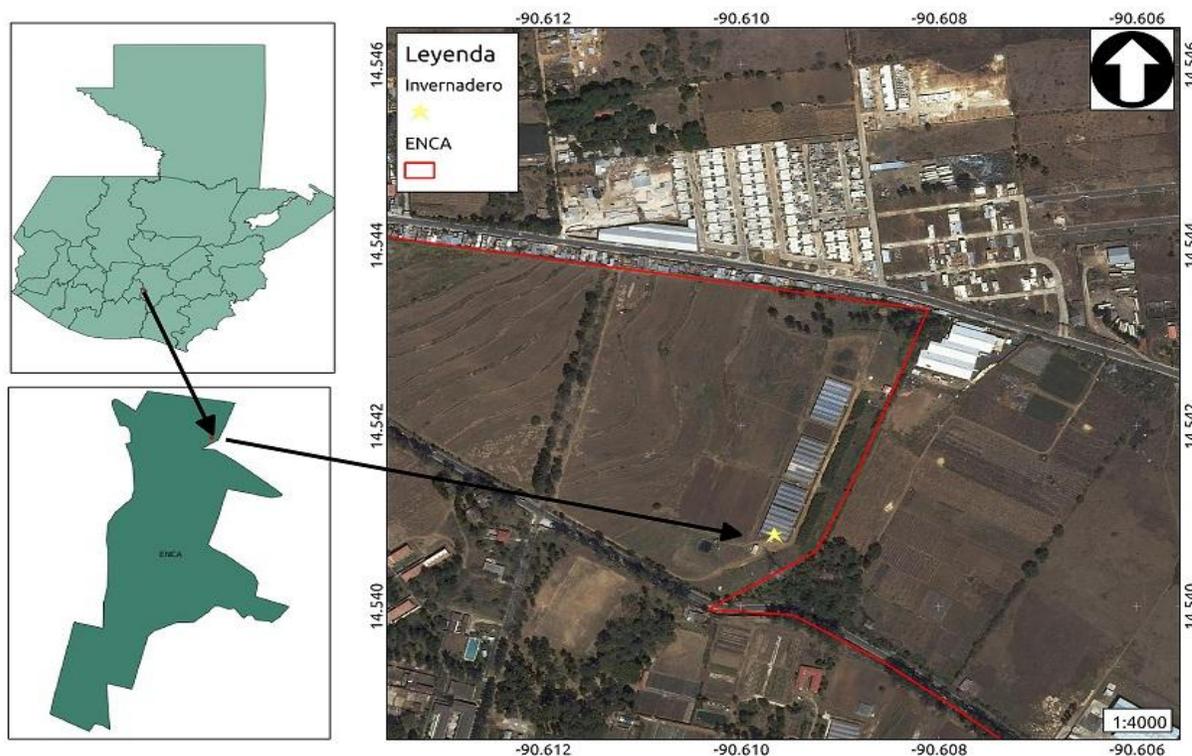


Figura 1. Mapa de localización de la sub-área consulado oriente, ENCA.

Fuente: elaboración propia.

1.2.3 Suelos

Según Simmons, et. al. 1959 los suelos pertenecen al subgrupo B, de la Altiplanicie Central de Guatemala, definidos como profundos sobre materiales volcánicos, a mediana altitud. Los minerales que se pueden encontrar en la región son rellenos de pómez y depósitos laháricos. Estos presentan texturas media a gruesas, lo cual produce una infiltración moderada del agua en la capa superficial del suelo.

La clase textural a la que pertenecen los suelo de la unidad productiva consulado oriente es franco arcillo arenoso. En la sub-área de consulado oriente, según (Dominguez, Barrera, Estrada, & Coronado, 2000) en esta zona existen bajas disponibilidades de fosforo, posiblemente por ser de origen volcánico, aun tienen cierta retención de fosfatos por arcillas alófanicas.

1.2.4 Fuentes de agua

La principal fuente de abastecimiento de agua para riego y para diversas utilidades en la sub-área consulado oriente es un sistema provisto por una bomba sumergible multietapa marca Berkeley de 40 caballos de fuerza, el pozo mecánico se encuentra en las coordenadas 14° 32' 41" latitud norte y 90° 36' 60" longitud oeste, con capacidad de bombear 200 litros por minuto.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Identificar la situación actual del área consulado oriente de cultivos bajo condiciones de invernadero, ubicada dentro de los límites de la ENCA, Finca Bárcena, Municipio de Villa Nueva, Guatemala.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Recopilar la información primaria y secundaria a cerca del área consulado oriente.
- Definir la problemática en diferentes ámbitos institucionales del área consulado oriente propiedad de la ENCA, Finca Bárcena Villa Nueva.
- Describir las fortalezas y debilidades del área de trabajo consulado oriente, ENCA.

1.4 Metodología

La metodología que se empleó para responder tanto a los objetivos, como para sistematizar resultados se realizaron mediante información primaria y secundaria.

1.4.1 Revisión de información secundaria

Se tomó información generada en la sub-área consulado oriente; documentos técnicos, tesis, artículos de revistas, mapas cartográficos, estudio de suelos, además de algunos documentos en temas de aspectos económicos, sociales, culturales.

1.4.2 Recolección de información primaria

Se generó información primaria enfocada a las problemáticas que presenta la sub-área;

- Entrevistas verbales con los trabajadores involucrados en la subarea consulado oriente.
- Entrevistas dirigidas a profesionales directamente involucrados con producción y academia.
- Entrevista al encargado de comercialización que tiene que ver con los mercados y venta del producto generado en la sub-área consulado oriente.

1.4.3 Sistematización de la información

- Análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), en base a la generación de la información secundaria y primaria.

Se analizaron aspectos internos del área consulado oriente; para conocer la capacidad instalada del área, funcionamiento del área, determinación de fortalezas y debilidades comparadas con un marco competitivo mediante los siguientes indicadores:

- Organización y situación actual del recurso humano.
- Infraestructura de la sub-área y la situación actual.
- Recursos de la sub-área.
- Gestiones administrativas de recursos.
- Aspectos biofísicos y climatológicos dentro los invernaderos y fuera de ellos en la sub-área consulado oriente
- Costos de producción de los cultivos de la sub-área consulado oriente.

Se analizaron aspectos del entorno, en el cual se identificaron los mercados, los productos y las competencias de la unidad productiva. Para ello se utilizaron como indicadores:

- Comparación producto ENCA vrs. Producto competencia.
- Mercados potenciales para la ENCA.
- Precios de los productos ofrecidos por la ENCA del área Consulado oriente, comparados a los precios del mercado potencial.
- Volúmenes requeridos para competir por los mercados potenciales.
- Clientes actuales y técnicas de negociación del producto.
- Amenazas del mercado.
- Producciones mensuales.

Posteriormente se habrá sintetizado la matriz FODA en un esquema plano.

Cuadro 1. Matriz plana para la presentación de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.

Función sustantiva	
Fortalezas: F1 F2 ... Fn	Debilidades: D1 D2 ... Dr
Oportunidades: O1 O2 ... Os	Amenazas: A1 A2 ... As

Fuente: Escuela Politécnica Nacional de México, 2002.

1.4.4 Propuesta de análisis de la información

Habiendo definido las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, se procede al análisis de la información, es decir, las interacciones de cada uno de los elementos, teniendo como referencia la misión y visión de la sub-área consulado oriente en relación con la visión y misión de la ENCA. Luego de obtener cada uno de los aspectos del FODA, se pondera y ordenan de mayor a menor importancia.

Según el autor de la matriz FODA (IPN, 2002), al utilizarla se indican cuatro alternativas conceptuales distintas. Se indican que en la práctica algunas estrategias se traslapan o pueden ser llevadas a cabo de manera concurrente y concertada, a continuación se describen los cuatro conjuntos de variables, las cuales son:

- Estrategia debilidades-amenazas (*Mini-Mini*), el objetivo de esta estrategia es minimizar tanto las amenazas como las debilidades.
- Estrategia debilidades-oportunidades (*Mini-Maxi*), esta intenta minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades.
- Estrategia fortalezas-amenazas (*Maxi-Mini*), esta detalla que las fortalezas de la institución sean maximizadas y las amenazas sean irrelevantes.
- Estrategia fortalezas-oportunidades (*Maxi-Maxi*), esta estrategia consiste como el ideal que toda empresa desearía tener.

Cuadro 2. Matriz FODA con interacciones del conjunto de variables.

FACTORES INTERNOS FACTORES EXTERNOS	Lista de Fortalezas F1. F2. ... Fn.	Lista de debilidades D1. D2. ... Dr.
Lista de oportunidades O1, O2 ... Op.	FO (Maxi-Maxi) Estrategia para maximizar tanto las F como las O. 1.Xxxxxxxxxxxxxx (O1, O2, F1, F3...)	DO (Mini-Maxi) Estrategia para minimizar las D y maximizar las O. 1.Xxxxxxxxxxxxxx (O1, O2, D1, D3, ...)
Lista de amenazas A1, A2, ... Aq.	FA (Maxi-Mini) Estrategia para maximizar las fortalezas y minimizar las amenazas. 1.Xxxxxxxxxxxxxx (F1, F3, A2, A3, ...)	DA (Mini-Mini) Estrategia para minimizar tanto las A como las D. 1.Xxxxxxxxxxxxxx (D1, D3, A1, A2, A3, ...)

Fuente: Escuela Politécnica Nacional de México, 2002.

1.5 Resultados

1.5.1 Información primaria recabada

1.5.1.1 Antecedentes

La sub-área consulado oriente es un territorio destinado hace 13 años para cultivos bajo condiciones protegidas, actualmente se tienen tres invernaderos semitecnificados y dos macrotuneles de tela flotante en condiciones aceptables para la producción. Además se tiene un área de 1.6 manzanas, adaptada con riego por goteo para cultivos a campo abierto. Son 26 naves la totalidad con las que se cuentan para siembras bajo invernadero. Desde sus inicios, en esta sub-área se cultiva tomate manzano, roma y cherry, además chile pimiento, jalapeño y pepino.

1.5.1.2 Recurso humano

La sub-área cuenta con personal bajo renglones 031 (contratos de dos meses), 022 (contratos anuales con prestaciones de ley) y 029 (por trabajos profesionales y técnicos). Dentro de la sub-área se cuenta actualmente con 4 trabajadores de campo, los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

Cuadro 3. Recurso humano de la sub-área consulado oriente para el año 2012.

Trabajador	Tipo de Reglón	Actividades que desempeñan
Alejandro Ramírez	022	Riego, fertirrigación y fertilización granulada, de cultivos bajo invernadero y campo abierto, lavado de cintas de riego usadas y trabajos de plomería del área
Juan Pérez	022	Manejo del Invernadero 1 = 10 naves
Martin Isabel Castillo	031	Manejo de Invernadero 2, 8 naves
Adolfo Arrecís Concuán	031	Manejo de Invernadero 3, 8 naves y empaque de producto en bandeja

1.5.1.3 Académico

Se asigna un catedrático para la impartición y supervisión de estudiantes durante los módulos asignados a cada grupo. Este posee la responsabilidad de impartir charlas a grupos de estudiantes; además de asignarles actividades relacionadas con los cultivos, esta actividad tiene una duración de cuatro horas por las mañanas.

1.5.1.4 Administrativo

Este personaje es el encargado técnico de la sub-área de consulado oriente y de todas las herramientas y equipos que en esta se encuentren. Debe ser profesional o técnico, contratado bajo el renglón 029. Dentro de las responsabilidades y actividades que debe cumplir están; gestionar insumos para la sub-área, monitoreo de plagas y enfermedades, utilizar criterios y tecnologías de aplicación para el beneficio de los cultivos, además de otras.

1.5.1.5 Organigrama de la ENCA

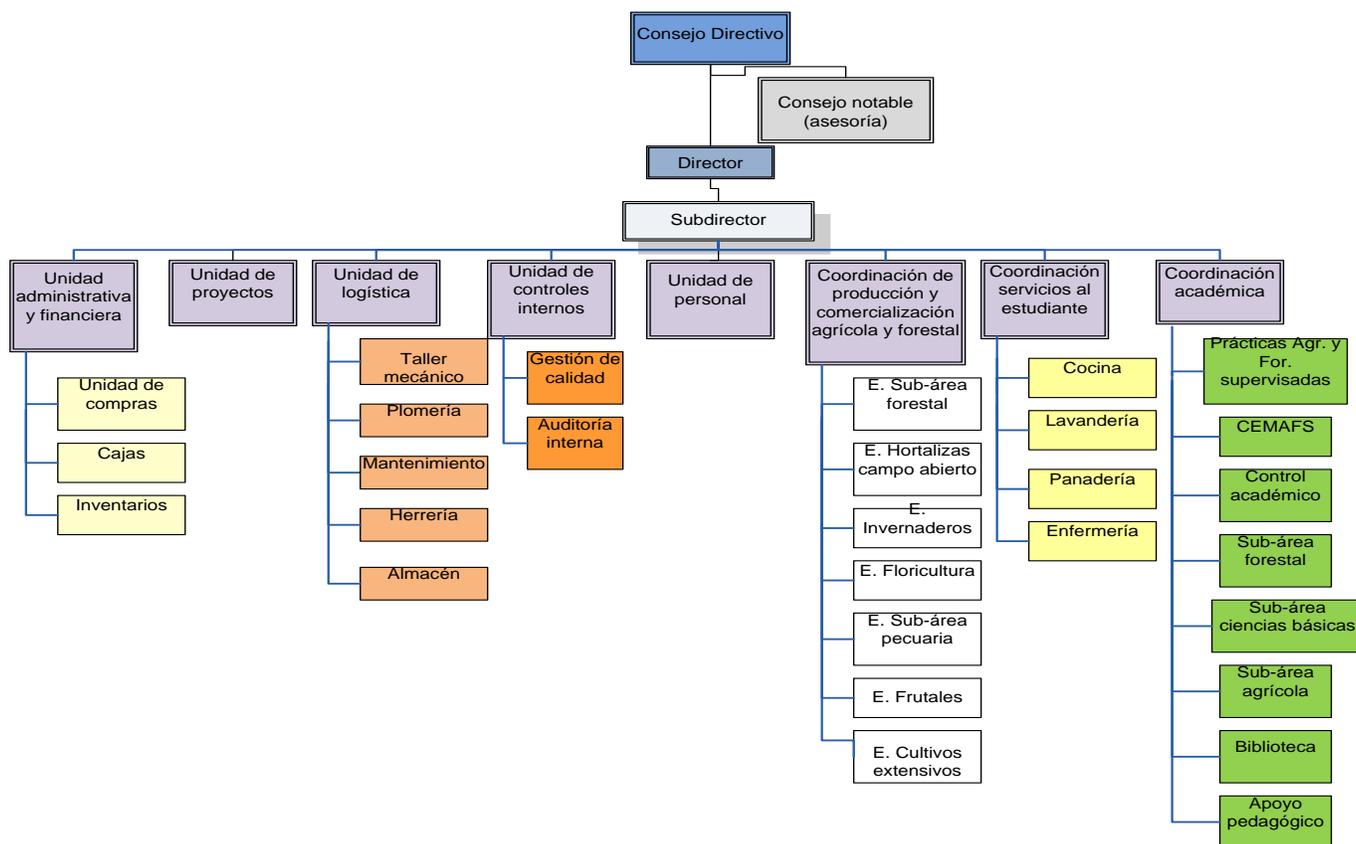


Figura 2. Organigrama de la ENCA para el año 2012.

1.5.2 Recursos físicos

Son todos los elementos esenciales para desarrollar actividades dentro de la sub-área. Existe un listado de ellos que a continuación se detalla:

1.5.2.1 Tierra

La tierra es un recurso básico para el desarrollo de la agricultura, aunado a ella se ha ido adaptando sistemas de producción mejor manejadas. La sub-área consulado oriente es una de las unidades productivas más pequeñas con las que cuenta la ENCA sin embargo, es constante la producción intensiva debido a la planificación de siembras. Cabe mencionar que la sub-área posee una totalidad de 26 manzanas, el 91% de esta extensión de tierra se destina para cultivo de maíz para ensilaje y alimento en verde para el hato ganadero de la ENCA. Dentro de los invernaderos se cultiva tomate, chile pimiento y pepino que son actualmente los productos de mayor comercialización.

1.5.2.2 Maquinaria y equipo

La ENCA como finca posee un taller de maquinaria agrícola, la cual se utiliza para el laboreo de suelos, actualmente se cuentan con 3 tractores para implementos de subsolado, aradura, rastreo, azadón rotativo, pulidora y chapeadora.

Además la sub-área posee a su disposición un monocultivador para mecanizar el suelo.

1.5.2.3 Instalaciones

La infraestructura de consulado oriente son dos edificios y una bodega adicional para el resguardo de insumos agrícolas y para ejecutar actividades de la preparación del producto. A continuación se detalla la infraestructura:

1.5.2.4 Invernaderos

Tres invernaderos con ventilación pasiva tipo cenital con un total de 26 naves de 6 m. de ancho y 30 m. de largo cada una. La estructura de los invernaderos es de hierro galvanizado de 1 ½" los parales están fundidos a 30 cm de profundidad, los techos son cubiertos por plástico transparente de polietileno de alta densidad y las coberturas laterales son de malla plástica anti-insectos blanca de 50 mesh.

1.5.2.5 Macrotuneles

Dos macrotuneles, para uso de proyectos estudiantiles. Los cuales están contruidos con varilla de hierro galvanizado de una pulgada y cubierta de tela flotante (agril), los mismos tienen 4 m de ancho y 30 m de largo, actualmente se utilizan para cultivo de fresa (*Fragaria sp.*).

1.5.2.6 Bodegas

Se cuentan con tres bodegas para almacenar insumos agrícolas; una para fertilizantes, una para agroquímicos y otra para herramientas e insumos varios.

1.5.2.7 Sala de empaque y lavado

Esta cuenta con aire acondicionado, lámpara atrapamoscas, empacadora y envolvedora de bandejas, selladora, una pila de lavado y secado y un archivo para resguardar etiquetas, bolsas perforadas, rollos de film, cuchillos, etiquetadoras, etc. El área de lavado tiene dos pilas las cuales son de utilidad para darle un prelavado al producto, además se tienen tarimas en las cuales se clasifican productos de acuerdo a la trazabilidad del mismo, esta sala es de utilidad para la clasificación y limpieza previa de producto que se destina al centro de ventas y a la cocina de la ENCA.

1.5.2.8 Oficina general

En esta se encuentran dos archivos para papelería varia y herramienta pequeña. Se cuenta con una computadora equipada y un escritorio para almacenar papelería.

1.5.2.9 Instalaciones de riego

En las instalaciones del sistema de riego se cuenta con un pozo mecánico con una bomba de 40 caballos de fuerza, que abastece de agua la subarea consulado oriente, hortalizas y vivero forestal, este tiene un caudal de 217 litros por minuto donde conecta a un reservorio de agua subsuperficial, para almacenar 200 m³ de agua abastecido por el pozo mecánico. Se tienen dos bombas para agua; un sistema de bombeo hidroneumático de 2 ½ caballos de fuerza, que incluye cilindro de guarda presión y motor de 3450 rpm, para agua potable

o bebibible y otro sistema de riego por goteo que incluye una bomba de 2hp, para abastecer el riego de 10 naves simultáneamente.

Existen otras instalaciones como el comedor de empleados, dos baños; uno de damas y el de caballeros, una regadera para bañarse después aplicaciones de plaguicidas.

1.5.3 Canales de comercialización

En la sub-área consulado oriente se produce tomate de cocina y manzano, chile pimiento, jalapeño y pepino. Estos productos son de alto consumo a nivel nacional. Existen metas anuales en base a la capacidad instalada del área. Al cosechar el producto se conduce hacia dos destinos; el principal cliente es la cocina de la ENCA y los excedentes son comercializados en el centro de ventas. Al llegar el producto al centro de acopio se contabiliza y se emite un envío interno el cual se dirige al fondo de producción y se coloca en las góndolas, debido a que la demanda del centro de ventas es menor, se divide el producto y la mayor cantidad se comercializa a clientes mayoristas y el restante es llevado a las góndolas de la tienda.

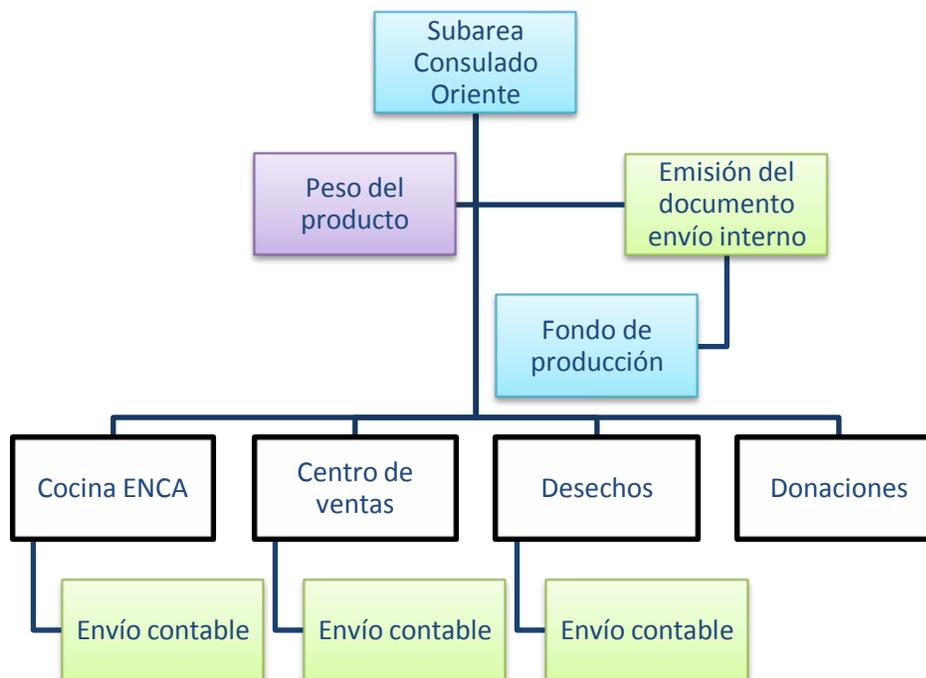


Figura 3. Canal de comercialización de la sub-área consulado oriente.

1.5.4 Análisis FODA y sus componentes

El análisis FODA se realiza observando y describiendo cualitativamente las características del negocio y del mercado en el cual se encuentra la organización, el análisis FODA permite detectar las fortalezas de la organización, las oportunidades del mercado, las debilidades internas de la empresa y las amenazas en el entorno.

1.5.5 Análisis del entorno

Los precios en hortalizas son muy fluctuantes y depende directamente de la oferta que exista en el mercado, existen producciones cercanas en la aldea Bárcena que están a escasos 3 km; sin embargo, no podrían competir por calidad del producto, debido a que estos productores comercializan a nivel local y el producto es transportado hacia la central de mayoreo. La unidad productiva consulado oriente posee capacidad para poder exportar o comercializar con empresas de supermercados, debido a que tiene el personal capacitado, instalaciones adecuadas y los insumos para hacerlo. Con esto se obtendría una mayor rentabilidad de los productos, sin embargo la persona al frente de la comercialización no ejerce este tipo de negociación, debido a la inestabilidad de insumos en la unidad productiva.

1.5.5.1 Análisis de la situación interna

La unidad productiva consulado oriente, es un área dedicada a la producción de tomates, chiles y pepinos; los cuales son los cultivos de mayor demanda en el mercado local. El área tiene gran potencial para competir por volumen y calidad con otras producciones de los cultivos descritos; sin embargo, el producto es comercializado en el centro de ventas de la ENCA, donde los volúmenes mayores de producto lo compran mayoristas y el producto de tercera y cuarta es comercializado en la tienda.

1.5.5.2 Función sustantiva de la sub-área consulado oriente.

Esta función engloba en cuatro cuadrantes las fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades de la unidad productiva consulado oriente, en relación con su entorno.

Cuadro 4. Función sustantiva de la sub-área consulado oriente, en la ENCA 2012.

<p>Fortalezas</p> <p>Extensa área para cultivar, actualmente se dispone de 3 invernaderos, 2 macrotuneles, así como área para cultivos a campo abierto.</p> <p>Ambientes semi-controlados para producir en cualquier época del año, los productos de mayor consumo nacional.</p> <p>Disposición de riego por goteo, con sistemas instalados para 130 surcos de cultivo bajo invernadero de 27 m de largo.</p> <p>Agua abundante de bomba sumergible del pozo recién reparada.</p> <p>Acceso cercano al centro de acopio y mercados potenciales para comercialización de los productos.</p> <p>Ubicación estratégica para comercializar productos hacia Villa Nueva y Amatitlán.</p>	<p>Oportunidades</p> <p>Áreas planas con poca pendiente para nuevas tecnologías en cultivos protegidos.</p> <p>Áreas disponibles para enseñanza académica y laboral.</p> <p>Competitividad en cuanto a calidad de productos agrícolas.</p> <p>Reciente implementación de buenas prácticas agrícolas dentro de las instalaciones.</p> <p>Sala de empaque y bodega de lavado en buen estado.</p> <p>Plan Operativo Anual que se realiza con un año de anticipación.</p> <p>Posible nicho de negociación con empresas de supermercados nacionales y multinacionales.</p> <p>Disponibilidad de instalaciones agroindustriales para transformación de productos.</p>
<p>Debilidades</p> <p>Pocos invernaderos para la capacidad y extensión del área.</p> <p>Semilla es escasa de acuerdo a la capacidad del área y las compras son irregulares.</p> <p>Utilización de semillas de segunda generación.</p> <p>Bomba de impulsión de agua hacia invernaderos y cultivos a campo abierto es muy pequeña de 2 ½ Hp.</p> <p>Falta de interés de los coordinadores por cumplir a cabalidad las programaciones de siembra que manejan los encargados de áreas.</p> <p>Los clientes son escasos e intermediarios, por lo tanto se manejan precios por debajo del valor del producto puesto en los mercados.</p> <p>Internamente existe ausencia de certificaciones y controles de calidad tanto nacional como internacional para la inocuidad de alimentos.</p>	<p>Amenazas</p> <p>Volatilidad de los precios de los productos agrícolas.</p> <p>Deterioro de invernaderos empeora, por falta de restauración y techos de plástico, empeoran en los últimos meses del año y siguen sin mantenimiento adecuado en las estructuras y bases.</p> <p>No existe un programa de mantenimiento mensual o anual para los equipos del área.</p> <p>Desinterés por inversión económica y tecnológica en la subarea consulado oriente.</p> <p>La volatilidad de los puestos dentro de la ENCA amenaza la integridad y crecimiento de la unidad productiva.</p> <p>Producciones cíclicas sobre suelos contaminados, y no existe innovación en tecnologías de producción.</p>

1.5.5.3 Análisis de la información

Cuadro 5. Matriz FODA de la unidad productiva consulado oriente, ENCA (2012).

<p style="text-align: center;">Factores internos</p> <p style="text-align: center;">Factores externos</p>	<p style="text-align: center;">Lista de Fortalezas</p> <p>F1. Instalaciones con ambientes semicontrolados para producir en cualquier época del año, los productos de mayor consumo nacional.</p> <p>F2. Acceso cercano al centro de acopio y mercados potenciales para comercialización de los productos.</p>	<p style="text-align: center;">Lista de debilidades</p> <p>D1. Semilla es escasa de acuerdo a la capacidad del área y las compras son irregulares.</p> <p>D2. Los clientes son escasos e intermediarios, por lo tanto se manejan precios por debajo del valor del producto puesto en los mercados.</p> <p>D3. Ausencia de certificaciones y controles de calidad tanto nacional como internacional para la inocuidad de alimentos.</p>
<p style="text-align: center;">Lista de oportunidades</p> <p>O1. Posible nicho de negociación con empresas de supermercados nacionales y multinacionales.</p> <p>O2. Disponibilidad de instalaciones agroindustriales para transformación de productos.</p> <p>O3. Áreas disponibles para enseñanza académica y laboral.</p>	<p style="text-align: center;">FO (Maxi-Maxi)</p> <p>FO1. Mediante los recursos; humanos y agrícolas buscar los clientes para negociaciones con volúmenes fijos y constantes con las que se pretenda mantener un mejor precio todo el año.</p> <p>FO2. El excedente del producto se puede transformar para comercializarlo en el centro de acopio o consumirlo en la escuela.</p>	<p style="text-align: center;">DO (Mini-Maxi)</p> <p>DO1. Implementar un plan operativo anual que se cumpla y presionar con las compras desde un año anterior.</p> <p>DO2. Darse a la tarea el encargado de comercialización de encontrar nichos de negociación en base a costos y con volúmenes constantes, sin desajustar las entregas de producto a la cocina de la ENCA. Además, con ello existe un rumbo y cantidad de producción adecuada sin perder recursos, donde los estudiantes pueden interactuar.</p> <p>DO3. Buscar la normativa que mejor se adapte para conseguir certificados de calidad con el MAGA o instituciones internacionales.</p>
<p style="text-align: center;">Lista de amenazas</p> <p>A1. Desinterés por inversión económica y tecnológica en la subarea consulado oriente.</p> <p>A2. La remoción frecuente de los puestos dentro de la ENCA amenaza la integridad y crecimiento de la unidad productiva.</p> <p>A3. Volatilidad de los precios de los productos agrícolas.</p> <p>A4. Desinterés por innovación en técnicas de producción.</p>	<p style="text-align: center;">FA (Maxi-Mini)</p> <p>FA1. Dejar institucionalizados los contratos de negociación.</p> <p>FA2. Mantener el volumen de producción constante mediante un plan operativo anual que se lleve a cabalidad.</p> <p>FA3. Técnicas hidropónicas como alternativa para la inocuidad de los productos.</p>	<p style="text-align: center;">DA (Mini-Mini)</p> <p>DA1. Realizar estudios de mercado de clientes y proveedores cercanos a la finca.</p> <p>DA2. Estudios de autoconsumo y análisis de ventas en el centro de acopio.</p> <p>DA3. Implementar hidroponía en suelos contaminados y de difícil producción, mediante recursos disponibles en la escuela.</p>

1.5.5.4 Descripción de la matriz FODA

Las acciones FO y FA deben ser urgentes para el caso de la unidad productiva consulado oriente, debido a que mantener instalaciones de este tipo y en desuso prolongado suelen tener un alto costo. Por lo tanto dos puntos importantes para ello serian:

1. Dejar institucionalizados los contratos de negociación.
2. Mantener el volumen de producción constante mediante un plan operativo anual que se ejecute en su tiempo y con cabalidad.

El análisis de las DA deben realizarse a un corto plazo para echar andar los contratos de negociación que se buscan y poder definir una cartera de clientes amplia.

Las acciones DO básicamente dependen de una investigación de campo por parte del encargado de comercialización, además el responsable de las normativas de calidad sería el encargado de la unidad productiva para capacitar a los trabajadores, de forma verbal se conoció que en una oportunidad ya se les habían impartido, buenas prácticas agrícolas, pero se le tendría que dar una capacitación anual y evaluaciones regulares para determinar el nivel de cumplimiento.

1.6 Conclusiones Y Recomendaciones

La información primaria y secundaria de la unidad productiva consulado oriente abarco todos los ámbitos; técnicos, infraestructura, institucionales como políticos llegando a sistematizarla toda en una matriz FODA.

Dentro de las fortalezas que posee la unidad productiva consulado oriente es un área lo suficientemente extensa para producir aproximadamente 230 ton de tomate anual, con esta cantidad se refleja la capacidad que se tiene para mantener clientes satisfechos debido a que se produce con calidad. Con instalaciones para poder certificar el producto que se genere. Se recomiendan nuevas tecnologías de producción para competir en el mercado internacional debido a que se requiere inocuidad en el producto, por ejemplo hidroponía.

Se deben institucionalizar normativas, para la certificación y control de producción de alimentos debido a que actualmente se trabaja de manera inestable con normativas que solo atienden el segmento de los controles internos de insumos y producciones, esto se entiende como una debilidad de la unidad productiva.

Tomando la problemática de la institución, se enfoca principalmente hacia la inexistencia de metas claras para la unidad productiva, sobre qué y cuanto producir? Debido a que es una "institución educativa", sin embargo es necesario fijar las mismas en base a la comercialización y consumo.

Lo anterior se recomienda mediante un plan operativo anual que coadyuve en el tema de la compra de insumos.

Es necesario de igual manera pensar en el trabajo operativo de la escuela, todos los trabajadores de campo deben ser capacitados y alfabetizados, en buenas prácticas agrícolas y de manufactura para dignificar el trabajo agrícola, otorgándoles diplomas de participación como incentivo.

1.7 Bibliografía

1. Domínguez, A; Barrera, C; Estrada, C; Coronado, F. 2000. Diagnóstico de la fertilidad de los suelos de la ENCA Bárcenas, Villa Nueva. Tesis MSc. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 53 p.
2. Estrada, H. 2008. Trabajo de graduación de la investigación agropecuaria y forestal, estado actual y fortalecimiento de su desarrollo en la Escuela nacional Central de Agricultura -ENCA-, Bárcenas, Villa Nueva. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 131 p.
3. Herrera, W. 2009. Trabajo de graduación, evaluación de aspersiones foliares de extractos orgánicos (equinaza y vermicompost) en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y servicios desarrollados en la Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA-, Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 115 p.
4. IPN (Instituto Politécnico Nacional, Dirección de Planeación y Organización, MX). 2002. Metodología para el análisis FODA. México. 24 p.
5. Luna, C. 2004. Evaluación de diferentes concentraciones de nitrógeno y potasio en solución hidropónica en el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. híbrido dominique) en condiciones de invernadero, Barcena, Villa Nueva. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 78 p.
6. Simmons, C; Tárrano T, JM; Pinto Z, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Instituto Agropecuario Nacional. 1000 p.

1.8 Anexos

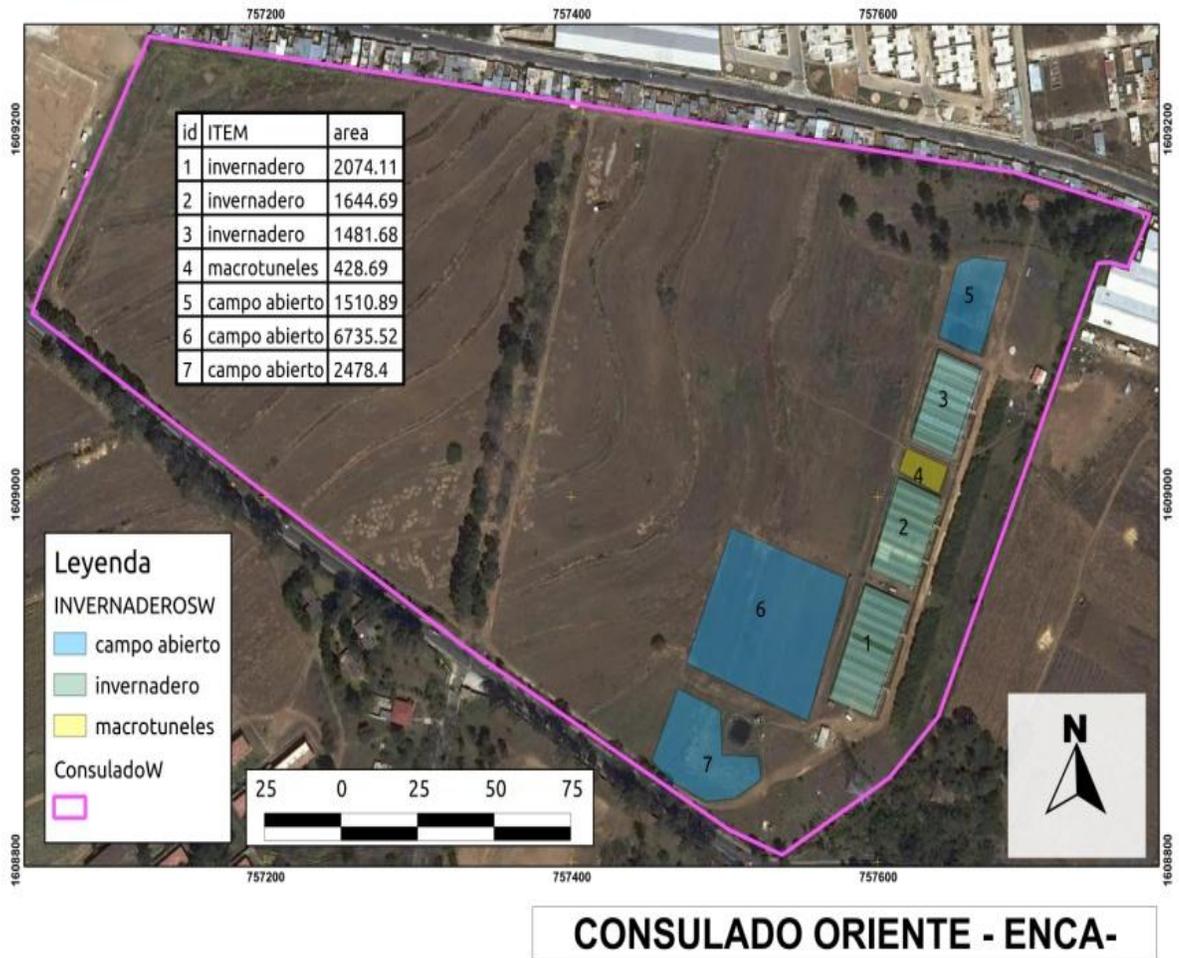


Figura 4A. Mapa de la sub-área consulado oriente, ENCA.

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE TRES CONCENTRACIONES DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN HIDROPONÍA PARA EL CULTIVO DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L., HÍBRIDO HERMOSA, BAJO INVERNADERO EN EL ÁREA CONSULADO ORIENTE FINCA ENCA BÁRCENA, VILLA NUEVA, GUATEMALA.

EVALUATION OF THREE CONCENTRATIONS OF NUTRIENT SOLUTIONS IN HYDROPONICS FOR GROWING HERMOSA HYBRID TOMATO *Solanum lycopersicum* L., UNDER GREENHOUSE IN THE CONSULADO ORIENTE AREA FARM ENCA BARCENA, VILLA NUEVA GUATEMALA.

2.1 Presentación

Actualmente la agricultura ha evolucionado en base a las exigencias del mercado de productos inocuos y con niveles bajos de residuos de plaguicidas, y para responder a estas necesidades se han implementado sistemas hidropónicos en fincas exportadoras. La hidroponía; es una técnica de producción de hortalizas sin suelo. Si bien esta técnica viene teniendo auge, esto se debe a la producción intensiva y los productos orgánicos que se pueden utilizar para producir. Actualmente se encuentran en el mercado agrícola contenedores hidropónicos, almacenando fibra de coco y otro tipo de sustratos orgánicos e inorgánicos que demuestran poseer características físicas y químicas donde cultivares como el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se adaptan.

En el caso particular del tomate, es una de las hortalizas que ha tomado importancia en el mercado nacional e internacional, como uno de los de mayor volumen de producción, cultivadas bajo invernadero y campo abierto, es por ello que se decidió evaluar las tres concentraciones de macroelementos dispuestos en soluciones nutritivas bajo condiciones hidropónicas y recomendar la que mayor rendimiento produzca.

La fertirrigación es un proceso sumamente importante en sistemas hidropónicos, por cuanto que aun cuando se haga un buen control de otros factores que coadyuven en el buen crecimiento de las plantas, éstas no podrán expresarse a plenitud si no tienen una nutrición vegetal adecuada.

Es frecuente encontrar en la literatura recomendaciones variadas de soluciones nutritivas pero pocas relacionadas con los conceptos de hidroponía y el estado fenológico de la planta. Con esta investigación se deja una concentración de solución nutritiva adecuada para el cultivo de tomate híbrido Hermosa. Esta investigación se realizó en función del conocimiento que este producto representa el 75% de la producción anual, en el área de invernaderos de la ENCA. Se ejecutó esta investigación, en función de estandarizar una concentración nutritiva adecuada para el sistema hidropónico a base de fibra de coco, para lo cual se emplearon tres concentraciones de soluciones nutritivas las cuales contenían todos los macroelementos (N, P, K, Ca, Mg y S) variando las concentraciones en cada etapa fenológica del cultivar. Con este tipo de trabajo se realiza un avance para las necesidades existentes en el sistema de producción hidropónica del cultivo de tomate.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Marco Conceptual

2.2.1.1 Reseña histórica de la hidroponía

La historia de los cultivos sin suelo viene desde la época de los inicios de la civilización azteca, la civilización egipcia y los jardines de Babilonia, en alguna parte de la historia estas poblaciones manejaron los que son los cultivos sin suelo. Transcurrieron varias décadas hasta que W.F. Gericke, del departamento de nutrición vegetal de la Universidad de California, en los años 1929 y siguientes, transfirió toda la tecnología desarrollada en laboratorio a fines comerciales. Desde entonces los cultivos sin suelo han experimentado un gran avance en todo el mundo fundamentalmente ligado al desarrollo de los plásticos en la agricultura (Resh 1992).

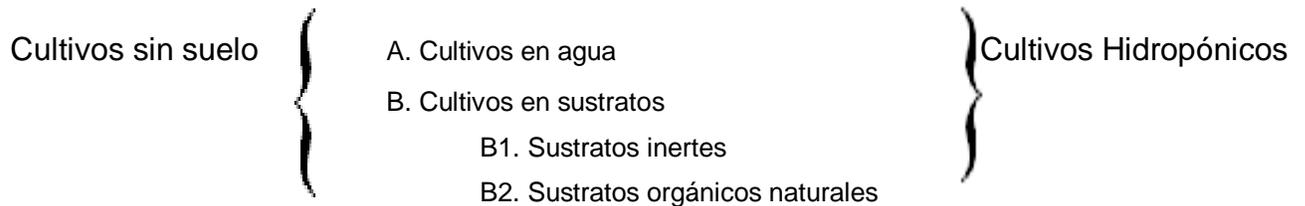
2.2.1.2 Hidroponía

Los límites de los denominados cultivos sin suelo son bastante amplios. Engloba a todos aquellos métodos y técnicas que hacen crecer las plantas fuera de su ambiente natural que es el suelo. Por lo tanto, se consideran los términos hidropónico, cultivo sin tierra y aeropónico, etc. (Urrestarazu G. 2004).

La palabra hidroponía deriva de las palabras griegas hydro (agua) y ponos (labor o trabajo) que significa literalmente "trabajo en agua o actividad en agua" (Sánchez 1981).

Según (Abad, Nogera, & Carrion 2004), las funciones principales de un sustrato de cultivo son proporcionar un medio ambiente "ideal" para el crecimiento de las raíces y constituir una base adecuada para el anclaje o soporte mecánico de la planta. El factor más importante a la hora de elegir un determinado material como sustrato de cultivo, es la ausencia de sustancias que sean tóxicas para las plantas.

Es frecuente que no se establezca diferencia con el termino hidroponía, sin embargo en sentido estricto se pueden delimitar dichos términos con la ayuda del siguiente esquema tal y como ilustran (Winsor y Schwarz 1990).



Mediante la ayuda de este esquema nos posicionamos en la base de los cultivos en sustratos orgánicos naturales. Debido a que para la investigación se utilizará sustrato de fibra de coco comprimida, las comúnmente son llamadas growbags o bolsas de crecimiento.

2.2.1.3 Cultivos en sustrato

El termino sustrato se aplica en Horticultura a todo material sólido distinto del suelo *in situ*, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto un papel de soporte para la planta.

Para el crecimiento y desarrollo de las plantas se exigen sustratos de textura media a gruesa, con una mayor capacidad de aireación, un buen drenaje, un nivel optimo de fertilizantes y una moderada capacidad tampón y de intercambio catiónico, con objeto de controlar el pH y mantener su capacidad de nutrición (Urrestarazu G. 2004).

De forma general se presentan dos grandes diferencias con los cultivos en agua:

- a. La aireación es mayor que en los cultivos en agua, incumpléndose esta regla general solo en caso de estar totalmente ocupada su porosidad con la fase acuosa de forma permanente. Por lo tanto en los cultivos en sustrato son menos frecuentes los problemas de hipoxia radical, por lo que el uso de los sustratos

supone la solución a uno de los principales problemas de los cultivos en agua. (Urrestarazu G. 2004).

- b. Por el contrario, cuando se usan los sustratos hortícolas, no existe una ilimitada disponibilidad de agua constante para las raíces, por tanto ésta situación mal manejada podría disminuir o cuando menos limitar algún proceso biológico de la planta. Este problema puede surgir por dos razones básicas: 1) por disponer de una cantidad de agua limitada cuando sea necesaria, y/o 2) que la tensión a la que este retenida esta sea superior a la recomendada. Este es el inconveniente de estos cultivos frente a los cultivos en agua. (Urrestarazu G. 2004).

Para conseguir la mejor producción en los cultivos sin suelo en sustrato, se necesita concebir el punto de equilibrio entre agua y aire mediante el manejo del riego y las soluciones nutritivas con las frecuencias de fertirriego necesarias ajustadas a la necesidad de las plantas y conocer las características físicas del sustrato.

Actualmente se viene produciendo una sustitución gradual del cultivo tradicional en el suelo por el cultivo hidropónico y en sustrato. Las principales razones de esta sustitución son:

1. La existencia de factores limitantes para la continuidad de los cultivos intensivos en el suelo natural, particularmente salinización, enfermedades y agotamiento de los suelos agrícolas.
2. La fuerte intensificación cultural que facilita el cultivo sin suelo (Urrestarazu G. 2004).

Bajo el cultivo intensivo, los estomas permanecen comúnmente abiertos durante periodos de tiempo más largos, aumentando así la absorción de agua por la planta y su pérdida por transpiración. Para compensar esto debe existir una cantidad suficiente de agua fácilmente disponible en la zona radicular. Mientras tal régimen hídrico este siendo mantenido pueden surgir problemas de aireación. Debido a que los sustratos son usualmente porosos y homogéneos, el control exacto de los contenidos de agua y aire es fácilmente alcanzable (Urrestarazu G. 2004).

2.2.1.4 Propiedades de los sustratos para cultivo

a) Propiedades físicas

Las propiedades físicas de los sustratos para cultivo son de primera importancia. La caracterización física estudia la distribución volumétrica del material sólido, el agua y el aire, así como su variación en función del potencial matricial. Las plantas cultivadas en contenedores no pueden ser sometidas a tensiones hídricas elevadas, debido al volumen limitado del sustrato en el que crecen y se desarrollan. Es por esto que, en la determinación de las curvas de liberación de agua de los sustratos, se aplica un intervalo de succiones mucho más estrecho (0 – 100 cm de columna de agua) (Urrestarazu G. 2004).

b) Espacio poroso

Es el volumen total del sustrato para cultivo, no ocupado por partículas orgánicas o minerales.

Donde el valor óptimo es mayor de 85% volumen. El total de poros existentes en un sustrato se divide entre: 1) Poros capilares de pequeño tamaño (menor 30 micrones), que son los que retienen el agua, y 2) Poros no capilares o macroporos, de mayor tamaño (mayor de 30 micrones), que son los que se vacían después que el sustrato ha drenado, permitiendo así la aireación. Sin embargo los poros no drenan completamente y una fina película de agua es retenida alrededor de las películas del sustrato. Esta película de agua disminuye en espesor a medida que el medio se seca (Urrestarazu G. 2004).

c) Capacidad de aireación

Se define como la proporción del volumen del sustrato de cultivo que contiene aire después de que dicho sustrato ha sido saturado de agua y dejado drenar, usualmente a 10 cm de tensión de columna de agua. El valor óptimo de este factor es de 20 a 30% del volumen. Las raíces requieren oxígeno para mantener su actividad metabólica y su

crecimiento. Un déficit temporal de oxígeno puede reducir el crecimiento de las raíces y de la parte aérea; pero condiciones de hipoxia mantenidas durante varios días, pueden llegar a provocar la muerte de algunas raíces (Urrestarazu G. 2004).

d) Agua fácilmente disponible

Es la diferencia entre el volumen de agua retenida por el sustrato después de haber sido saturado con agua y dejado drenar a 10 cm de tensión (mátrica), y el volumen de agua presente en dicho sustrato a una succión de 50 cm de columna de agua.

Se requiere de una tensión mínima de 10 cm (equivalente a 10 cm de altura del contenedor) para obtener un contenido mínimo de aire. El siguiente punto de importancia se refiere a las condiciones de humedad que no inhibirán el crecimiento vegetal; muchos experimentos han demostrado que una tensión de agua superior a 50 cm puede afectar desfavorablemente al crecimiento y el desarrollo de las plantas (Urrestarazu G. 2004).

e) Densidad aparente

Se define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen aparente del sustrato húmedo, es decir, incluyendo el espacio poroso entre las partículas.

El anclaje de las plantas es un factor importante combinado a este factor. En invernadero donde el viento no es un factor limitante, la densidad aparente del sustrato puede ser tan baja como 0.15 g/cm^3 (Urrestarazu G. 2004).

f) Humedecimiento

Las dificultades para mojar un sustrato se atribuyen generalmente a dos causas: la hidrofobicidad del material y la contracción que se experimenta al secarse.

El humedecimiento se expresa con el tiempo (en minutos) necesario para que se absorban 10 ml de agua destilada a través de la superficie de una muestra de sustrato seco a 40°C . El nivel óptimo es igual o inferior a 5 minutos (Urrestarazu G. 2004).

g) Contracción de volumen

Se refiere al porcentaje de pérdida de volumen cuando el sustrato se seca (generalmente a 105 grados centígrados), referido al volumen aparente inicial en unas determinadas condiciones de humedad (generalmente saturación y drenaje posterior a 10 cm de tensión de c.a.). La contracción del volumen facilita la compactación del sustrato y la compresión de las raíces, disminuye la eficiencia de riego y la fertilización, etc. El nivel óptimo de la contracción, expresada como pérdida de volumen, se sitúa por debajo del 30% (Urrestarazu G. 2004).

h) Propiedades químicas

Las propiedades químicas de los sustratos caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del sustrato: reacciones de disolución e hidrólisis de los constituyentes minerales, reacciones de intercambio de iones y reacciones de biodegradación de la materia orgánica (Urrestarazu G. 2004).

i) Capacidad de intercambio catiónico

Se define como la suma de los cationes que pueden ser adsorbidos por unidad de peso (o de volumen) del sustrato. Dichos cationes quedan así retenidos frente al efecto lixivante del agua y están disponibles para la planta. El valor óptimo de la capacidad de intercambio catiónico de los sustratos depende estrechamente de la frecuencia de la fertirrigación. Si la fertirrigación se aplica permanentemente, la capacidad de adsorción de los cationes no representa ninguna ventaja, siendo recomendable en este caso la utilización de materiales inertes, como muy baja o nula capacidad de intercambio catiónico. Si por el contrario, la fertirrigación se aplica de modo intermitente, será interesante la utilización de sustratos con moderada a elevada capacidad de intercambio catiónico, en todo caso superior a 20 meq por 100 gr (Urrestarazu G. 2004).

j) Disponibilidad de los nutrientes

En cultivos de hortalizas sobre sustratos minerales inertes es frecuente la determinación de los nutrientes asimilables en la disolución del sustrato, extraída mediante una jeringa. Los niveles de referencia de los nutrientes en la disolución del sustrato, para el cultivo hidropónico del tomate, se presentan en el cuadro 6 (Urrestarazu G. 2004).

Cuadro 6. Niveles de referencia de los nutrientes en la disolución del sustrato, para el cultivo hidropónico del tomate sobre materiales minerales inertes.

Nutriente	Nivel de referencia
Macronutriente	<i>mmol L⁻¹</i>
N – NO ⁻³	10 - 20
P	1 - 2
K ⁺	4 - 8
Ca ²⁺	4 - 6
Mg ²⁺	1 - 4

k) pH

Las plantas pueden sobrevivir en un amplio intervalo de pH del sustrato sin sufrir desordenes fisiológicos aparentes, siempre y cuando todos los nutrientes se suministren en forma asimilable. No obstante, el crecimiento y el desarrollo de las plantas se ven reducidos de modo marcado en condiciones de acidez o alcalinidad extremas. El pH ejerce sus efectos principales sobre la asimilabilidad de los nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. El nivel óptimo en el cultivo sin suelo de hortalizas: pH (disolución del sustrato) es 5.5 a 6.8.

Con pH de 5 a 6.5 la mayoría de los nutrientes tienen su máxima nivel de asimilabilidad. Por debajo de 5 pueden presentarse deficiencias de nitrógeno, calcio y magnesio; un

pH por encima de 6.5 puede disminuir el hierro, fósforo, manganeso, boro, zinc y cobre (Urrestarazu G. 2004).

2.2.1.5 Materiales y componentes utilizados como sustratos para cultivos: clasificación

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades y su capacidad de degradación, etc.

La clasificación que se presenta a continuación intenta recoger las diferencias más relevantes desde el punto de vista de la utilización hortícola de los sustratos.

Materiales orgánicos

- De origen natural. Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turberas).
- De síntesis que son polímeros orgánicos no biodegradables por ejemplo (espuma de poliuretano, poliestireno expandido).
- Residuos y subproductos de diferentes actividades de producción y consumo. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustrato. Ejemplos de estos materiales: corteza de árbol, aserrín y virutas de madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, cascarilla de arroz, paja de cereal y fibra de coco, etc (Urrestarazu G. 2004).

a. Cultivos en sacos y contenedores hidropónicos

Este siguiente paso consiste en pasar de ocupar el sustrato de cultivo toda la superficie del invernadero a limitarse a líneas coincidentes con el sistema de fertirriego. Inicialmente consistía en rellenar de arena una lámina de polietileno bicolor, con el color blanco hacia el exterior. Sus dimensiones son de 30 cm de ancho y varios metros de largo dependiendo de la estructura del invernadero y la dirección de su colocación. Los extremos se cierran y el drenaje se realiza por orificios periódicos en la base del contenedor. Otro sistema

similar denominado *en canaleta* consiste en unidades de cultivo también alargadas con unas dimensiones de 25 cm de alto y 40 cm de ancho. Están hechas de un material resistente como el propileno y se surten en rollos de gran longitud que facilitan su transporte, son cortados y montados *in situ* permitiéndole por ello una gran versatilidad de adaptación a los diferentes invernaderos. Aparte de la propia arena, se pueden rellenar de sustratos como perlita, *fibra de coco*, cualquier sustrato alternativo o bien mezclas de ellos. Una de sus ventajas es que suelen arrojar mayor proporción de volumen de sustrato por planta. (Urrestarazu G. 2004).

Esta unidad de varios metros de largo se puede sustituir por sacos individuales de 1 m de largo para evitar la propagación de los problemas fitosanitarios radicales.

2.2.1.6 Cultivo en fibra de coco

Hasta la década de los años treinta se utilizaba únicamente el suelo como medio de cultivo. Fue en los años treinta cuando empezaron aparecer los primeros medio de cultivo utilizando materiales no normalizados que se preparaban en el propio vivero con formulaciones secretas utilizando mezclas de suelo, arcilla, ladrillo, estiércol, residuos vegetales, mantillo de bosque, carbón vegetal, compost, etc. A partir de los años ochenta se produce una diversificación de los sustratos apareciendo residuos y subproductos de diferentes actividades. En esta fase de diversificación de sustratos, aparece la fibra de coco como subproducto industrial de origen tropical, teniendo una gran potencialidad para ser utilizado como sustrato hortícola, alternativo o sustitutivo de la turba *Sphagnum* y el cultivo sin suelo. (Petit & Villegas, 2004)

Entre los principales países productores de coco en el mundo es Indonesia, con 14 mil toneladas. (Petit & Villegas, 2004). La fibra de coco se procesa en ladrillos altamente comprimidos.

Dentro de las características físicas que se determinaron sobre los residuos de la fibra de coco están:

- Baja densidad aparente: el residuo de la fibra de coco es un sustrato ligero, con una densidad aparente de 0.072 gr/cm^3 , siendo una ventaja para el transporte y facilita la manipulación.
- Una buena repartición de las fases líquida y gaseosa a 10 cm de tensión.
- Un nivel de materia orgánica y una relación C/N elevadas.

Una relación C/N alta significa que la mineralización del sustrato es lenta y consecuentemente sus características físico-químicas se mantendrán a lo largo del ciclo de cultivo. (Petit & Villegas 2004)

- Agua fácilmente disponible. Muchos experimentos han demostrado que una tensión de agua superior a 50 cm puede afectar desfavorablemente el crecimiento y desarrollo de las plantas. El valor de agua fácilmente disponible de la fibra de coco es del 22% vol. situándose entre el valor óptimo recomendable.
- Agua de reserva. El valor para el agua de reserva de la fibra de coco es del 4% vol. estando el valor óptimo entre 4 a 10% vol.
- Capacidad de aireación: el valor de la fibra de coco es de 58% vol. En este caso la profundidad del contenedor tiene un efecto marcado sobre el contenido en aire del sustrato.

Respecto a las propiedades químicas y físico-químicas se puede decir:

- Capacidad de intercambio catiónico (CIC): en el caso de una fertirrigación intermitente el valor óptimo de CIC está entre 20 meq/100 gr.
- El pH (extracto saturado) de la fibra de coco se sitúa alrededor de 5.5 siendo un nivel óptimo para la mayoría de las plantas cultivadas.
- La CE del ladrillo de fibra de coco está comprendida entre 0.7 y 1.5 dS/m.

Es importante, que para la salinidad en la materia prima se controle antes de procesarla para sustrato agrícola. Además de estas propiedades, la fibra de coco es un material muy hidrófilo, se rehidrata fácilmente y es muy elástico. (Petit & Villegas 2004)

Se define “capacidad del contenedor” como el contenido de agua del sustrato, inicialmente saturado de agua, una vez ha parado el drenaje libre a través de los agujeros de la base del contenedor. La capacidad del contenedor es en función del tipo de sustrato y de la geometría del contenedor. Para un mismo sustrato la capacidad de contenedor disminuye al aumentar la altura de aquél. Por tanto, a más altura menos agua retenida y más aire a disposición de las raíces y al revés. Por este motivo, cuando se debe cultivar en contenedores de baja altura se seleccionarán sustratos que tengan un equilibrio 50% aire-50% agua (en volumen) a baja tensión. (Petit & Villegas 2004)



Figura 5. Cultivo De tomate en fibra de coco

2.2.1.7 Soluciones nutritivas

Una solución nutritiva consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos y de algún otro micronutriente que puede estar presente (Steiner 1968).

La solución nutritiva se define como el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas, disueltos en agua (Sánchez y Escalante 1981).

Es esencial que la solución nutritiva tenga la proporción adecuada, necesaria para que las plantas absorban los nutrimentos; en caso contrario, se producirá un desequilibrio entre los nutrimentos, lo que dará lugar a excesos o déficit en el medio de cultivo y afectará la producción (Rincón 1997).

La planta no absorbe nutrimentos en la misma cantidad durante el ciclo, ya que lo hace según la etapa fenológica y las condiciones climáticas, por lo que el equilibrio iónico de la solución nutritiva se adapta al ritmo de absorción de la planta (Adams, 1994; Rincón 1997).

Generalmente la formulación concentrada se separa en dos soluciones concentradas, denominadas Solución Concentrada A y B. El propósito de separar los fertilizantes en dos grupos se basa en reacciones de ciertas sales que forman compuestos de muy baja solubilidad y por lo tanto precipitan. Por ejemplo si se mezcla en una solución concentrada nitrato de calcio y sulfato de magnesio, se obtendrá un precipitado de sulfato de calcio. De esta forma, la solución concentrada A se compone de nitrato de calcio, como única sal o junto a quelato de hierro, mientras que en la solución concentrada B se mezcla el resto de los fertilizantes. Además, la modalidad de dos soluciones concentradas, permite realizar un fácil ajuste de la relación de K/N en la solución nutritiva para el cultivo de tomate por ejemplo, al separar una gran proporción del elemento mineral nitrógeno (N) -existente en la Solución A- del potasio (K) presente en la Solución B.

Los parámetros que caracterizan la solución nutritiva son: el pH, la presión osmótica y las relaciones mutuas entre los aniones y los cationes (Adams, 1994; Rincón 1997).

a) EL pH de la solución nutritiva

La concentración de los ácidos y de las bases se determina por medio del pH, el cual para la solución nutritiva en el desarrollo de los cultivos debe mantenerse entre los valores 5.5 y 6.5; sin embargo, el pH de la solución nutritiva no es estático, ya que depende del CO₂ en el ambiente, de que la solución nutritiva se encuentre en un contenedor cubierto o descubierto, del ritmo de absorción nutrimental, de la fuente nitrogenada utilizada (Favela, Preciado, & Benavides 2006).

El pH del agua de riego generalmente fluctúa entre 7.0 y 8.5. Antes de preparar la solución nutritiva, el pH del agua debe de estar a 5.5; después de hacerlo, se mide nuevamente y se hacen los ajustes necesarios, hasta que quede en 5.0; en caso de que sea mayor a 5.5, nuevamente se añade un ácido fuerte (Favela, Preciado, & Benavides 2006).

A medida que se incrementa el pH, la solubilidad de los iones disminuye, como es el caso del Ca, P y el Fe, por lo que es conveniente la acidificación del agua con la que se prepare la solución nutritiva; de esta manera se evitan posibles precipitaciones y posteriores obstrucciones del sistema de riego, si es por goteo. Con el fin de proporcionar las mejores condiciones de solubilidad, el pH debe mantenerse entre 5.0 y 6.0; en la medida en que el incremento exceda de 6.5, existirán pérdidas de estos nutrimentos por precipitación (Favela, Preciado, & Benavides 2006).

b) Presión osmótica

La cantidad total de los iones de las sales disueltas en la solución nutritiva ejerce una fuerza llamada presión osmótica; en la medida que aumenta la cantidad de iones se

incrementa esta presión. La presión osmótica es una propiedad físico-química de las soluciones, la cual depende de la cantidad de partículas o solutos disueltos. En la medida que la presión osmótica es mayor, las plantas deben invertir más energía para absorber el agua y los nutrimentos, por lo cual la presión osmótica no debe elevarse (Asher & Edwards 1983).

La presión osmótica apropiada para los cultivos depende de la especie y de la variedad (Adams & Ho 1992). En general, el tomate es una de las especies hortícolas con capacidad para soportar mayor presión osmótica, en cambio la lechuga es una de las que requiere menor presión osmótica.

La época del año (condición ambiental) influye en la presión osmótica de la solución nutritiva que pueden soportar las plantas: en el invierno éstas tienen mejor desarrollo con alta presión osmótica que en el verano. La presión osmótica también influye en la absorción de agua y de los nutrimentos, pues a mayor presión osmótica, menor es la absorción; además, la absorción de nutrimentos se ve afectada de manera diferencial: la absorción de SO_4 es más restringida que la de NO_3 y H_2PO_4 ; el Ca más afectado que el Mg, y éste que el K, lo cual ocasiona un desbalance de la solución nutritiva (Steiner, 1973); este desbalance es un factor que influye en la pudrición apical de los frutos (Adams & Ho 1992).

Una medida indirecta y empírica para determinar la presión osmótica de la solución nutritiva es la CE, que sirve para indicar la concentración total de sales disueltas en el agua; para hacerlo, se multiplica la CE de la solución nutritiva por 0.36 (Rhoades 1993); en cambio (Steiner 1984) calcula la presión osmótica de la solución nutritiva multiplicando el número total de mM por el factor 0.024; (Sonneveld 1997) sugiere la siguiente ecuación para determinar la CE de una SN: $\text{CE} = \Sigma \text{ de cationes}/10$.

c) Suministro y equilibrio nutricional

En los cultivos sin suelo, desde un punto de vista práctico, para un crecimiento óptimo de las plantas, deberán añadirse siempre nutrientes adicionales como fertilizantes en los riegos durante el ciclo de cultivo (fertirrigación).

Para conocer si el programa de fertirrigación es correcto, es normal comparar la disolución nutritiva de riego con la del sustrato y/o los drenajes, pudiendo complementar la información con el análisis de los tejidos vegetales y con la observación del aspecto de las plantas.

El aporte de agua, además de satisfacer la demanda de las plantas, debe ser suficiente para evitar la acumulación de sales en el sustrato, drenando más o menos. Las cantidades mínimas a drenar dependerán, por tanto, de la calidad del agua de la cantidad y tipo de fertilizantes utilizados e incluso de la fase de producción en la que se encuentre el cultivo.

Cuadro 7. Niveles de referencia para el manejo de la fertirrigación en un cultivo de tomate en condiciones del área mediterránea y los resultados esperados

Algunas fases relevantes en el desarrollo del cultivo		Trasplante	Colocación de la fertirrigación automatizada		Recogida de los primeros frutos		Término del cultivo	
Objetivo pretendido con el manejo de la fertirrigación		Enraizamiento de la plántula en la totalidad del contenedor	Favorecer el máximo desarrollo vegetativo	Favorecer la derivación del máximo desarrollo a la parte productiva	Potenciar los parámetros de calidad de los frutos	Maduración acelerada de los últimos frutos	Lavado y desinfección del sustrato para el nuevo cultivo	
Días desde la siembra		30	60	90	120		150	
Consigna de manejo de la fertirrigación	% drenaje	60-75	25-35	20-25	10-20	5-10	-	
	CE dS/m	Entrada	2 -2.2	2-2.4	2.2-2.4	2.4-2.6	2.8-3	0.5-1.2
		Drenaje	1.8-2. 2	1.8-3	2.4-3.2	2.9-3.6	3.8-4.2	0.5-2.8
	pH	Entrada	5.5-6	5.5- 6.5	6-6.8	6-7	6-7	5.5-7.8
Drenaje		5.8-7.5	6-7.5	5.8-7.5	5.8-7.8	5.8-7.8	5.5-7.8	

*Agua de riego entre 0.5 a 1.2 dS/m. Fuente: Salas & Urrestarazu, (2004)

d) Conductividad eléctrica (CE) de la disolución nutritiva

Los niveles de sales deberían evaluarse diariamente en una selección al azar de las unidades de cultivo, midiendo la CE de una muestra de solución de estas unidades de cultivo extraída con una jeringa o de los drenajes. Los valores deben estar cercanos a los de la solución nutritiva, una CE de 2.3 a 2.5 dS/m son un ejemplo de valores aceptables (Resh 1997).

La conductividad puede cambiar con el estado fisiológico de la planta y con las condiciones ambientales. La CE de la solución de saturación de las tablas se establece en 2.5 a 3 dS/m y se puede tolerar según la época y el tipo de cultivo, que suba hasta 4 o 5 dS/m. (Terry 1997).

2.2.1.8 Riego

Regar correctamente una planta consiste en aportar el agua según las exigencias de esta. En comparación con los cultivos en el suelo, el riego de los cultivos hidropónicos y en sustratos presenta las siguientes particularidades (Lemaire et al. 1989):

a) elevadas necesidades instantáneas de agua por unidad de masa radicular; b) volumen reducido de sustrato disponible para la planta; c) existencia de una pared impermeable en la base del sustrato; y d) importancia relativa de los fenómenos de advección¹.

Todo lo anterior implica un riesgo de estrés hídrico, el cual debe revertirse con un mejor control del riego. Este control se traduce en la regulación correcta del volumen o dosis de agua a aplicar y la frecuencia del riego (Abad, Nogra, & Carrion 2004).

¹ Advección: es el transporte en un fluido.

Varios factores son decisivos en este control, debiendo ser integrados: a) la demanda climática; b) la especie y el estado de desarrollo de la planta; y c) las propiedades del sustrato. La demanda climática transpiratoria viene determinada por la radiación solar y el déficit de presión de vapor del aire ambiente. Esta demanda, junto con el estado de desarrollo de la planta y su capacidad de respuesta a las condiciones ambientales en términos de resistencia estomática, son los parámetros que determinan la respuesta transpiratoria del cultivo. El sustrato interviene a través de su capacidad de retención de agua fácilmente disponible y de su capacidad de aireación. En función de estos parámetros, la dosis de agua a aportar se calcula como el producto del agua disponible en el sustrato por el volumen del contenedor (Abad, Nogera, & Carrion 2004).

Según Abad, Nogera, & Carrion 2004, en la práctica del riego en contenedores, el agua se maneja de forma excedentaria, por dos razones: 1) conseguir uniformidad en la distribución del agua en el sustrato; y 2) evitar, por lavado, la acumulación de sales. Este exceso suele oscilar entre el 10 y el 30% del drenaje, en función de la época del año, el estado de desarrollo de la planta y la calidad del agua de riego.

a) Riego según momento del día

Existen estudios que reparten el consumo de agua en 25 a 35% entre las 8 y las 13 horas, 45 a 60% entre las 13 y las 19 horas y 10 a 25% después de las 19 horas (Michelot & Lora 1993), aunque existe una gran variación entre las especies y las variedades. Estas variaciones del consumo de agua según el momento del día están provocadas por la evolución que el potencial hídrico de la hoja experimenta en función de la transpiración y de la absorción. En la primera parte del día, la transpiración es superior a la absorción, creando un déficit hídrico en la planta; es la fase de deshidratación, que viene acompañada de una bajada del potencial hídrico en la hoja entre 10 y 15 bar (Fourcard 1997).

Después, en la segunda parte del día la transpiración disminuye, y la absorción si la disponibilidad de agua en el sustrato no es limitante, aumenta. Es la fase de rehumectación, que viene acompañada de una subida del potencial hídrico foliar (7 bar).

Durante la noche se produce, en condiciones normales de cultivo, un elevado consumo de agua (fase de turgencia), destacando el importante consumo de N que se produce paralelamente (Le Bot 1991).

2.2.1.9 Antecedentes de investigaciones con soluciones nutritivas

Gómez T; Sánchez del Castillo F. 2003; publicaron en la revista Terra Latinoamericana, la investigación llamada: soluciones nutritivas diluidas para la producción de tomate a un racimo. Universidad Autónoma Chapingo. México. Obteniendo rendimientos de 4 kg/m² con la concentración nutritiva de 200 ppm de N, 60 ppm de P, 300 ppm K, 300 ppm de Ca, 50 ppm de Mg y 200 ppm de S, utilizada durante todo el ciclo de crecimiento para la presente investigación.

Luna C. 2004; realizó la tesis llamada evaluación de diferentes concentraciones de nitrógeno y potasio en solución hidropónica en el tomate híbrido Dominique, en condiciones de invernadero, Bárcena Villa Nueva Guatemala. Concluyendo que la concentración de nitrógeno debe estar entre 200 y 250 ppm para el nivel vegetativo y el potasio debe estar entre 250 y 300 ppm en el nivel de fructificación.

Castellanos J. 2009; recomienda la solución nutritiva de 372 ppm de N, 142 de P, 136 ppm de K, 320 de Ca, 48 ppm de Mg y 288 ppm de S, esta para cuatro etapas de tomate bajo invernadero de baja tecnología en condiciones hidropónicas.

2.2.1.10 Generalidades del cultivo de tomate hib. Hermosa

a) Generalidades

Esta hibrido de tipo indeterminado posee un potencial de rendimiento excelente, además de que presenta una calidad envidiable con respecto a las que dominan el mercado. Su buena adaptación a las altas temperaturas le permite mantener un nivel de desarrollo de planta excelente y por consecuencia produce frutos de excelente calidad.

Es una planta muy vigorosa, uniforme y de muy buena cobertura, lo que la hace proteger muy bien al fruto contra daño por el sol. En su etapa de producción, puede cargar hasta 6 -7 racimos al mismo tiempo por planta y hasta 13 en todo el ciclo dando frutos de muy buen tamaño y algunos hasta con 11-13 tomates por racimo. Los frutos oscilan de entre 120 - 140 g cada uno (SAKATA-SEED 2011).

El fruto es de forma del tipo saladette clásico con hombros uniformes, cierre apical liso y posee un color rojo muy atractivo, además de que no se mancha ya que su maduración es uniforme. Presenta muy buen tamaño y consistencia. La vida de anaquel del fruto puede llegar a 25 días.

Las resistencias a enfermedades que presenta esta variedad son las siguientes: Virus del Mosaico del Tabaco (VMT), Fusarium raza 1 y 2, Marchitez por Verticillium (SAKATA-SEED 2011).

b) Época de Trasplante

Presenta muy buena adaptación en cualquier etapa de cultivo, incluso bajo condiciones de altas temperaturas (33° - 35°C). Sin embargo, en etapas tempranas tiene un alto potencial de rendimiento y la calidad de los frutos es excelente y de muy buen tamaño (SAKATA-SEED 2011).

c) Marco de Plantación

Puede haber distintos marcos de plantación, entre ellos está el tresbolillo o triangular en el cual se planta a doble hilera y con una separación entre plantas de 40 cm, es decir, se colocan alrededor de 500 plantas por surco, con distanciamiento de 2.4 m entre surcos dando una población de unas 20,000 plantas por hectárea. También se puede plantar a hilera sencilla con una separación de 30 a 33 cm entre plantas y la distancia entre surcos es de 1.80 m resultando en una población de 16,500 plantas por hectárea (SAKATA-SEED 2011).

d) Manejo Cultural

Esta planta es de tipo indeterminado y se aconseja podarla a un tallo, ya que el fruto mantiene un mejor tamaño que si se poda a dos tallos. Tenemos que desbrotar la planta a medida que van saliendo los brotes axiales o chupones. En total, en un ciclo de esta planta podemos desbrotar hasta 6-10 veces dependiendo de las condiciones de clima y cultivo. También efectuamos deshojes periódicos y éstos pueden ser 2 a 4 durante el ciclo también dependiendo de lo anterior. De manera indistinta para guiar la planta, ésta se puede colgar de un alambre colocado a lo largo del surco y amarrando la planta con un hilo al mismo o bien, para ahorrar un poco más de insumos se puede amarrar con alambres o hilo a medida que va creciendo, sin necesidad de colgar la planta al alambre, solamente sujetarla con un hilo o alambre a lo largo del surco, ya que la planta puede alcanzar 4 m de longitud (SAKATA-SEED 2011).



Figura 6. Racimo de tomate hib. Hermosa

e) Manejo de Riego y Fertilización

Si el cultivo se encuentra bajo riego por goteo, es recomendable colocar tensiómetros y extractores de solución en el cultivo. Hay que basarse en los tensiómetros de 12 a 18 pulgadas de profundidad para medir la humedad y saber cuándo vamos a regar y cuánto. En los suelos de barrial o arcillosos no deben pasar de 20 a 25 centibares y en los de aluvión de 14 a 18 centibares (SAKATA-SEED 2011).

En cuanto a los extractores de solución, para suelos de barrial o arcilla los niveles de nitratos (NO_3) fluctúan entre 350 a 400 ppm y de Potasio (K) entre 15 y 30 ppm. La conductividad eléctrica (CE) varía de 1.2 a 2.5 mmhos/cm. Hacer aplicaciones de Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y microelementos (Fe, Zn, B) de manera periódica o pueden incluirse dentro de la solución nutritiva. Los niveles de Ca van de 8 a 10 meq y los de Mg de 3 a 5 meq.

Para suelos de aluvión, los niveles de nitratos pueden estar entre 150 a 180 ppm y los de Potasio entre 30 y 60 ppm. La conductividad eléctrica varía de 1.0 a 2.3 mmhos/cm. Aplicar Ca, Mg y microelementos de manera periódica o si no dentro de la solución nutritiva. El nivel de Ca fluctúa entre 5 y 8 meq y el de Mg de 2.5 y 4 meq. Para ambos tipos de suelo, el pH tanto del agua de riego como del extracto debe estar en un rango entre 5.5 y 6.0 (SAKATA-SEED 2011).

f) Consideraciones Especiales

El híbrido de tomate saladett Hermosa posee una planta muy vigorosa, por lo que la poda debe ser intensiva sobre todo durante la fructificación para lograr una buena aireación y evitar problemas en los frutos. La planta de este híbrido desarrolla mucho follaje para lo cual se sugiere bajar considerablemente los niveles de Nitrógeno, beneficio que sólo un híbrido como éste se lo puede dar. Se ha observado y evaluado que a pesar de bajar los niveles de este macroelemento a los niveles arriba mencionados no repercute en disminución en tamaño y calidad de fruto (SAKATA-SEED 2011).

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de tres concentraciones de soluciones nutritivas sobre el rendimiento de frutos para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo condiciones de hidroponía en el área productiva consulado oriente perteneciente a la finca ENCA Bárcena, municipio de Villa Nueva, Guatemala.

2.3.2 Objetivos específicos

Evaluar cuál concentración de las soluciones nutritivas utilizadas produce mayor rendimiento de frutos en kg/ tratamiento.

Evaluar cuál de las concentraciones nutritivas es la que produce mayor número de racimos/planta.

Realizar un análisis económico para cada solución nutritiva para determinar cuál es la que posee mayor rentabilidad.

Determinar el tiempo de vida de anaquel por tratamiento del tomate hib. Hermosa hasta que pierda su consistencia.

2.4 Metodología

2.4.1 Ubicación y descripción del sitio experimental

La investigación se realizó en el invernadero 1 del área consulado oriente, de la Escuela Nacional Central de Agricultura, finca Bárcena.

2.4.2 Tratamientos

Cuadro 8. Concentraciones de soluciones nutritivas en distintos tratamientos en ppm

	Etapa Vegetativa 60 días			Etapa Floración 30 días			Etapa Fructificación 60 días		
	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3
N	250	869.4	250	150	940	250	250	878.4	250
P	50	142	60	50	142	60	150	142	60
K	150	207	300	200	304	300	50	343	300
Ca	150	212	300	150	192	300	150	176	300
Mg	35	72.9	50	35	60.8	50	35	48.6	50
S	65	365	200	65	365	200	65	365	200

Tratamiento 1: testigo Ref. Luna C. 2004 (T1H)

Tratamiento 2: Ref. 2002 Domingo Merino Merino, y Teodoro Martínez Garmendia (T2S)

Tratamiento 3: Ref 2003 Gómez Hernández, Teodoro; Sánchez del Castillo, Felipe (T3E)

Se indagó en revisión bibliográfica para definir las concentraciones nutritivas, encontrándose las siguientes referencias de investigaciones realizadas con anterioridad:

1. Tratamiento 1 testigo: identificado en campo como (T1H), es referencia de la investigación realizada por el Ing. Agr. Cesar Luna en el año 2004, investigación que se nombro *evaluación de diferentes concentraciones de nitrógeno y potasio en solución hidropónica en el tomate Lycopersicon esculatum Mill, híbrido dominique, en condiciones de invernadero, Bárcena, Villa Nueva. Guatemala.*

2. Tratamiento 2: identificado en campo como (T2S), referencia del *Laboratorio Agrario de Fraisoro, DFG*. consultado en la web el mes de enero 2011, en la cual recomienda diversas concentraciones para diferentes cultivos.
3. Tratamiento 3: identificado en campo como (T3E), es la publicación de los resultados obtenidos de la investigación llamada “*Soluciones nutritivas diluidas para la producción de jitomate a un racimo*” elaborada por T. Gómez H y F. Sánchez del Castillo para la Universidad Autónoma de Chapingo, México en el año 2003, y publicada por la revista *Terra Latinoamérica*.

2.4.3 Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar, debido a que no existe ninguna gradiente de variabilidad dentro del invernadero. Fueron 5 canaletas por tratamiento, es decir 15 canaletas en total, con dimensiones homogéneas de 3 metros de distancia longitudinal perpendicular al 1% de pendiente, manejadas en 2 growbags o bolsas de crecimiento rellenas de fibra de coco, que a su capacidad de campo posee dimensiones de 1.1 m de largo por 0.20 m de ancho y 0.2 m de alto, es decir 0.04 m³ de sustrato.

2.4.4 Modelo estadístico

Según López (2008) el diseño completamente al azar es utilizado cuando no hay necesidad del control local, debido a que el ambiente experimental es homogéneo y los tratamientos se asignan a las unidades experimentales mediante una aleatorización completa, sin ninguna restricción. El mismo autor menciona que el modelo estadístico que se utilizó es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

Siendo;

Y_{ij} = variable de respuesta de la ij -ésima unidad experimental

μ = media general de la variable de respuesta

t_i = efecto del i - ésimo tratamiento (nivel del factor) en la variable dependiente.

ϵ_{ij} = error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental

2.4.5 Unidad Experimental

Según López (2008) una unidad experimental esta conformada como la menor subdivisión del material experimental. Bajo este concepto se definió la unidad experimental con 6 planta de tomate hib. Hermosa por unidad experimental, sembradas en sustrato de fibra de coco. A las cuales se les aplicó el mismo tratamiento de su respectiva concentración de solución nutritiva.

Se establecieron 5 repeticiones para 3 tratamientos, que dieron como resultado 15 unidades experimentales.

La forma de cómo se distribuyeron los tratamientos en campo fue el siguiente:

Figura 7. Distribución de tratamientos en campo.

Norte ↑

T1	T3	T2	T3	T1
T2	T1	T3	T1	T3
T3	T2	T1	T2	T2
I	II	III	IV	V
Repeticiones				

2.4.6 Manejo agronómico del experimento

Esta corresponde a todas las labores culturales que se realizaron en el cultivar de tomate como a cualquier otro cultivar de crecimiento indeterminado.

2.4.6.1 Preparación de canaletas

Las canaletas fueron superficiales, es decir, se elaboraron sobre el suelo, las cuales tuvieron dimensiones de 25 cm de ancho por 15 cm de altura, a su vez se alinearon a lo largo del surco que tenía 27 metros de longitud. Estos se cubrieron con plástico transparente, la función de estos era colectar la solución nutritiva que las plantas no absorbían para aplicarla en otros cultivos. En medio de estas canaletas se colocaron los blocks de cemento para sostener las Growbags².

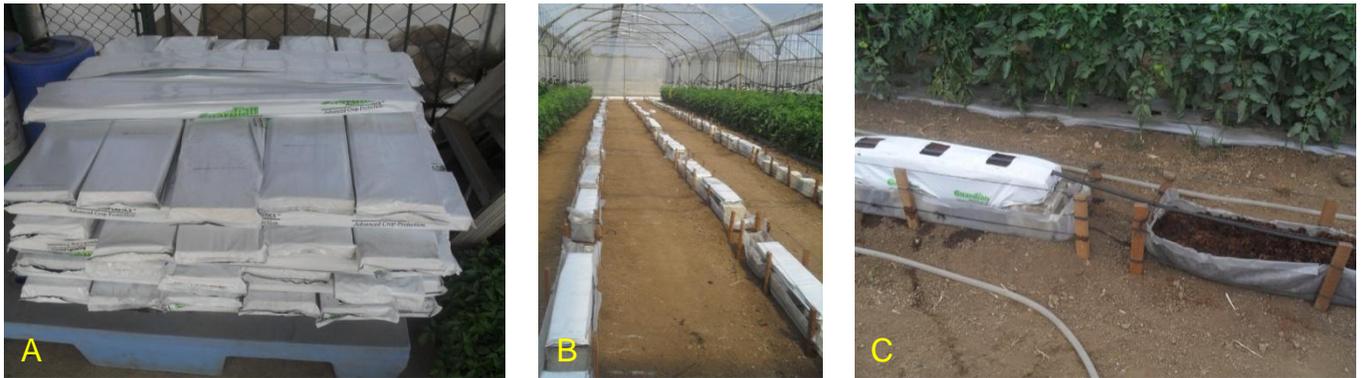


Figura 8. Contenedores hidropónicos.

A. Growbags de fibra de coco comprimidas, B. Disposición en campo de Growbags, C. ejemplo de sustrato de fibra de coco; iz. Growbags hidratado a capacidad de campo, der. Fibra de coco en bloque esparcido en canaleta.

2.4.6.2 Lavado de bolsas de crecimiento de fibra de coco

La instalación de las bolsas de crecimiento de fibra de coco, tienen una dimensión compactada de 100 x 18 x 16 cm. El lavado de sales se realizó mediante la aplicación de

² Growbags son contenedores hidropónicos rectangulares de sustrato de fibra de coco.

40 litros de agua para la expansión de la misma y la eliminación de sales. Según Petit & Villegas, 2004 se debían tomar lecturas de conductividad eléctrica, la cual debía estar entre 0.7 y 1.5 *dS/m* para su posterior su trasplante; para este caso se realizo la lectura con un potenciómetro el cual midió 1.0 *dS/m*.

2.4.6.3 Siembra

La procedencia de las plántulas fue de la pilonera de la ENCA, las cuales se desinfectaron previamente con una solución de fungicida Previcur (carbamato) de 3 cc/litro de agua.

2.4.6.4 Tutorado

El tutoreo que se realizó fue el tipo holandés el cual se inició cuando la planta obtuvo los 20 cm de altura, para lo cual se utilizaron clips y rafia.

2.4.6.5 Podas de formación

Se fueron eliminando brotes vegetativos de las axilas de la planta, la cual se manejo a un eje principal, la poda de brotes de la planta se inició después de un mes de trasplante. Se utilizaron tijeras podadoras que se desinfectaron con una solución de mycobacter (fungicida y bactericida) a 12 cc por litro de agua con cada planta después de su poda.

2.4.6.6 Riego

Se distribuyó la solución nutritiva junto con el riego, el cual se manejó a razón de 400 ml en planta pequeña es decir, durante los primeros 45 días después del trasplante. Cuando la planta produjo su segunda flor se cambio el sistema a 1.0 litros de agua, distribuido en 4 aplicaciones en el transcurso del día.

2.4.7 Variables respuesta

Las variables dependientes de los efectos de los tratamientos para esta investigación fueron:

2.4.7.1 El rendimiento total en kg/planta.

El rendimiento se obtuvo al finalizar el ciclo de cultivo, teniendo en cuenta que se cosechó durante 60 días. En cada unidad experimental, para cada tratamiento se obtuvo el peso total de tomate en fresco.

2.4.7.2 Rendimiento de tomate en kg/planta clasificado por calidad

Para la medición de esta variable se clasificaron los frutos de tomate de la siguiente manera:

Primera calidad ≥ 95 gr pero ≤ 70 gr

Segunda calidad ≥ 69.99 gr pero $\leq a 45$ gr

Tercera calidad < 44.99 gr

Rechazo = fue todo el producto con malformaciones y deficiencias de calcio por debajo de 10 gr.

2.4.7.3 Vida de anaquel del tomate

Para las tres calidades de tomate obtenidos durante la primera cosecha se extrajo una muestra de 0.5 kg de frutos frescos tomados de una unidad experimental por cada tratamiento, en el cual solo se realizó un análisis descriptivo de los resultados y la variable a evaluar fue el número de días hasta que el fruto perdió su consistencia.

2.4.7.4 Número de racimos por planta.

Se realizó un conteo de los racimos cosechados durante todo el ciclo productivo de la planta; posteriormente se promedió por cada unidad experimental, de cada tratamiento.

2.4.7.5 Rentabilidad

Se considero esta variable económica debido a que relaciona el rendimiento total con el costo de cada concentración nutritiva. La rentabilidad se obtuvo del producto del ingreso neto dividido los costos totales por cien.

2.4.8 Análisis de la información

2.4.8.1 Análisis estadístico

El análisis estadístico de las variables respuesta: El rendimiento total en kg/planta durante la producción en cada tratamiento, rendimiento en peso de frutos de tomate en kg/planta clasificándolos por calidad en cada cosecha, número de racimos promedio por planta en cada tratamiento³. La variable vida de anaquel no será sujeta a análisis estadístico.

³ La variable número de racimos por planta se transformo de una variable discreta a una variable continua, mediante la transformación por $\sqrt{\text{del promedio}}$.

Cuadro 9. Resumen de las ecuaciones utilizadas en análisis de varianza.

Fuentes de variación (FV)	Grados de libertad (gl)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	Valor de F
Tratamientos	$t - 1$	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$	SC_{trat} / gl_{trat}	CM_{trat} / CM_{ee}
Error	$t(r - 1)$	$SC_{Total} - SC_{Trat}$	SC_{ee} / gl_{ee}	
Total	$tr - 1$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{tr}$		

Fuente: López (2008).

Para formular el análisis de datos se procedió a la utilización de un software estadístico, elaborando análisis de varianzas, pruebas de tukey y contrastes ortogonales, cada uno con respecto a las hipótesis, si hubiera o no significancia estadística entre los tratamientos.

2.4.8.2 Análisis económico

Dentro de los resultados a evaluar se incluyó un análisis económico por medio del cálculo de la rentabilidad de los tratamientos de la siguiente forma:

$$Rentabilidad = \frac{\text{Ingreso neto}}{\text{Costo total}} * 100$$

Donde:

La rentabilidad se desglosa por medio de la densidad en producciones ideales (4.5 plantas/m²) para extrapolar a una producción intensiva.

Para definir el precio de tomate se tomaron precios para el año 2011 según el ministerio de economía.

Cuadro 10. Promedio de precios del tomate industrial para el año 2011 según el ministerio de economía.

Tomate según calidad	Precios en quetzales (año 2011)
1ra. calidad	Q 4.45
2da calidad	Q 3.95
3ra. calidad	Q 3.45

Los costos totales se extrajeron de la sumatoria de los costos fijos y los costos variables definidos a continuación:

Cuadro 11. Detalle de costos fijos y variables

Costos fijos	Costos Variables
Suministro de agua	Plaguicidas
Instalaciones de invernadero	Insumos plásticos
Costos de herramientas	Mano de obra

De igual manera, se calculó el costo por kilogramo producido por planta para cada tratamiento, con la siguiente relación:

$$\text{Costo por kg} = \frac{\text{Costo total}}{\text{Rendimiento por planta}}$$

Los costos totales corresponden a la sumatoria de los insumos agrícolas, mano de obra y servicios varios como agua y costo por metro cuadrado de invernadero para lo cual se asumió Q 250/m² según (Martinez, 2012).

Según la figura 17A del Ministerio de Economía que resume la fluctuación de precios para tomate, en el año 2011 se tenía un precio promedio de Q 4.45 por libra.

Para el costo por kg de cada tratamiento, se realizó una relación con el costo total por cada tratamiento.

2.5 Resultados Y Discusión de Resultados

2.5.1 Rendimiento total (kg).

La cosecha se inició a los 75 días después del trasplante, en función de la coloración roja de los frutos se realizaron 4 cosechas, sistemáticamente se pesaron los frutos de cada unidad experimental para cada repetición, clasificándolo en frutos de primera, segunda, tercera y rechazo. A continuación se muestran los pesos totales por tratamiento:

Cuadro 12. Pesos y porcentajes de cada tratamiento

Tratamientos	Pesos promedio kg/tratamiento	Porcentajes sobre el rendimiento
Tratamiento 1	34.76	37.70%
Tratamiento 2	24.94	27.05%
Tratamiento 3	32.49	35.24%

Como se puede observar en la figura 9, el tratamiento de las concentraciones (T1H), presento los mayores rendimientos de frutos, referencia extraída de la investigación realizada por Luna, C en el año 2004 obteniendo un total de 34.76 kg.



Figura 9. Rendimientos totales por tratamiento

Al momento de obtener los pesos de cada repetición en kilogramos por tratamiento, se procedió a realizar el análisis de varianza mediante un programa estadístico, correspondiente a la variable de rendimiento total. El cual se presenta en el cuadro 13.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable rendimiento total en kg/planta.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F cal	Probabilidad	Valor crítico para F 0.05 – 0.01	
Tratamientos	10.572	2	5.2861	1.48 ns	0.2653	3.885	6.926
Error	42.719	12	3.5599				
Total	53.291	14					

Respecto a los resultados del análisis de varianza se determina que la F calculada es de 1.48, menor que las F tabuladas para 5 % (3.885) y para 1% (6.926), lo cual significa estadísticamente que con cualquier tratamiento obtendríamos el mismo rendimiento, y que no existe algún grado de significancia entre los tratamientos. Por lo tanto en esta variable se reserva la elaboración de posteriores pruebas estadísticas y se realizará un análisis de costos entre los tratamientos que se detalla posteriormente en el análisis económico.

2.5.2 Rendimiento de tomate en kg/planta clasificado por calidad.

Para el ordenamiento de los datos, en cada cosecha se clasificaron los frutos de tomate por planta en base al peso, para el total de unidades experimentales. Mediante esta operación, se calculó el rendimiento por calidad (primera, segunda y tercera) de cada uno de los tratamientos.

Los pesos para determinar la clasificación de los frutos fue la siguiente:

Primera calidad ≥ 95 gr. Pero ≤ 70 gr.

Segunda calidad ≥ 69.99 pero \leq a 45 gr.

Tercera calidad < 44.99 gr.

Cuadro 14. Rendimientos de frutos de primera calidad

Tratamiento	Rendimiento total en kg.	Porcentajes sobre el rendimiento
Tratamiento 1	2.67	39.55%
Tratamiento 2	1.31	19.41%
Tratamiento 3	2.77	41.04%

En el cuadro 14 se observa que el mayor rendimiento de frutos de primera calidad se obtuvo mediante la utilización de la concentración nutritiva 3. Posteriormente al ordenamiento de los resultados, se procedió a realizar un análisis de varianza para las calidades de frutos de primera.

Cuadro 15. Análisis de varianza para pesos de frutos de primera calidad.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F cal	Probabilidad	Valor crítico para F
Tratamientos	0.27	2.0	0.13	5.04	0.0257	3.8853
Error	0.32	12.0	0.03			
Total	0.59	14.0				

Con el análisis de varianza del cuadro 15, se concluye que al relacionar el valor de F calculada (5.04), con el valor crítico de F para la variable rendimiento de frutos de primera calidad, existe significancia estadística, lo cual nos indica que no todas las concentraciones de soluciones nutritivas pueden producir el mayor rendimiento de frutos de primera calidad.

Esto nos lleva a realizar una prueba múltiple de medias de Tukey; para obtener una comparación más estricta.

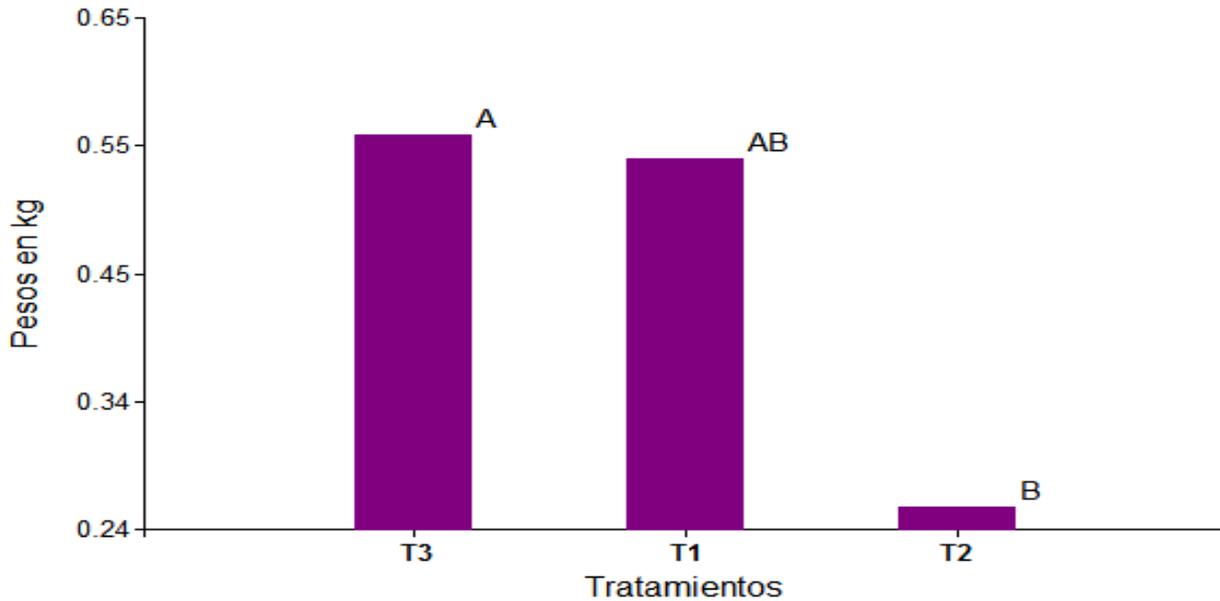


Figura 10. Rendimiento de frutos en kg de primera calidad.

Según Sitún (2001), la prueba múltiple de medias de Tukey es una de las más fuertes, debido a que exige altas diferencias entre las medias involucradas. El resultado de la figura 10, muestra que existen diferencias significativas entre el tratamiento 2 y 3, siendo la concentración nutritiva del tratamiento 3 (grupo A) la que mayores rendimientos provee, además la figura 10 nos indica que estadísticamente se pueden obtener los mismos rendimientos con el tratamiento 1, literales (AB).

Las literales del tratamiento 1 (grupo AB) indican con que una inadecuada concentración nutritiva se puede llegar a producir lo que produce el tratamiento de la concentración nutritiva 2. Debido a esto las literales indican la recomendación del tratamiento de la concentración nutritiva (T3E) como la mejor para la producción de frutos de primera calidad.

Se concluye para esta variable, que existen escasas diferencias significativas entre las concentraciones del tratamiento 1 y 3, por lo tanto, se procede a realizar una comparación ortogonal. Esta prueba se realiza para comparar medias dentro los mismos tratamientos y definir cuál de ellos es el que presentara mejores resultados para la variable en análisis. Un contraste se define como una combinación lineal de los parámetros del modelo (Balzarini, Gonzalez, M., Casanoves, Di Rienzo, & Robledo, 2008)

Para realizar esta prueba de contrastes, previamente se debe comprobar la ortogonalidad entre los tratamientos, lo cual se comprueba en el cuadro 16.

Cuadro 16. Coeficientes de los contrastes ortogonales.

Coeficientes de los contrastes		
Tratamientos	Ct.1	Ct.2
T1H	2.00	0.00
T2S	-1.00	1.00
T3E	-1.00	-1.00

Cuadro 17. Resumen del análisis de contrastes ortogonales.

Contrastes Alfa= 5%					
Concentraciones nutritivas	SC	gl	CM	F	p-valor
Concentración 1 = Concentración 2 + Concentración 3	0.05	1	0.05	2.01 ns	0.1818
Concentración 2 = Concentración 3	0.22	1	0.22	8.08 **	0.0149
Total	0.27	2	0.13	5.04	0.0257

** significancia estadística

ns no existe significancia estadística

El contraste 1 se realizó bajo la sub-hipótesis que la concentración (T1H) produce el mismo rendimiento de tomate de primera calidad que la concentración 2 y 3, situación que en el cuadro 17 estadísticamente se observa que es certera, debido a que no existe significancia entre los tratamientos. En el contraste 1 se puede observar que existe 18.18% de error con respecto al valor de alfa.

La comparación del tratamiento (T2S) igualando al tratamiento (T3E), se da un rechazo a la hipótesis nula dado que si existen diferencias significativas, debido a que no todos los tratamientos producen el mayor rendimiento de frutos de primera calidad.

Mediante el contraste ortogonal, se recomienda en este caso al tratamiento de la concentración T3E como el que mayor rendimiento de tomate de primera calidad produce.

Se tomo este contraste para la recomendación debido a que el error experimental es menor al 5% (1.49).

2.5.2.1 Análisis para el rendimiento de frutos de segunda calidad

Se tomaron los pesos promedio de todos los frutos de segunda calidad para cada tratamiento (ver cuadro 31A). De igual manera se procedió a correr el software estadístico para realizar el análisis de varianza para los pesos de frutos de segunda calidad.

Cuadro 18. Análisis de varianza para el rendimiento de frutos de segunda calidad.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.	Valores críticos para F 0.05 0.01
Tratamientos	0.0143	2	0.007	0.788 ns	0.477	3.8852 6.9266
Error	0.1095	12	0.009			
Total	0.1238	14				

Según los resultados estadísticos del cuadro 18, la F calculada (0.788) no es significativa con respecto a los valores críticos que se presentan en la misma tabla, lo cual indica que todos los tratamientos son estadísticamente iguales. Debido a esto se excluye la prueba múltiple de medias.

La figura 11 muestra que los tres tratamientos son muy similares para la producción de frutos de segunda calidad y se confirma que estadísticamente no tienen significancia, para esta variable los resultados más satisfactorios se consiguieron con el tratamiento 1 (ref. Luna C. 2004).

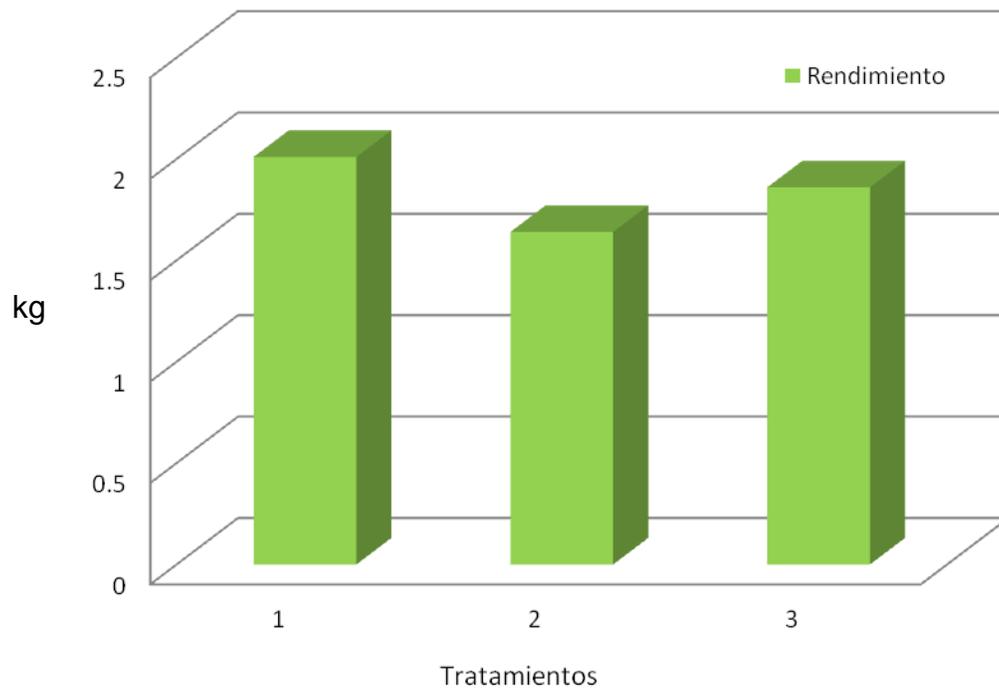


Figura 11. Rendimientos en kg de frutos de segunda calidad por tratamiento

2.5.3 Vida de anaquel de tomate producido.

Para esta variable se tomaron muestras de 0.5 kg De tomate de primera, segunda y tercera calidad, los frutos fueron cosechados de diferentes unidades experimentales para cada tratamiento. Todos se colocaron a temperatura ambiente sobre una mesa y al transcurrir los días, los tomates del tratamiento (T3E) fueron los que permanecieron hasta 15 días sin perder la consistencia.

Los frutos del tratamiento (T2S) y (T1H) obtuvieron 11 y 13 días, respectivamente de vida de anaquel.



Figura 12. Prueba de vida de anaquel del tratamiento (T3E)

Los tomates del tratamiento (T3E), que se mantuvieron en prueba descriptiva de la vida de anaquel del híbrido Hermosa, al inicio se encontraban con una consistencia firme y una coloración uniforme, posteriormente a los 10 días empezaron a perder su consistencia y el color de los frutos era rojo intenso, a los 15 días después de la cosecha se mostraron sin consistencia, es decir jugosos.

El tiempo que transcurrieron sin perder su consistencia pudo también deberse a que no se movilaron y es bien sabido que al estar en mayor movimiento los frutos van perdiendo esta consistencia. Por lo que se recomienda el tomate hib. Hermosa, como un intermedio comparado al comercial silverado; que mantiene consistencia hasta por 20 días de vida de anaquel.

2.5.4 Número de racimos producidos promedio por tratamiento.

Para esta variable se contabilizaron los racimos al final de las cosechas, lo cual permitió tomar los datos de número de racimos para todas las unidades experimentales de los tratamientos. El análisis de varianza se realizó utilizando un software estadístico con el

objetivo de observar si los tratamientos de concentraciones influían en el número de racimos por planta. Los resultados del análisis se muestran en el cuadro 19.

Cuadro 19. Análisis de varianza para número de racimos promedio por tratamiento

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Valor crítico para F 0.05
Tratamientos	3.529	2	1.765	2.003	.178	3.8852
Error	10.572	12	.881			
Total	14.101	14				

Como se observa en el análisis de varianza del cuadro 19, no existe significancia estadística entre los tratamientos para esta variable.

Esta variable es directamente proporcional a la variable de rendimiento total, pero a pesar que las plantas del tratamiento T1H y T3E presentaban similar cantidad de racimos, el cuajado de los frutos era distinto en cuanto a cantidad y tamaño. Visualmente el tratamiento T3E es el que mejores resultados obtuvo en esta variable.

Los tratamientos que mostraron deficiencias de calcio en los frutos, fueron los tratamientos de las concentraciones 1 y 2 como se observa en la figura 13.



Figura 13. Izq: racimos de los tratamientos 1 y 3, Der: racimos del tratamiento 2.

Con esto se concluye que no se necesitan grandes cantidades de fertilizante para exponer el máximo rendimiento en el cultivo de tomate y un balance entre las concentraciones de macroelementos puede ser rentable.

2.5.5 Análisis económico

Un análisis económico constituye una base para un productor, la variable rentabilidad se analizó en una hoja electrónica de Excel, en la cual se utilizaron los rendimientos promedios por calidades, los costos de insumos agrícolas y los costos de mano de obra por experimento, para concluir con los factores que se plasman a continuación en el cuadro 20. De igual manera, para el efecto de introducir costos reales de producción se tomó una densidad de 4.5 plantas por metro cuadrado, que no fue la utilizada en el experimento debido a condiciones propias del área experimental.

Cuadro 20. Resumen de análisis de costos por tratamiento

Variables económicas	Concentración nutritiva T1H	Concentración nutritiva T2S	Concentración nutritiva T3E
Ventas brutas	Q1,416.31	Q949.33	Q1,354.25
Costos variables			
Insumos Agrícolas	Q443.23	Q592.49	Q512.06
Mano de obra	Q304.19	Q304.19	Q304.19
Costos fijos			
Agua e invernadero	Q284.22	Q284.22	Q284.22
Costos totales	Q1,031.64	Q1,180.89	Q1,100.46
Ingreso neto	Q338.51	-Q203.78	Q223.33
Rentabilidad %	33%	-17%	20%
Costo por kg producido	Q6.66	Q11.03	Q7.49

En el análisis de la variable rentabilidad, se decidió realizar el costeo por las 90 plantas que estuvieron incluidas en la investigación en los 32.5 metros cuadrados utilizados. Realizando modificaciones en el costeo de las concentraciones nutritivas y el rendimiento por tratamientos.

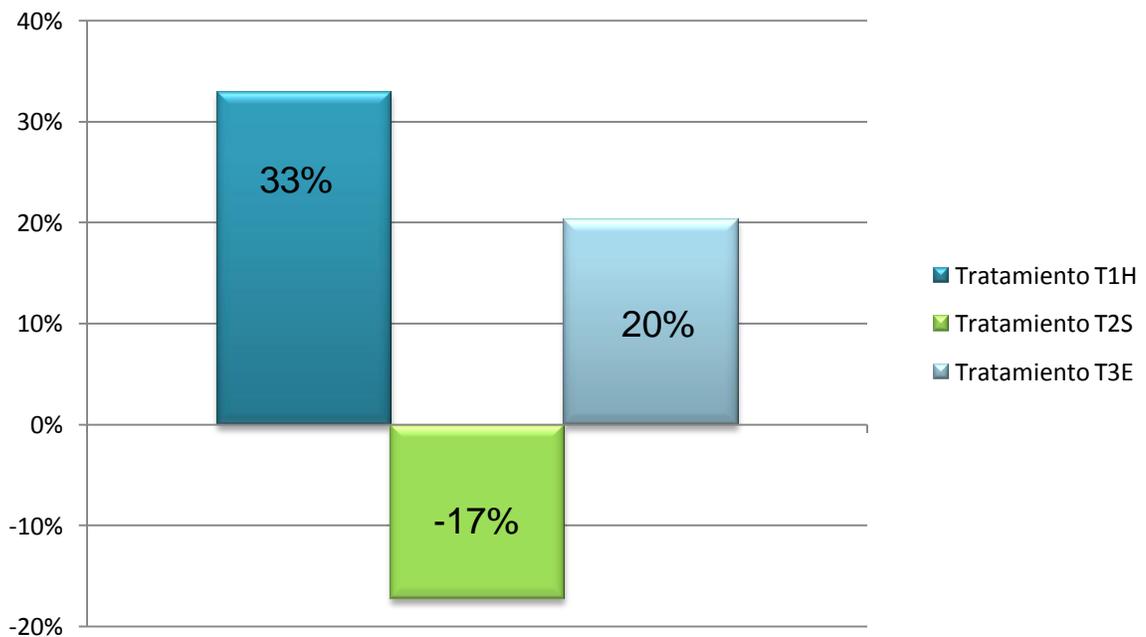


Figura 14. Rentabilidad por tratamientos en porcentaje

Se puede analizar con la figura 14 que produciendo con la concentración nutritiva del tratamiento 1 (Luna, 2004) se pueden percibir Q 33.00 por cada Q100.00 invertidos con la solución nutritiva usada, por lo que para esta variable es el tratamiento más rentable. Siguiendo con el tratamiento 3 (Ref. Gómez, Teodoro; Sánchez, Felipe) que es mejor en cuanto a un mayor rendimiento de tomate de primera calidad y menor de tercera, sin embargo, la diferencia en rentabilidad se debe mayormente a las fuentes de nutrientes utilizadas en el tratamiento 1 (Ref. Luna, C) y el rendimiento total.

Sin embargo, como ya se ha mencionado el tratamiento de la concentración 1 si presento deficiencias de calcio, por lo que se recomienda evaluar una concentración mayor de este

elemento. Cuando se realizo el análisis foliar de las muestras vegetales llevadas al laboratorio de suelo y planta de la ENCA, la absorción de calcio de las plantas del tratamiento 1 estaban en 1.65 %, esto nos indico que estaba por debajo de su nivel mínimo recomendable donde se considera que es un 2% y el tratamiento 3 se encontraba en 2% teniendo un nivel dentro del rango, debido a esto las plantas no presentaban deficiencia de este elemento esencial para el desarrollo de frutos. El tratamiento 3 no presento deficiencias de calcio en ninguno de sus frutos.

Es importante mencionar que por cada kg de tomate producido en el tratamiento 1 se deben invertir Q 6.66, mientras que para los tratamientos 2 y 3 se debe invertir Q 11.03 y Q 7.49 respectivamente. El costo para una producción hidropónica sin deficiencias nutricionales es de Q 0.83 por kilogramo, que se haría con el tratamiento de la concentración nutritiva 3.

En el cuadro 21 se especifica la concentración que presenta mejores resultados estadísticos y económicos y el cuadro 22 con los mejores resultados fisiológicos.

Cuadro 21. Concentración de solución nutritiva que presenta mejores resultados.

	Etapa vegetativa	Etapa floración	Etapa fructificación
Nutriente	Tratamiento 1		
Nitrógeno	250	150	250
Fosforo	50	50	150
Potasio	150	200	50
Calcio	150	150	150
Magnesio	35	35	35
Azufre	65	65	65

Cuadro 22. Concentración de solución nutritiva con mejores efectos fisiológicos.

	Etapa vegetativa	Etapa floración	Etapa fructificación
Nutriente	Tratamiento 3		
N	250	250	250
P	60	60	60
K	300	300	300
Ca	300	300	300
Mg	50	50	50
S	200	200	200

2.6 Conclusiones

1. La concentración de soluciones nutritivas referencia Luna C. tratamiento (T1H) de variadas concentraciones según etapa fenológica, es la que presenta un mayor rendimiento de frutos, para el híbrido Hermosa en la ENCA, Bárcena. Estadísticamente no hubo significancia para esta variable.
2. La concentración nutritiva de 250 ppm de N, 60 ppm de P, 300 ppm de K, 300 ppm de Ca, 50 ppm de Mg y 200 ppm de S, referente al tratamiento (T3E), es la que presenta mayor número de racimos por planta.
3. La solución nutritiva que obtuvo la mayor rentabilidad, es el tratamiento de la concentración (T1H) con 33%.
4. El tratamiento (T3E) referencia (Gómez T. y Sánchez del Castillo F.) es el que presenta mayor vida de anaquel; obteniéndose 15 días de consistencia para el tomate híbrido Hermosa.

2.7 Recomendaciones

1. Bajo las condiciones evaluadas se recomienda utilizar el tratamiento de la concentración nutritiva (T1H), debido a que estadística y económicamente produjo el mayor rendimiento de tomate por tratamiento.
2. Se recomienda verificar la concentración de calcio que es importante para la consistencia del fruto.

2.8 Bibliografía

1. Abad, M; Nogra, P; Carrion, C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *In* Urrestarazu, M. Tratado de cultivo sin suelo. Barcelona, España, Mundi-Prensa. p. 113-158.
2. Adams, P; Ho, L. 1992. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity. *In* Urrestarazu, M. Tratado de cultivo sin suelo. Barcelona, España, Mundi-Prensa. p. 827-839.
3. Asher, C; Edwards, D. 1983. Modern solution culture techniques. *Encyclopedia of Plant Physiology*. p. 15-A, 94-119.
4. Balzarini, M; González, L; Tablada, E; Casanoves, F; Di Rienzo, JA; Robledo, CW. 2008. Manual del usuario Infostat. Cordova, Argentina, Brujas. 336 p.
5. Castellanos, J. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Guanajuato, México, Intagri. 458 p.
6. Favela, E; Preciado, P; Benavides, A. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Torreón, Coahuila, México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 148 p.
7. Fourcard, J. 1997. Viveros de la producción a la plantación. Madrid, España, Mundi-Prensa. 439 p. Citado por: Urrestarazu, M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. Barcelona, España, Mundi-Prensa. p. 113-158.
8. Herrera, W. 2009. Trabajo de graduación, evaluación de aspersiones foliares de extractos orgánicos (equinaza y vermicompost) en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y servicios desarrollados en la Escuela Nacional Central de Agricultura -ENCA-, Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 115 p.
9. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1977. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. 4 t.
10. IPN (Instituto Politécnico Nacional, Dirección de Planeación y Organización, MX). 2002. Metodología para el análisis FODA. México. 24 p.
11. Jaramillo, J; Rodríguez, V; Guzmán, M; Zapata, M; Rengifo, T. 2007. Manual técnico: buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Antioquia, Colombia, FAO. 331 p.

12. Le Bot, J. 1991. Diurnal uptake of nitrate and potassium by tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants. Ph.D. Thesis. GB, The University of Leeds. 247 p.
13. Lemaire, FE. 1989. Cultures en pots et conteneurs. Paris-Limoges, INRA / PHM Revue Horticole. p. 184.
14. López Bautista, EA. 2008. Diseño y análisis de experimentos. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 176 p.
15. Luna, C. 2004. Evaluación de diferentes concentraciones de nitrógeno y potasio en solución hidropónica en el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. híbrido Dominique) en condiciones de invernadero, Bárcena, Villa Nueva. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 78 p.
16. Martínez, JC. 2012. Rangos de precios sugeridos para 5 tipos de invernaderos en México. (en línea). México. Consultado 12 feb 2013. Disponible en http://www.firco.gob.mx/proyectos/proap/documents/presentacion_rangos_precios_proap_2010.pdf
17. Michelot, P; Lora, B. 1993. Informe de actividades de 1992. Madrid, España, CEPE. 18 p.
18. Moreno, T. 2004. Infraestructura de riego, fertirriego: introducción. *In* Urrestarazu, M. Tratado de cultivo sin suelo. Barcelona, España, Mundi-Prensa. p. 256-259.
19. Petit, F; Villegas, F. 2004. Cultivo en fibra de coco. *In* Urrestarazu, M. Tratado de cultivo sin suelo. Barcelona, España, Mundi-Prensa. p. 637-667.
20. Resh, H. 1992. Cultivos hidropónicos, nuevas técnicas de producción. 3 ed. Madrid, España, Mundi-Prensa. 558 p.
21. Resh, H. 1997. Cultivo en lana de roca. *In* Urrestarazu, M. Tratado de cultivo sin suelo. Barcelona, España, Mundi-Prensa. p. 67-76.
22. Rhoades, J. 1993. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. *Advances in Agronomy* vol.49:201-251.
23. Sakata-Seed, MX. 2011. Catalogo de semillas (en línea). México. Consultado 15 de febrero 2012. Disponible en <http://www.sakata.com.mex/paginas/hermosa.htm>
24. Salas, M; Urrestarazu, M. 2004. Métodos de riego y fertirrigación en cultivos sin suelo. *In* Urrestarazu, M. Tratado de cultivo sin suelo. Barcelona, España, Mundi-Prensa. p. 161-237.
25. Samperio, G. 2002. Hidroponía comercial. México, Diana. 173 p.

26. Sitún, M. 2001. Guía de estudio investigación agrícola. Villa Nueva, Guatemala, ENCA. 137 p.
27. Sonneveld, C. 1997. A universal programme for calculation of nutrient solutions. *In* Hydroponic Society of America Proceedings (18, 1997, US). p. 7-17.
28. Steiner, A. 1968. Soiler culture. *In* Colloquium of the Internacional Potash Institute (6, 1968, IT). Proceedings. Florencia, Italia, Hispano-americana. p. 324-341.
29. Steiner, A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. *In* International Congress on Soilles Culture (3, 1973, NL). Proceedings. Wageningen, The Netherlands, s.e. p. 43-53.
30. Steiner, A. 1984. The universal nutrient solution. *In* International Congress on Soilles Culture (6, 1984, NL). Proceedings. Wageningen, The Netherlands, s.e. p. 633-650.
31. Terry, C. 1997. El sistema de raiz flotante. *In* Hidroponía: una esperanza para Latinoamérica. Lima, Perú, Universidad Agraria La Molina. 395 p.
32. Urrestarazu, M. 2004. Tratado de cultivos sin suelo. Barcelona, España, Mundi-Prensa. 914 p.

2.9 Anexos

Cuadro 23A. Prueba múltiple de medias (Tukey) para la variable rendimiento de frutos de primera calidad.

Tipo de análisis	Tratamiento	Medias para alfa = .05		Literal
Tukey	Tratamiento 3	.5552		A
	Tratamiento 1		.5360	AB
	Tratamiento 2		0.2620	B
	Sig.	1.000	.856	

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 5.000.

Cuadro 24A. Rendimiento de frutos de segunda calidad por planta/tratamiento

Tratamientos	Kg totales por planta	Porcentaje sobre rendimiento
T1	2.01	36.55%
T2	1.63	29.63%
T3	1.86	33.82%

Cuadro 25A. Rendimiento de frutos por planta de tercera calidad por planta/tratamiento

Tratamientos	Kg totales por planta	Porcentaje sobre rendimiento
T1	0.618	35.85%
T2	0.713	41.36%
T3	0.393	22.79%

Cuadro 26A. Análisis de varianza para el rendimiento de frutos de tercera calidad.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.	Valores críticos	
						F 0.05	0.01
Tratamientos	0.011	2	0.005	1.909 ns	0.191	3.8852 6.9266	
Error	0.034	12	0.003				
Total	0.045	14					

Cuadro 27A. Boleta de campo para el tratamiento T1H.

Rendimiento de frutos de tomate en kg/planta, según tratamiento y unidad experimental.

Tratamiento 1	Repetición					Media (kg/planta)
	I	II	III	IV	V	
Planta 1	1620.75	1276.45	2155.1	2198.62	2402.9	0.386
Planta 2	0	1108.95	2302.05	1071.9	1214.25	0.22
Planta 3	1262.34	846.3	1687.65	857.25	1492.05	0.246
Planta 4	1323.96	1112.85	1801.05	0	96.15	0.174
Planta 5	0	993.45	1373.25	836.1	1856.85	0.202
Planta 6	0	994.65	0	1235.25	1639.8	0.154
Sumatoria en g	4207.05	6333	9319.1	6199.12	8702	1.402
Promedio en kg	1.402	1.055	1.863	1.239	1.450	

Cuadro 28A. Boleta de campo para el tratamiento T2S

Rendimiento de frutos de tomate en kg/planta, según tratamiento y unidad experimental.

Tratamiento 2	Repetición					Media (kg/planta)
	I	II	III	IV	V	
Planta 1	449.7	0	0	173.05	526.07	0.063
Planta 2	0	852.15	1143.1	1256.45	947.67	0.174
Planta 3	0	2909.1	1689.4	1331.2	0	0.329
Planta 4	0	0	1421	1595.3	654.87	0.203
Planta 5	1411.5	572.4	1055.17	561.15	391.92	0.133
Planta 6	1912.8	1947.6	1114.50	1236.4	363.37	0.219
Sumatoria g	3774	6281.25	6423.17	6153.55	2883.9	1.14
Promedio kg	1.258	1.570	1.284	1.025	0.576	

Cuadro 29A. Boleta de campo para el tratamiento T3S.

Rendimiento de frutos de tomate en kg/planta, según tratamiento y unidad experimental.

Tratamiento 3	Repetición					Media (kg/planta)
	I	II	III	IV	V	
Planta 1	0	1956.9	1390.35	1660.3	1384.65	6392.2
Planta 2	0	0	1455.05	1497.3	0	2952.35
Planta 3	1013.85	1721.2	1244.4	1277.3	1359.25	6616
Planta 4	1343.5	1708.6	1580.75	1726.45	0	6359.3
Planta 5	1645.8	922.75	1573.95	728.6	1507.8	6378.9
Planta 6	0	1307.2	1105.26	0	1375.6	3788.06
Sumatoria g	4003.15	7616.65	8349.76	6889.95	5627.3	1.406
Promedio kg	1.334	1.523	1.391	1.377	1.406	

Cuadro 30A. Rendimiento en kg/planta de tomate de primera calidad por repetición.

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	R5
T1	0.73	0.39	0.49	0.58	0.49
T2	0.36	0.45	0.27	0.23	0
T3	0.39	0.74	0.72	0.5966	0.33

Cuadro 31A. Rendimiento en kg/planta de tomate de segunda calidad por repetición.

Matriz de datos de frutos de 2da. Calidad					
Tratamientos	R1	R2	R3	R4	R5
T1	0.332	0.328	0.481	0.403	0.469
T2	0.283	0.323	0.415	0.296	0.319
T3	0.310	0.261	0.295	0.383	0.607

Cuadro 32A. Rendimiento en kg/planta de tomate de tercera calidad por repetición.

Matriz de datos de frutos de 3da. Calidad					
Tratamientos	R1	R2	R3	R4	R5
T1	0.08	0.0909	0.2117	0.12514	0.11034
T2	0.10684	0.12	0.24	0.13985	0.107
T3	0.1042	0.1264	0.107	0.05626	0

Cuadro 33A. Número de racimos promedio por planta en cada tratamiento.

Tratamientos	R1	R2	R3	R4	R5
T1H	4.00	4.40	5.50	4.50	5.75
T2S	4.40	4.67	5.17	7.80	5.00
T3E	5.75	6.17	6.67	6.00	5.50



Figura 15A. Peso de fuentes para elaboración de soluciones nutritivas concentradas



Figura 16A. Toma de resultados de rendimientos

Cuadro 34A. Soluciones nutritivas del tratamiento 1

CUADRO DE SOLUCIONES NUTRITIVAS DEL TRATAMIENTO 1										
TRATAMIENTO 1 ETAPA VEGETATIVA										
	ppm o mg/lt	gr/litro	Litros de sol. utilizada/trat.	gr/trat.	Urea	Nitrato de Potasio	Nitrato de Magnesio	Fosfato Monoamónico	Nitrato de Calcio	Sulfato de potasio
N	250	0.25	720	180	164.29					
P2O	50	0.05	720	36	7.08			59.02		
K	150	0.15	720	108	16.88	129.84				
Ca	150	0.15	720	108	63.14				415.38	
Mg	35	0.035	720	25.2	17.325		157.5			
S	65	0.065	720	46.8		50.87				101.74
					164.29	129.84	157.5	59.02	415.38	101.74
TRATAMIENTO 1 ETAPA FLORACIÓN										
	ppm o mg/lt	gr/litro	Litros de sol. utilizada/trat.	gr/trat.	Urea	Nitrato de Potasio	Nitrato de Magnesio	Fosfato Monoamónico	Nitrato de Calcio	Sulfato de potasio
N	150	0.15	900	135		34.39	21.66	8.85	78.92	
P2O5	50	0.05	900	45				73.77		
K2O	200	0.2	900	180		264.58				63.59
Ca	150	0.15	900	135					519.23	
Mg	35	0.035	900	31.5			196.875			
S	65	0.065	900	58.5						127.17
						264.58	196.875	73.77	519.23	127.17
TRATAMIENTO 1 ETAPA FRUCTIFICACIÓN										
	ppm o mg/lt	gr/litro	Litros de sol. utilizada/trat.	gr/trat.	Urea	Sulfato NH4	Nitrato de Magnesio	Fosfato Monoamónico	Nitrato de Calcio	Sulfato de potasio
N	250	0.25	1500	375	300.38	24.93	36.09	44.26	131.54	
P2O	150	0.15	1500	225				368.85		
K	50	0.05	1500	75						150.00
Ca	150	0.15	1500	225					865.38	
Mg	35	0.035	1500	52.5			328.125			
S	65	0.065	1500	97.5			118.75			69.00
					300.4	118.8	328.1	368.9	865.4	150.0

Cuadro 35A. Soluciones nutritivas del tratamiento 2

CUADRO DE SOLUCIONES NUTRITIVAS DEL TRATAMIENTO 2										
TRATAMIENTO 2 ETAPA VEGETATIVA										
Elemento	ppm o mg/lt	gr/litro	litros de sol./trat.	gr/trat.	Urea	Sulfato NH4	Nitrato Mg.	Fosfato Monoamonico	Nitrato de Calcio	Sulfato de K2O
N	869.4	0.8694	720	626.0	805.57	109.97	36.09	20.11	89.24	
P2O	142	0.142	720	102.2				167.61		
K	207	0.207	720	149.0						298.08
Ca	212	0.212	720	152.6					587.08	
Mg	72.9	0.0729	720	52.5			328.05			
S	365	0.365	720	262.8		523.68				137.12
				gramos	805.57	523.68	328.05	167.61	587.08	298.08
TRATAMIENTO 2 ETAPA FLORACIÓN										
Elemento	ppm o mg/lt.	gr/litro	litros de sol./trat.	gr/trat.	Urea	Sulfato NH4	Nitrato Mg.	Fosfato Monoamonico	Nitrato de Calcio	Sulfato de K2O
N	940	0.94	900	846.0	502.11	67.19	37.62	25.14	101.02	
P2O	142	0.142	900	127.8				209.51		
K	304	0.304	900	273.6						547.20
Ca	192	0.192	900	172.8					664.62	
Mg	60.8	0.0608	900	54.7			342			
S	365	0.365	900	328.5		319.950				251.71
				gramos	502.11	319.95	342.00	209.51	664.62	547.20
TRATAMIENTO 3 ETAPA FRUCTIFICACIÓN										
Elemento	ppm o mg/lt.	gr/litro	litros de sol./trat.	gr/trat.	Urea	Sulfato NH4	Nitrato Mg.	Fosfato Monoamonico	Nitrato de Calcio	Sulfato de K2O
N	878.4	0.8784	1500	1317.60	2187.72	64.89	50.12	41.90	154.34	
P2O	142	0.142	1500	213.00				349.18		
K	343	0.343	1500	514.50						1029.00
Ca	176	0.176	1500	264.00					1015.38	
Mg	48.6	0.0486	1500	72.90			455.63			
S	365	0.365	1500	547.50		309.00				473.34
				gramos	2187.72	309.00	455.63	349.18	1015.38	1029.00

Cuadro 36A. Soluciones nutritivas del tratamiento 3

CUADRO DE SOLUCIONES NUTRITIVAS DEL TRATAMIENTO 3										
TRATAMIENTO 3 ETAPA VEGETATIVA										
Elemento	ppm	gr/litro	lts de solucion	gramos/trat.	Urea	Nitrato de potasio	Nitrato Mg.	Fosfato Monoamónico	Nitrato de Calcio	Sulfato de K ₂ O
N	250	0.25	720	180.0	6.31	17.57	24.75	8.50	126.28	
P ₂ O	60	0.06	720	43.2				70.82		
K	300	0.30	720	216.0		135.2				156.52
Ca	300	0.30	720	216.0					830.77	
Mg	50	0.05	720	36.0			225			
S	200	0.20	720	144.0						313.04
				gramos	6.31	135.18	225.00	70.82	830.77	313.04
TRATAMIENTO 3 ETAPA FLORACIÓN										
Elemento	ppm o mg/lt.	gr/litro	litros de sol./trat.	gr/trat.	Urea	Nitrato de potasio	Nitrato Mg.	Fosfato Monoamónico	Nitrato de Calcio	Sulfato de K ₂ O
N	250	0.25	900	225.0	481.25	21.97	30.9375	10.62	157.85	
P ₂ O	60	0.06	900	54.0				88.52		
K	300	0.3	900	270.0		168.97				195.65
Ca	300	0.3	900	270.0					1038.46	
Mg	50	0.05	900	45.0			281.25			
S	200	0.2	900	180.0						391.30
				gramos	481.25	168.97	281.25	88.52	1038.46	195.65
TRATAMIENTO 3 ETAPA FRUCTIFICACIÓN										
Elemento	ppm o mg/lt.	gr/litro	litros de sol./trat.	gr/trat.	Urea	Nitrato de potasio	Nitrato Mg.	Fosfato Monoamónico	Nitrato de Calcio	Sulfato de K ₂ O
N	250	0.25	1500	375.0	802.08	36.61	51.5625	17.70	263.08	
P ₂ O	60	0.06	1500	90.0				147.54		
K	300	0.3	1500	450.0		281.62				326.09
Ca	300	0.3	1500	450.0					1730.77	
Mg	50	0.05	1500	75.0			468.75			
S	200	0.2	1500	300.0						652.17
				gramos	802.08	281.62	468.75	147.54	1730.77	326.09

Cuadro 37A. Hoja de cálculo de costos del tratamiento T1H

ÁREA PARA PRODUCCIÓN 32.5 M2				
VENTAS NETAS				
TOMATE INDUSTRIAL VAR. HERMOSA				
RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
TOMATE DE 1 RA	172	LIBRAS	Q4.45	Q 767.44
TOMATE DE 2DA	130	LIBRAS	Q3.95	Q 511.67
TOMATE DE 3RA	40	LIBRAS	Q3.45	Q 137.21
TOTALES	342	LIBRAS		Q 1,416.31
COSTO DE VENTAS				
INSUMOS AGRÍCOLAS				
NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
Pilones	90	unidad	Q 0.75	Q 67.50
Bolsas de fibra de coco	6	unidad	Q 32.00	Q 192.00
Fertilizantes totales	6.57	kilogramos	Q 19.57	Q 128.57
Previcur	9.9	mililitro	Q 0.55	Q 5.45
Bravo	0.9	mililitro	Q 0.16	Q 0.14
Abamectin	2.48	mililitro	Q 1.05	Q 2.60
Evisect	0.99	gramo	Q 1.98	Q 1.96
Oberon	16	mililitro	Q 1.30	Q 20.80
Lannate	2.43	mililitro	Q 0.08	Q 0.19
Rafia de tutoreo	453	gramos	Q 0.05	Q 24.01
				Q 443.23

FACTORES /ACTIVIDADES/MANO DE OBRA				
NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
Preparación e instalación de bolsas de crecimiento	4	horas/hombre	7.75	Q 31.00
Instalación de manguera	0.5	horas/hombre	7.75	Q 3.88
Instalación de canales	4	horas/hombre	7.75	Q 31.00
Trasplante	1	horas/hombre	7.75	Q 7.75
Desinfección de plántulas	0.5	horas/hombre	7.75	Q 3.88
Instalación de pita tutora	1	horas/hombre	7.75	Q 7.75
Colocación de clips tutoreo	4	horas/hombre	7.75	Q 31.00
Guiado y bajado de planta	4	horas/hombre	7.75	Q 31.00
Poda de brotes vegetativos	4	horas/hombre	7.75	Q 31.00
Aplicación de plaguicidas y foliares	6	horas/hombre	7.75	Q 46.50
Aplicación de soluciones nutritivas	4	horas/hombre	7.75	Q 31.00
Cosecha, clasificación y pesado de producto	6	horas/hombre	7.75	Q 46.50

FACTORES /ACTIVIDADES/MANO DE OBRA				
NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
Eliminación de plantas enfermas	0.25	horas/hombre	7.75	Q 1.94
	0.436	horas/hombre/plant	7.75	Q 3.38
				Q 304.19
SERVICIOS VARIOS				
NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
consumo de agua	3.06	mt3	57	Q 174.42
uso de invernadero	90	planta	1.22	Q 109.80
				Q 284.22
TOTAL COSTOS				Q 1,031.64
VENTAS - COSTOS TOTALES				Q 384.67
IVA 12%				Q 46.16
INGRESO NETO				Q 338.51
COSTO POR KG.	155.00			Q 6.66
RENTABILIDAD				33%

Cuadro 38A. Hoja de cálculo de costos del tratamiento T2S

ÁREA PARA PRODUCCIÓN 32.5 M2				
VENTAS NETAS				
TOMATE INDUSTRIAL VAR. HERMOSA				
RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
TOMATE DE 1 RA	84.29	LIBRAS	Q4.45	Q375.09
TOMATE DE 2DA	105.27	LIBRAS	Q3.95	Q415.82
TOMATE DE 3RA	45.92	LIBRAS	Q3.45	Q158.42
TOTALES	235.48	LIBRAS		Q949.33

COSTO DE VENTAS				
INSUMOS AGRÍCOLAS				
NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
Pilones	90	unidad	0.75	67.50
Bolsas de fibra de coco	6	unidad	32.00	192.00
Fertilizantes totales	16.2	kilogramo	17.15	277.83
Previcur	9.9	mililitro	0.55	5.45
Bravo	0.9	mililitro	0.16	0.14
Abamectin	2.48	mililitro	1.05	2.60
Evisect	0.99	gramo	1.98	1.96

COSTO DE VENTAS				
INSUMOS AGRÍCOLAS				
NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
Oberon	16	mililitro	1.30	20.80
Lannate	2.43	mililitro	0.08	0.19
Rafia de tutoreo	453	gramos	0.05	24.01
				592.487
FACTORES /ACTIVIDADES/MANO DE OBRA				
NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
Preparación e instalación de bolsas de crecimiento	4	horas/hombre	7.75	31
Instalación de manguera	0.5	horas/hombre	7.75	3.875
Instalación de canales	4	horas/hombre	7.75	31
Trasplante	1	horas/hombre	7.75	7.75
Desinfección de plántulas	0.5	horas/hombre	7.75	3.875
Instalación de pita tutora	1	horas/hombre	7.75	7.75
Colocación de clips tutoreo	4	horas/hombre	7.75	31
Guiado y bajado de planta	4	horas/hombre	7.75	31
Poda de brotes vegetativos	4	horas/hombre	7.75	31
Aplicación de plaguicidas y foliares	6	horas/hombre	7.75	46.5
Aplicación de soluciones nutritivas	4	horas/hombre	7.75	31
Cosecha, clasificación y pesado de producto	6	horas/hombre	7.75	46.5
Eliminación de plantas enfermas	0.25	horas/hombre	7.75	1.9375
	0.436	horas/hombre/planta	7.75	3.3798611
				304.1875
SERVICIOS VARIOS				
NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
consumo de agua	3.06	mt3	57	174.420
uso de invernadero	90	planta	1.22	109.800
				284.220
TOTAL COSTOS/PLANTA				1180.894
VENTAS - COSTOS TOTALES				-231.563
IVA 12%				-27.788
INGRESO NETO				-203.776
COSTO POR KG.	107.036			11.03
RENTABILIDAD				-17%

Cuadro 39A. Hoja de cálculo de costos del tratamiento T3E

ÁREA DE PRODUCCIÓN 32.5 M2				
VENTAS NETAS				
TOMATE INDUSTRIAL HIB. HERMOSA				
RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
TOMATE DE 1 RA	178.7	LIBRAS	Q4.45	Q795.08
TOMATE DE 2DA	119.4	LIBRAS	Q3.95	Q471.75
TOMATE DE 3RA	25.3	LIBRAS	Q3.45	Q87.42
TOTALES	323.44	LIBRAS		Q1,354.25
COSTO DE VENTAS				
INSUMOS AGRÍCOLAS				
NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
Pilones	90	unidad	Q0.75	Q67.50
Bolsas de fibra de coco	6	unidad	Q32.00	Q192.00
Fertilizantes totales	11.28	kilogramo	Q17.50	Q197.40
Previcur	9.9	mililitro	Q0.55	Q5.45
Bravo	0.9	mililitro	Q0.16	Q0.14
Abamectin	2.48	mililitro	Q1.05	Q2.60
Evisect	0.99	gramo	Q1.98	Q1.96
Oberon	16	mililitro	Q1.30	Q20.80
Lannate	2.43	mililitro	Q0.08	Q0.19
Rafia de tutoreo	453	gramos	Q0.05	Q24.01
				Q512.06

FACTORES /ACTIVIDADES/MANO DE OBRA				
NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
Preparación e instalación de bolsas de crecimiento	4	horas/hombre	Q7.75	Q31.00
Instalación de manguera	0.5	horas/hombre	Q7.75	Q3.88
Instalación de canales	4	horas/hombre	Q7.75	Q31.00
Trasplante	1	horas/hombre	Q7.75	Q7.75
Desinfección de plántulas	0.5	horas/hombre	Q7.75	Q3.88
Instalación de pita tutora	1	horas/hombre	Q7.75	Q7.75
Colocación de clips tutoreo	4	horas/hombre	Q7.75	Q31.00
Guiado y bajado de planta	4	horas/hombre	Q7.75	Q31.00
Poda de brotes vegetativos	4	horas/hombre	Q7.75	Q31.00
Aplicación de plaguicidas y foliares	6	horas/hombre	Q7.75	Q46.50
Aplicación de soluciones nutritivas	4	horas/hombre	Q7.75	Q31.00

FACTORES /ACTIVIDADES/MANO DE OBRA				
NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
Cosecha, clasificación y pesado de producto	6	horas/hombre	Q7.75	Q46.50
Eliminación de plantas enfermas	0.25	horas/hombre	Q7.75	Q1.94
	0.4361	horas/hombre/planta	Q7.75	Q3.38
				Q304.19
SERVICIOS VARIOS				
NOMBRE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U	TOTAL
consumo de agua	3.06	mt3	Q57.00	Q174.42
uso de invernadero	90	planta	Q1.22	Q109.80
				Q284.22
TOTAL COSTOS/PLANTA				Q1,100.46
VENTAS - COSTOS TOTALES				Q253.79
IVA 12%				Q30.45
INGRESO NETO				Q223.33
COSTO POR KG.	147.01			Q7.49
RENTABILIDAD				20%

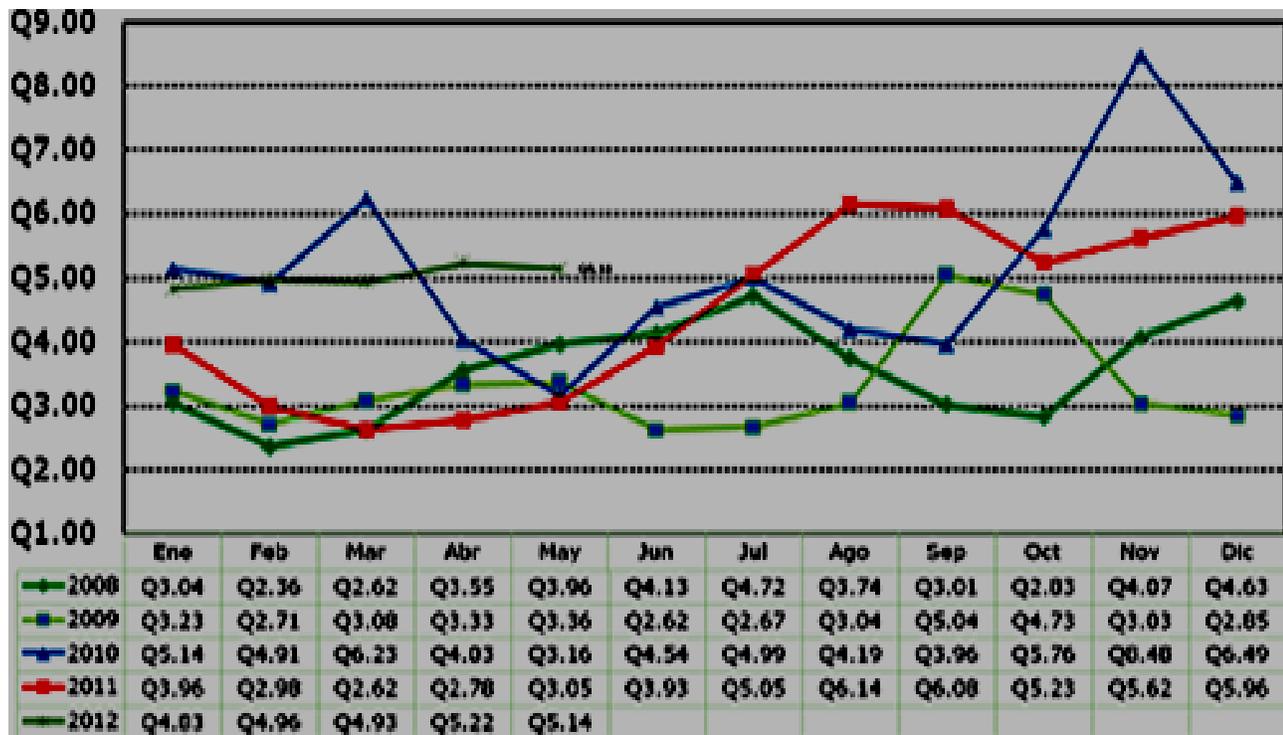


Figura 17A. Fluctuación de precios de tomate, según Ministerio de Economía de Guatemala.

CAPÍTULO III
SERVICIOS REALIZADOS EN EL ÁREA CONSULADO ORIENTE FINCA ENCA
BÁRCENA, VILLA NUEVA GUATEMALA

3.1 Presentación

La ENCA es una institución educativa agrícola y pecuaria de 92 años de existencia, funciona con el objetivo de preparar peritos agrónomos y forestales que tiene por lema “aprender haciendo”. Circundante al casco central de la ENCA, se encuentran diversas áreas productivas para la realización de prácticas agrícolas y forestales de los estudiantes. El área consulado oriente se dedica principalmente a los cultivos bajo condiciones protegidas con tres invernaderos, es un área donde el 77 % del producto es de primera calidad, y para esto deben darle seguimiento a las buenas prácticas agrícolas y de manufactura; dentro de estas prácticas se deben manejar desechos sólidos de plantaciones y darles seguimiento a los residuos de plaguicidas principalmente después del uso de estos.

Debido a esta razón, es que los servicios ejecutados en la finca ENCA, Bárcena son los siguientes:

1. Elaboración de composteras subsuperficiales a base de residuos de plantaciones y otros materiales.
2. Implementación de camas biológicas por invernadero.

3.2 Servicio 1. Producción de abono orgánico en composteras subsuperficiales a base de residuos de plantaciones.

La descomposición de residuos de plantas y animales en el suelo es un proceso biológico básico en el que el carbono (C) es eliminado hacia la atmósfera como dióxido de carbono (CO_2) y el nitrógeno (N) es hecho disponible como amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-). Además durante el proceso se incluyen otros elementos asociados como el fósforo, el potasio y varios micronutrientes aparecen en la forma requerida por las plantas.

3.2.1 Objetivos

3.2.1.1 General

Producir abono orgánico derivado de composteras subsuperficiales a base de residuos de plantaciones y otros materiales.

3.2.1.2 Específicos

- Obtener 12 m^3 de abono orgánico para el aporte de macro y micronutrientes al sustrato de los invernaderos de la finca ENCA, Bárcena.
- Determinar la composición química del abono orgánico.

3.2.2 Metodología

3.2.2.1 Elaboración de composteras orgánicas

El compost es un proceso generado por la actividad microbiana bajo determinadas condiciones algunas de las cuales pueden ser controladas y es de gran importancia la relación carbono/nitrógeno (C/N), la aeración y la humedad.



Figura 18. Materiales para composteras.

A. Rastrojo de maíz; B. Cenizas de rastrojos de plantaciones de tomate y chile pimiento.

3.2.2.2 Preparación del terreno

Un apartado de la guía para la implementación de buenas prácticas agrícolas es la utilización de residuos de plantación y materiales que tengamos en desuso en las instalaciones de la finca, en ella mencionan que las composteras deben estar por lo menos a 25 metros de nuestra área productiva. Es por ello que se realizaron dos composteras a esta distancia de los invernaderos. Cada compostera tenía dimensiones de 0.70 m de profundidad, por un metro de ancho y 10 m de largo. Se elaboraron 2 composteras debido a la cantidad de residuo vegetal y animal que se tenía.

3.2.2.3 Preparación de compostera

La disposición de capas de los residuos orgánicos se colocó de la siguiente manera:

	----Superficie del suelo----
Última capa superficial	2 cm de cal agrícola
	3 cm de cenizas
	5 cm de suelo franco arcilloso
	10 cm estiércol bovino
Fondo de compostera	10 cm rastrojo de maíz

Figura 19. Distribución de capas de materiales orgánicos para elaboración de composteras.

Cada compostera disponía de dos capas de residuos vegetales y animales los cuales ocupan los 0.7 m de profundidad. A cada capa de material se le dejaba a 60% de humedad, para las reacciones bioquímicas.

La relación C/N con la que se inicio tenía 40/1.

3.2.2.4 Remoción de compostera

Para la remoción de las composteras se utilizaban palas y azadones los cuales funcionaban para voltear el materia en descomposición, este procedimiento se realizó cada 25 días durante 7 meses. Las temperaturas en las remociones eran altas, debido a esto la temperatura se reducía mediante el riego, dejando el material al 50% de humedad para no perder microorganismos benéficos.



Figura 20. A. Riego de capas de compostera, B. Compostera concluida.

3.2.3 Resultados

El proceso tuvo una duración de 5 meses, en los cuales físicamente el compostaje, obtuvo coloración oscura, olor agradable, además se observó que el volumen disminuyó. Químicamente se presentan los siguientes resultados analizados en el laboratorio de la ENCA:

Cuadro 40. Análisis de abono orgánico elaborado en consulado oriente, ENCA.

Identificación	N	M.O.	Rel. C/N	pH	Ca	Mg	K	P	Cu	Zn	Fe
	%				%				ppm		
Compost C.O.	1,03	37%	24/1	6.7	5.04	0.35	1.8	0.29	9	45	3968

Fuente: Laboratorio de suelos y agua, de la finca ENCA Bárcena, Villa Nueva Guatemala.

3.2.4 Evaluación

Las bondades del uso de los abonos orgánicos son varios, dentro de las cuales están; favorece el aumento de la capacidad de retención de humedad, la capacidad buffer aumenta, aporta macro y micronutrientes extraídos de plantaciones anteriores, además mejora la textura del suelo. En el aspecto económico debido al uso de abonos orgánicos se reduce el costo del uso de fertilizantes inorgánicos.

En el área de invernaderos existen dos ciclos de siembra al año, por lo que se entiende que el suelo no descansa de producir y después de un ciclo de 6 meses de tomate viene el siguiente. El constante aporte de abono orgánico es tomado en cuenta debido a la extracción de nutrientes del suelo.

Según (Trinidad 1987) la composición química de abono orgánico debe tener una relación C/N de 15/1, relación que en las composteras elaboradas no se obtuvo debido al tiempo de descomposición, en termino de 5 meses se realizo nuevamente el análisis químico y se obtuvo 25/1, esto nos indica que el carbono se libero y existe más cantidad de nitrógeno disponible. El pH se encontraba casi neutro, por lo que nos da indicios de poder utilizarlo con los contenidos que presenta.

3.3 Servicio No.2 Implementación de camas biológicas por invernadero.

Una cama biológica es una estructura efectiva para acumular, retener y degradar microbiológicamente los excedentes de plaguicidas, que puedan caer en las áreas de mezcla, tiene por objetivo evitar seguir con la contaminación de suelo y agua residuales.

3.3.1 Objetivos

3.3.1.1 General

Implementar camas biológicas para evitar contaminación de suelos y aguas residuales.

3.3.1.2 Específicos

- Elaborar una cama biológica para cada invernadero.
- Concientizar al personal de hacer uso adecuado de las camas biológicas

3.3.2 Metodología

3.3.2.1 Selección de la ubicación

Las camas biológicas se ubicaron frente a la puerta principal de cada invernadero, se realizaron tres debido a la distancia e individualidad del operador. Es importante que tenga una fuente de agua cercana para lavar la motoasperjadora o la bomba de mochila. Para depositar las trazas en la cama biológica.

3.3.2.2 Construcción de la cama biológica

Las dimensiones que se utilizaron para realizar cada cama biológica fueron: 60 cm de profundidad como se observa en la figura 4, 1.5 m de ancho y 1 cm de largo. Dimensiones que fueron planteadas de esta manera para facilidad de la utilización. Los

materiales que se usaron fueron cemento, 50% de rastrojo de maíz picado a 4 cm, 25% de suelo arcilloso y 25% de cascarilla de arroz.

Después de haber socavado, se aplicó una capa de suelo arcilloso en el fondo al estar seco, posteriormente se realizaron bordes con block y cemento para evitar entrar humedad en la cama biológica a causa de lluvias, y por último se mezclaron los materiales y se apelmazaron dentro del orificio. Cubriéndolo con plástico, se dejó madurar por dos meses antes de su utilización.

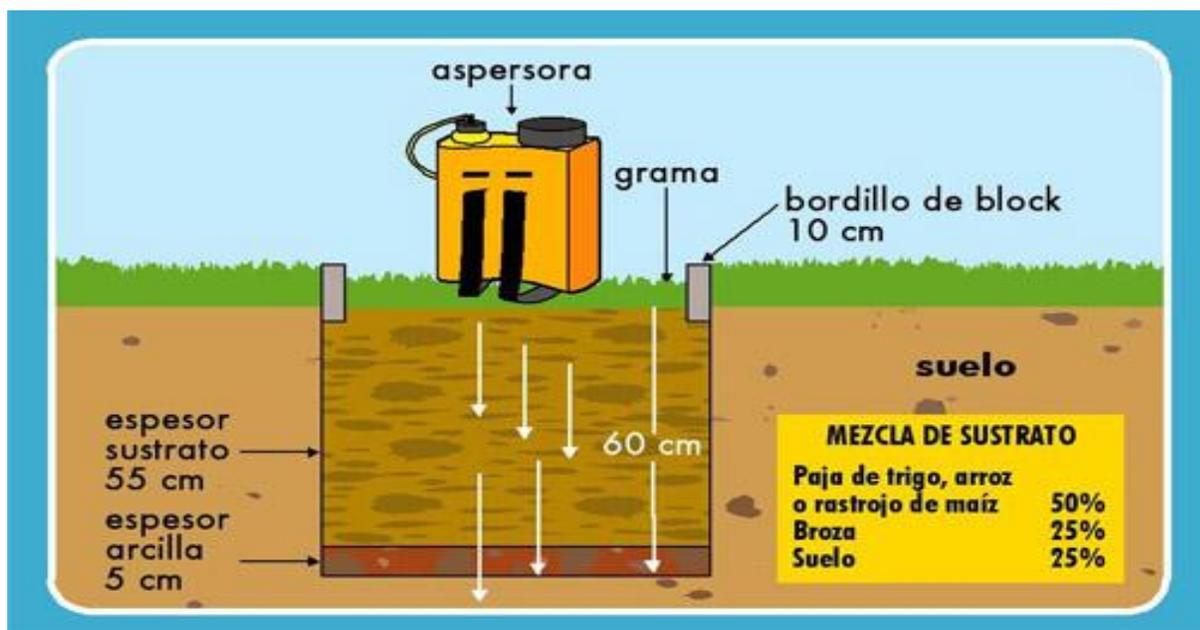


Figura 21. Esquema de construcción de cama biológica.

Fuente: Gremial de agroquímicos de Guatemala.

3.3.2.3 Utilización de la cama biológica

Al estar construida se capacitó a los trabajadores del área consulado oriente para el conocimiento del uso de la cama biológica, transcurrieron los dos meses de maduración de la cama biológica para que se desarrollara el "hongo de pudrición blanca" (*Phanerochaete chrysosporium*), cuyo sistema enzimático logra destruir a la lignina y una gran cantidad de compuestos químicos, incluyendo plaguicidas. Se procedió a darle uso y

verter los residuos de plaguicidas utilizados en el consulado oriente, haciendo énfasis en el triple lavado, de las motoasperjadoras y bombas de mochila.

3.3.3 Resultados

La implementación de estas camas biológicas es recomendación de la gremial de agroquímicos de Guatemala, bajo esta consideración también forma parte de las buenas prácticas agrícolas en una producción.

Se elaboraron tres camas biológicas para residuos del uso de plaguicidas de cada invernadero. Estas camas biológicas pueden ser utilizadas por 5 a 8 años y según recomendaciones después de este tiempo se puede incorporar el material como abono orgánico después de una solarización de 6 a 8 meses.

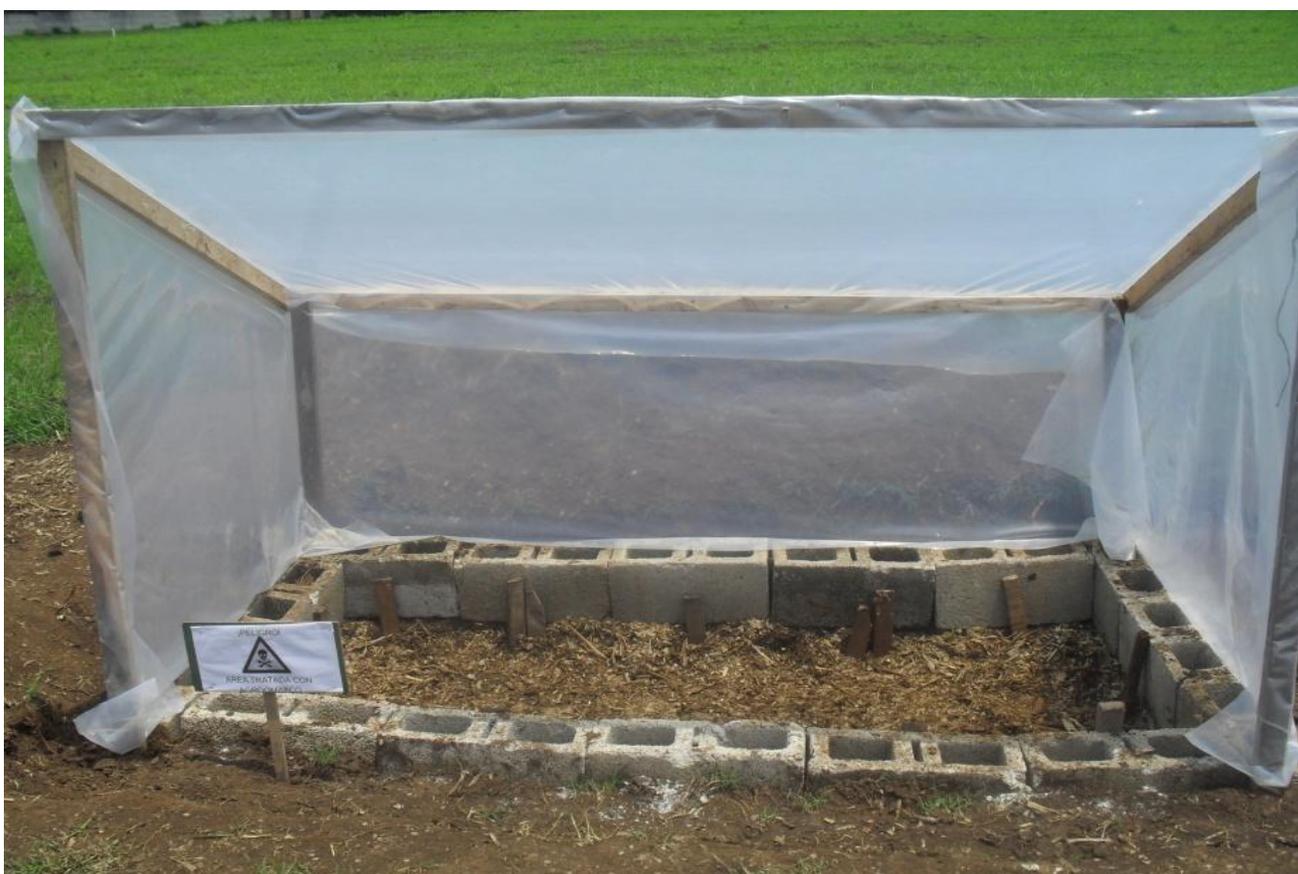


Figura 22. Cama biológica en el área consulado oriente, finca ENCA Bárcena, Villa Nueva Guatemala

3.3.4 Evaluación

La idea es que todo el manejo de los plaguicidas al rellenar los equipos de aplicación, debe hacerse sobre la cama biológica, por lo que cuando se producen derrames que se mantengan y se degraden en la composición de la mezcla de materiales dentro de la cama biológica ya que pretende promover las actividades de degradación microbiana.

Se implementaron tres camas biológicas para evitar contaminación de suelos y aguas superficiales y subsuperficiales. Las cuales fueron de 60 cm de profundidad, 1.5 m de ancho por 1 m de largo

Se capacitó al personal para la utilización del uso adecuado de las camas biológicas, haciéndoles énfasis en el triple lavado de las bombas de mochila y motoasperjadoras. Concientizando en el riesgo de contaminaciones futuras de las aguas superficiales y subsuperficiales de no usar debidamente estas camas biológicas. El aprovechar las nuevas ideas para lograr un bien común.

3.4 Bibliografía

1. Torstensson, L; Castillo, MP; Stenstrom, J. 2011. Biobeds-A swedish contribution to environmental protection from pesticide pollution. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Microbiology, Sweden. p11.
2. Universidad de Castillo la Mancha. 2006. Compostaje. (en línea). España. Consultado 10 de abril 2013. Disponible en http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_procesos /tema8.pdf