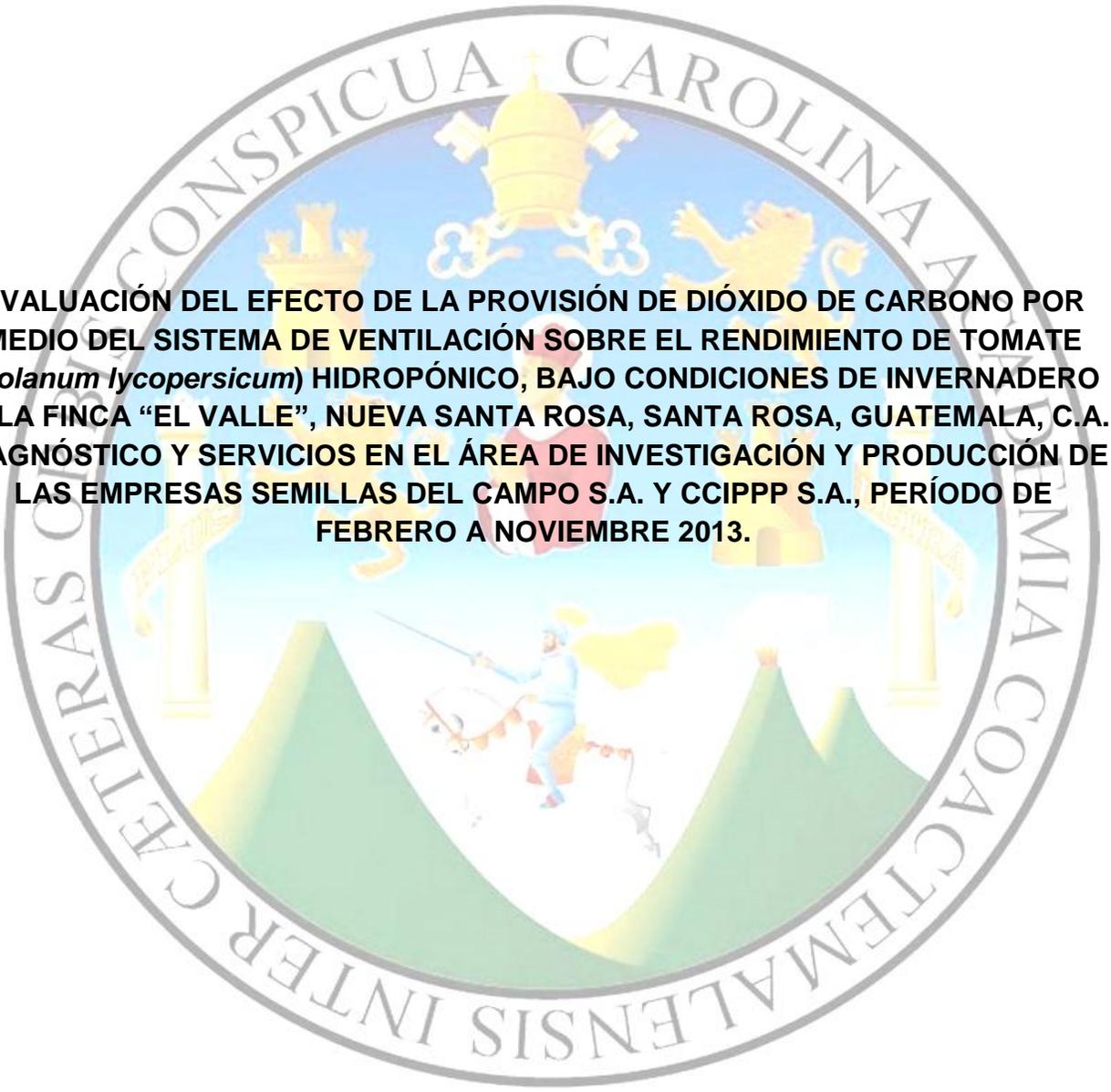


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a knight on a horse, holding a sword, set against a background of green hills and a blue sky. Above the knight is a golden crown and a cross. The seal is surrounded by a grey border containing the Latin motto "CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETERAS".

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PROVISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO POR MEDIO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) HIDROPÓNICO, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN LA FINCA "EL VALLE", NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN DE LAS EMPRESAS SEMILLAS DEL CAMPO S.A. Y CCIPPP S.A., PERÍODO DE FEBRERO A NOVIEMBRE 2013.**

**MARIANNA MENDOZA HERNÁNDEZ**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PROVISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO POR MEDIO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) HIDROPÓNICO, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN LA FINCA “EL VALLE”, NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN DE LAS EMPRESAS SEMILLAS DEL CAMPO S.A. Y CCIPPP S.A., PERÍODO DE FEBRERO A NOVIEMBRE 2013.**

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

**POR**

**MARIANNA MENDOZA HERNÁNDEZ**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADA**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECTOR**

**Dr. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DECANO**

**Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez**

**VOCAL PRIMERO**

**Dr. Ariel Abderramán Ortíz López**

**VOCAL SEGUNDO**

**Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García**

**VOCAL TERCERO**

**Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano**

**VOCAL CUARTO**

**P. Agr. Josué Benjamín Boche López**

**VOCAL QUINTO**

**Br. Sergio Alexander Soto Estrada**

**SECRETARIO**

**Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2014**

Guatemala, octubre de 2014

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 del efecto de la provisión de dióxido de carbono por medio del sistema de ventilación sobre el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum*) hidropónico, bajo condiciones de invernadero en la finca “El Valle”, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, C.A., diagnóstico y servicios en el área de investigación y producción de las empresas Semillas del Campo S.A. y CCIPPP S.A., período de febrero a noviembre 2013”**; como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Marianna Mendoza Hernández

## ACTO QUE DEDICO

**A DIOS:** Por la vida y sabiduría que me ha regalado. Por darme a mis padres, abuelos, hermanos, sobrinos, amigos y grandes personas en la vida.

**A MI MADRE:** Que es mi ejemplo a seguir, la persona que más amo y admiro, la mujer que más me ha ayudado, apoyado, aconsejado, a la que le debo la vida, más que una madre para mí es mi mejor amiga. Por demostrarme su gran amor, confianza, paciencia y delicadeza, por comprenderme siempre y sacar lo mejor de mí. Todo mi esfuerzo, emprendimiento y sacrificio se lo he dedicado, dedico y dedicaré siempre con gran amor.

**A MI PADRE:** Por su gran apoyo y orientación incondicional y por todas las convivencias vividas.

**A MIS HERMANOS:** Ana Lucía Mendoza Hernández, María Regina Mendoza Hernández, Bernardo Samuel Mendoza Hernández porque siempre hemos luchado por nuestras metas dando lo mejor de nosotros mismos, por amarme tanto, por ser mis motores en la vida, siempre tengan presente que los amo infinitamente.

Bernice Jemimah Mendoza Marroquín y Ana Luisa Mendoza Marroquín, recuerden que con voluntad todo se puede en esta vida, la autoconfianza en nosotros mismos es una de las grandes armas.

**A MIS ABUELOS:** Elvira de Jesús Marcos y Juan Hernández (QEPD). Por darle la vida a mi madre preciosa, por enseñarme grandes valores y sobre todo porque ustedes son mi mayor ejemplo de la gran fe de la iglesia católica, siempre los llevo en mis pensamientos y en mi corazón.

A MIS SOBRINOS: Katherine Lucía Rosa Mendoza y Xavier Odokonyero con gran amor y ternura, por llenarme de alegría con solo saber de su existencia.

A FAMILIARES: Efraín Mendoza por su gran apoyo. Julio Hernández por sus consejos, confianza y aprecio.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la FAUSAC y USAC

Por darme la educación profesional y el privilegio de ser una representante egresada de la Facultad de Agronomía y de la gloriosa Universidad de San Carlos de Guatemala “CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CAETERAS ORBIS CONSPICUA”.

A mis amigos

Keyla Vasti Patzán Boch, Marvin Mateo Pec Hernández, Gabriela Guzmán, Irene Flores, Ligia Monzón Chajón, Katherine de León Mendoza, José Luis González Fajardo por ser los creadores de grandes sonrisas, gracias por su amistad!

A personas que me han apoyado de corazón

Abigail Marroquín, Raquel Pineda, Irma Rosales, Mario González padre, Mario González hijo, Wendy Castillo, Claudia González, Catalina de Rosales, Glendy Bran, Audelina Rosales, Xiomara Rosales, Leticia de Rosales, María de los Angeles Rosales y familia, Rodolfo Rosales y familia, María Rosales y familia; gracias por el gran apoyo y amistad.

Al personal académico y administrativo de la FAUSAC

Doris Márquez, don Armando, y en especial a los Ingenieros Udine Aragón, Juan Herrera, Marino Barrientos, Manuel Martínez, Lauriano Figueroa y Marco Vinicio Fernández.

A mis supervisores y asesores.

Edgar Franco, David Monterroso, Wener Ochoa, gracias por el apoyo con gran dedicación y solidaridad.

A POPOYÁN

Por darme la oportunidad de realizar mi EPS, gracias por el apoyo brindado en especial al Ing. Francisco Viteri, Ignacio Viteri, Inga. Claudia Moreno, Ing. Joaquín Melgar, Ing. Carlos Villagrán, Alfredo Girón, Edgar Montenegro, Luis Quiñonez, Alba López y Lusvin Jiménez.



## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
RESUMEN .....	IX
CAPÍTULO I .....	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	3
1.2.1 Ubicación de las empresas Semillas del Campo, S.A., Y CCIPPP, S.A. ....	3
1.2.2 Misión.....	3
1.2.3 Visión .....	3
1.2.4 Política de calidad y seguridad alimentaria .....	3
1.3 OBJETIVOS .....	4
1.3.1 GENERAL.....	4
1.3.2 ESPECÍFICOS.....	4
1.4 METODOLOGÍA .....	5
1.4.1 Recopilación de información de fuentes primarias.....	5
1.4.1.1 Observación:.....	5
1.4.1.2 Entrevistas personales.....	5
1.4.2 Recopilación de información de fuentes secundarias .....	5
1.4.3 Análisis de la información .....	5
1.5 RESULTADOS.....	6
1.5.1 Generalidades por proyecto de la finca “El Valle” .....	6
1.5.1.1 Proyecto El Valle.....	6
1.5.1.2 Proyecto Cecilio Y CCIPPP .....	7
1.5.1.3 Proyecto Río .....	9
1.5.2 Sustrato.....	10
1.5.3 Metas de producción.....	10
1.5.4 Densidad.....	10
1.5.5 Ciclo del cultivo y trasplante.....	10
1.5.6 Tutorado.....	11
1.5.7 Área de riego .....	11
1.5.7.1 Orden de mezclas de fertilizantes.....	11
1.5.7.2 Riego .....	12
1.5.7.3 Capacidad del sistema de riego.....	12
1.5.7.4 Número de riegos por hora de acuerdo a la irradiación .....	13
1.5.7.5 Drenaje .....	13
1.5.7.6 Estaciones de riego y drenaje.....	13
1.5.7.7 Recirculado del agua de drenaje .....	14
1.5.7.8 Esquema Integral de riego .....	15
1.5.7.9 Actividades en el área de riegos .....	16
1.5.8 Variables Climáticas.....	16
1.5.9 Tipo de soporte de growbags.....	16
1.5.10 Desinfección.....	16
1.5.11 Polinización .....	17
1.5.12 Manejo del cultivo de tomate .....	19
1.5.13 Manejo del cultivo de pimiento .....	23

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
1.5.14 Limpieza final de la temporada.....	25
1.5.15 Fitosanidad.....	26
1.5.15.1 Agentes de control biológico.....	26
1.5.15.2 Plagas, enfermedades, bacterias y virus de importancia económica en el cultivo de tomate .....	26
1.5.15.2.1 Plagas.....	26
1.5.15.2.2 Enfermedades .....	27
1.5.15.2.3 Bacterias.....	27
1.5.15.2.4 Virus .....	27
1.5.15.3 Plagas, Enfermedades y virus de importancia económica en el cultivo de pimiento.....	27
1.5.15.3.1 Plagas.....	27
1.5.15.3.2 Enfermedades .....	27
1.5.15.3.3 Virus .....	28
1.5.15.4 Actividades en el área de fitosanidad .....	28
1.5.16 Área de Investigación .....	28
1.5.17 Principales causas de rechazo en frutos de tomate .....	29
1.5.17.1 Pared gris .....	29
1.5.17.2 Cracking o agrietamiento .....	29
1.5.17.3 Russeting.....	30
1.5.17.4 Podredumbre apical ó Blossom End Rot .....	31
1.5.17.5 Hombros amarillos .....	31
1.5.17.6 Manchas del fruto (pox and gold).....	32
1.5.17.7 Daño mecánico .....	32
1.5.17.8 Daño por Ethrel.....	32
1.5.17.9 Frutos deformes.....	33
1.5.17.10 Puffines .....	33
1.5.17.11 Fruto cremallera ó zippering.....	34
1.5.17.12 Rayas de zebra .....	35
1.5.17.13 Daño por insectos .....	35
1.5.17.14 Daño por ácaros.....	37
1.5.18 Principales causas de rechazo en frutos de pimiento.....	38
1.5.18.1 Blossom end Rot ó pudrición apical.....	38
1.5.18.2 Quemaduras de sol.....	39
1.5.18.3 Cracking.....	39
1.5.18.4 Manchas en los frutos .....	40
1.5.18.5 Frutos deformes.....	41
1.5.18.6 Fumagina .....	41
1.5.18.7 Daño mecánico .....	41
1.5.18.8 Stip.....	41
1.5.18.9 Daño por insectos .....	42
1.5.19 ANÁLISIS FODA .....	45
1.6 CONCLUSIONES .....	46
1.7 BIBLIOGRAFÍA .....	47

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
CAPÍTULO II INFORME DE INVESTIGACIÓN .....	50
2.1 INTRODUCCIÓN .....	51
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	52
2.3 MARCO TEÓRICO .....	53
2.3.1 Clasificación y descripción botánica del tomate .....	53
2.3.2 Hidroponía .....	54
2.3.3 Sustrato y sus propiedades.....	54
2.3.3.1 Sustrato .....	55
2.3.3.1.1 Sustrato de fibra de coco fina.....	56
2.3.3.1.2 Sustrato de fibra de coco gruesa.....	57
2.3.4 Fertirriego.....	58
2.3.5 Polinización en el cultivo de tomate .....	59
2.3.6 Condiciones climáticas.....	59
2.3.7 Manejo de plantación .....	60
2.3.8 Cosecha.....	60
2.3.8.1 Ethrel .....	62
2.3.9 Parámetros de producción .....	62
2.3.10 Principales plagas y enfermedades.....	63
2.3.10.1 Mosca blanca.....	63
2.3.10.2 Trips.....	63
2.3.10.3 Araña roja ( <i>Tetranychus urticae</i> ).....	63
2.3.10.4 Cenicilla ( <i>Leveillula taurica</i> ) .....	64
2.3.10.5 Oidiopsis u Oidio ( <i>Oidiopsis taurica</i> ) .....	64
2.3.10.6 Botrytis ( <i>Botrytis cinerea</i> ).....	64
2.3.10.7 Tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> ) .....	65
2.3.10.8 Alternaria ( <i>Alternaria solani</i> ) .....	65
2.3.10.9 Fusarium ( <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. lycopersici).....	66
2.3.10.10 Pythium ( <i>Pythium</i> sp.) .....	66
2.3.10.11 Verticillum ( <i>Verticillum dahliae</i> ) .....	66
2.3.10.12 Cáncer bacteriano del tomate ( <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. michiganensis).....	67
2.3.10.13 Mancha negra del tomate ( <i>Ralstonia solanacearum</i> ) .....	67
2.3.10.14 Erwinia ( <i>Erwinia carotovora</i> ).....	67
2.3.10.15 Virus del mosaico del tomate (ToMV) .....	68
2.3.10.16 Virus del mosaico del tabaco TMV .....	68
2.3.10.17 Virus del bronceado del tomate (TSWV) .....	68
2.3.11 El CO <sub>2</sub> y la fotosíntesis.....	69
2.3.12 Factores ambientales que intervienen en la fotosíntesis.....	71
2.3.12.1 Temperatura .....	71
2.3.12.2 Dióxido de carbono .....	71
2.3.12.3 Luz.....	72
2.4 MARCO REFERENCIAL.....	73
2.4.1 Ubicación geográfica de la Finca “El valle” .....	73
2.4.2 Vías de acceso .....	73
2.4.3 Área de producción de los invernaderos de la empresa Semillas del Campo S.A. ....	73

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
2.4.4 Condiciones climáticas de los invernaderos de la empresa Semillas del Campo S.A.....	73
2.4.5 Cultivos .....	73
2.4.5.1 Variedad .....	73
2.4.5.2 Densidad de plantación .....	74
2.4.6 Polinización.....	74
2.4.7 Ciclo del cultivo .....	74
2.4.8 Fuentes hídricas y sistema de fertirriego de la empresa Semillas del Campo S.A. ....	74
2.5 OBJETIVOS .....	75
2.5.1 General.....	75
2.5.2 Específicos.....	75
2.6 HIPÓTESIS.....	75
2.7 METODOLOGÍA .....	75
2.7.1 Manejo del cultivo .....	75
2.7.2 Unidad de muestreo.....	76
2.7.3 Descripción de los tratamientos .....	76
2.7.4 Diseño experimental .....	77
2.7.5 Croquis.....	77
2.7.6 Variables de respuesta .....	77
2.7.7 Toma de datos .....	78
2.7.7.1 Variables.....	78
2.7.7.2 Ingreso de datos .....	78
2.7.8 Análisis de la información .....	79
2.8 RESULTADOS.....	80
2.8.1 Rendimiento en kg/m <sup>2</sup> .....	80
2.8.2 Racimos cosechados.....	81
2.8.3 Peso promedio de racimo .....	83
2.8.4 Crecimiento promedio semanal por eje.....	84
2.8.5 Beneficio económico de la provisión de CO <sub>2</sub> .....	84
2.8.6 Discusión .....	85
2.9 CONCLUSIONES .....	86
2.10 RECOMENDACIONES.....	86
2.11 RECURSOS .....	87
2.12 BIBLIOGRAFÍA.....	88
2.13 ANEXOS.....	91
2.13.1 Análisis estadístico de rendimiento .....	93
2.13.2 Análisis estadístico de racimos cosechados .....	95
2.13.3 Análisis estadístico de peso promedio de racimo.....	96
2.13.4 Análisis estadístico de crecimiento semanal .....	98
CAPÍTULO III INFORME DE SERVICIOS.....	102
3.1 PRESENTACIÓN.....	103
3.2 SERVICIO UNO: UNIFICACIÓN, ORDENAMIENTO E INGRESO DE PARÁMETROS DE 14 BASES DE DATOS DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA CCIPPP S.A.....	104
3.2.1 Problema.....	104

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
3.2.2 Objetivos .....	104
3.2.3 Metodología .....	104
3.2.4 RESULTADOS.....	105
3.2.4.1 Bases de datos iniciales .....	105
3.2.4.1.1 Tomates .....	105
3.2.4.1.2 Pimientos.....	107
3.2.4.2 Base de datos actual .....	108
3.2.4.2.1 Referencias .....	108
3.2.4.2.2 Hojas de ingreso de datos de tomate y pimiento.....	109
3.3 SERVICIO DOS: ELABORACIÓN DE FICHAS TÉCNICAS DE CADA VARIEDAD.....	112
3.3.1 Problema.....	112
3.3.2 Objetivo.....	112
3.3.3 Metodología .....	112
3.3.4 RESULTADOS.....	113
3.4 SERVICIO TRES: EVALUACIÓN DE CUATRO TIPOS DE PROFUNDIDAD DE PILÓN Y DOS TIPOS DE ESTADO DE GROWBAGS EN PIMIENTO ( <i>Capsicum annum</i> ) TIPO BLOCKY VARIEDAD FASCINATO, FINCA EL VALLE, NUEVA SANTA ROSA.....	116
3.4.1 Problema.....	116
3.4.2 Objetivo.....	116
3.4.3 Hipótesis .....	116
3.4.4 Metodología .....	116
3.4.4.1 Unidad de muestreo.....	116
3.4.4.2 Descripción de los tratamientos .....	117
3.4.4.3 Modelo estadístico .....	117
3.4.4.4 Croquis .....	117
3.4.4.5 Variables de respuesta .....	118
3.4.4.6 Toma de datos .....	118
3.4.4.7 Análisis de la información .....	118
3.4.5 RESULTADOS.....	118

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Cuadro 1: Niveles de polinización de abejorros en flores de tomate.....	18
Cuadro 2: Análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) de las empresas Semillas del Campo S.A. y CCIPPP, S.A.....	45
Cuadro 3: Descripción del grado de maduración en tomates.....	61
Cuadro 4: Formato de cosecha de tomate en racimo. ....	91
Cuadro 5: Formato de variables morfológicas.....	92
Cuadro 6: Esquema de base de datos de cosecha.....	92
Cuadro 7: Esquema de base de datos de variables morfológicas.....	92
Cuadro 8: Rendimiento (kg/m <sup>2</sup> ) promedio semanal de los tratamientos. ....	92
Cuadro 9: Prueba de hipótesis de la media en el rendimiento de tomate. ....	93
Cuadro 10: Resumen de cálculos de los beneficios económicos al utilizar la provisión de CO <sub>2</sub> . ....	94
Cuadro 11: Número de racimos cosechados semanales de los tratamientos. ....	94
Cuadro 12: Prueba de hipótesis para el número de racimos cosechados. ....	95
Cuadro 13: Peso promedio del racimo de tomate por tratamiento por semana. ....	96
Cuadro 14: Prueba de hipótesis para el peso promedio de racimo en ambos tratamientos.....	97
Cuadro 15: Crecimiento semanal de ejes (cm). ....	98
Cuadro 16: Prueba de hipótesis para el crecimiento semanal de la planta de tomate. ....	99
Cuadro 17: Base de datos inicial de cosecha del cultivo de tomate.....	106
Cuadro 18: Continuación de la base de datos inicial de tomate.....	106
Cuadro 19: Base de datos inicial de cosecha del cultivo de pimiento. ....	107
Cuadro 20: Continuación de la base de datos inicial de cosecha del cultivo de pimiento.....	107
Cuadro 21: Datos generales de referencia.....	108
Cuadro 22: Hoja de la base de datos de Excel creada para el ingreso de datos de cosecha del cultivo de tomate. ....	110
Cuadro 23: Hoja de la base de datos de Excel creada para el ingreso de datos de cosecha del cultivo de pimiento.....	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 1: Vista satelital de la finca “El Valle” .....	3
Figura 2: Croquis del proyecto "El Valle" .....	6
Figura 3: Croquis de los proyectos Cecilio y CCIPPP .....	8
Figura 4: Croquis del proyecto Río .....	9
Figura 5: Máquina de riego de Priva Nutri-fit .....	12
Figura 6: Medidas de la salida del drenaje en el growbag. ....	13
Figura 7: Estación de riego y drenaje .....	14
Figura 8: Máquina de recirculado del agua de drenaje Priva Vialux.....	14
Figura 9: Esquema integral de riego. ....	15
Figura 10: Colmena de abejorros para la polinización de tomates.....	17
Figura 11: Racimos de tomate en cajas Sonora.....	20
Figura 12: Carretón, capacidad 110 cajas Sonora. ....	20
Figura 13: Decisiones sobre los seis niveles de floración y fructificación en pimientos.....	24
Figura 14: Frutos con pared gris. ....	29
Figura 15: Agrietamiento radial y concéntrico. ....	30
Figura 16: Fruto con russeting.....	30
Figura 17: Frutos de tomate con podredumbre apical.....	31
Figura 18: Frutos con hombros amarillos. ....	31
Figura 19: Fruto de tomate con manchas del fruto (pox and gold). ....	32
Figura 20: Frutos de tomate deformes. ....	33
Figura 21: Frutos con puffines.....	34
Figura 22: Frutos con cremallera ó zippering. ....	34
Figura 23: Fruto de tomate con rayas de zebra.....	35
Figura 24: Daño de un fruto de tomate a causa de una ovoposición de trips.....	36
Figura 25: Manifestación del virus TSWV en los frutos. ....	36
Figura 26: Color no uniforme a causa de daño de mosca blanca. ....	37
Figura 27: Daño del ácaro del bronceado del tomate en frutos de tomate.....	37
Figura 28: Fruto de pimiento con blossom end rot. ....	38
Figura 30: Frutos de pimiento con cracking.....	39
Figura 29: Fruto de pimiento con quemaduras de sol. ....	39
Figura 31: fruto de pimiento con manchas amarillas en los frutos.....	40
Figura 32: Precipitados de oxalato de calcio en la epidermis del fruto de pimiento. ....	40
Figura 33: Fruto deforme de pimiento. ....	41
Figura 34: Frutos de pimiento con stip. ....	42
Figura 35: Virus TSWV en frutos de pimiento. ....	42
Figura 36: Maduración irregular en frutos de pimiento. ....	42
Figura 37: Daños causados por pulgón en hojas y frutos de pimiento. ....	43
Figura 38: Perforación del picudo del chile en el fruto.....	43
Figura 39: Daño de chiles provocado por ácaro blanco. ....	44
Figura 40: Partículas de un sustrato fino (Arriba) y un sustrato grueso (abajo).....	57
Figura 41: Medidas del sustrato. ....	58
Figura 42: Grados de maduración del fruto de tomate. ....	61
Figura 43: Tanques de fertilizantes de Semillas del Campo, S.A.....	74

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 44: Distribución de los tratamientos de la evaluación. ....	77
Figura 45: Prueba de t para el rendimiento en kg/m <sup>2</sup> acumulados en la producción.....	93
Figura 46: prueba de t para el número de racimos cosechados durante 15 semanas de producción. ....	96
Figura 47: Prueba de t para la variable peso promedio de racimo de tomate. ....	97
Figura 48: Prueba de t del crecimiento promedio semanal de la planta de tomate. ....	99
Figura 49: Invernaderos de la “Finca el Valle”, Nueva Santa. ....	100
Figura 50: Ventilación interna (Tratamiento sin provisión de CO <sub>2</sub> ). ....	100
Figura 51: Ventilador utilizado en el tratamiento 2 (provisión de CO <sub>2</sub> ). ....	100
Figura 52: Unidad experimental identificada, en el lado de abajo se visualiza la manga de polietileno. ....	100
Figura 53: Filtro del sistema de CO <sub>2</sub> . ....	100
Figura 54: Pantalla lectora de CO <sub>2</sub> . ....	100
Figura 55: Caja climática dentro del invernadero. ....	101
Figura 56: Peso de los racimos en función de las unidades experimentales. ....	101
Figura 57: Ficha técnica de una variedad de pimiento. ....	114
Figura 58: Ficha técnica de una variedad de tomate.....	115
Figura 59: Croquis del experimento.. ....	117
Figura 60: Análisis de la varianza y prueba de tukey de los resultados del servicio 3. ....	119
Figura 61: Plantas de pimiento con growbag nuevo y profundidad del pilón de 25%. ....	120

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Gráfica 1: Rendimiento semanal en kg/m <sup>2</sup> .....	80
Gráfica 2: comportamiento del número de racimos/m <sup>2</sup> promedio semanal. ....	82
Gráfica 3: Comportamiento semanal del peso promedio del racimo. ....	83
Gráfica 4: Comportamiento semanal de la variable crecimiento del eje semanal (cm). ....	84

## RESUMEN

El informe integrado lo componen tres documentos: el diagnóstico, la tesis y tres servicios que fueron elaborados en la fase del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, contiene información sobre las empresas Semillas del Campo S.A. y CCIPPP S.A. ubicadas en la finca “El Valle”, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, C.A.

El diagnóstico está conformado de información sobre tres proyectos destinados a la producción de los cultivos de tomate y pimiento y un proyecto destinado a la producción e investigación de los cultivos de tomate y pimiento. Para elaborar este informe se realizaron entrevistas a los productores, técnicos y supervisores de las empresas. Se determinaron los problemas por medio de un análisis FODA, en el cual se identificaron las debilidades para determinar el proyecto de investigación y los servicios a realizar.

El proyecto de investigación fue la evaluación del efecto de la provisión de dióxido de carbono por medio del sistema de ventilación sobre el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum*), hidropónico bajo condiciones de invernadero. Se concluyó que el efecto de la provisión de dióxido de carbono en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero incrementa el rendimiento, peso promedio de racimo, número de racimos cosechados y el beneficio económico. Por otro lado, sin provisión de dióxido de carbono en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero, se incrementa la altura de la planta.

Se realizaron tres servicios, el primero consistió en la unificación, ordenamiento e ingreso de parámetros de 14 bases de datos del área de investigación en el CCIPPP, S.A. El segundo fue la elaboración de fichas técnicas de cada variedad del área de investigación del CCIPPP, S.A. y el tercero consistió en la evaluación de cuatro tipos de profundidad de pilón y dos tipos de estado de growbags en pimiento (*Capsicum annum*) tipo blocky variedad Fascinato, bajo condiciones de casa malla.





GUATEMALA, OCTUBRE 2014

## 1.1 PRESENTACIÓN

La exportación de tomate (*Solanum lycopersicum*) en Guatemala hacia el mercado estadounidense en el período 2011-2013 alcanzó el monto de 69.3735 millones de US\$ (Banco de Guatemala, 2014). Cada año se han incrementado las áreas de producción de tomate a nivel nacional, de 100 hectáreas a nivel del país, Santa Rosa tiene 40 hectáreas en producción de tomate y otros cultivos hortícolas bajo condiciones de invernaderos (Lemus, 2013).

Las empresas Semillas del campo, S.A., y CCIPPP, S.A. se ubican en la finca “El Valle”, kilómetro 77, municipio de Nueva Santa Rosa.

Semillas del campo, S.A., es una empresa de producción de tomate y chile pimiento hidropónicos bajo condiciones de casas mallas e invernaderos, con 15.2814 y 3.5537 hectáreas respectivamente (área neta).

CCIPPP, S.A. es una empresa destinada a la capacitación, innovación, investigación y producción de tomate y chile pimiento hidropónico bajo condiciones de invernadero. Tiene un área neta de producción de 2.06765 hectáreas y 0.23826 hectáreas destinadas a investigación con un enfoque a la innovación sostenible, para generar impactos positivos en el desarrollo hortícola de Guatemala. Las necesidades del CCIPPP se basan en el incremento de la producción de los cultivos de tomate y chile pimiento hidropónicos con base a variedades, fertirriego, agentes de control biológico, agroquímicos, productos de origen natural, sustratos, tutorados, manejo del cultivo, fertilizantes, densidades, polinización, patrones y fisiopatías en los cultivos.

El objetivo del diagnóstico es analizar la problemática encontrada en las empresas para la elaboración de un proyecto de investigación y un plan de servicios.

Para la elaboración del documento se realizó un reconocimiento del área de trabajo, entrevistas al equipo de trabajo de la empresa, revisión de literatura para fundamentar la información se realizó una síntesis de toda la información.

## 1.2 MARCO REFERENCIAL

### 1.2.1 Ubicación de las empresas Semillas del Campo, S.A., Y CCIPPP, S.A.

Las empresas Semillas del campo, S.A., y CCIPPP, S.A. se ubican en la finca “El Valle”, kilómetro 77 municipio de Nueva Santa Rosa, en las coordenadas 12°39’39” de latitud norte y 94°22’00” de longitud este, con una altitud de 1025 msnm (Ronquillo, 2010). En la figura 1 se observa una vista satelital de la finca “El Valle”.



**Figura 1:** Vista satelital de la finca “El Valle”.

Fuente: Google Earth.

### 1.2.2 Misión

Producir vegetales en condiciones hidropónicas al menor costo posible por caja, cumpliendo los estándares de inocuidad y calidad exigidos por nuestros clientes (Lemus, J. 2013).

### 1.2.3 Visión

Ser una empresa diversificada en la producción y comercialización de vegetales, atractiva en el mercado, con crecimiento e innovación continua y responsabilidad social corporativa (Lemus, J. 2013).

### 1.2.4 Política de calidad y seguridad alimentaria

En Semillas del campo S.A. (CCIPPP) producimos y comercializamos vegetales comprometidos a proveer alimentos inocuos y de calidad, cumpliendo con los requerimientos de nuestros clientes, accionistas, colaboradores y otras regulaciones, orientados a la mejora continua de nuestros procesos (Lemus, J. 2013).

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 GENERAL**

Conocer la situación actual de producción e investigación de las empresas Semillas del Campo, S.A. y CCIPPP, S.A.

#### **1.3.2 ESPECÍFICOS**

Identificar los principales problemas en el área de producción e investigación.

Analizar la problemática encontrada para la elaboración de un proyecto de investigación y un plan de servicios.

## **1.4 METODOLOGÍA**

Para realizar el diagnóstico, se recopiló información de fuentes primarias y secundarias realizando los siguientes pasos:

### **1.4.1 Recopilación de información de fuentes primarias**

La recopilación de información de fuentes secundarias se llevó a cabo en las áreas de producción e investigación de las empresas Semillas del Campo, S.A., y CCIPPP, S.A., recopilando datos in situ sobre el manejo de los cultivos de tomate y chile pimiento hidropónico, fechas del ciclo de producción, variedades, fertirriego, agentes de control biológico, agroquímicos, productos de origen natural, sustratos, tutorados, manejo del cultivo, fertilizantes, densidades, polinización, patrones y fisiopatías en los cultivos.

#### **1.4.1.1 Observación:**

La técnica de la observación se llevó a cabo por medio de un reconocimiento de la finca “El Valle”, en donde se determinaron los principales problemas en específico por cada cultivo y área.

#### **1.4.1.2 Entrevistas personales**

Esta técnica se realizó con los líderes, técnicos y supervisores de las áreas de producción e investigación con el fin de obtener opiniones sobre la situación actual en ambas empresas, metas de producción y datos basados en experiencias personales.

### **1.4.2 Recopilación de información de fuentes secundarias**

Se recopiló información de fuentes bibliográficas que se han generado en la finca, informes técnicos de Peritos Agrónomos, registro de generalidades, variables y parámetros que inciden en la producción de los cultivos

Investigación vía electrónica como complemento en la fundamentación de algunas variables.

### **1.4.3 Análisis de la información**

En esta fase se priorizaron los problemas encontrados para poder plantear una solución en un plan de servicios y proyecto de investigación.

## 1.5 RESULTADOS

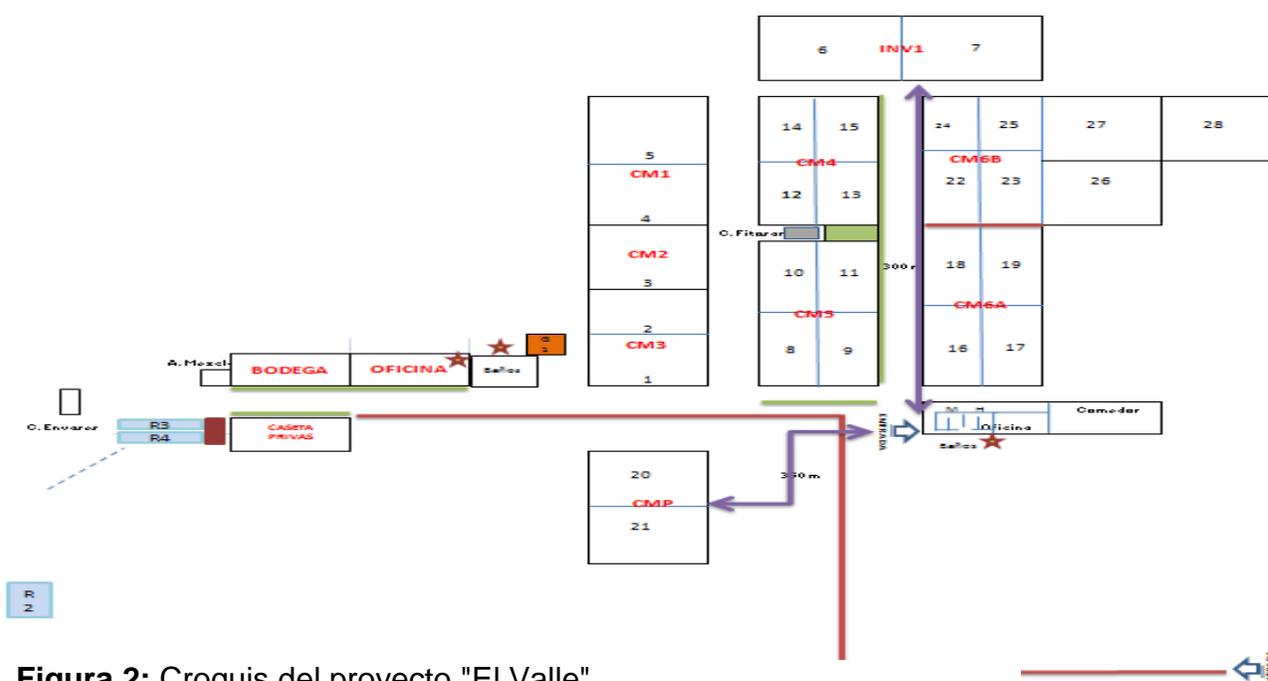
### 1.5.1 Generalidades por proyecto de la finca “El Valle”

La finca “El Valle” tiene un área de 21 hectáreas de casas mallas e invernaderos que se dividen en 4 proyectos, el proyecto El Valle, Cecilio y Río pertenecen a las empresas Semillas del Campo S.A. y el proyecto CCIPPP pertenece a la empresa CCIPPP S.A.

#### 1.5.1.1 Proyecto El Valle

El proyecto el Valle está constituido por 7 casas mallas y un invernadero que suman 8.9621 hectáreas destinadas a la producción de tomate tipo TOV variedad Clermon y Clinchy, tomate tipo saladette variedad Nowara, chile pimiento tipo BLOCKY variedad Fascinato y Orangery, tomate tipo Cherry variedad conchita. El sistema de riego se hace a través de máquinas Nutrifit de fertirriego que distribuyen las mezclas de fertilizantes en las 28 válvulas de riego. En la figura 2 se observa el croquis del proyecto “El Valle”.

El proyecto está conformado por las áreas de producción, fitosanidad, administrativa y fertirriego.



**Figura 2:** Croquis del proyecto "El Valle".

Fuente: Villagrán, 2013.

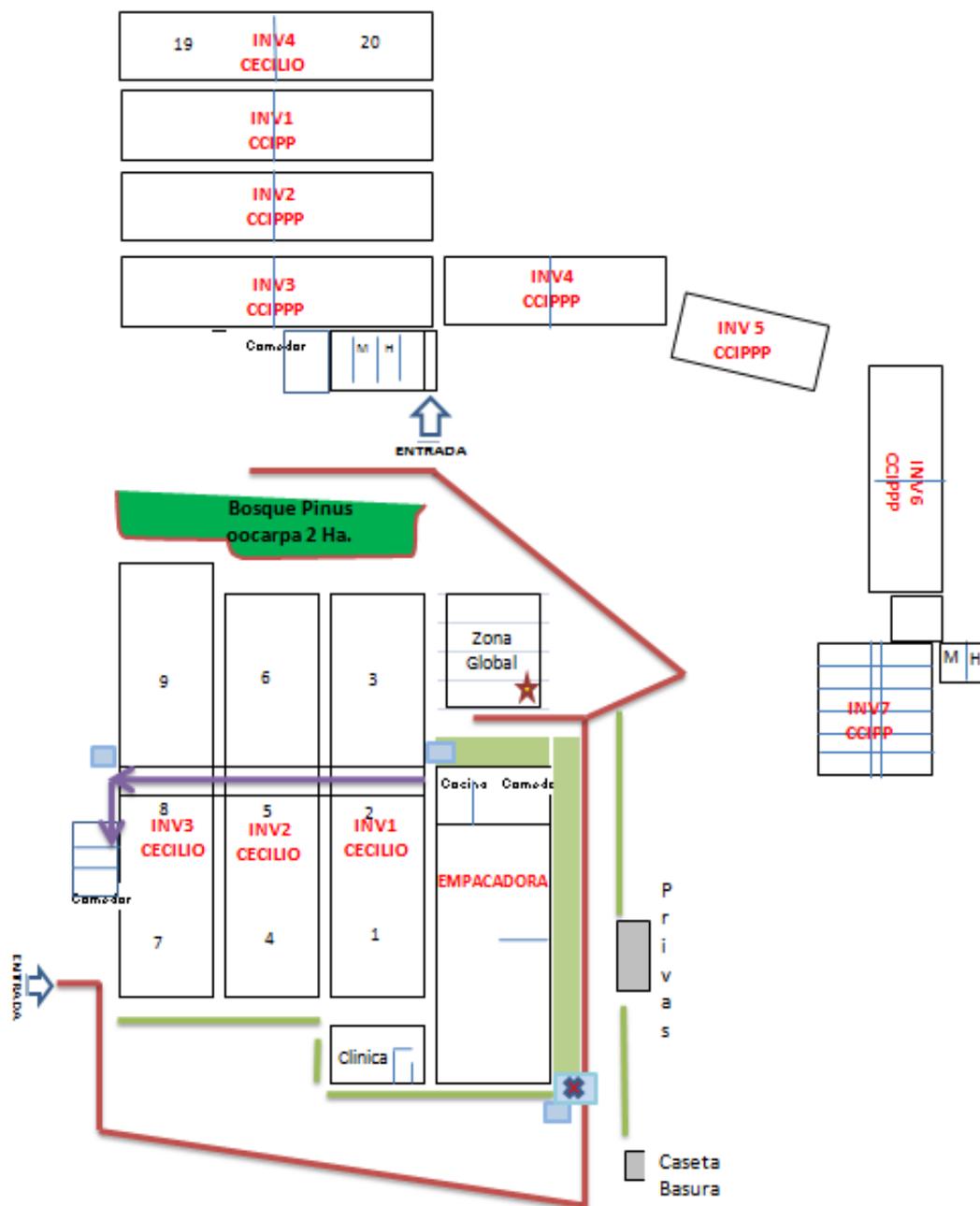
### **1.5.1.2 Proyecto Cecilio Y CCIPPP**

En la figura 3 se observa el croquis de ambos proyectos, los cuales están conformados por las áreas de producción, investigación, capacitación, fitosanidad, administrativa y fertirriego. La planta empacadora tiene sus instalaciones entre ambos proyectos y está dividida en el área de recepción del producto, clasificación, empaque, cuarto frío y área de carga de los contenedores. Dentro de las instalaciones de estos proyectos se tiene el área de enfermería que está a disposición de todo el personal de la finca y un comedor general.

El proyecto Cecilio está conformado por 4 invernaderos destinados a la producción de Chile pimienta tipo Blocky variedad Tenato, Orangela y Fascinato y tomate tipo TOV variedad Clermon, el proyecto tiene 20 válvulas de riego que suman un área de 3.11304 hectáreas.

El Proyecto CCIPPP tiene 7 invernaderos hidropónicos y 5 macro-túneles, seis de los invernaderos son destinados a la producción de tomate tipo TOV variedad Clermon y tomate Cherry variedad Picolo, Angel Sweet, Sweetelle y Conchita, el área neta es de 2.06765 hectáreas y el invernadero número 7 tiene un área neta de 0.1884 hectáreas dividida en 12 módulos de 157 m<sup>2</sup> destinados a la investigación de casas comerciales en los cuales se evalúan productos químicos, densidades de siembra, evaluación de sustratos, variedades, patrones, resistencia, fertilizantes, estrategias de riego, sombreado, evaluación de estrategias de MIP, técnicas de manejo de la planta, técnicas de manejo cultural del cultivo, entre otras. Los macro-túneles tienen un área de 100 m<sup>2</sup> cada uno bajo sistema suelo y riego por goteo destinados a investigaciones de casas comerciales con variedades determinadas.

El CCIPPP tiene un edificio en el cual se realizan capacitaciones sobre cultivos en agricultura de precisión bajo condiciones de hidroponía y suelo, así como eventos de las casas comerciales que contratan los servicios de la empresa.



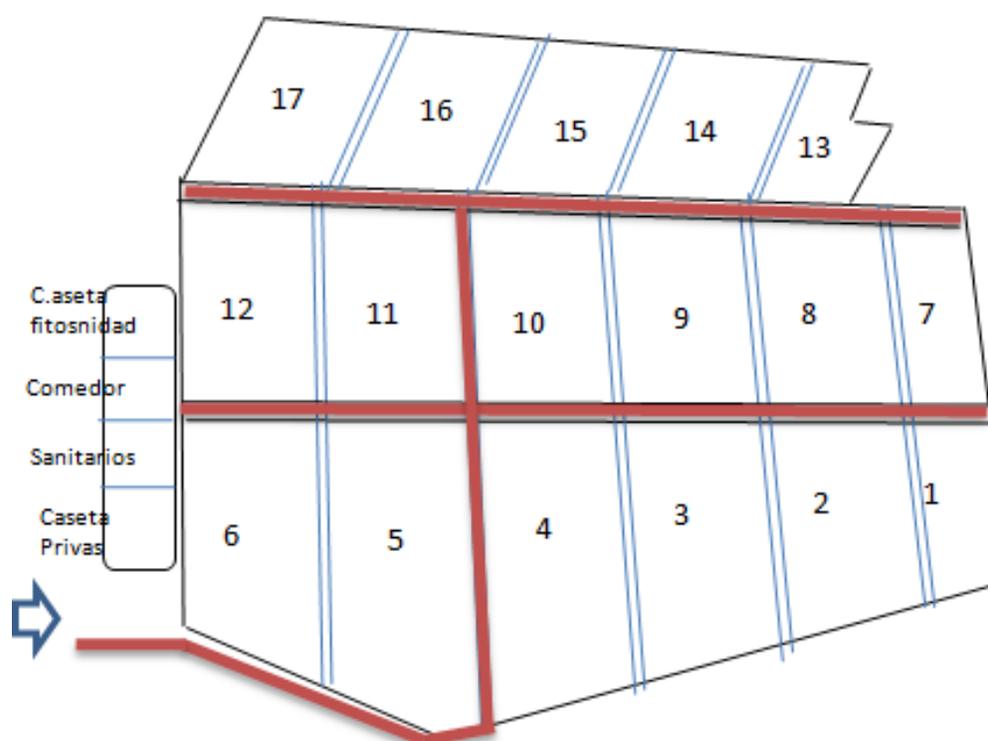
**Figura 3:** Croquis de los proyectos Cecilio y CCIPPP.

Fuente: Villagrán, 2013.

### 1.5.1.3 Proyecto Río

Este proyecto tiene un área de 6.70 hectáreas de producción divididas en 17 válvulas de riego. Se cultiva solamente tomate variedad Big Dena, Clermon y Clinchy bajo condiciones de hidroponía.

En la figura 4 se observa el croquis del proyecto Río, el cual está conformado por las áreas de producción, fitosanidad y fertirriego.



**Figura 4:** Croquis del proyecto Río.

Fuente: Villagrán, 2013.

### **1.5.2 Sustrato**

En la finca “El Valle” se utiliza sustrato de fibra de coco. Los growbags de sustrato de fibra de coco que se utilizan son Forteco Extra, Power, Profit, Maximum y Pelemix 70 - 40 y 70-30. Los growbags tienen las medidas 50 cm de largo, 20 cm de ancho y 12 cm de alto.

Los growbags son utilizados como máximo dos ciclos de producción, en el primer ciclo se utilizan para cualquier cultivo y en el segundo ciclo se rotan de cultivo, es decir si un lote de growbags fue utilizado en el primer ciclo en el cultivo de tomate, en el segundo ciclo se utiliza en el cultivo de pimiento y viceversa.

### **1.5.3 Metas de producción**

Los rendimientos que se exigen para la temporada de producción 2012-2013 son 35 kg/m<sup>2</sup> en tomate tipo TOV bajo condiciones de casa malla y 50 kg/m<sup>2</sup> bajo condiciones de invernadero, 15 kg/m<sup>2</sup> en pimiento tipo Blocky en casa malla y 20 kg/m<sup>2</sup> en invernadero y tomate Cherry 20 kg/m<sup>2</sup> en casa malla y 25 kg/m<sup>2</sup> en invernadero (Villagrán, 2013).

### **1.5.4 Densidad**

No existe información sobre investigaciones realizadas con densidades en la finca “El Valle”. Las densidades en las áreas de producción que actualmente se utilizan son las siguientes: en tomate TOV 2.85 ejes/m<sup>2</sup>, en pimiento 6.06 ejes/m<sup>2</sup> y en tomate tipo cherry 6.0 ejes/m<sup>2</sup> (Villagrán, 2013).

### **1.5.5 Ciclo del cultivo y trasplante**

El trasplante del cultivo de pimiento en la finca “El Valle” se realiza en los meses de junio y julio, dependiendo del tipo de área protegida. El ciclo finaliza entre abril y junio o en función del comportamiento del mercado estadounidense, al finalizar la producción se deja 30 días de veda para el inicio del próximo ciclo. El cultivo de pimiento comienza la producción a partir de la semana 13 del cultivo.

El trasplante del cultivo de tomate TOV y cherry en la finca “El Valle” se realiza de julio a agosto y el ciclo del cultivo finaliza de abril a mayo, al finalizar la producción se deja 30 días de veda para el inicio del próximo ciclo.

### **1.5.6 Tutorado**

Existen varios tipos de tutorados, los dos principales son: español y holandés. En ambos tutorados la rafia a utilizar es de color blanco.

El tutorado tipo español tiene como principio sostener las plantas a ambos lados de la hilera con rafia colocada a ambos lados de la línea horizontal que mantienen la vegetación más o menos compacta. Este tutorado lo utilizan para plantas de tomate y pimiento de crecimiento determinado, tal es el caso de los macrotúneles.

En el tutorado holandés se tutora los ejes principales que parten de la horqueta de la planta por medio de ganchos con rafia en el caso de tomate y solo rafia en pimientos que va sujeta en los cables (calibre 10) de soporte del cultivo. Este tipo de tutorado lo utilizan para plantas de tomate (15 metros de rafia/ciclo) y pimiento (8 metros de rafia/ciclo) de crecimiento indeterminado bajo condiciones de casas mallas e invernaderos.

### **1.5.7 Área de riego**

#### **1.5.7.1 Orden de mezclas de fertilizantes**

Las mezclas se realizan en dos tanques: "A" y "B". En el tanque A se mezclan los fertilizantes en el orden siguiente: nitrato de calcio, cloruro de calcio, cloruro de potasio, nitrato de potasio, urea, Fe DTPA, ácido nítrico, nitrato de amonio. En el tanque B se mezclan los fertilizantes en el orden siguiente: nitrato de potasio, cloruro de potasio, sulfato de magnesio, fosfato monopotásico, ácido fosfórico, solución de micronutrientes (cobre, molibdato, manganeso, zinc, solubor) y ácido nítrico. Por otro lado se prepara un tonel con solución de ácido fosfórico y agua (Lemus, 2013).

El sistema de fertirriego está conectado directamente hacia la máquina de priva Nutri-fit, la cual se visualiza en la figura 5. La máquina realiza mezclas de soluciones provenientes del tanque A y B para luego distribuir la solución según las recetas de riego que están en función de los requerimientos de los cultivos.



**Figura 5:** Máquina de riego de Priva Nutri-fit.

Fuente: Triest Engineering group.

### 1.5.7.2 Riego

El programa de riego será basado a la edad fenológica de cada cultivo, para dar comienzo a los riegos en plantas en fase de producción se tienen que cumplir las siguientes condiciones: un acumulado de 150 Jouls, un déficit de humedad de 1.30, pérdida de 8-10% de humedad obtenida después del último riego del día anterior. El último riego se realiza dos horas antes de la puesta del sol y tener de 100 a 150 Jouls después del penúltimo riego. En las soluciones de riego la conductividad eléctrica aceptable en tomate tipo TOV es de 2.8 a 3.2 dS/m y un pH de 5.5 a 6.0; en pimiento es de 2.5 a 3.0 dS/m y un pH de 5.5 a 6.0; en tomate cherry es de 3.0-3.2 dS/m y un pH de 5.5 a 6.0 (Villagrán, 2013).

### 1.5.7.3 Capacidad del sistema de riego

El sistema de riego debe tener la capacidad de regar con un caudal de 1.5 litros por metro cuadrado por hora, tener la versatilidad de realizar ciclos de riego tan cortos (a cada 7 minutos), tener la flexibilidad que otro equipo de riego pueda ir a regar las válvulas del sistema de agua en caso que un equipo falle (Villagrán, 2013).

#### 1.5.7.4 Número de riegos por hora de acuerdo a la irradiación

En función de la radiación así se recomienda el número de riegos por hora, en el cultivo de tomate a  $200 \text{ W/m}^2$  aplicar 1 riego, a  $600 \text{ W/m}^2$  aplicar 4 riegos, a  $800 \text{ W/m}^2$  aplicar 6 riegos y a  $1000 \text{ W/m}^2$  aplicar de 7 a 8 riegos por hora; en el cultivo de pimiento, a  $200 \text{ W/m}^2$  aplicar 1 riego, a  $600 \text{ W/m}^2$  aplicar 5 riegos, a  $800 \text{ W/m}^2$  aplicar 7 riegos y a  $1000 \text{ W/m}^2$  aplicar de 8 riegos por hora.

#### 1.5.7.5 Drenaje

El primer drenaje debe darse bajo las siguientes condiciones: después del tercer riego, al haberse acumulado  $400 \text{ Joules}$  ó  $600 \text{ W/m}^2$ , después de haber aplicado de  $0.75$  a  $1.0 \text{ L/m}^2$ , después de las 9:30 horas. En las soluciones de drenaje la conductividad eléctrica aceptable en el cultivo de tomate es de  $3.8$  a  $4.2 \text{ dS/m}$  y un pH de  $5.5$  a  $6.0$ ; en el cultivo de pimiento de  $3.5$  a  $4.0 \text{ dS/m}$  y un pH de  $5.5$  a  $6.0$ ; y en tomate cherry de  $4.0$  a  $5.0 \text{ dS/m}$  y un pH de  $5.5$  a  $6.0$ . En la figura 6 se visualizan las medidas de la apertura de la salida del drenaje en el sustrato, siendo  $1 \text{ cm}$  de ancho y  $6 \text{ cm}$  de largo, al centro del growbag que contiene el sustrato (Villagrán, 2013).



**Figura 6:** Medidas de la salida del drenaje en el growbag.  
Fuente: Villagrán, 2013.

#### 1.5.7.6 Estaciones de riego y drenaje

Por cada válvula se tiene una estación de riego y drenaje, en la figura 7 se visualiza una estación, que consiste en tener dos recipientes: uno donde se recolecta el riego con 4 a 8 estacas y otro donde se recolecta el drenaje de 3 growbags. Cada día se toma datos de volumen, pH y CE de riego y drenaje para realizar cambios en las estrategias de riego a diario.



**Figura 7:** Estación de riego y drenaje.

Fuente: Villagrán, 2013.

### 1.5.7.7 Recirculado del agua de drenaje

El recirculado del agua de drenaje se realiza por medio de una máquina de Priva llamada Vialux que se muestra en la figura 8, el Vialux permite desinfectar pequeñas y grandes cantidades de agua usando luz ultravioleta. La ventaja principal de utilizar el Vialux es la inactividad de hongos, bacterias, nemátodos y algunos virus, debido a la alteración en el ADN de los microorganismos (Priva).

El costo/m<sup>2</sup> en invernadero de fertilizante con agua sin recircular es de Q35.05 y con agua recirculada es de Q22.08, ahorrando Q12.97/m<sup>2</sup> en un ciclo de producción (Villagrán, 2013).

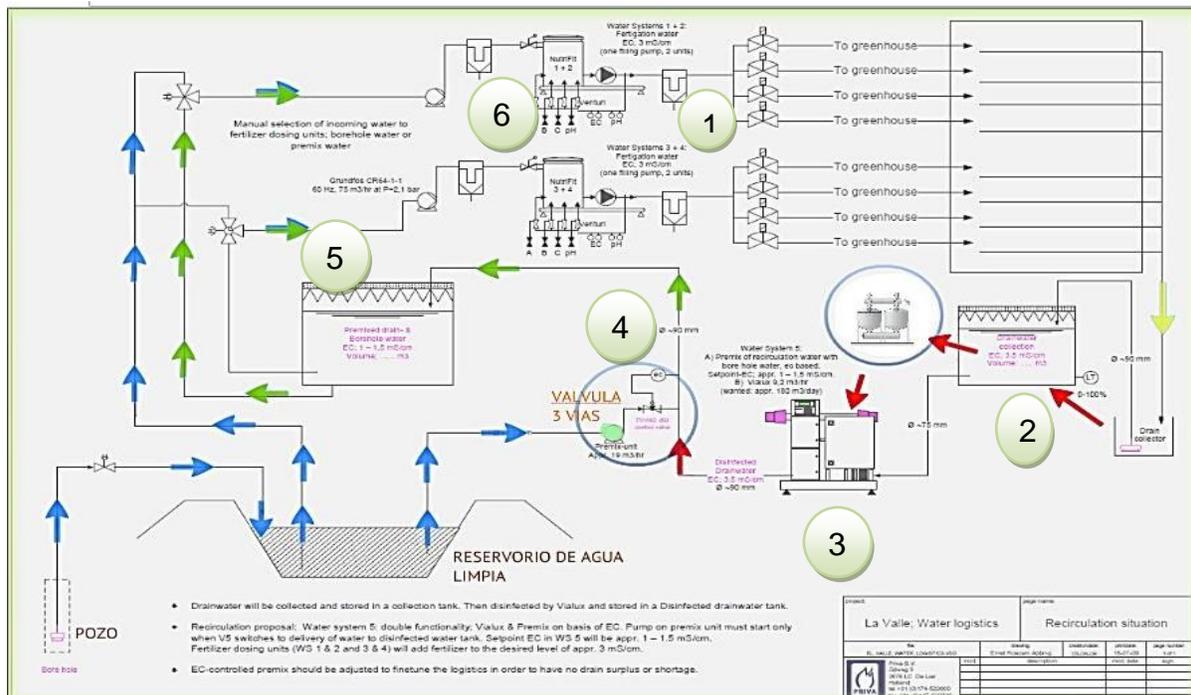


**Figura 8:** Máquina de recirculado del agua de drenaje Priva Vialux.

### 1.5.7.8 Esquema Integral de riego

En la figura 9 se tiene un esquema integral de riego dividido en 6 procedimientos fundamentales:

- ✓ Las máquinas de Nutri-fit priva toman solución madre tanque A Y B con una relación de agua 100:1, luego esta pasa por filtros para ser depositada en el sustrato a través de mangueras, goteros, tubines y estacas.
- ✓ Cada una de las camas de cultivo tiene una pendiente de 2% para poder recolectar la solución de drenaje que se almacena en un silo.
- ✓ La solución de drenaje sin tratar pasa por filtros de grava antes de pasar por el vialux que desinfecta la solución usando luz ultravioleta.
- ✓ Por medio de una válvula de 3 vías se conduce el agua recirculada y agua de pozo hacia otro silo que se mezcla según la CE deseada.
- ✓ Se programa para que a las máquinas Nutri-fit priva llegue la mezcla del silo (agua recirculada con agua de pozo) ó solo agua de pozo.



**Figura 9:** Esquema integral de riego.

Fuente: Villagrán, 2013.

### **1.5.7.9 Actividades en el área de riegos**

Cada día se realizan las siguientes actividades: el retrolavado, revisión del pH del agua del reservorio, supervisión del nivel de tanques de mezclas, realización de mezclas, supervisión del nivel de reservorio. Cada semana se realiza la revisión y limpieza de filtros. Cada mes se realiza la limpieza de mangueras, lecturas de uniformidad de riego y curvas de drenaje. Y al finalizar el ciclo se realiza una limpieza general de válvulas, tuberías, mangueras, estacas, máquinas de Nutri-fit Priva, Vía lux priva y reservorios. Otra actividad a realizar es la supervisión y reparación de tuberías.

### **1.5.8 Variables Climáticas**

Las variables climáticas que se monitorean en la finca El Valle son temperatura interna y externa, déficit de humedad, humedad relativa, precipitación, radiación y velocidad del viento. En tres invernaderos se tiene monitoreo de CO<sub>2</sub>.

### **1.5.9 Tipo de soporte de growbags**

En los sistemas de producción se tienen dos tipos de soporte de growbags, canaletas y tabiques.

### **1.5.10 Desinfección**

Esta actividad se realiza en la pre-siembra, siembra, manejo del cultivo, cosecha y post-cosecha. Los productos utilizados son Virkon a una dosis de 2 g/L para manos y 5 g/L para superficies, herramientas y tractores, y Chemprocide (amonio cuaternario al 30%) a una dosis de 3 cc/L para manos y 4-8 cc/L para superficies, herramientas y tractores. Otro producto utilizado es hipoclorito de calcio al 65% para la desinfección de sistema de riego, duroport y como producto alguicida, la dosis es de 50 a 400 ppm (Villagrán, 2013).

El cambio y llenado de pediluvios, rodoluvios y maniluvios es realizado por el encargado de inocuidad y limpieza. Para el caso del maniluvio, pediluvios y alfombras el cambio de la solución desinfectante debe de realizarse dos veces por día o menos tiempo si así lo amerita. Para rodoluvios el cambio se hará cada dos días o menos tiempo si así lo amerita (lunes, miércoles y viernes). La actividad consiste en eliminar el agua sucia del recipiente en su respectivo drenaje, lavarlo, llenarlo de agua y por ultimo suministrar la dosis del desinfectante.

### 1.5.11 Polinización

La polinización en tomate TOV y cherry se realiza con abejorros polinizadores (*Bombus impatiens*). En la figura 10 se observa una colmena de abejorros, los números que se visualizan corresponden a semanas del año de entrada y salida de la colmena, en la semana 51 se ingresa la colmena al cultivo y en la semana 10 del año es la salida de esta colmena.



**Figura 10:** Colmena de abejorros para la polinización de tomates.

En general la vida útil de la colmena es de 10 a 14 semanas. La primera introducción se realiza en la semana 3, un refuerzo 3 semanas después y luego introducciones a cada 4 semanas, En TOV se realizan introducciones de manera que al final de ciclo se coloquen un total de 25 colmenas/ha en 7 introducciones, (Un ejemplo sería (6, 4, 3, 3, 3, 3, 3 colmenas/ha), y en Cherry un total de 30 colmenas/ha en 7 introducciones (9, 4, 3, 4, 3, 4, 3 colmenas/ha), siempre tomando en cuenta que las introducciones deben planearse de tal forma que exista una polinización por encima del 90% en grado 2.

En función del número de visitas que haya tenido la flor, esta tendrá más o menos color café en sus anteras. En el cuadro 1 aparecen los niveles de polinización enumerados del 0 al 3. El nivel de polinización se puede observar directamente en las flores abiertas del último racimo sin necesidad de arrancarlas. Se realizan muestreos una vez por

semana para determinar el porcentaje de polinización, recolectando de 50 a 100 flores por estructura, una buena polinización con abejorros debe dar no menos del 90% de polinización con grado 2.

**Cuadro 1:** Niveles de polinización de abejorros en flores de tomate.

Nivel	Características	Flores
0	Sin polinizar, Las flores no tienen ninguna marca.	
1	Bajo / Ligeramente: Las flores tienen muy pocas marcas y no se notan a simple vista pues son muy pocas muy ligeras o solo una.	
2	Medio: Las flores tienen varias marcas pero no se ven muy oscuras, aunque se pueden distinguir a distancia y se pueden contar varias visitas.	
3	Alto: las flores están muy marcadas y se ven muy oscuras, el número de visitas no se puede contar.	

Fuente: Rapel, 2008.

A diferencia de los tomates, la polinización del pimiento se da sin la asistencia de polinizadores externos, la polinización es autógama. En algunas variedades, una polinización adicional con abejorros puede mejorar la fructificación y el rendimiento. Si se usan abejorros hay que tener cuidado de que éstos no sobre trabajen sobre el fruto de lo contrario se puede desarrollar una cicatriz parecida a una cremallera (Howard, 2006).

### 1.5.12 Manejo del cultivo de tomate

Todas las prácticas de manejo junto con el riego son orientadas para mantener las plantas de tomate TOV en balance (11-13 hojas, diámetro 10 mm, 30 frutos en planta, 6 racimos). De manera general para la práctica de deshoje se dejan 2 hojas por racimo de tomate en cada eje, el bajado y guiado de ejes se realiza una vez por semana junto con la colocación de clip y el raleo de frutos para obtener de 5 a 6 frutos por racimo.

Los parámetros para mantener en balance las plantas de tomate cherry son: diámetro 8-10 mm, 100-110 frutos en planta dependiendo de la variedad, 6-7 racimos). Para la actividad de deshoje se dejan 2-3 hojas por racimo, el bajado y guiado de ejes se realiza una vez por semana junto con la colocación de clip.

#### ✓ **Deshoje**

Con esta actividad se le brinda a la planta más luz, más aire y menos humedad. El corte de la hoja debe de ser al ras del tallo, se debe procurar no desgarrar las hojas para evitar grandes heridas que puedan ser posibles entradas de enfermedades. La eliminación de hojas se realiza semanalmente, de forma general se dejan 2 hojas por racimo, normalmente no se quitan más de tres hojas en la semana y se deja siempre al descubierto uno o dos racimos.

#### ✓ **Cosecha**

La cosecha en tomate TOV se realiza dos, tres veces por semana o todos los días dependiendo de la variedad a cosechar y de la temporada de cosecha. Previo a la cosecha se realizan aplicaciones de Ethrel® 48 SL a los racimos de tomate 5 días antes de la cosecha para obtener una maduración uniforme del racimo (dosis: 25-50 cc/L); los racimos para exportación se cosechan a partir del grado 3 y 4 de maduración. Esta actividad se realiza con un carrito de cosecha en el cual debe de ir un recipiente con Kleengrow o Virkon para la desinfección de manos y tijeras, 10 cajas Sonora como máximo y algún recipiente o costal en donde se pueda desechar la fruta de mala calidad en campo. En la figura 11 se visualizan racimos

de exportación en las cajas Sonora que luego son llevadas a un carretón (ver figura 12) en el cual se transporta la fruta hacia la planta empacadora. Las características del tomate tipo TOV para exportación en la planta empacadora son: Tomates  $\geq 2.25$  pulgadas,  $\leq$  a 40 frutos por caja de 11 lbs y grados de maduración de 3 a 5.

La cosecha en tomate cherry se realiza a granel 3 veces por semana a partir del grado 3 de maduración, haciendo uso de guantes y desinfectante Virkon, carritos de cosecha y cajas Sonora. En la planta empacadora los frutos enviados para exportación tienen un grado de maduración de 3 a 5 y un número mayor o igual a 7 grados brix.



**Figura 11:** Racimos de tomate en cajas Sonora.



**Figura 12:** Carretón, capacidad 110 cajas Sonora.

✓ **Curado de Botrytis**

Botrytis o moho gris es una enfermedad causada por el hongo *Botrytis cinerea* capaz de atacar y colonizar numerosas plantas, el ingreso es a través de heridas. La Botrytis se debe curar por lo menos una vez por semana utilizando hidróxido de cobre: dosis 2-3 g/L

✓ **Quitado de clip y corte pita**

Esta actividad consiste en retirar uno o varios clips de la parte de abajo de la planta que ya no estén sosteniendo el tallo, después de retirar los clips es importante desinfectarlos con Kleengrow (Dosis: 4cc/L) o Virkon (Dosis: 1-2 g/L) para su reutilización. Junto con esta actividad se realiza el corte de pita que ya no sirva de sostén de la planta.

✓ **Quitar rebrotes del tallo**

Esta actividad consiste en retirar los brotes por debajo del último racimo de cosecha, se realiza con las manos y se cortan los brotes desde donde nacen.

✓ **Acomodar tallos en los puentes**

Los puentes son estructuras de varilla de 1/8" que sirve para que una vez que se baja la planta esta pueda descansar sobre los mismos para evitar que tanto tallos como frutos queden en contacto con el suelo.

✓ **Limpiar pasillos**

Todas las áreas de trabajo del invernadero deberán estar siempre limpias y ordenadas principalmente los pasillos, estos deberán quedar limpios antes de terminar la jornada de trabajo. Como parte de esta actividad se eliminan las malezas que se encuentren en los pasillos.

✓ **Bajar planta**

Esta actividad se realiza una vez por semana y consiste en bajar de 18 a 36 centímetros la planta desplazándola siempre hacia la derecha y el tallo es acomodado en los puentes.

✓ **Poner Clip**

El clip se utiliza como sujeción entre la pita y la planta, el lugar correcto es 2 hojas bajo el racimo.

✓ **Quitar brote**

Se eliminan los tallos no deseados, tanto en la parte alta como en la parte baja del tallo. Se realiza con las manos y se cortan los brotes desde donde nacen.

✓ **Raleo de frutos**

Se realiza en tomate en racimo TOV y no se realiza en tomate cherry. Consiste en cortar las últimas flores o bien frutos del racimo, dejando el número de frutos deseados (5 ó 6).

✓ **Dejar brotes extras**

Esta actividad se realiza con la finalidad de reponer plantas que se pierden por plagas, enfermedades o rotura, y así mantener la densidad deseada en la plantación. Se recomienda que el brote que se deje sea de la parte de arriba y justo debajo de una inflorescencia ya que este brote siempre será más vigoroso. Una vez que se elige el brote que se quiere dejar se coloca a este un clip por debajo de la hoja de la planta madre (de la que nace el brote) con su respectivo gancho con pita, de preferencia que la pita sea de diferente color que permitirá en el futuro identificar el número de brotes extras que se han dejado ya que cada brote requiere de un gotero extra.

✓ **Dejar un brote hijo bandera**

Cuando una planta esta muy generativa (delgada, con mucha carga de frutos) es recomendable dejar un brote extra como hoja; esta actividad consiste en elegir un brote de la parte de arriba de la planta y descabezarlo dejándole dos hojas.

✓ **Quitar hoja de la cabeza**

Cuando una planta esta muy vegetativa (desarrollo vigoroso, hojas grandes, tallos fuertes y frutos pequeños) es recomendable quitar una hoja de la cabeza para lo cual se elige una hoja de la parte de arriba más cercana al punto de crecimiento, esto provocará que la planta reduzca su ritmo de crecimiento y tienda a un mayor pegue de frutos para lograr un balance favorable.

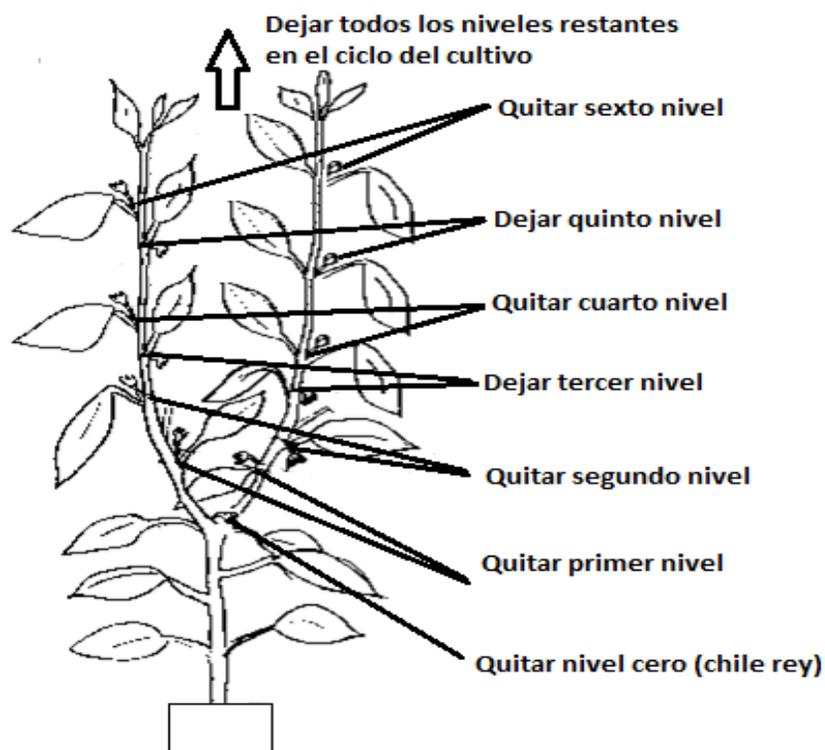
### **1.5.13 Manejo del cultivo de pimiento**

✓ **Colocado de pita**

En un inicio cuando la planta se acaban de trasplantar hay que darle un equilibrio adecuado a la planta, las primeras dos semanas después del trasplante es una fase de anclaje, al transcurrir este período se coloca una gasa de pita para definir dos ejes por planta.

✓ **Raleo de frutos**

A partir de los 25 a 60 días después del trasplante se desarrollan seis pisos de floración y fructificación, en la figura 13 se visualiza las acciones a realizar dependiendo del vigor de la planta en los seis pisos. Las flores y frutos que crecen fuera del eje principal, llamados frutos laterales son eliminados, luego se dejan todos los frutos a partir del séptimo piso de producción.



**Figura 13:** Decisiones sobre los seis niveles de floración y fructificación en pimientos.

✓ **Cosecha**

La cosecha de pimiento se realiza de 2 a 3 veces por semana a partir del 80% de maduración, haciendo uso de tijera de cosecha, carrito de cosecha, desinfectante Virkon, cajas tipo maría. En la planta empacadora los frutos enviados para exportación tienen que tener un diámetro mayor o igual a 2.5 pulgadas y 80% a 100% de maduración.

✓ **Deshije y recuperación de ejes**

El deshije se realiza tanto en la parte de arriba como en la de abajo cada 15 días a partir de los 40 DDT y se deja un eje de recuperación en caso que exista un quebrado de eje o un eje con crecimiento lento en comparación a la mayoría de la plantación, en este caso se deja en crecimiento el eje más representativo.

✓ **Bajado de plantas**

El bajado de plantas se realiza a los 6 y 8 meses DDT (Villagrán, 2013).

✓ **Limpiar pasillos**

A diferencia del cultivo de tomate cada parte de la planta eliminada se depositan en recipientes que luego se vacían en un carretón de basura. Todas las áreas de trabajo del invernadero quedan limpias y ordenadas. Como parte de esta actividad se eliminan las malezas que se encuentren en los pasillos.

✓ **Sombreado**

Esta actividad se realiza en el mes de febrero donde existan más de 2400 joules en el día y entre 1000 a 1250 W de radiación, el objetivo principal es reducir el porcentaje de frutos de rechazo a causa de blossom y mantener un buen vigor de las plantas (de 5 a 7 mm de diámetro de tallo). En estructuras de casas mallas se coloca sarán de color negro por encima de las mallas con el que se proporciona de 30 a 40% de sombra y en invernaderos se coloca sarán en el interior de las estructuras por encima de las plantas y se pinta el plástico con Redusol a una dosis de 90 kg/ha para proporcionar un 30% de sombra.

#### **1.5.14 Limpieza final de la temporada**

Al final de la temporada la limpieza es necesaria para ayudar a asegurar el éxito de la cosecha de la temporada siguiente. Una limpieza a fondo es un componente importante para eliminar plagas, prevenir o minimizar las enfermedades en la próxima temporada.

Todos los residuos de plantas son retirados y eliminados del invernadero o casas mallas, se cierran cortinas en el caso de invernaderos para lograr el aumento de la temperatura a más de 40° C durante varios días, en este tiempo las plagas no tienen fuente de alimento y pueden llegar a morir.

Todo el equipo utilizado en las estructuras deben ser lavados y desinfectados (estacas, clips, soporte de growbags).

Las estructuras de soporte de growbags (tabiques y canaletas) se deben de desinfectar con DSC 1000 (cloruro de amonio, dosis: 8 cc/L) e hipoclorito de calcio al 65% a una dosis de 3 g/L. Alrededor de las estructuras, en el área externa se realiza una aplicación de glifosato a una dosis de 25 cc/L.

El sistema de riego se desinfecta con ácido sulfúrico a razón de 4 a 5 cc/L, desincrustante Regain a razón de 15 a 30 cc/L, Chemprocide (amonio cuaternario al 30%) a razón de 8 cc/L e hipoclorito de calcio al 65% a una dosis de 400 ppm (Villagrán, 2013).

### **1.5.15 Fitosanidad**

En el área de fitosanidad se realiza un monitoreo de plagas semanal para la toma de decisiones en las aplicaciones de agroquímicos y liberaciones de agentes de control biológico. El monitoreo se realiza en zig-zag (10 muestras/ha) por cada punto de muestreo se monitorean 1 planta, a la vez se realiza monitoreo en 10 trampas amarillas/ha.

#### **1.5.15.1 Agentes de control biológico**

Los agentes de control biológico que se liberan y monitorean en el cultivo de tomate son: *Eretmocerus eremicus*, *Eretmocerus mundus*, *Phytoseiullus*, *Amblyseius* y *Macrolophus* (Villagrán, 2013).

Los agentes de control biológico que se liberan y monitorean en el cultivo de pimiento son: *Orius insidiosus*, *Amblyseius*, *Cryptolaemus*, *Chrysoperla carnea* y *Aphidius colemani* (Villagrán, 2013).

#### **1.5.15.2 Plagas, enfermedades, bacterias y virus de importancia económica en el cultivo de tomate**

##### **1.5.15.2.1 Plagas**

Las principales plagas de importancia económica que se monitorean, previenen y controlan en el cultivo de tomate son las siguientes: mosca blanca en estado de huevo, ninfa y adulto, presencia de ácaro rojo, ácaro bronceador, *Spodoptera litoralis*, número de pulgones por colonia y número de colonias de pulgón, Paratrioza en estado de ninfa y adulto, trips adulto y *Fungus gnats* (Villagrán, 2013).

#### **1.5.15.2.2 Enfermedades**

Las principales enfermedades de importancia económica que se monitorean, previenen y controlan en el cultivo de tomate son: cenicienta, Botrytis en tallos y flores, tizón en hojas y tallos, Alternaria, Fusarium, Pythium, Stemphylium y Verticillium (Villagrán, 2013).

#### **1.5.15.2.3 Bacterias**

Las bacterias que pueden afectar al cultivo de tomate son: Clavibacter, *Pseudomonas syringae*, Erwinia, *Liberibacter solanacearum* y Ralstonia (Villagrán, 2013).

#### **1.5.15.2.4 Virus**

Los virus de importancia económica en el cultivo de tomate son: virus del mosaico del tomate, virus del mosaico del tabaco y virus del bronceado del tomate y virus del acolchamiento amarillo en tomate (Villagrán, 2013).

### **1.5.15.3 Plagas, Enfermedades y virus de importancia económica en el cultivo de pimiento**

#### **1.5.15.3.1 Plagas**

Las principales plagas de importancia económica que se monitorean, previenen y controlan en el cultivo de tomate son las siguientes: mosca blanca en estado huevo, ninfa y adulto, presencia de ácaro rojo, presencia de ácaro blanco, trips en estado de ninfa y adulto en flores, frutos y hojas, gusano soldado, gusano del fruto, paratrioza en estado de huevo, ninfa y adulto, número de colonias de pulgones y número de pulgones por colonia, cochinilla en estado de ninfa y adulto, picudo del chile, Lygus en estado de ninfa y adulto (Villagrán, 2013).

#### **1.5.15.3.2 Enfermedades**

Las principales enfermedades de importancia económica que se monitorean, previenen y controlan en el cultivo de pimiento son: cenicienta, Botrytis, Cercospora, Alternaria, Fusarium y Pythium (Villagrán, 2013).

### **1.5.15.3.3 Virus**

Los virus de importancia económica en el cultivo de tomate son TMV y TSWV.

### **1.5.15.4 Actividades en el área de fitosanidad**

Las actividades que se realizan en el área de fitosanidad son aplicaciones de fungicidas, acaricidas y plaguicidas vía foliar, fungicidas vía riego, monitoreo de plagas, enfermedades y benéficos a nivel interno y externo, limpieza y calibración de boquillas, monitoreo y control de roedores, liberación de benéficos, colocado de colmenas, colocado de trampas, sacado de plantas enfermas, programación fitosanitaria, requisiciones de productos agroquímicos, realizar triple lavado a envases vacíos de agroquímicos, perforado y llevado de envases vacíos de agroquímicos al centro de acopio de AGREQUIMA.

### **1.5.16 Área de Investigación**

Para el área de investigación en el CCIPPP se tiene destinado un invernadero con 12 módulos de 157 m<sup>2</sup> cada uno y 5 macrotúneles de 100 m<sup>2</sup> cada uno. En total se tienen 154 variedades en evaluación de rendimiento en función de patrones, estrategias de riego, densidades, estrategias de manejo, resistencia a plagas y enfermedades, asimismo evaluaciones de agroquímicos y agentes de control biológico.

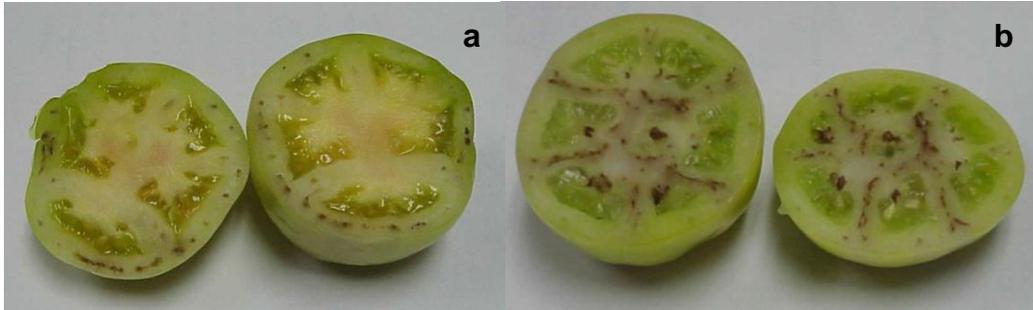
Los datos de rendimiento de cada una de las evaluaciones se registran por cada módulo y en el caso de los macrotúneles se juntaron el 1, 2, 3 y 4 para la recolección de datos y el macrotúnel 5 por separado, los parámetros a los que se le toman datos son: número de frutos (solo en pimiento), peso total, parámetros promedio del fruto una vez por semana (diámetro, largo, peso del fruto y °brix). En total en el área de investigación se tienen 14 bases de datos de rendimiento, y una base de datos por cada evaluación de productos químicos y agentes de control biológico, lo que dificulta el orden en el ingreso de los datos.

En las áreas de producción se realizan investigaciones al igual que en los módulos de investigación con diferencia que son a nivel comercial y no se tiene documentación de las investigaciones ya realizadas.

### 1.5.17 Principales causas de rechazo en frutos de tomate

#### 1.5.17.1 Pared gris

Se caracteriza por áreas necróticas del tejido vascular de la pared exterior del pericarpio (figura 14a) o en la pared radial del pericarpio junto con la pared interna del pericarpio (figura 14b.)



**Figura 14:** Frutos con pared gris.  
Fuente: Stephen M. 2012.

Los síntomas externos aparecen como puntos grisáceos causados por el colapso parcial del tejido de la pared; normalmente se desarrolla en los frutos verdes antes de la cosecha, pero pueden aparecer más tarde. Es más de un problema durante los días fríos y cortos, lo favorecen altos contenidos de N y un adecuado contenido de K puede reducir el problema (Stephen M. 2012).

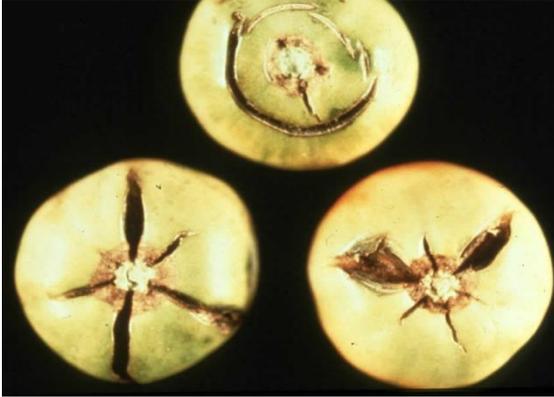
#### 1.5.17.2 Cracking o agrietamiento

En la figura 15 se visualizan los dos tipos de agrietamientos en tomates, agrietamiento radial que se origina a partir del cáliz y continúa hacia el extremo de la flor, y agrietamiento concéntrico que se manifiesta en un anillo o anillos alrededor del cáliz. Es posible tener ambos tipos de agrietamiento en el mismo fruto (Stephen M. 2012).

Ocurre cuando la expansión interna del fruto es mayor que la expansión de la epidermis debido a variaciones extremas en la temperatura ambiental, exceso de agua seguido por muy poca agua (Stephen M. 2012).

Puede ocurrir en todas las etapas de crecimiento del fruto, cuando los frutos maduran se vuelven más susceptibles, especialmente en lo que desarrollan el color. Su

control es a través del uso de variedades tolerantes, reducir las fluctuaciones de la humedad del sustrato y temperatura ambiente, buena práctica de deshoje (Stephen M. 2012).



**Figura 15:** Agrietamiento radial y concéntrico.  
Fuente: Stephen M. 2012.

#### 1.5.17.3 Russeting

Son agrietamientos bien finos alrededor del fruto (figura 16). Los factores que los favorecen son: Temperaturas diurnas demasiado altas con bajas humedades relativas y temperaturas nocturnas demasiado bajas, período de tiempo nublado y baja conductividad eléctrica de las soluciones de riego (Colombo, M. 2002).



**Figura 16:** Fruto con russeting.  
Fuente: Howard, Z.

#### 1.5.17.4 Podredumbre apical ó Blossom End Rot

Es un desorden fisiológico que reduce la calidad y cantidad de frutos. Se identifica fácilmente como una podredumbre negra-marrón alrededor de la base del fruto, cerca del área del estilo y estigma de la flor (figura 17). Es causada por una deficiencia de calcio, generalmente inducida por las fluctuaciones en el suministro de riego en las plantas; a este problema lo favorecen también condiciones de alto contenido de N de fuentes amoniacales, altas concentraciones de K y Mg, alta salinidad, exceso o déficit de humedad que limita la absorción de calcio y daños en el sistema radicular. Stephen M. 2012.



**Figura 17:** Frutos de tomate con podredumbre apical.  
Fuente: Tjalling, H.

#### 1.5.17.5 Hombros amarillos

Es una decoloración caracterizada por la aparición de parches amarillos en los hombros del fruto (figura 18). Las causas de este desorden fisiológico se relacionan con altas temperaturas y deficiencia de potasio (Martínez, 2012) .



**Figura 18:** Frutos con hombros amarillos.  
Fuente: Martínez, 2012.

#### **1.5.17.6 Manchas del fruto (pox and gold)**

Pox se describe como pequeñas alteraciones o manchas circulares en diversas áreas de la superficie del fruto. Gold son pequeñas manchas verdes de forma irregular sobre la superficie de frutos inmaduros que se tornan en un color dorado cuando el fruto madura (Stephen M. 2012). En la figura 19 se visualiza un fruto de tomate con las manchas anteriormente descritas.

Estas manchas son de origen genético y aparecen en determinadas condiciones ambientales.



**Figura 19:** Fruto de tomate con manchas del fruto (pox and gold).

Fuente: Stephen M. 2012.

#### **1.5.17.7 Daño mecánico**

Esta causa de rechazo es cualquier tipo de daño que se le cause al fruto durante el manejo, cosecha o manipulación. Generalmente son pinchones, daño por rafia, y magulladuras.

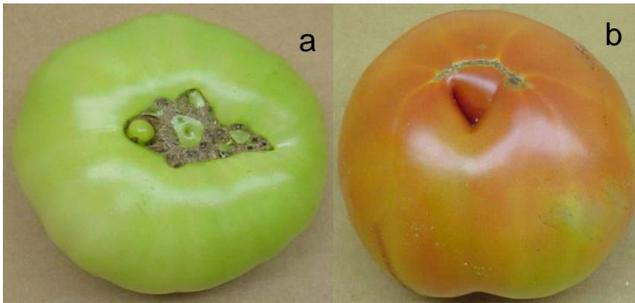
#### **1.5.17.8 Daño por Ethrel**

Cuando no se realiza un buen pintado de frutos con Ethrel aparecen quemaduras de color amarillo en cualquier parte del fruto, estas generalmente son de bajo relieve y se ven especialmente en la base del fruto.

### 1.5.17.9 Frutos deformes

**Cara de gato:** es un fruto deforme debido a un desarrollo anormal de la parte del estilo y estigma de la flor, es causado por factores externos e internos durante la formación del fruto, normalmente las temperaturas frías en las 3 semanas antes de la floración incrementa el número de frutos con este problema; las podas severas en variedades indeterminadas aumenta su aparición (Stephen M. 2012).

La deformación puede ser causada también por el uso de herbicidas a base de 2-4D, ataque severo de trips en frutos pequeños, frutos afectados por el virus de la hoja pequeña (Stephen M. 2012). En la figura 20 a y b se visualizan frutos de tomate deformes a causa de la fisiopatía cara de gato.



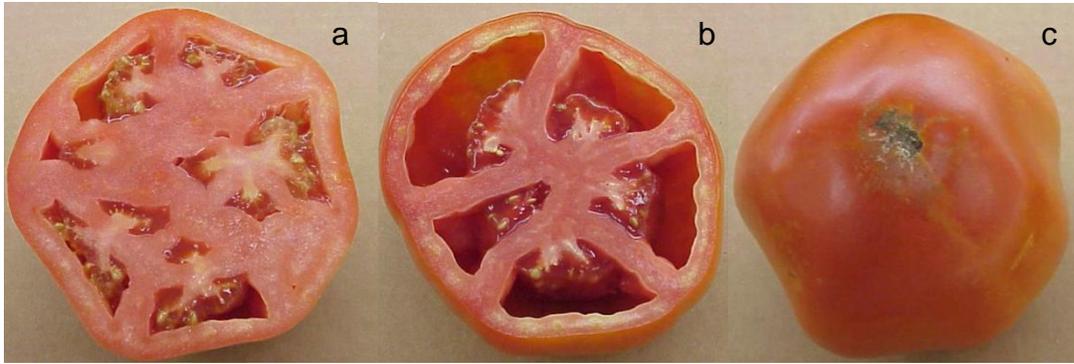
**Figura 20:** Frutos de tomate deformes.

Fuente: Stephen M. 2012.

### 1.5.17.10 Puffines

Los frutos tienen porciones vacías que se observan entre el área de la placenta y la pared externa acompañado de un número reducido de semillas, reduciendo el peso del fruto. En la figura 21a y b se observan frutos con daño leve y severo respectivamente. Los frutos afectados tienen paredes con lados planos o angulares que se observan en la figura 21c (Stephen M. 2012).

Este problema es causado por cualquier factor que afecte la fructificación. Las causas más comunes son temperaturas demasiado altas o bajas en la formación de frutos, falta de polinización, alto contenido de nitrógeno, deficiencia de potasio, poca luz, falta de riego o alta intensidad de lluvia (Stephen M. 2012).

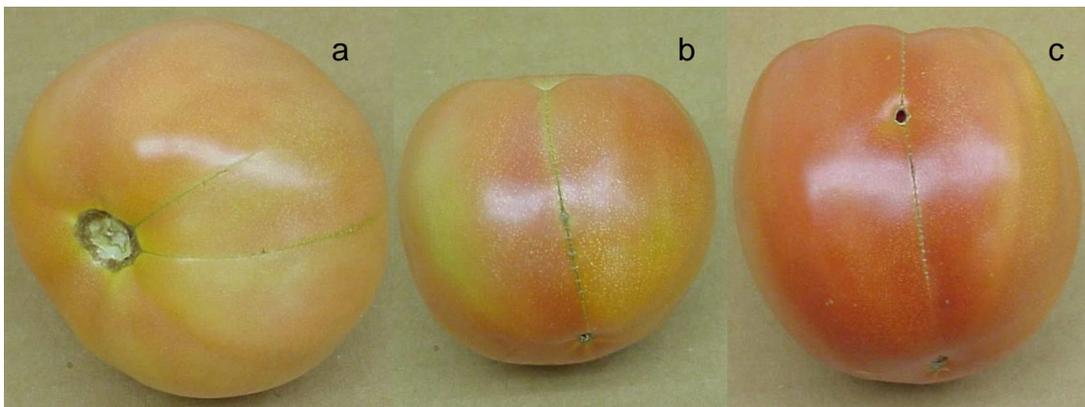


**Figura 21:** Frutos con puffines.  
Fuente: Stephen M. 2012.

#### 1.5.17.11 Fruto cremallera ó zippering

Zippering se describe como un fruto que tiene cicatrices delgadas que se extienden parcialmente (figura 22a) o totalmente (figura 22b) desde la zona de la cicatriz del tallo a la punta de la flor. A veces puede haber agujeros abiertos en su trayectoria figura 22c).

Sucede por la unión de la antera al fruto en formación o porque los pétalos de la flor no se desprenden en forma normal. El único control es seleccionar variedades resistentes.



**Figura 22:** Frutos con cremallera ó zippering.  
Fuente: Stephen M. 2012.

#### 1.5.17.12 Rayas de zebra

Se caracteriza por una serie de manchas verdes oscuras, arregladas formando una línea desde el hombro hasta la parte distal del fruto. Generalmente estas rayas desaparecen cuando madura el fruto. Este problema es de origen varietal (Stephen M. 2012).



**Figura 23:** Fruto de tomate con rayas de zebra.

Fuente: Stephen M. 2012.

#### 1.5.17.13 Daño por insectos

**Trips:** la hembra inserta los huevos en la superficie de frutos pequeños, en la figura 24 se visualizan hoyos con halo blanco alrededor del fruto a causa de la ovoposición (Stephen M. 2012).

Este insecto es transmisor del virus del bronceado del tomate TSWV, En la figura 25 se observa la manifestación del virus en los frutos como manchas concéntricas en forma de anillos de color amarillo (Stephen M. 2012).



**Figura 24:** Daño de un fruto de tomate a causa de una ovoposición de trips.  
Fuente: Stephen M. 2012.



**Figura 25:** Manifestación del virus TSWV en los frutos.

**Mosca blanca:** este insecto provoca una maduración irregular del fruto causada por la alimentación de las ninfas en el follaje. Los frutos verdes no presentan síntomas pero al madurar se desarrolla un color no uniforme con una apariencia de una magulladura estrellada con áreas verdes o amarillas (figura 26); con el tiempo el color exterior del fruto se desarrolla pero las áreas internas permanecen duras y con poco color (Stephen M. 2012).



**Figura 26:** Color no uniforme a causa de daño de mosca blanca.  
Fuente: Stephen M. 2012.

#### 1.5.17.14 Daño por ácaros

El daño en general de ácaros se manifiesta con raspado en el fruto de color marrón o bronceado (figura 27), las especies que atacan comúnmente son: ácaro del bronceado del tomate (*Aculops lycopersici*), ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*) y ácaro rojo (*Tetranychus sp.*).



**Figura 27:** Daño del ácaro del bronceado del tomate en frutos de tomate.  
Fuente: Syngenta, 2013.

### 1.5.18 Principales causas de rechazo en frutos de pimiento

#### 1.5.18.1 Blossom end Rot ó pudrición apical

Los síntomas de pudrición comienzan como un lugar hundido verde o de color amarillo claro y se expanden a un área colapsada grande que empieza a volverse negro debido a la colonización típicamente por saprófitos generalmente *Alternaria*. Los frutos afectados tienden a cambiar de color prematuramente de verde a marrón y luego rojo, amarillo ó anaranjado según sea el color de maduración de la variedad (Hochmuth, J. 2012).

Los factores que favorecen la aparición de blossom son condiciones que aumentan los procesos vegetativos, fertilización nitrogenada excesiva, el crecimiento simultáneo de brotes, cuajado y crecimiento de frutos lo que conlleva a que el Ca se mueva preferentemente a las hojas que crecen en lugar de los frutos, alta salinidad y problema en el sistema radicular que hace más difícil la absorción de agua y Ca, Irrigación inadecuada que causen deficiencia de Ca, estrés hídrico que conduce a una reducción general de Ca transportado en la planta (Hochmuth, J. 2012).



**Figura 28:** Fruto de pimiento con blossom end rot.  
Fuente: Hochmuth, J. 2012.

### 1.5.18.2 Quemaduras de sol

Los síntomas de quemaduras de sol en los frutos de pimiento son muy similares a los de la pudrición apical o blossom. Los frutos que están expuestos a la luz solar directa manifiestan lesiones hundidas generalmente de color marrón. Es importante la práctica de sombreado durante los meses de verano para reducir la incidencia de quemaduras de sol. Alberta, CA. 2002.



**Figura 29:** Fruto de pimiento con quemaduras de sol.  
Fuente: Alberta, CA. 2002.

### 1.5.18.3 Cracking

Se forman unas grietas en el extremo de la flor (radial) o en toda la superficie del fruto (russeting). Ocurre cuando la expansión interna del fruto es mayor que la expansión de la epidermis debido a variaciones extremas en la temperatura ambiental, exceso de agua seguido por muy poca agua (Jovicich, E. et al. 2012).



**Figura 30:** Frutos de pimiento con cracking.  
Fuente: Jovicich, E. 2012.

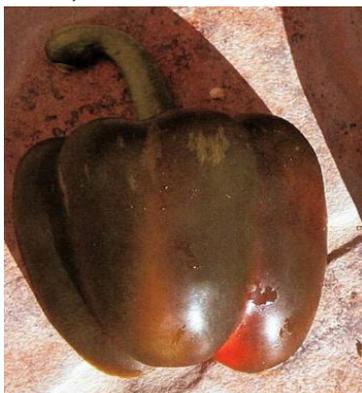
#### 1.5.18.4 Manchas en los frutos

Manchas amarillas pueden presentarse en la superficie externa del fruto. Los puntos comienzan a manifestarse de color verdes y se vuelven amarillos cuando el fruto madura. Se presenta en las plantas cultivadas a altas densidades bajo sombra, fertilizadas con altos niveles de N (Jovicich, E. et al. 2012).



**Figura 31:** fruto de pimiento con manchas amarillas en los frutos.  
Fuente: Jovicich, E. 2012.

La aparición de pequeños puntos pizca en la superficie del fruto de pimiento se asocia con altos niveles de adsorción en la fase de fructificación, como consecuencia se da la formación de cristales de oxalato de calcio. Condiciones que promueven la alta presión de la raíz también favorece la aparición de manchas en los frutos (Alberta, CA. 2002).



**Figura 32:** Precipitados de oxalato de calcio en la epidermis del fruto de pimiento.  
Fuente: RuralCat.

#### 1.5.18.5 Frutos deformes

El desarrollo de los frutos deformes se asocia generalmente por bajas temperaturas durante la floración (por debajo de 14°C) ó falta de polinización (Alberta, CA. 2002).



**Figura 33:** Fruto deforme de pimiento.

Fuente: Alberta, CA. 2002.

#### 1.5.18.6 Fumagina

La fumagina se asocia a menudo con áfidos, aparece en los frutos como una capa de hollín. Cuando existe presencia de fumagina se limpia el fruto con una brocha y si es necesario se realiza un lavado (Alberta, CA. 2002).

#### 1.5.18.7 Daño mecánico

Esta causa de rechazo es cualquier tipo de daño que se le cause al fruto durante el manejo, cosecha o manipulación. Generalmente son pinchones y magulladuras.

#### 1.5.18.8 Stip

Consiste en manchas cromáticas en la superficie del fruto, originadas normalmente por desequilibrios en la relación Ca/Mg ([RuralCat](#)).



**Figura 34:** Frutos de pimiento con stip.  
Fuente: Camacho, F.

#### 1.5.18.9 Daño por insectos

**Trips:** causa un daño directo al alimentarse de frutos en formación, provocando un bronceados, cicatrices y maduración irregular en los frutos. Este insecto es el principal vector de TSWV (Viscaino, L. 2007).



**Figura 35:** Virus TSWV en frutos de pimiento.  
Fuente: Viscaino, L. 2007.



**Figura 36:** Maduración irregular en frutos de pimiento.  
Fuente: Viscaino, L. 2007.

### **Mosca blanca**

Cuando la mosca se alimenta, la savia que no aprovecha sale en forma de melaza que sirve de soporte a la "negrilla o fumagina" que impide la función clorofílica y mancha los frutos (Syngenta 2013).

### **Pulgón (*Myzus persicae*)**

Cuando el pulgón se alimenta, la savia que no aprovecha sale en forma de melaza que sirve de soporte de la "negrilla o fumagina", la cual reduce el proceso de fotosíntesis y deprecia los frutos. *Myzus persicae* trasmite el virus Y de la patata (PVY) y el virus del mosaico del pepino (CMV) (Syngenta, 2013).



**Figura 37:** Daños causados por pulgón en hojas y frutos de pimiento.  
Fuente: Syngenta, 2013.

### **Picudo del chile**

Provoca pérdidas en la calidad de los frutos perforaciones, deformaciones y presencia del insecto. El picudo del chile realiza perforaciones para ovipositar y completa su ciclo biológico en el fruto del chile (Bayer, 2013).



**Figura 38:** Perforación del picudo del chile en el fruto.  
Fuente: Bayer, 2013.

### Daño por ácaros

Las dos especies que alteran la calidad del fruto son ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*) y ácaro rojo (*Tetranychus sp.*). Se manifiesta en un raspado de color marrón provocando una decoloración del fruto.



**Figura 39:** Daño de chiles provocado por ácaro blanco.  
Fuente: Grille, G.

### 1.5.19 ANÁLISIS FODA

**Cuadro 2:** Análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) de las empresas Semillas del Campo S.A. y CCIPPP, S.A.

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cuentan con profesionales de alto nivel de experiencia</li> <li>2. Capacitaciones periódicas de todo el personal</li> <li>3. Reconocimiento y liderazgo a nivel Centroamericano en cultivo de tomates y chiles de colores.</li> <li>4. Equipo altamente comprometido y entusiasta.</li> <li>5. Infraestructura adecuada para producción e investigación</li> <li>6. Alto nivel tecnológico para producir tomates y chiles.</li> <li>7. Alto nivel de liderazgo de la Gerencia General.</li> <li>8. Documentación de procedimientos y políticas</li> <li>9. Diversificación de productos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Clientes con alto potencial de crecimiento de demanda.</li> <li>2. Crecimiento de volúmenes con los clientes actuales, nacionales y extranjeros.</li> <li>3. Incremento en el rendimiento de la producción de chile y tomate.</li> <li>4. Certificación SQF 7.1, HACCP, global GAP y PIPA.</li> </ol>
<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Falta de documentación de las investigaciones para la toma de decisiones</li> <li>2. Falta de una base de datos unificada</li> <li>3. No existe un departamento de investigación en las áreas de producción.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desastres naturales.</li> <li>2. Variación del precio en el mercado de tomate y chiles de colores.</li> <li>3. Incremento en el valor del petróleo.</li> <li>4. Baja del dólar</li> <li>5. Plagas, enfermedades, bacterias y virus.</li> </ol>

## **1.6 CONCLUSIONES**

Los principales problemas en el área de producción e investigación son los siguientes: No existe un departamento de investigación en las áreas de producción, falta de documentación de las investigaciones para la toma de decisiones y falta de una base de datos unificada en el CCIPPP.

Con base al análisis de la problemática se definió el proyecto de investigación y un plan de tres servicios.

## 1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Alberta, CA. 2002. Guía para la producción comercial de pimiento en invernaderos de Alberta (en línea). Alberta, Canadá. Consultado 18 nov 2013. Disponible en [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/opp2873](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/opp2873)
2. Bayer, 2013. Manual picudo del chile. Consultado el 08 nov 2013. (en línea). México. Disponible en [http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/id/Abejorros\\_BCS/\\$file/picudo.pdf](http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/id/Abejorros_BCS/$file/picudo.pdf)
3. Camacho, F. El cultivo del pimiento bajo invernadero. (en línea). Departamento de producción vegetal, Almería. Consultado el 10 nov 2013. Disponible en <http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/02429.pdf>
4. Colombo, M. 2002. Manejo de enfermedades en cultivos protegidos de tomate. (en línea). INTA – Estación experimental agropecuaria Bella Vista, Corrientes. Argentina. Disponible en: [http://inta.gob.ar/documentos/manejo-de-enfermedades-en-cultivos-protectidos-de-tomate/at\\_multi\\_download/file/INTA-Manejo%20de%20enfermedades%20en%20cultivos%20protectidos%20de%20tomate.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/manejo-de-enfermedades-en-cultivos-protectidos-de-tomate/at_multi_download/file/INTA-Manejo%20de%20enfermedades%20en%20cultivos%20protectidos%20de%20tomate.pdf)
5. George J., Robert C. 2012. Blossom-End Rot in Bell Pepper: Causes and Prevention. (en línea). University of Florida, IFAS Extension. Consultado el 16 nov 2013. Disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/ss497>
6. Girón, A. 2013. Producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y pimiento (*Capsicum annuum*) hidropónico en condiciones de invernadero y casas mallas (comunicación personal). Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, Semillas del Campo, Departamento de Capacitación.
7. Grille, G. Ácaros que atacan plantas hortícolas. (en línea). Consultado el 14 nov 2013. Disponible en <http://www.pv.fagro.edu.uy/cursos/pvh/DocsPVH/entomologia/PLAGAS%20HORTI%20%20III%20acaros%202012.pdf>
8. Hochmuth, J. 2012. Blossom end Rot en pimiento: causas y prevención. (en línea). University of Florida, IFAS Extension. Consultado el 16 nov 2013. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/ss497>
9. Howard, Z. Green Shoulders, Russeting. (en línea). Consultado el 18 nov 2013. Disponible en: [http://www.agrisupportonline.com/Articles/green\\_shoulders.htm](http://www.agrisupportonline.com/Articles/green_shoulders.htm)
10. Jovicich, E. et al. 2012. La producción de pimientos en invernadero en Florida. (en línea). University of Florida, IFAS Extension. Consultado el 16 nov 2013. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/hs228>

11. Lemus, J. 2013. Sustratos hidropónicos, generalidades, riego y manejo del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) idropónico en condiciones controladas (comunicación personal). Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, Semillas del Campo, Departamento de Capacitación.
12. Martínez, M. 2012. Desórdenes comunes en frutos de tomate de mesa en cultivos a campo abierto y bajo invernaderos. (en línea). Disponible en: <http://www.slideshare.net/miguelarmenia/desordenes-comunes-en-frutos-de-tomate-de-mesa>
13. Priva. Priva Vialux. Simple and effective disinfection of irrigation water (en línea). Consultado 16 mar 2013. Disponible en <http://www.priva.ca/en/products/priva-vialux-hd-uv>
14. Rapel, 2008. Manejo del cultivo de tomate en condiciones protegidas, polinización en invernaderos. Guatemala.
15. Ronquillo, E. 2010. Descripción de las cinco actividades realizadas en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* L.), en hidroponía en la finca El Valle, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala. Inf. Tecn. Per. Agr. Guatemala, Centro de Educación Media Agropecuaria Del Sur-Oriente. 64 p.
16. RuralCat. Cultivo del pimiento en invernadero. (en línea). Consultado el 24 oct 2013. Disponible en: [http://www.ruralcat.net/migracio\\_resources/pebre\\_hivernacle.pdf](http://www.ruralcat.net/migracio_resources/pebre_hivernacle.pdf)
17. Stephen M. 2012. Physiological, Nutritional, and Other Disorders of Tomato Fruit (en línea). University of Florida, IFAS Extension. Consultado el 16 nov 2013. Disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/hs200>
18. Syngenta, 2013. Vasates (*Aculops lycopersici*) (en línea). España. Consultado el 22 jun 2013. Disponible en: <http://www3.syngenta.com/country/es/sp/cultivos/tomate/plagas-tomate/paginas/vasates.aspx>
19. Syngenta, 2013. Pulgones (*Myzus persicae*). (en línea), España. Consultado el 16 nov 2013. Disponible en <http://www3.syngenta.com/country/es/sp/cultivos/pimiento/plagas/Paginas/pulgones.aspx>
20. Tjalling, H. Guía de manejo, nutrición vegetal de especialidad en tomate. (en línea). Chile. Disponible en: [http://www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop\\_Kit\\_Tomato\\_L-ES.pdf](http://www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop_Kit_Tomato_L-ES.pdf)

21. Triest Engineering. Priva NutriFit, NutriFit irrigation unit with mixing tank (en línea). Consultado 12 mar 2013. Disponible en <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/archivos/foros/cultivodeltomateynecesidadesclimaticas.pdf>
22. Villagrán, C. 2013. Producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y pimiento (*Capsicum annum*) hidropónico en condiciones de invernadero y casas mallas (comunicación personal). Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, Popoyán, área de producción.
23. Viscaino, L. 2007. Plan de capacitación para el manejo de plagas vectoras de virus y fitoplasmas en invernadero. (en línea), consultado el 16 nov 2013. Disponible en <http://slideplayer.es/slide/23269/>



## 2 CAPÍTULO II INFORME DE INVESTIGACIÓN

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PROVISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO POR MEDIO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) HIDROPÓNICO, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN LA FINCA “EL VALLE”, NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.**

MARIANNA MENDOZA HERNÁNDEZ

GUATEMALA, OCTUBRE 2014

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PROVISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO POR MEDIO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) HIDROPÓNICO, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN LA FINCA “EL VALLE”, NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A.**

**EVALUATION OF THE PROVISIONING OF CARBON DIOXIDE BY MEANS OF THE VENTILATION SYSTEM IN HYDROPONIC TOMATO (*Solanum lycopersicum*) YIELD UNDER GREENHOUSE CONDITIONS, LOCATED IN THE, “EL VALLE” FARM, NUEVA SANTA ROSA, SANTA ROSA, GUATEMALA , C.A.**

## **2.1 INTRODUCCIÓN**

La exportación de tomate (*Solanum lycopersicum*) en Guatemala hacia el mercado estadounidense en el período 2011-2013 ha alcanzado el monto de 69.3735 millones de US\$ (Banco de Guatemala, 2014). Cada año han incrementado las áreas de producción de tomate a nivel nacional, de 100 hectáreas a nivel País Santa Rosa tiene 40 hectáreas en producción de tomate y otros cultivos hortícolas bajo condiciones de invernaderos.

La meta de producción de tomate hidropónico en racimo bajo condiciones de invernadero en la temporada 2013-2014 es de 60 kilogramos por metro cuadrado en un ciclo de 40 semanas de cosecha; para lograr la meta cada año se necesita de investigación e innovación que aporten metodologías para el incremento de la producción del cultivo.

En la investigación se evaluó la provisión de CO<sub>2</sub> en uno de los invernaderos de producción de la empresa Semillas del Campo S.A., en la cual se evaluaron dos tratamientos con 15 repeticiones cada uno. Las variables de respuesta que se evaluaron fueron el rendimiento en kg/m<sup>2</sup>, peso promedio de racimo, número de racimos cosechados y crecimiento.

Para cada una de las variables se realizó una prueba de t. El tratamiento en el cual se provisionó CO<sub>2</sub> incrementó el rendimiento en 0.99 kilogramos por metro cuadrado, en 0.569 racimos por metro cuadrado y en 19.36 gramos en peso promedio de frutos, en comparación con el tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub>, el cual constituyó el testigo. En la variable crecimiento, el tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub> mostró mayor crecimiento del eje, con 1.30 centímetros más en comparación con el tratamiento en el cual se provisionó CO<sub>2</sub>.

## 2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En invernadero, especialmente si las condiciones de ventilación no son óptimas, la reducción del contenido de CO<sub>2</sub> del aire (respecto al normal, que es del orden de 340 ppm) es importante, y sería deseable evitarla, especialmente en condiciones de alta radiación (Szpiniak, sf).

Los principales factores de la fotosíntesis son agua, luz y CO<sub>2</sub>. En horas de alta luminosidad la concentración de CO<sub>2</sub> puede llegar a bajar hasta 290 ppm. La ventilación puede elevar los niveles de CO<sub>2</sub> cercanos a la temperatura ambiente, pero nunca de nuevo a los niveles ambientales de 340 ppm. Una caída en los niveles de dióxido de carbono por debajo de la ambiental tiene un efecto más fuerte que la suplementación encima de ésta (Blom, 2013).

En Guatemala se tienen alrededor de 100 hectáreas destinadas a la producción de tomate y chile pimiento (Lemus, 2013), los productores tienen desde mediana a alta tecnología, sin embargo no se han evaluado los beneficios del aporte del CO<sub>2</sub> para el incremento en la producción.

## 2.3 MARCO TEÓRICO

### 2.3.1 Clasificación y descripción botánica del tomate

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Especie	<b><i>Solanum lycopersicum</i></b>

(Mataz, A., 2005).

Recientemente ha sido propuesto un cambio en la nomenclatura del género ***Lycopersicum*** por la cual ***Lycopersicum esculentum*** Mill. se denominaría ***Solanum lycopersium*** L., si bien aún no está ampliamente aceptado este cambio (Mataz, A., 2005).

***Solanum lycopersicum*** es una planta autógama, ramificada, rastrera y perenne, que tiene un ciclo de cultivo anual. El sistema radical del tomate es superficial y está constituido por la raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias (Mataz, A., 2005).

Los tallos son gruesos y angulosos dependiendo de la variedad, de color verde, con nudos compuestos de tres hojas y una inflorescencia. Según el tipo de crecimiento, las plantas pueden ser determinadas o indeterminadas. Las hojas son anchas, planas y pinnatisectas, con 7-11 foliolos. Las inflorescencias tipo racimo tienen un número de flores variable, generalmente de 7 a 12. Las flores son hermafroditas, perfectas, hipogineas y regulares. Los pedicelos poseen articulación funcional que actúa como zona de abscisión. El cáliz tiene cinco ó más sépalos lanceolados y fusionados en la base. La corola está formada por cinco o más pétalos de color amarillo, lanceolados y fusionados en la base (Mataz, A., 2005).

### **2.3.2 Hidroponía**

Fue el Dr. Gericke el que acuñó la palabra “hidropónico” para designar a cultivos hidropónicos, que procede de las palabras griegas hydro (agua) y ponos (trabajo), literalmente: “trabajo en agua”, este término es conocido a nivel mundial y únicamente varía la pronunciación. Se consideran sistemas de cultivo hidropónico, aquellos que se desarrollan en una solución nutritiva o en sustratos totalmente inertes como cultivo sin suelo (Abad, Martínez y Martínez Corts, 1992).

### **2.3.3 Sustrato y sus propiedades**

Un sistema de cultivo hidropónico se basa en el control de los factores que influyen en el desarrollo de las plantas. De este modo se consigue que la nutrición y las condiciones ambientales se aprovechen de mejor manera según las necesidades del cultivo, obteniendo así mayores producciones y de calidad. Se trata por tanto de un sistema de cultivo más tecnificado, con una mayor posibilidad de cambios y mejoras (Astiz, et. al., 2011).

La fibra de coco comenzó a utilizarse hace años en agricultura. Es un sustrato orgánico que se obtiene del procesado del mesocarpio de la fruta de coco. Cuenta con la ventaja medioambiental de dar valor a un residuo y de facilitar la eliminación al ser biodegradable. Sin embargo, esta propiedad puede suponer un inconveniente a la vez, ya que su degradación hace que las propiedades físico-químicas vayan cambiando durante su uso. Los elementos que constituyen el sustrato y la actividad microbiana asociada, hacen que la solución nutritiva disponible para las plantas pueda variar de la aportada originalmente (Astiz, et. al., 2011).

Un sustrato de fibra de coco suele estar compuesto por diferentes tamaños de partículas, desde fibras largas hasta polvo de coco. Al variar las proporciones entre éstas varían también propiedades del sustrato como la capacidad de aireación y de retención de agua (Astiz, et. al., 2011).

### 2.3.3.1 Sustrato

Las principales funciones de un sustrato dentro del sistema de cultivo sin suelo es el de proporcionar un medio ambiente “ideal” para el crecimiento de las raíces y constituir una base adecuada para el anclaje o soporte mecánico de las plantas (Abad, Martínez y Martínez Corts, 1992).

Bajo condiciones de invernadero el objetivo principal es disminuir los riesgos en la producción para obtener mejores rendimientos, la reutilización del sustrato es un gran riesgo por los diferentes patógenos que puedan existir y afectar al momento de la reutilización en un próximo ciclo del mismo cultivo (Lemus, J., 2013).

Los cultivos hidropónicos tienen la gran ventaja de obtener una óptima relación aire/agua en el sistema radicular de la planta, favoreciendo el desarrollo del cultivo. La nutrición está mucho más controlada en relación a los cultivos en suelo; en sistemas cerrados, en donde el drenaje es reutilizado se puede conseguir un gran ahorro de agua y fertilizantes; al utilizar sustratos totalmente inertes se tiene mayor seguridad de ausencia de patógenos típicos en suelo (Baixauli Soria, C; Aguilar Olivert, JM., 2002).

Existe diversidad de tipos de sustratos de origen orgánico e inorgánico, actualmente en Guatemala se está utilizando el sustrato de fibra de coco y sustrato orgánico subproducto de la actividad agrícola (Villagrán, 2013).

Las propiedades físicas del sustrato son más importantes que las químicas ya que las químicas se pueden modificar mediante el sistema de fertirriego y las físicas son más difíciles de modificar (Baixauli Soria, C; Aguilar Olivert, JM., 2002).

El tipo de sustrato a seleccionar va en función de la variedad, tipo de cultivo y condiciones climáticas principalmente. Lo que se busca es tener un sustrato lo más parecido a una esponja (una elevada porosidad 85%, gran capacidad de retención de agua fácilmente disponible, drenaje rápido, buena aireación, distribución del tamaño de partículas y estabilidad.). La aireación óptima de un buen sustrato para el cultivo de tomate es de 20 a 30%, siendo dicho valor el encargado de suministrar aire y por lo tanto, oxígeno a las raíces de la planta (Villagrán, 2013).

Dentro de las propiedades químicas se desean que sean estables químicamente, que presenten una baja o nula salinidad, pH neutro o ligeramente ácido y una adecuada relación C/N (menor a 20) (Villagrán, 2013).

El pH influye en la asimilabilidad de los nutrientes por la planta. Con un pH inferior a 5 pueden presentarse deficiencias de Nitrógeno (N), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y con valores superiores a 6.5 se disminuye la asimilabilidad de Hierro (Fe), Fósforo (P), Manganeseo (Mn), Boro (B), Zinc (Zn), y Cobre (Cu) (Baixauli Soria, C; Aguilar Olivert, JM. 2002).

El nivel óptimo de pH aconsejado para el cultivo sin suelo de hortalizas en el fertirriego se sitúa en valores comprendidos entre 5.5 y 6.8, que es el rango en el que se encuentran de forma asimilable la mayor parte de los nutrientes (Baixauli Soria, C; Aguilar Olivert, JM., 2002).

El valor de la relación C/N refleja el grado de inmadurez de los sustratos orgánicos y de su estabilidad. Una relación C/N de 30 nos indica la falta de descomposición del sustrato, dando lugar a una inmovilización del nitrógeno de la solución y a una reducción del oxígeno debida a la actividad microbiana. En sustratos para horticultura se recomiendan valores inferiores a 20. (Baixauli Soria, C; Aguilar Olivert, JM., 2002). Dentro de las propiedades biológicas en los sustratos de fibra de coco se requiere una baja o nula velocidad de descomposición por degradación biológica (Villagrán, 2013).

La fibra de coco es un material ligero y presenta una porosidad total muy elevada, por encima del 93%. Presenta cantidades aceptables de agua fácilmente disponible y buena aireación. La fibra de coco se contrae poco cuando se deja secar (Baixauli Soria, C; Aguilar Olivert, JM., 2002).

#### **2.3.3.1.1 Sustrato de fibra de coco fina**

El sustrato de fibra de coco fina retiene más agua por lo que la planta se acomoda, tras las condiciones de baja luz y alta humedad relativa se necesitan menores tiempos de riego, todas estas características son de condiciones vegetativas. En días nublados este sustrato tiene problemas con el drenaje (Lemus, J., 2013). En la figura 13 se muestra el sustrato de fibra de coco fina.

### 2.3.3.1.2 Sustrato de fibra de coco gruesa

El sustrato de fibra de coco gruesa tiene menor capacidad de retención de agua, lo que hace trabajar a la planta, no existe comodidad en la planta, característico de condiciones generativas. Bajo estas condiciones se necesita mayores riegos. En días nublados este sustrato drena y la conductividad eléctrica sube (Lemus, J., 2013). En la figura 40 se muestra el sustrato de fibra de coco gruesa.



**Figura 40:** Partículas de un sustrato fino (Arriba) y un sustrato grueso (abajo).

Dentro de los diferentes sustratos de fibra de coco que a nivel comercial se distribuyen en Guatemala se tienen: Forteco Extra, Power, Profit, Maximum, Pelemix y otros. Se comercializan según las medidas. El sustrato utilizado en la finca “El Valle” tiene las medidas 50 cm de largo, 20 cm de ancho y 12 cm de alto, las cuales se presentan en la figura 41. No es recomendable utilizar sustratos que tienen contenido de polvo, ya que el polvo se precipita y compacta lo que da menor capacidad de aireación dejando agua residual y la raíz bajo estas condiciones no crece (Villagrán, 2013).



**Figura 41:** Medidas del sustrato.

sustrato de fibra de coco presenta una alta salinidad, debida principalmente a niveles altos de cloruro sódico y potasio, lo que produce toxicidad después del trasplante en caso de no realizar un lavado del sustrato (Villagrán, 2013).

#### **2.3.4 Fertirriego**

Ferti-irrigar es inyectar un fertilizante líquido en el agua de riego por medio de inyectoros. La mezcla de fertilizante y agua que reciben las plantas se llama solución de ferti-riego o solución nutritiva, la cual está formada por el agua de riego junto con los iones disueltos, procedentes de la disolución de los abonos empleados para la formulación de dicha solución, en donde se encuentran disueltos los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, en una proporción adecuada (Resh, H., 2006)

La mayoría de invernaderos usan inyectoros de fertilizantes con soluciones nutritivas concentradas almacenadas por separado en tanques A y B, ambas soluciones concentradas de 100 a 200 veces más de lo normal, además de una solución stock de ácido o base, en un tercer tanque, tanque C para ajustar el pH de la solución final, el inyector diluye estos concentrados proporcionalmente en un tanque de mezcla antes de bombear la solución a través del gotero (Resh, H., 2006)

Es de importancia utilizar el sistema de fertirriego en los sistemas de producción bajo condiciones protegidas en cultivos hidropónicos, para poder suministrar a la planta fertilizantes disueltos en agua. El riego por goteo va dirigido hacia el sustrato, teniendo la ventaja de eficiencia del aprovechamiento del agua. Se realizan riegos continuos en función del tiempo y variables climáticas (Villagrán, 2013).

Los principales parámetros a tomar en cuenta en el sistema de fertirriego son el volumen de descarga, pH y conductividad eléctrica (CE) del agua de riego y drenaje. La conductividad eléctrica aceptable es de 3.0 a 3.2 dS/m y pH de 5.5 a 6.0 en las soluciones de entrada y CE de 4.0 a 4.5 dS/m y pH de 5.5 a 6.0 en las soluciones de salida o drenaje (Villagrán, 2013).

### **2.3.5 Polinización en el cultivo de tomate**

Con el proceso de polinización se logra obtener y producir frutos más grandes y pesados, con forma perfecta y uniforme, las colmenas de abejorros (*Bombus* spp.) hacen que sea más eficiente y confiable la polinización del cultivo de tomate asegurando así esos frutos deseados que contribuyan a la meta de producción, ya que las flores sin ser polinizadas tardan más tiempo en cerrarse y formarse el fruto además de desarrollar frutos pequeños y deformes (Ronquillo, 2010).

### **2.3.6 Condiciones climáticas**

La temperatura recomendada para el cultivo de tomate es de 22 a 23 grados centígrados, 60 a 80% de humedad y una radiación no mayor a 1600 watts/m<sup>2</sup> (Villagrán, 2013).

Las temperaturas más bajas en la zona radicular (aproximadamente 15 ° C) inducen el crecimiento vegetativo, aumenta el aborto de flores y aborto de frutos jóvenes. (Villagrán, 2013)

El aborto de flores y frutas está relacionada con la tasa de producción de asimilados fotosintéticos y la distribución de asimilar dentro de la planta. El número de flores y frutas crea una demanda de los recursos vegetales, y si la planta no puede satisfacer la demanda debido a bajos niveles de radiación, CO<sub>2</sub>, agua, nutrientes provoca alta tasa de aborto floral (Szpiniak, sf).

### **2.3.7 Manejo de plantación**

Los ejes a dejar en la planta van en función del tipo de cultivo, la variedad del cultivo y de la densidad deseada (Villagrán, 2013). Dependiendo de la época del ciclo así será el tipo de decisiones, de forma general se deben mantener semanalmente 3 racimos totalmente descubiertos, en el deshoje tener de 9 a 16 hojas por eje para encontrar un buen balance vegetativo-generativo según la variedad del cultivo (Girón, 2013).

Realizar raleos para obtener 5 tomates por racimo cuando los frutos estén bien definidos. Dejar hoja bandera si el diámetro del tallo baja de 11 mm. Dejar una hoja si el diámetro es de 10 mm y dos hojas si el diámetro es de 9 mm. El diámetro de tallo ideal debe estar entre 11 y 12 mm (Girón, 2013).

Mantener de 4.0 a 4.5 dS/m en las soluciones de salida o drenaje y tener una diferencia entre entrada salida en un máximo de 1 dS/m. El pH debe de estar de 5.5 a 6.0 (Villagrán, 2013).

Aplicar cada dos semanas un protector de raíces, propamocarb o folio gold alternados, y tomar decisiones inmediatas según el plagueo semanal (Girón, 2013).

### **2.3.8 Cosecha**

En tomate tipo racimo para exportación se cosecha a partir del grado 3 y 4 de maduración, es deseable realizar el pintado del racimo 5 días antes de la cosecha con el producto Ethrel® 48 SL a una dosis de 30<sup>a</sup> 50 cc/L (Villagrán, 2013). En el cuadro 3 se describen los grados de maduración del 1 al 6 y en la figura 42 se visualizan los colores de maduración.

**Cuadro 3:** Descripción del grado de maduración en tomates.

Grado	Color	Descripción
1	Verde	La piel del tomate está completamente verde. El color verde puede variar de claro a oscuro.
2	Con punto de maduración	Existe un rompimiento del color verde hacia colores amarillo, rosado o rojo en no más del 10 % de la superficie del fruto.
3	Color definido	Entre el 10 y el 30% de la superficie del fruto muestra un cambio definido del color verde hasta amarillo, rosado o rojo, o una mezcla de ellos.
4	Rojo claro	Entre el 30 y el 60% de la superficie del tomate tiene color rosa o rojo.
5	Rojo	Entre el 60 y el 90% de la superficie del tomate muestra color rojo
6	Rojo oscuro	Más del 100% de la superficie del tomate tiene color rojo.

Fuente: Pérez, W., 2013.

**Figura 42:** Grados de maduración del fruto de tomate.

Fuente: United Fresh Fruits and Vegetables Association, US; USDA, US. 2004.

### 2.3.8.1 Ethrel

Ethrel® 48 SL (IA: Etefón) es un fitorregulador generador de etileno, el que libera dentro de los tejidos vegetales después de su aplicación, actúa en los procesos de maduración, coloración y senescencia de los frutos de los racimos (BAYER, 2014).

### 2.3.9 Parámetros de producción

Es de vital importancia el monitoreo del desarrollo de la planta, tomando como base las variables del clima para comparaciones en cuanto al crecimiento de la planta y carga de fruta (Villagrán, 2013).

Las mediciones de desarrollo de las plantas es una actividad que debe llevarse a cabo durante todo el ciclo del cultivo en función de los factores climáticos y nutrición vegetal. Por lo que se deben obtener datos de crecimiento (cm), peso de racimo (kilogramos), diámetro de tallo (mm), número de racimos y frutos por eje y número de hojas para poder realizar comparaciones deseadas y poder tomar decisiones (Villagrán, 2013).

Los siguientes parámetros son de una planta en balance, va en función de la variedad y época del cultivo.

- ✓ Crecimiento: 15-30 cm
- ✓ Diámetro: 7-14 mm, balance 10 mm
- ✓ Carga de planta: 25 – 40, balance 30 frutos
- ✓ No. de racimos: 5 – 8, balance 6 racimos
- ✓ Largo de hojas: 40 – 50 cm, balance 45 cm.
- ✓ No. de hojas: 6 – 16 (depende del material).

Fuente: Villagrán, 2013.

### 2.3.10 Principales plagas y enfermedades

#### 2.3.10.1 Mosca blanca

La mosca blanca es la plaga más común de los tomates de invernadero. Hay dos especies de mosca blanca que son un problema en los cultivos de invernadero, *Trialeuroides vaporariorum* y *Bemisia tabaci*. Las hembras adultas ponen sus huevos en el envés de las hojas que emergen en unos 10 días, pueden dañar la planta al succionar la savia de las hojas. Grandes infestaciones pueden causar amarillamiento de las hojas y una disminución del crecimiento general de la planta. La Fumagina se encuentra comúnmente asociada a la mosca blanca y los pulgones. La presencia de Fumagina sobre las hojas puede reducir la productividad de la hoja mediante la reducción de la cantidad de luz que llega a la misma (Alberta, 2004). La principal importancia de la mosca blanca es la transmisión de virus TMV.

La mosca blanca puede controlarse de forma biológica y química. Para el control biológico se utiliza *Eretmocerus sp.* Y *Encarsia Formosa* y en el control químico se recomienda Jabón potásico, Spiromesifen, Imidacloprid, Spirotetramat, Azadiractina, Tiacloprid, Buprofezin (Montenegro, E., 2013).

#### 2.3.10.2 Trips

Hay dos especies de trips que son plagas comunes en los cultivos de hortalizas de invernadero, el trips occidental de las flores (*Frankliniella occidentalis*) y el trips de la cebolla (*Trips tabaci*). Los trips se alimentan succionando los contenidos de las células de la planta. El daño se observa en pequeñas rayas blancas en las hojas y los frutos, puede causar distorsiones en la fruta en plantas jóvenes. Los trips adultos se congregan en las flores y la supervisión periódica de las flores va a permitir la detección temprana de los trips. Además de causar daño por alimentación directa y la pérdida de rendimiento resultante, ambas especies de trips son vectores del virus del bronceado del tomate (TSWV). Una de las principales medidas de control para reducir al mínimo la propagación e infección del TSWV dentro del cultivo es el control de los trips. (Alberta, 2004).

Los trips en tomate se pueden controlar en forma biológica y química. Para el control biológico se utilizan *Amblyseius swirskii*, *Orius insidiosus* y *Beauveria*

**bassiana**; para el control químico se recomienda Azadiractina, Fipronil, Spinetoram y Spinosad 48% (Montenegro, E., 2013). Así como extracto de ajo para prevenir el ingreso de trips al invernadero.

#### **2.3.10.3 Araña roja (*Tetranychus urticae*)**

El ácaro rojo o de dos manchas (*Tetranychus urticae*) es una plaga común de una serie de cultivos protegidos. Los síntomas típicos son moteado de las hojas, a medida que aumenta la población las hojas se vuelven frágiles y de color marrón. Su principal transporte interno es en la ropa de los trabajadores. A medida que la temporada avanza los ácaros hembra desarrollan un color anaranjado-rojizo brillante, mientras se preparan para el invierno. Los ácaros hembra buscan refugio en grietas en todas las estructuras y un profundo lavado a presión en la temporada de limpieza es necesario para reducir al mínimo el número de hembras que sobreviven al ciclo siguiente. (Alberta, 2004).

Para el control biológico de de la araña roja se recomienda *Phytoseiulus persimilis* y para el control químico Azufre coloidal (Sulfapron), Azufre mojable y Vertimec (Melgar, 2013).

#### **2.3.10.4 Cenicilla (*Leveillula taurica*)**

La cenicilla se manifiesta por la presencia de manchas amarillas en el haz de la hoja que se necrosan por el centro, observándose un polvillo blanquecino por el envés. En caso de fuerte ataque la hoja se seca y se desprende pudiendo llegar a provocar importantes defoliaciones (Montenegro, E., 2013).

Como prácticas de control cultural para cenicillas se recomienda eliminar las malezas y restos de cultivo. Para el control químico se recomienda aplicaciones de azúfre, Myclobutanil, Azoxistrobin. (Montenegro, E., 2013).

#### **2.3.10.5 Oidiopsis u Oidio (*Oidiopsis taurica*)**

El Oidio se manifiesta en el haz de las hojas como un micelio blanquecino. Puede llegar a afectar el raquis del racimo del tomate (*Solanumlycopersicum*). Favorecen su desarrollo temperaturas de 20-30 °C y Humedad relativa de 70-80% (Montenegro, E., 2013).

Para el control cultural del oídio se recomienda eliminar las malezas y otros hospederos, control de luminosidad y humedad y para el control químico se recomienda aplicar Strobilurinas, Miclobutanyl, Triadimefon (Melgar, 2013).

#### **2.3.10.6 Botrytis (*Botrytis cinerea*)**

La Botrytis en hojas y flores producen lesiones pardas, en frutos se produce una podredumbre blanda (más o menos acuosa, según el tejido) en los que se observa el micelio gris del hongo (Montenegro, 2013).

Para el control cultural del oídio se recomienda la eliminación de malezas, restos de cultivo y plantas infectadas, tener cuidado con las podas o deshojes así como también en la cosecha realizando cortes al ras del tallo, eliminar tejido muerto o infectado, eliminar flores senescentes y hojas antes que se depositen sobre otras partes de la planta y mantener buena ventilación interna. En el control químico se puede aplicar Cobre, Chemprocide, Milstop, Siganax, Bellis, Switch (Melgar, 2013).

#### **2.3.10.7 Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)**

En hojas y flores se producen lesiones pardas. En frutos se produce una podredumbre blanda, acuosa según el tejido en los que se observa el micelio gris del hongo. En hojas aparecen manchas irregulares de aspecto aceitoso que al principio rápidamente se necrosan e invaden casi todo el foliolo. Alrededor de la zona afectada se observa un pequeño margen que en presencia de humedad y en el envés aparece un fieltro blancuzco poco patente. En tallo, aparecen manchas pardas que se van agrandando y que suelen circundarlo. Afecta a frutos inmaduros, manifestándose como grandes manchas pardas, vítreas y superficie y contorno irregular. Las infecciones suelen producirse a partir del cáliz, por lo que los síntomas cubren la mitad superior del fruto (Montenegro, E., 2013).

Para el control cultural de tizón tardío se recomienda eliminar partes enfermas y no mojar el follaje y como control químico se recomienda utilizar cobre, Flint, Balear, Ridomilgold, Equation pro (Montenegro, E., 2013).

#### **2.3.10.8 Alternaria (*Alternaria solani*)**

La alternaria se manifiesta en manchas pequeñas circulares o angulares, con marcados anillos concéntricos. En tallo y peciolo se producen lesiones negras alargadas, en las que se pueden observar a veces anillos concéntricos. Los frutos son afectados a partir de las cicatrices del cáliz, provocando lesiones pardo-oscuros ligeramente deprimidas y recubiertas de numerosas esporas del hongo (Montenegro, E., 2013).

Para el control cultural de alternaria se recomienda eliminar las malezas, plantas y frutos enfermos; en el caso de control químico se pueden aplicar los siguientes productos como preventivos y curativos, Equation, Curzate, Balear. (Montenegro, E., 2013)

#### **2.3.10.9 Fusarium (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*)**

El Fusarium comienza con la caída de peciolo de hojas superiores. Las hojas inferiores amarillean avanzando hacia el ápice y mueren. También puede ocurrir que se produzca un amarilleo que comienza en las hojas más bajas y que termina por secar la planta. Si se realiza un corte transversal al tallo se observa un oscurecimiento de los vasos. El hongo puede permanecer en el suelo durante años y penetra a través de las raíces hasta el sistema vascular. Síntomas similares a los producidos por *Verticillium sp.* (Montenegro, E., 2013).

Para el control cultural de fusarium se recomienda la rotación de cultivos para reducir paulatinamente el patógeno en suelos infectados, eliminar las plantas enfermas y los restos del cultivo, utilizar semillas certificadas y plántulas sanas, utilización de cultivares resistentes, solarización, fumigación del suelo y desinfección de tijeras. Los tratamientos químicos cuando ya ha aparecido en el cultivo son ineficaces. Para el control preventivo aplicar Previcur, Prevalor, Mertec, Folio Gold (Montenegro, E., 2013).

#### **2.3.10.10 Pythium (*Pythium sp.*)**

El Pythium Se manifiesta con lesiones oscuras y acuosas que tienen comienzo a nivel radicular avanzando hacia el cuello y tallo. Para el Control se recomienda utilizar Previcur, Prevalor, Mertec, Folio Gold (Montenegro, E., 2013).

#### **2.3.10.11 Verticillium (*Verticillium dahliae*)**

El Verticillium produce los mismos síntomas que Fusarium y es necesario su estudio en laboratorio para confirmar el patógeno. La penetración se realiza a través de heridas en las raíces. (Montenegro, E., 2013)

Como parte del control cultural de Verticillium se debe rotar cultivos, eliminar las plantas enfermas y los restos del cultivo, utilizar semillas certificadas y plántulas sanas, utilización de cultivares resistentes, solarización, fumigación del suelo, desinfección de tijeras. Los tratamientos químicos cuando ya ha aparecido en el cultivo son ineficaces. Control preventivo: Previcur, Prevalor, Mertec, Folio Gold. (Montenegro, E., 2013)

#### **2.3.10.12 Cáncer bacteriano del tomate (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*)**

El primer síntoma de Clavibacter es la flacidez marginal de las hojas más viejas, las cuales pueden mostrar una marchitez unilateral y líneas ligeramente coloreadas a lo largo de pecíolos y tallos, las cuales rompen la corteza y se forman cánceres. Las hojas y pecíolos permanecen adheridas al tallo. Internamente los tallos muestran una coloración vascular amarilla o ligeramente café, la cual se torna café rojizo. Los frutos muestran pequeñas lesiones blancas, las cuales cambian a café costroso con un halo blanco. La infección primaria se origina principalmente de semilla infectada. (Sánchez, M.)

En forma preventiva y como prácticas de control cultural de Clavibacter se recomienda utilizar semilla sana y plántulas provenientes de semilla certificada, eliminación de plantas enfermas, eliminación de malezas, desinfección de tijeras y manos durante las prácticas de manejo, no regar por aspersión. Para el control preventivo se recomienda utilizar Chemprocide y Cobre. (Montenegro, E., 2013)

#### **2.3.10.13 Mancha negra del tomate (*Ralstonia solanacearum*)**

En hojas, Ralstonia se manifiesta por manchas negras de 1-2 mm de diámetro y rodeadas de halo amarillo que pueden confluir. En tallo, pecíolos y bordes de los sépalos también aparecen manchas negras de borde. Solo son afectados los frutos verdes en los que se observan pequeñas manchas (de 1 mm) deprimidas. El viento, lluvia, gotas de agua y riegos por aspersión diseminan la enfermedad (Alberta, 2004).

#### **2.3.10.14 Erwinia (*Erwinia carotovora*)**

La Erwinia penetra por heridas, provocando generalmente podredumbres acuosas, blandas que suelen desprender olor desagradable. En tomate se observa en la parte exterior del tallo manchas negruzcas y húmedas. En general, la planta suele morir (Alberta, 2004).

Para el control de Erwinia se recomienda utilizar semilla sana o desinfectada, tener un marco de plantación que permita buena ventilación, evitar heridas en poda, evitar humedad ambiental elevada, destruir plantas y frutos enfermos. Se recomiendan aplicaciones de productos cúpricos: oxiclورو de cobre, sulfato cúprico, óxido cuproso, entre otros o Kasugamicina (Montenegro, E., 2013).

#### **2.3.10.15 Virus del mosaico del tomate (ToMV)**

En el cultivo de tomate el virus se propaga muy fácilmente de una planta a otra durante el manejo de plantas, transmitido desde la semilla, suelo y pueden sobrevivir en el residuo de la cosecha por un máximo de dos años. Los síntomas son moteado verde claro a verde oscuro o mosaico de las hojas y el síntoma hoja de helecho, las hojas presentan un desarrollo distorsionado. Este virus reduce la calidad de la fruta y disminuye el rendimiento, la fruta infectada desarrolla un aspecto parcheado hasta formar zonas hundidas de color marrón oscuro a negro (Sánchez, 2007).

Para la prevención del virus mosaico del tomate se recomienda el lavado de ropa de trabajo y la desinfección de las herramientas de poda por inmersión en una solución de fosfato trisódico 10% (Sánchez, 2007).

#### **2.3.10.16 Virus del mosaico del tabaco TMV**

El virus mosaico del tabaco se manifiesta por un mosaico verde claro-verde oscuro, los frutos aparecen con deformaciones, manchas amarillas y maduración irregular. La transmisión se realiza por semillas y mecánicamente por contacto de manos, herramientas (Sánchez, 2007). El virus no tiene un control sino solo prevención, se recomienda no fumar en las instalaciones ni tener trabajadores que fumen en otras áreas y buena desinfección al manipular las plantas (Montenegro, E., 2013).

### 2.3.10.17 Virus del bronceado del tomate (TSWV)

La presencia de virus del bronceado del tomate se observa por unos anillos verdes en las hojas, los cuales pueden ser de diferentes tamaños. En el fruto son frecuentes los círculos concéntricos con ligero relieve. En la maduración se colorean de forma poco homogénea produciendo una coloración llamativa y característica (Sánchez, 2007).

El virus del bronceado del tomate se transmite por vectores. Las especies principales que lo transmiten son: *Frankliniella occidentalis* y *Trips tabaci*, las cuales se deben controlar preventivamente y se recomienda la eliminación de todo tejido de la planta infectado (Montenegro, E., 2013).

### 2.3.11 El CO<sub>2</sub> y la fotosíntesis

La producción de hortalizas en invernaderos se basa en el control del medio ambiente, de tal forma que ofrezcan las condiciones más favorables para un rendimiento máximo. La capacidad de una planta para crecer y desarrollarse depende de la fotosíntesis. En presencia de la luz, la planta combina el dióxido de carbono y agua para formar azúcares que luego son utilizados para el crecimiento y la producción de fruta. La fotosíntesis es prácticamente el único mecanismo de entrada de energía en el mundo de los seres vivos. La optimización del entorno del invernadero se orienta a maximizar el proceso de fotosíntesis en las plantas (Alberta, 2002).

La fotosíntesis es el proceso por el cual la planta en presencia de luz, dióxido de carbono y agua da como resultado la producción de azúcares, oxígeno y agua (Alberta, 2002).

La fotosíntesis requiere de ciertos insumos para obtener los resultados deseados. El dióxido de carbono y el agua se combinan en presencia de luz y se modifican para producir azúcares utilizados para formar carbohidratos más complejos y aceites, y así sucesivamente. Desde el punto de vista del agricultor, los resultados de la fotosíntesis es la producción de frutas. Esto sirve para recordar que las decisiones realizadas en los cultivos pueden afectar el resultado de la fabricación de los productos que elabora la planta (Producción de alimentos y oxígeno para el medio ambiente). Decisiones en el manejo de los cultivos requieren de conocimiento de cómo mantener las plantas en el

equilibrio para que la vida productiva y el rendimiento del cultivo sean máximos (Alberta, 2002).

La enzima clave para la fijación de  $\text{CO}_2$  es la rubisco, la actividad de la rubisco depende de la relación del  $\text{O}_2$  y concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera. Uno de los efectos más importantes de enriquecimiento del  $\text{CO}_2$  es el aumento de la eficiencia del agua (Alberta, 2002).

La técnica de enriquecimiento de la atmósfera de gases como el  $\text{CO}_2$  para maximizar el rendimiento es una práctica habitual. El mayor incremento en la tasa de crecimiento lograda con enriquecimiento del  $\text{CO}_2$  se obtiene con altas intensidades de luz. Una alta concentración de  $\text{CO}_2$  pueden compensar parcialmente los niveles de luz bajo (Blom, et. al., 2013).

El nivel de  $\text{CO}_2$  se debe mantener a niveles superiores a la concentración del ambiente (350 ppm), para ello se debe propiciar la ventilación en el invernadero. (Blom, et. al., 2013).

El dióxido de carbono puede aumentar la translocación de azúcar a las raíces, así como facilita el movimiento de los compuestos de nitrógeno y de carbono dirigidos hacia el desarrollo de nuevas raíces (Blom, et. al., 2013).

El  $\text{CO}_2$  se encuentra de forma natural en la atmósfera y por tanto en el ambiente del invernadero. Es imprescindible para el desarrollo de las plantas, ya que constituye la fuente de carbono de los compuestos orgánicos, los que conforman la biomasa (hojas, tallos, frutos flores, raíces) (Astiz, et. al., 2012).

Durante la fotosíntesis las plantas captan energía lumínica y  $\text{CO}_2$  a través de las hojas, y agua y nutrientes a través de las raíces. Gracias a estos elementos y la clorofila de las hojas, las plantas consiguen sintetizar azúcares y diversos compuestos orgánicos necesarios para su desarrollo. La fotosíntesis es la responsable del crecimiento de las plantas y de las producciones que obtenemos en el cultivo. Por tanto, favoreciendo la fotosíntesis conseguimos favorecer el desarrollo de las plantas (Astiz, et. al., 2012).

A su vez las plantas también respiran para la obtención de energía, de modo que en ese proceso, al contrario de lo que sucede en la fotosíntesis, absorben  $O_2$  del ambiente y liberan  $CO_2$ . Respiración y fotosíntesis son procesos que se dan simultáneamente durante el día. Durante la noche sin embargo, no puede darse la fotosíntesis por falta de luz, lo que conlleva un aumento de concentración del  $CO_2$  en el invernadero por la respiración de las plantas. En momentos del día de gran actividad fotosintética en cambio, el nivel de  $CO_2$  será menor que en el exterior debido al consumo de las plantas. En estos momentos podemos encontrarnos con niveles de  $CO_2$  limitantes, es decir, la actividad fotosintética puede estar limitada por la baja disponibilidad de  $CO_2$  (Astiz, et. al., 2012).

Dentro de un invernadero con cultivo, en algunos momentos las concentraciones de  $CO_2$  suelen ser más bajas que en el exterior debido al consumo de las plantas. Una buena ventilación aumentaría el nivel de  $CO_2$  hasta igualarlo con el exterior en estos casos (Astiz, et. al., 2012).

### **2.3.12 Factores ambientales que intervienen en la fotosíntesis**

#### **2.3.12.1 Temperatura**

La fotosíntesis es un proceso en extremo complejo y el óptimo para un factor cualquiera es muy afectado por los niveles de los otros factores. Los efectos de la concentración de  $CO_2$  temperatura y luz sobre la fotosíntesis se relacionan todos entre sí y a su vez todos ellos dependen en mayor o menor grado de diversas características fisiológicas y anatómicas de la planta. De hecho, bajo condiciones de campo la temperatura no influye mucho en la tasa fotosintética, en un rango de 16 a 29°C a menos que la intensidad lumínica sea suficientemente alta como para que las reacciones oscuras sean limitantes (Bidwell, 1987).

#### **2.3.12.2 Dióxido de carbono**

Bajo condiciones de campo, la concentración del dióxido de carbono es con frecuencia el factor limitante de la fotosíntesis. La concentración de 0.033% (330 ppm) en la atmósfera está muy por debajo de la saturación con  $CO_2$  de la mayoría de las plantas. Evidentemente la fotosíntesis es muy afectada por las bajas concentraciones de dióxido

de carbono pero se relaciona más estrechamente con la intensidad lumínica en altas concentraciones (Bidwell, 1987).

Conforme se reduce la concentración de  $\text{CO}_2$  desciende la tasa fotosintética hasta que iguala exactamente a la tasa de fotorrespiración. En las plantas C3 esto ocurre en una concentración de  $\text{CO}_2$  de 50 ppm (punto de compensación) (Bidwell, 1987).

### **2.3.12.3 Luz**

La intensidad lumínica afecta directamente la tasa de la fotosíntesis. La fotosíntesis se satura bruscamente a la intensidad en la que las reacciones oscuras se tornan limitantes (Bidwell, 1987).

En invernadero, especialmente si las condiciones de ventilación no son óptimas, la reducción del contenido de  $\text{CO}_2$  del aire (respecto al normal, que es del orden de 340 ppm) es importante, y sería deseable evitarla, especialmente en condiciones de alta radiación. Una estrategia, de posible interés para los invernaderos, sería enriquecer con  $\text{CO}_2$  hasta valores del orden de 340 ppm, pues mantener niveles más altos puede resultar muy costoso cuando hay que ventilar o si los invernaderos son poco estancos. Limitar la reducción de  $\text{CO}_2$  mediante una ventilación más eficiente es objetivo deseable en los invernaderos, que contribuirá, asimismo, a limitar excesos térmicos y valores extremos de humedad del aire (Bidwell, 1987).

## 2.4 MARCO REFERENCIAL

### 2.4.1 Ubicación geográfica de la Finca “El valle”

La finca “El Valle” se encuentra ubicada en el kilómetro 77, municipio de Nueva Santa Rosa, en las coordenadas 12°39'39” de latitud norte y 94°22'00” de longitud este, con una altitud de 1025 msnm. (Ronquillo, 2010)

### 2.4.2 Vías de acceso

El acceso a la finca “El Valle” puede hacerse por dos rutas, la primera ruta, por la carretera interamericana que conduce hacia El Salvador, desviándose en Barberena hacia la carretera que conduce a Casillas pasando por Nueva Santa Rosa.

La segunda vía de acceso es por la ruta el Tecolote, ingresando por la carretera que conduce hacia la granja Penal Pavón, que conduce hacia la aldea Amberes, la cual conecta con la ruta que conduce a Mataquescuintla (Ronquillo, 2010).

### 2.4.3 Área de producción de los invernaderos de la empresa Semillas del Campo S.A.

En la finca “El Valle” se encuentra las áreas de producción de la empresa Semillas del Campo S.A., el proyecto Cecilio cuenta con 5 invernaderos que suman 3.11304 Hectáreas. (Girón, 2013)

### 2.4.4 Condiciones climáticas de los invernaderos de la empresa Semillas del Campo S.A.

En los invernaderos de la empresa Semillas del Campo S.A. La temperatura promedio es de 20 a 23°C, y la humedad relativa de 40 a 60 % en el invernadero (Melgar, 2013).

### 2.4.5 Cultivos

En los invernaderos de la empresa Semillas del Campo S.A. se cultivan principalmente tomate *Solanum lycopersicum*, tomate Cherry *Solanum lycopersicum* Var. cerasiforme, chile pimiento *Capsicum annuum* (Girón, 2013).

#### 2.4.5.1 Variedad

La variedad cultivada de tomate en racimo es Clermon con patrón Emperador.

#### 2.4.5.2 Densidad de plantación

La densidad de plantas utilizada para la producción de tomates tipo racimo en la finca “El Valle” es de 2.85 ejes por metro cuadrado (Girón, 2013).

#### 2.4.6 Polinización

La polinización en el cultivo del tomate se realiza utilizando colmenas de abejorros (*Bombus impatiens*) (Montenegro, 2013).

#### 2.4.7 Ciclo del cultivo

El trasplante de tomate tipo racimo en los invernaderos de la empresa Semillas del Campo S.A. se realiza a mediados del mes de Julio y el ciclo del cultivo finaliza a mediados del mes de mayo, al finalizar la producción se deja 30 días de veda para el inicio del próximo ciclo (Girón, 2013).

#### 2.4.8 Fuentes hídricas y sistema de fertirriego de la empresa Semillas del Campo S.A.

La finca “El Valle”, en donde se ubica la empresa Semillas del Campo, posee un pozo mecánico, el cual tiene una profundidad de 280 pies, el agua es almacenada en un reservorio con una capacidad de 1000 m<sup>3</sup> (Ronquillo, 2010).

El sistema de fertirriego en la empresa Semillas del Campo está conectado directamente hacia la máquina de priva Nutri-fit la cual realiza las mezclas del tanque A y B para luego distribuir la solución según las mezclas, las cuales están en función de los requerimientos del cultivo de tomate. En la figura 43 observamos la distribución de los tanques de fertirriego.



**Figura 43:** Tanques de fertilizantes de Semillas del Campo, S.A.

## 2.5 OBJETIVOS

### 2.5.1 General

Evaluar el efecto de la provisión de dióxido de carbono por medio del sistema de ventilación en el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum*) hidropónico bajo condiciones de invernadero en la finca “El Valle”, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa.

### 2.5.2 Específicos

- Determinar el efecto de la provisión de dióxido de carbono por medio del sistema de ventilación sobre el rendimiento, peso promedio de racimo, número de racimos cosechados y crecimiento semanal de la planta.
- Calcular los beneficios económicos de la provisión de CO<sub>2</sub>.

## 2.6 HIPÓTESIS

Se espera que la provisión de dióxido de carbono por medio del sistema de ventilación contribuya al incremento del rendimiento, peso promedio de racimo, crecimiento de eje y número de racimos cosechados de tomate (*Solanum lycopersicum*).

## 2.7 METODOLOGÍA

### 2.7.1 Manejo del cultivo

El trasplante de tomate variedad Clermon-Emperador en los invernaderos de Semillas del Campo S.A. se realizó el 15 de julio 2013 a una densidad de 2.85 ejes/m<sup>2</sup> en sustrato de fibra de coco Pelemix. Se programaron las máquinas de prisa para fertirriego a una conductividad eléctrica de 3.0 a 3.2 dS/m y pH de 5.5 a 6.0 en las soluciones de riego para tomate, cada día a las 7:00 horas se monitorearon las soluciones de drenaje para poder realizar correcciones en los parámetros según datos recomendados (CE de 4.0 a 4.5 dS/m y pH de 5.5 a 6.0 en drenaje).

Todas las prácticas de riego y manejo fueron orientadas para mantener las plantas en balance (diámetro 10 mm, 30 frutos en planta, 6 racimos). De manera general como prácticas de manejo se realizaron deshojes dejando 2 hojas por racimo de tomate, bajado

de ejes una vez por semana, guiado de ejes, colocación de clip, raleo de frutos para obtener de 5 a 6 frutos por racimo, deshije, quitado de clip, eliminación de brotes y como parte final del ciclo descabezado de ejes de tomate.

Como parte del manejo integrado de plagas se realizaron monitoreo de plagas semanal para la toma de decisiones en aplicaciones de agroquímicos y liberaciones de agentes de control biológico. La polinización se realizó con abejorros polinizadores (*Bombus impatiens*).

La cosecha se realizó 2 ó 3 veces por semana según la programación semanal de la empresa Semillas del Campo, S.A. Previo a la cosecha se hicieron aplicaciones de Ethrel® 48 SL a los racimos de tomate 5 días antes de la cosecha para obtener una maduración uniforme del racimo (dosis: 30 cc/L); los racimos para exportación se cosecharon a partir del grado 3 y 4 de maduración.

### **2.7.2 Unidad de muestreo**

Cada uno de los tratamientos estuvo constituido por un área de 921.60 m<sup>2</sup> con una densidad de siembra en cultivo de tomate de 2.85 ejes/m<sup>2</sup>, la unidad de muestreo fue un eje de planta de tomate.

### **2.7.3 Descripción de los tratamientos**

El experimento estuvo conformado de dos tratamientos, el primero con provisión de dióxido de carbono y el segundo sin provisión de dióxido de carbono, el cual constituye el testigo.

La provisión de dióxido de carbono se realizó por medio del sistema de ventilación a través de mangas de polietileno con un largo de 36 metros (largo de cama de cultivo), el cual estaba conectado al sistema Integro-fusión (priva-riego-meteorología), y el segundo con un sistema de ventilación interna. El área de cada túnel fue de 288 metros cuadrados y en cada uno estaba instalado un sensor de CO<sub>2</sub> dentro del área experimental, el cual registró los datos de concentración de CO<sub>2</sub> al sistema Integro-fusión en el período de evaluación.

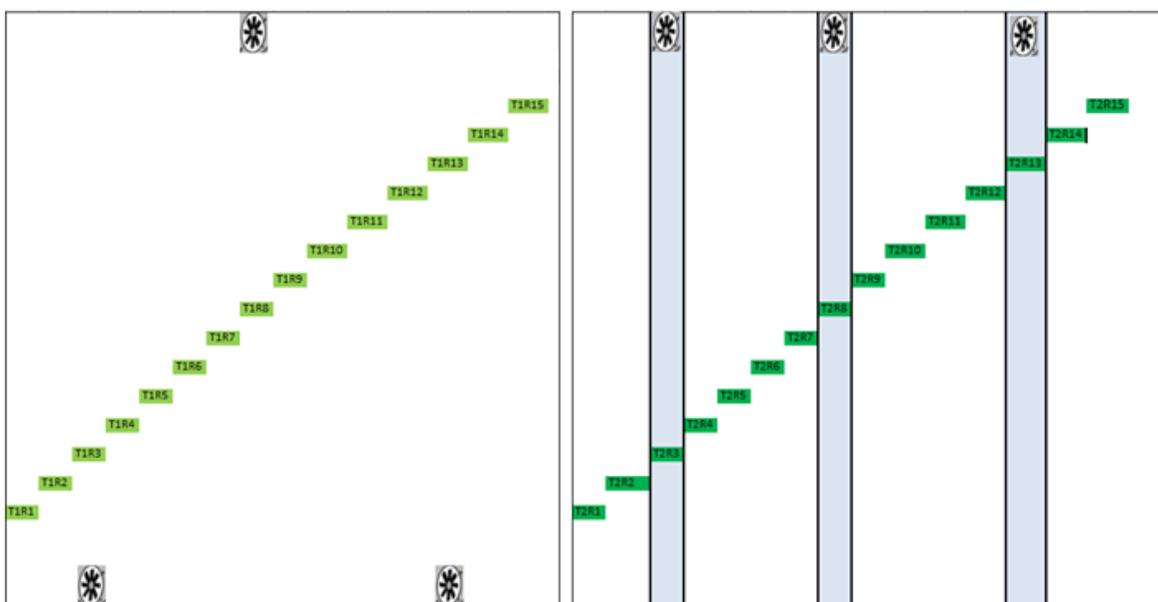
### 2.7.4 Diseño experimental

Se evaluó una prueba de hipótesis estadística acerca de dos medias poblacionales dependientes (o pareadas) con dos tratamientos y 15 repeticiones cada uno.

La distribución de cada una de las repeticiones se realizó por medio de un muestreo aleatorio sistemático.

### 2.7.5 Croquis

La distribución de los tratamientos se realizó por medio de un muestreo aleatorio sistemático, en cada uno de los tratamientos se instalaron tres ventiladores y 15 camas de cultivo con una repetición por cama. Las franjas celestes, que se muestran en la figura 17, hacen referencia a las mangas del sistema de ventilación donde se realizó la provisión de CO<sub>2</sub>. En la figura 44 se muestra la distribución de los tratamientos.



**Figura 44:** Distribución de los tratamientos de la evaluación.

### 2.7.6 Variables de respuesta

Las variables de respuesta que se evaluaron fueron: rendimiento en kg/m<sup>2</sup>, peso promedio de racimo (kg), racimos cosechados y crecimiento semanal del eje (cm).

## **2.7.7 Toma de datos**

### **2.7.7.1 Variables**

Los datos para cada una de las variables se obtuvieron de la forma siguiente:

Para la variable crecimiento del eje; cada semana con un marcador permanente se marcó en la pita o rafia la zona de crecimiento y con un metro se obtuvo la lectura de crecimiento semanal en centímetros.

Para la variable racimos cosechados por cada cinco racimos cosechados se realizó una marca en la cicatriz del corte de racimo y al final de la investigación se realizó el conteo de los racimos por cada uno de los ejes evaluados.

Para la variable rendimiento se realizó la cosecha en función de la programación de la empresa, en la figura 42 se muestra la coloración de los racimos que se cosecharon a partir del grado de maduración tres.

Para establecer el peso de racimos se utilizó una pesa analítica (capacidad de 30 kg) con la cual se tomó el peso de cada uno de los racimos en kg, el cual se anotó en los formatos de cosecha que se diseñaron (anexo, cuadro 4).

Para determinar el beneficio económico del tratamiento con provisión de CO<sub>2</sub>, se utilizó el costo de la manga para provisión de CO<sub>2</sub> y cantidad de rafia que se utilizó. La diferencia de la inversión entre el tratamiento con provisión de CO<sub>2</sub> y sin provisión de CO<sub>2</sub> varía, para este último tratamiento en los costos de la rafia que se utiliza para el sostén de la planta, derivado del crecimiento y para el primer tratamiento en el costo de la manga de polietileno que se utiliza en el sistema para proveer CO<sub>2</sub>.

### **2.7.7.2 Ingreso de datos**

Los días viernes de cada semana se ingresaron los datos tomados durante la semana en una base de datos (anexo, cuadro 6 y 7). Haciendo uso de la base de datos se calculó el peso promedio de fruto y kilogramos por metro cuadrado con base a la información ingresada.

### **2.7.8 Análisis de la información**

Los datos fueron procesados por medio de una prueba de t de Student, en la cual se determinó si existía o no diferencia significativa y se realizó un análisis de inversión y beneficio económico del tratamiento de provisión de CO<sub>2</sub>, el cual se comparó con el tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub>.

Se realizaron tablas dinámicas en Excel para determinar comportamientos semanales y totales entre cada una de las variables y se realizaron análisis de varianza, para ello se utilizó el programa INFOSTAT.

## 2.8 RESULTADOS

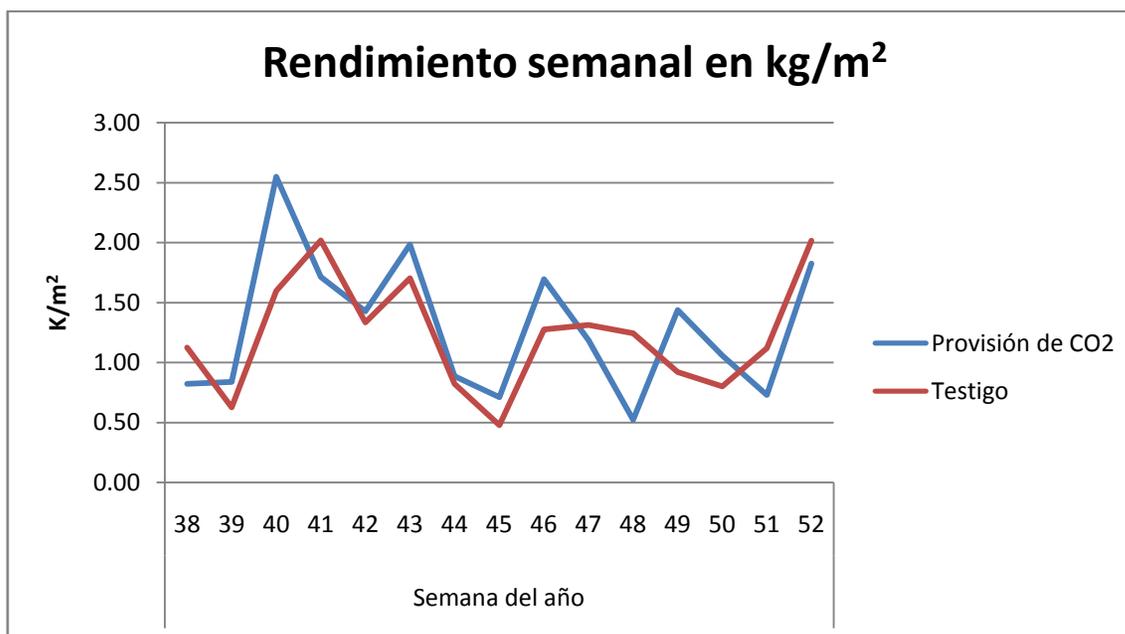
### 2.8.1 Rendimiento en kg/m<sup>2</sup>

En las primeras dos semanas de cosecha el tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub> mostró incremento de 0.09 kg/m<sup>2</sup>; a partir de la tercera semana de cosecha se observó incremento en el rendimiento en el tratamiento con provisión de CO<sub>2</sub>.

El rendimiento acumulado fue incrementando en el transcurso de las semanas, durante las semanas 47 y 48 del año el tratamiento con provisión de CO<sub>2</sub> fue disminuyendo en su rendimiento debido a la aparición de Botrytis en la formación del racimo en flor. De igual forma en el tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub> la cosecha de las semanas 42, 43, 44 y 45 del año fue afectada por presencia de Botrytis en el momento que se formaba el racimo en flor.

Al final de las 15 semanas de producción, semanas de la 38 a la 52 del año, evaluadas el rendimiento de las plantas con provisión de CO<sub>2</sub> tuvo un incremento de 0.99 kilogramos por metro cuadrado en comparación con el tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub>. En la gráfica 1 se observa el comportamiento del rendimiento en los tratamientos evaluados.

**Gráfica 1:** Rendimiento semanal en kg/m<sup>2</sup>



Como un parámetro estándar se esperaba obtener un rendimiento de 1.50 kg/m<sup>2</sup> semanales y se obtuvieron 1.29 kg/m<sup>2</sup> semanales con provisión de CO<sub>2</sub> y 1.22 kg/m<sup>2</sup> en tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub>, estos rendimientos fueron afectados por la incidencia de Botrytis y presencia de ejes vegetativos de la semana 42 a la semana 49 del año.

Según el análisis estadístico el cual se presenta en el cuadro 9 y en la figura 45 (anexos) se determinó con un 10% de significancia que la media de la producción de tomate con y sin provisión de CO<sub>2</sub> no son estadísticamente significativas.

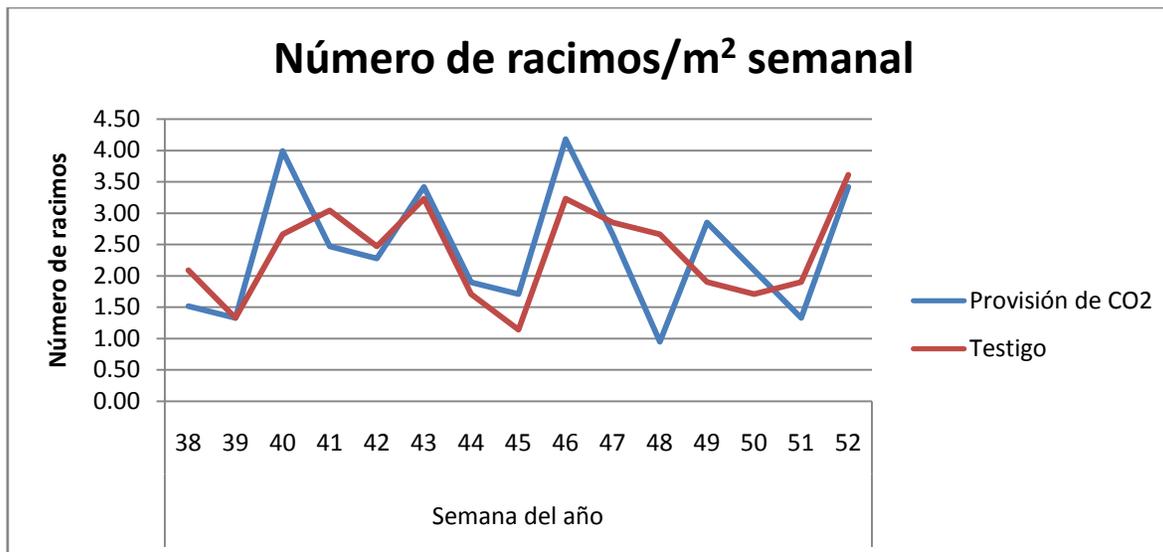
El modelo utilizado en este caso para la prueba de hipótesis de medias apareadas no estableció diferencia entre las medias de los tratamientos, es recomendable aumentar el número de repeticiones en pruebas a realizar en un futuro.

### **2.8.2 Racimos cosechados**

El número de racimos por metro cuadrado de cada tratamiento tuvo un comportamiento similar al de rendimiento, en el cuadro 11 (anexo) observamos una diferencia de 0.569 racimos/m<sup>2</sup> del tratamiento con provisión de CO<sub>2</sub> en comparación con el tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub>.

En las semanas 41, 42, 47, 48, 51 y 52 del año el tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub> tuvo un mayor número de racimos por metro cuadrado sin embargo en el acumulado el tratamiento con provisión de CO<sub>2</sub> tuvo 8 semanas con mayor número de racimos por metro cuadrado. En la gráfica 2 se muestra el comportamiento de los tratamientos en relación al número de racimos por metro cuadrado.

**Gráfica 2:** comportamiento del número de racimos/m<sup>2</sup> promedio semanal.



En la variable número de racimos cosechados al igual que en el rendimiento se observa la tendencia de una baja de los racimos/m<sup>2</sup> por la Botrytis que afectó al cultivo en ambos tratamientos de las semanas 47 y 48 del año en el tratamiento con provisión de CO<sub>2</sub> y de la semana 42, 43, 44, y 45 en tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub> (ver cuadro 11 en anexo).

En las repeticiones 2 y 4 de provisión de CO<sub>2</sub> y repeticiones 6 y 7 del tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub> hubo pérdida de un racimo completo por unidad experimental a causa de Botrytis floral, en otras unidades experimentales lo que se observó fue la muerte de una a dos flores lo que no completaba un racimo de exportación de 5 frutos, a la vez afectando la variable de peso promedio de racimo.

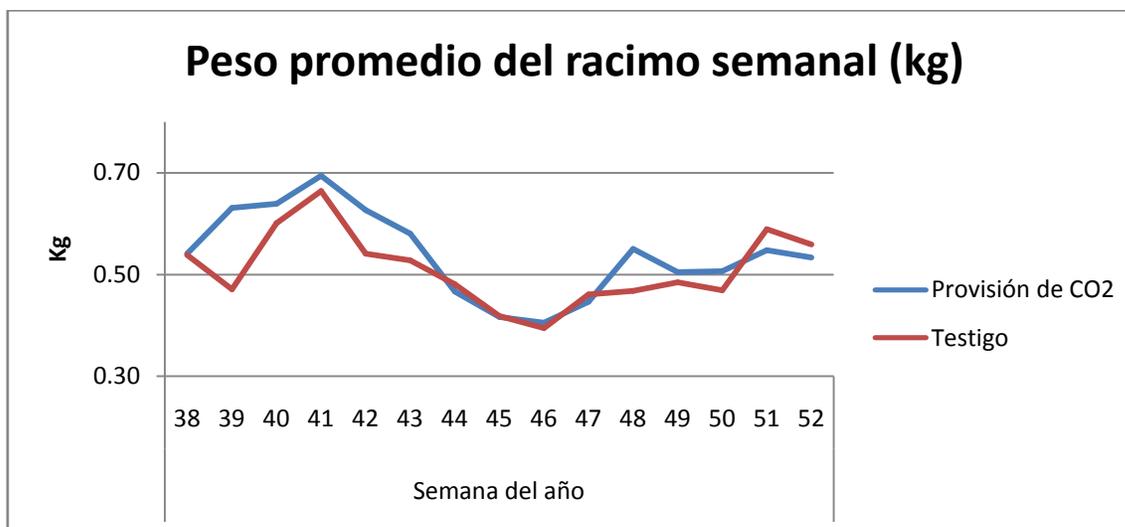
La prueba múltiple de medias con 10% de significancia no mostró significancia entre los tratamientos aplicados al cultivo de tomate (Ver cuadro 12 y figura 46 en anexo).

### 2.8.3 Peso promedio de racimo

El peso promedio de los racimos fue mayor en el tratamiento con provisión de CO<sub>2</sub>, la diferencia con el tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub> fue de 19.36 gramos de peso en promedio por racimo.

En las semanas de la 38 a la 50 del año se observó mayor incremento en el peso promedio de los racimos en el tratamiento con provisión de CO<sub>2</sub>. Sin embargo en las semanas 51 y 52 del año el tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub> mostró mayor incremento. En la gráfica 3 se muestra el comportamiento del peso promedio de los racimos de tomate en los dos tratamientos.

**Gráfica 3:** Comportamiento semanal del peso promedio del racimo.



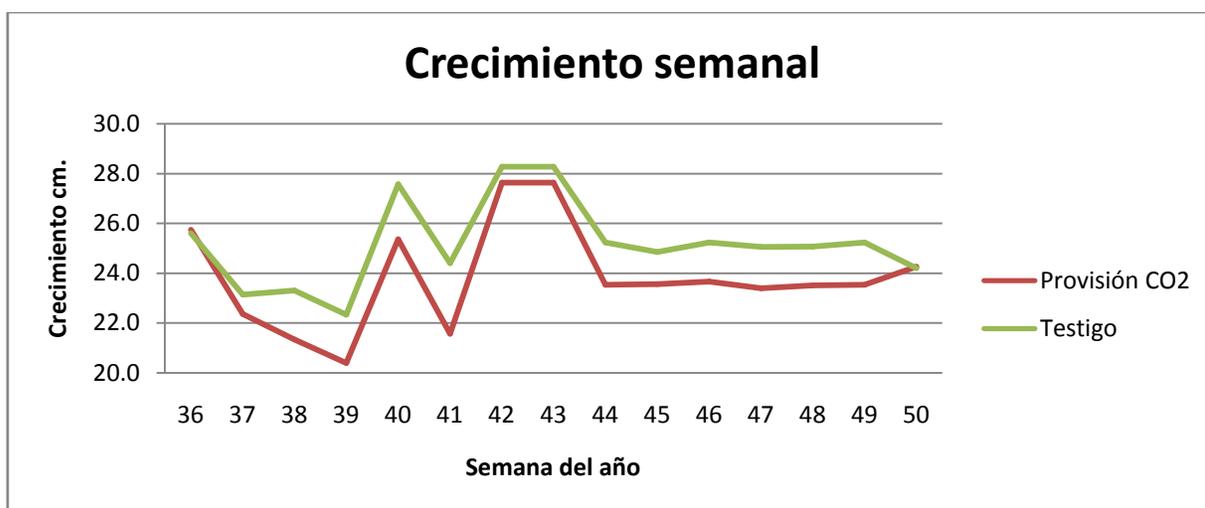
En las semanas 44, 45, 46 y 47 del año el peso promedio del racimo en el tratamiento de provisión de CO<sub>2</sub> estuvo por debajo de 0.50 kilogramos, durante este período de forma general, en los dos tratamientos evaluados, se manifestó un desorden fisiológico llamado “frutos Puffiness” o hinchazón del fruto. Además el cultivo fue afectado por Botrytis. Los frutos producidos en este período fueron cosechados en la semana 47.

En el caso de los “Puffiness” ó frutos cuadrados, la placenta no está bien formada lo que provoca un menor peso en el fruto, el desorden es causado por alta temperatura y baja radiación, los pedúnculos son débiles, forman un ángulo de 45<sup>0</sup>, al quebrarse el pedúnculo no se produce el crecimiento del fruto.

### 2.8.4 Crecimiento promedio semanal por eje.

Estadísticamente las plantas con provisión de CO<sub>2</sub> mostraron un crecimiento promedio semanal diferente al de las plantas sin provisión de CO<sub>2</sub>. Durante las 15 semanas las plantas sin provisión de CO<sub>2</sub> tuvieron un crecimiento de 1.30 cm mayor en comparación al tratamiento con provisión de CO<sub>2</sub>. En la gráfica 4 se observa el comportamiento del crecimiento semanal de ambos tratamientos.

**Gráfica 4:** Comportamiento semanal de la variable crecimiento del eje semanal (cm).



### 2.8.5 Beneficio económico de la provisión de CO<sub>2</sub>

Al considerar 1.30 centímetros de crecimiento por eje, incremento observado en el tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub>, a una densidad de 28,500 ejes por hectárea, se requieren 37,050 metros de rafia; a un costo de Q.0.044 por metro de rafia, se obtiene un valor de Q.1612.77 mas Q.275.00 de mano de obra para colocar la rafia. Lo anterior resulta en una inversión de Q.1887.77 mayor en el tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub> en un período de 15 semanas.

La manga de polietileno tiene un costo de Q.6,944.00 por hectárea. Este costo es el que incrementa el tratamiento con provisión de CO<sub>2</sub>.

Con el tratamiento con provisión de CO<sub>2</sub> se obtuvo un incremento en la producción de 0.99 kg/m<sup>2</sup>, lo que equivale a 9,900 kg/ha. Este incremento equivale a 1980 cajas de 5 kg de tomate, a un precio promedio de Q.62.80 la caja, se obtienen Q.124,344.00. Al restar el costo de inversión de la manga de polietileno utilizado en una hectárea y sumarle el costo de la rafia utilizada en el tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub>, se obtiene un beneficio económico de Q.119,287.77 por hectárea. Este es el beneficio económico por hectárea al proveer de CO<sub>2</sub> el cultivo de tomate en invernadero.

### **2.8.6 Discusión**

Los resultados obtenidos reflejan que el producto de la provisión de dióxido de carbono para el proceso de fotosíntesis incrementan los asimilados en el fruto de tomate, lo que se refleja en el incremento del rendimiento, peso del fruto y número de racimos cosechados. El tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub> estuvo expuesto a una concentración menor al 10% en comparación con el tratamiento con provisión de CO<sub>2</sub>. Aunado a lo anterior con la ventilación se alcanzan niveles estables de concentración de este gas.

El sistema de provisión de CO<sub>2</sub> presenta datos positivos en comparación al tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub> pero no lo suficiente para una diferencia estadística, sin embargo el beneficio económico que se obtiene por hectárea al provisionar CO<sub>2</sub> (Q.119,287.77 ) no es despreciable.

## 2.9 CONCLUSIONES

- El efecto de la provisión de dióxido de carbono en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero incrementa el rendimiento, peso promedio de racimo y número de racimos cosechados. Por otro lado sin provisión de dióxido de carbono en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero se incrementa en altura el crecimiento de la planta.
- Al provisionar dióxido de carbono en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero se incrementa el beneficio económico.

## 2.10 RECOMENDACIONES

- Evaluar en el cultivo de tomate en invernadero la provisión de CO<sub>2</sub> en un ciclo completo de 40 semanas de producción.
- Evaluar en el cultivo de tomate bajo invernadero sistemas de inyección de CO<sub>2</sub>.
- Realizar análisis del comportamiento de la producción en función de variables climáticas y CO<sub>2</sub>.

## 2.11 RECURSOS

- a) Área de 1843.20 metros cuadrados
- b) Pilones para determinada área
- c) Recursos directos e indirectos de producción
- d) Sistema de ventilación
- e) Epesista
- f) Asesores
- g) Computadora
- h) Pesa electrónica
- i) Libreta de campo, lapicero
- j) Computadora
- k) Caja climática
- l) Registros de variables climáticas
- m) Vernier
- n) Cinta métrica

## 2.12 BIBLIOGRAFÍA

24. Abad, M. 1997. Sustratos: propiedades y manejo de materiales orgánicos, minerales y sintéticos inertes y activos: hidroponía, una esperanza para Latinoamérica. *In* Curso Taller Internacional de Hidroponía (1996, Lima, Perú). Ed. Alfredo Rodríguez Delfín. Citado por: Baixauli Soria, C; Aguilar Olivert, JM. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas: aspectos prácticos y experiencias. España, Generalitat Valenciana, Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. 110 p. (Sèrie Divulgació Tècnica).
25. Alberta, CA. 2002. Guía para la producción comercial de pimiento en invernaderos de Alberta (en línea). Alberta, Canadá. Consultado 18 nov 2013. Disponible en [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/opp2873](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/opp2873)
26. Alberta, CA. 2004. Producción de tomate en invernadero comercial (en línea). Consultado 18 nov 2013. Disponible en [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/opp7963#3](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/opp7963#3)
27. Astiz, M; Castillo, J Del; Muñoz, P; Savé, R; Aranda, X. 2012. Fertilización carbónica, cultivo de tomate en hidroponía (en línea). España. Consultado 18 nov 2013. Disponible en <http://www.navarraagraria.com/categories/item/282-fertilizacion-carbonica-cultivo-de-tomate-en-hidroponia>
28. Astiz, M; Castillo, J Del; Uribarri, A; Aguado, G; Apesteguía, M; Díaz, S. 2011. Tomate hidropónico, acercamiento a otras alternativas (en línea). España, Navarra Agraria. Consultado 18 nov 2013. Disponible en <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3203497>
29. Baixauli Soria, C; Aguilar Olivert, JM. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas: aspectos prácticos y experiencias. España, Generalitat Valenciana, Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. 110 p. (Sèrie Divulgació Tècnica).
30. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2014. Series históricas, exportaciones e importaciones (en línea). Guatemala. Consultado 20 jun 2014. Disponible en <http://www.banguat.gob.gt/inc/main.asp?id=3986&lang=1&aud=1>
31. BAYER, CL. 2014. Ethrel (en línea). Chile. Consultado 3 jun 2014. Disponible en <http://www.bayercropscience.cl/soluciones/fichaproducto.asp?id=129#>
32. Bidwell, R. 1987. Fisiología vegetal. México, AGT Editor. 784 p.
33. Blom, T; Straver, W; Ingratta, F; Khosla, S; Brown, W. 2013. Dióxido de carbono en invernaderos (en línea). Consultado 22 nov 2013. Disponible en <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/00-077.htm>

34. Lemus, J. 2013. Sustratos hidropónicos, generalidades, riego y manejo del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) idropónico en condiciones controladas (comunicación personal). Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, Semillas del Campo, Departamento de Capacitación.
35. Martínez, E; García, M. 1993. La alternativa: el cómo y el porqué. Horticultura 84. Citado por: Baixauli Soria, C; Aguilar Olivert, JM. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas: aspectos prácticos y experiencias. España, Generalitat Valenciana, Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. 110 p. (Sèrie Divulgació Tècnica).
36. Mataz, A. 2005. Estudio de los factores incidentes en el agrietado del fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tipo cereza: el papel de la cutícula del fruto. Tesis PhD. Málaga, España, Universidad de Málaga. 226 p.
37. Melgar, J. 2013. Cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) hidropónico en condiciones de invernadero (comunicación personal). Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, Popoyán, Departamento de Capacitación.
38. Montenegro, E. 2013. Manejo Integrado de plagas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (comunicación personal). Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, Popoyán, Departamento de Capacitación.
39. Pérez, W. 2013. Clasificación de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la planta empacadora (comunicación personal). Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, Popoyán.
40. Resh, H. 2006. Pimientos hidropónicos (en línea). Perú. Consultado 20 nov 2013. Disponible en [http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin46/PIMIENTO\\_HIDROPONICO\\_RESH.pdf](http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin46/PIMIENTO_HIDROPONICO_RESH.pdf)
41. Ronquillo, E. 2010. Descripción de las cinco actividades realizadas en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* L.), en hidroponía en la finca El Valle, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala. Inf. Tecn. Per. Agr. Guatemala, Centro de Educación Media Agropecuaria Del Sur-Oriente. 64 p.
42. Sánchez, M. 2007. Manejo de enfermedades del tomate (en línea). Xalapa, Veracruz, México, Fundación Produce Veracruz. Consultado 17 nov 2013. Disponible en <http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/Manejo%20de%20Enfermedades%20del%20Tomate.pdf>
43. Szpiniak, M. s.f. Cultivo de tomate, necesidades climáticas (en línea). España, Mundi Prensa. Consultado 19 nov 2013. Disponible en <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/archivos/foros/cultivodeltomateynecesidadesclimaticas.pdf>

44. United Fresh Fruits and Vegetables Association, US; USDA, US. 2004. Color classification requirements in United States standards for grades of fresh tomatoes (en línea). US. Consultado 14 nov 2013. Disponible en <http://www.just.edu.jo/~jamali/tomatocolor.htm>
45. Villagrán, C. 2013. Riego y manejo del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) hidropónico (comunicación personal). Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, Popoyán.



**Cuadro 5:** Formato de variables morfológicas.

Técnico: \_\_\_\_\_

Semana ( )	Fecha: _____																
	Material																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Prom
Crecimiento (cm)																	
Diámetro de tallo (mm)																	
Racimos cosechados																	

**Cuadro 6:** Esquema de base de datos de cosecha.

Fecha	No.	Trasplante	ddt	SemCul	Sem año	mes	Área	Material	Estructura	No. de racimos	Kg.	Kg./m <sup>2</sup>	Peso/racimo
19-sep-13	1	15-jul-13	66	9	38	sep	0.35	Clermont Tab 1	Clermon Tabique	1	0.499	1.421	0.499

**Cuadro 7:** Esquema de base de datos de variables morfológicas.

Fecha	No.	Trasplante	Sem Cul	Sem año	mes	Material	Estructura	Crecimiento (cm.)	Diámetro (mm.)	Racimos cosechados
22-ago-13	1	15-jul-13	5	34	ago	Clermont Tab 1	Clermon Tabique	96	8	1

**Cuadro 8:** Rendimiento (kg/m<sup>2</sup>) promedio semanal de los tratamientos.

kg/m <sup>2</sup>	Semana del año															
	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	Total
Provisión de CO <sub>2</sub>	0.82	0.84	2.55	1.71	1.43	1.98	0.89	0.71	1.69	1.19	0.52	1.44	1.06	0.73	1.82	19.37
Sin provisión de CO <sub>2</sub>	1.12	0.63	1.60	2.02	1.33	1.70	0.82	0.48	1.27	1.31	1.24	0.92	0.80	1.12	2.02	18.38

### 2.13.1 Análisis estadístico de rendimiento

Hipótesis:

Ho: La media de rendimiento de tomate en kg/m<sup>2</sup> con provisión de CO<sub>2</sub> por medio del sistema de ventilación es igual a la producción sin provisión de CO<sub>2</sub>.

Ha: La media de rendimiento de tomate en kg/m<sup>2</sup> con provisión de CO<sub>2</sub> por medio del sistema de ventilación no es igual a la producción sin provisión de CO<sub>2</sub>.

**Cuadro 9:** Prueba de hipótesis de la media en el rendimiento de tomate.

Muestra	Sin provisión	Con provisión	Diferencia	(dif-prom)^2
1	13.59	18.70	-5.11	16.93
2	18.11	17.60	0.51	2.26
3	21.70	19.24	2.46	11.92
4	16.83	16.55	0.28	1.62
5	17.17	18.90	-1.73	0.54
6	14.98	20.13	-5.15	17.26
7	15.63	23.27	-7.64	44.17
8	16.88	19.23	-2.35	1.83
9	20.85	16.66	4.19	26.87
10	22.51	20.41	2.10	9.59
11	18.64	17.51	1.12	4.48
12	20.54	17.87	2.66	13.36
13	15.77	22.45	-6.68	32.34
14	20.45	21.05	-0.60	0.16
15	22.07	21.05	1.02	4.06

Sumatoria	-14.89	187.40
Promedio	-0.99	

Tcalculada	-1.05
t tabulada Significancia 10%	-1.753

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(90%)	LS(90%)	T	Bilateral
Sin provisión	Provisión	15	0.99	19.37	18.38	3.66	-0.67	2.66	1.05	0.3110

**Figura 45:** Prueba de t para el rendimiento en kg/m<sup>2</sup> acumulados en la producción.

Decisión: No se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Se concluye estadísticamente con un 10% de significancia que la media de la producción de tomate con y sin provisión de CO<sub>2</sub> es igual.

**Cuadro 10:** Resumen de cálculos de los beneficios económicos al utilizar la provisión de CO<sub>2</sub>.

Descripción	UM	Cantidad
Manga de polietileno de 36 m.	Q.	200
Túneles por/Ha.	Un	35
Costo de manga de polietileno/Ha.	Q.	6944
kg. de diferencia a favor de Provisión de CO <sub>2</sub>	kg	0.99
kg./Ha.	kg	9900
Peso de caja de exportación	kg	5
Precio promedio caja de tomate de 5 kilogramos	Q.	62.80
Número de cajas/Ha de ganancia con provisión de CO <sub>2</sub>	Un.	1980
Valor de venta de cajas con provisión de CO <sub>2</sub>	Q.	124344
Ganancia	Q.	117400

**Cuadro 11:** Número de racimos cosechados semanales de los tratamientos.

Número de racimos cosechados	Semana del año															
	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	Total
Provisión de CO <sub>2</sub>	1.52	1.33	3.99	2.47	2.27	3.42	1.90	1.71	4.18	2.66	0.95	2.85	2.09	1.33	3.42	36.07
Sin provisión de CO <sub>2</sub>	2.09	1.33	2.66	3.04	2.47	3.23	1.71	1.14	3.23	2.85	2.66	1.90	1.71	1.90	3.61	35.50

### 2.13.2 Análisis estadístico de racimos cosechados

Hipótesis:

Ho: El número de racimos cosechados acumulados de tomate con provisión de CO<sub>2</sub> por medio del sistema de ventilación es igual al número de racimos cosechados sin provisión de CO<sub>2</sub>.

Ha: El número de racimos cosechados acumulados de tomate con provisión de CO<sub>2</sub> por medio del sistema de ventilación no es igual al número de racimos cosechados sin provisión de CO<sub>2</sub>.

**Cuadro 12:** Prueba de hipótesis para el número de racimos cosechados.

Muestra	Sin provisión CO <sub>2</sub>	Provisión CO <sub>2</sub>	Diferencia	(dif-prom)^2
1	34.20	34.20	0.00	0.32
2	37.05	31.35	5.70	39.31
3	39.90	37.05	2.85	11.70
4	34.20	31.35	2.85	11.70
5	31.35	34.20	-2.85	5.20
6	31.35	37.05	-5.70	26.32
7	34.20	42.75	-8.55	63.68
8	34.20	34.20	0.00	0.32
9	34.20	37.05	-2.85	5.20
10	39.90	37.05	2.85	11.70
11	34.20	37.05	-2.85	5.20
12	37.05	37.05	0.00	0.32
13	34.20	37.05	-2.85	5.20
14	37.05	37.05	0.00	0.32
15	39.90	37.05	2.85	11.70

Sumatoria	-8.55	198.19
Promedio	-0.57	

Tcalculada	-0.59
t tabulada Significancia 10%	-1.753

Obs (1)	Obs (2)	N	media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	LI (90%)	LS (90%)	T	Bilateral
Sin provisión CO <sub>2</sub>	Provisión CO <sub>2</sub>	15	-0.57	35.53	36.10	3.76	-2.28	1.14	-0.59	0.5667

**Figura 46:** prueba de t para el número de racimos cosechados durante 15 semanas de producción.

Decisión: No se rechaza la hipótesis alterna.

Conclusión: Con un 10% de significancia se concluye que no existe diferencia estadística entre el número de racimos cosechados durante 15 semanas de producción haciendo uso o no de la provisión de CO<sub>2</sub>.

**Cuadro 13:** Peso promedio del racimo de tomate por tratamiento por semana.

Peso/ racimo	Semana															Promedio
	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
Provisión CO <sub>2</sub>	0.54	0.63	0.64	0.69	0.63	0.58	0.47	0.42	0.41	0.45	0.55	0.50	0.51	0.55	0.53	0.54
Sin provisión de CO <sub>2</sub>	0.54	0.47	0.60	0.66	0.54	0.53	0.48	0.42	0.39	0.46	0.47	0.48	0.47	0.59	0.56	0.52

### 2.13.3 Análisis estadístico de peso promedio de racimo

Hipótesis:

H<sub>0</sub>: El peso promedio de racimo de tomate (kg) con provisión de CO<sub>2</sub> es igual al peso promedio de racimo de tomate (kg) sin provisión de CO<sub>2</sub>.

H<sub>a</sub>: El peso promedio de racimo de tomate (kg) con provisión de CO<sub>2</sub> no es igual al peso promedio de racimo de tomate (kg) sin provisión de CO<sub>2</sub>.

**Cuadro 14:** Prueba de hipótesis para el peso promedio de racimo en ambos tratamientos.

Muestra	Sin provisión	Provisión	Diferencia	(dif-prom)^2
1	0.40	0.55	-0.15	0.0165
2	0.49	0.56	-0.07	0.0027
3	0.54	0.52	0.02	0.0021
4	0.49	0.53	-0.04	0.0002
5	0.55	0.55	0.00	0.0003
6	0.48	0.54	-0.07	0.0020
7	0.46	0.54	-0.09	0.0044
8	0.49	0.56	-0.07	0.0023
9	0.61	0.45	0.16	0.0329
10	0.56	0.55	0.01	0.0012
11	0.55	0.47	0.07	0.0088
12	0.55	0.48	0.07	0.0087
13	0.46	0.61	-0.14	0.0153
14	0.55	0.57	-0.02	0.0000
15	0.55	0.57	-0.01	0.0000

Sumatoria	-0.32	0.10
Promedio	-0.02	

Tcalculada	-0.99
t tabulada Significancia 10%	-1.753

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(90%)	LS(90%)	T	Bilateral
Sin provisión C02	Provisión C02	15	-0.02	0.52	0.54	0.08	-0.06	0.02	-0.99	0.3396

**Figura 47:** Prueba de t para la variable peso promedio de racimo de tomate.

Decisión: No se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un 10% de significancia se concluye que no existe diferencia estadística entre el peso promedio de racimo (Kg.) de tomate haciendo uso o no de la provisión de CO<sub>2</sub> por medio del sistema de ventilación.

**Cuadro 15:** Crecimiento semanal de ejes (cm).

Tratamiento	Semana															Promedio
	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
Provisión CO <sub>2</sub>	25.8	22.4	21.3	20.4	25.4	21.6	27.6	27.6	23.5	23.6	23.7	23.4	23.5	23.5	24.3	23.8
Sin provisión de CO <sub>2</sub>	25.6	23.1	23.3	22.3	27.6	24.4	28.3	28.3	25.2	24.8	25.2	25.1	25.1	25.2	24.2	25.2

#### 2.13.4 Análisis estadístico de crecimiento semanal

Hipótesis:

Ho: El crecimiento promedio semanal en tomate con provisión de CO<sub>2</sub> por medio del sistema de ventilación es igual al crecimiento promedio semanal por eje sin provisión de CO<sub>2</sub>.

Ha: El crecimiento promedio semanal en tomate con provisión de CO<sub>2</sub> por medio del sistema de ventilación no es igual al crecimiento promedio semanal por eje sin provisión de CO<sub>2</sub>.

**Cuadro 16:** Prueba de hipótesis para el crecimiento semanal de la planta de tomate.

Muestra	Sin provisión	Provisión	Diferencia	(dif-prom)^2
1	24.6	24.1	0.47	0.7687
2	25.3	23.6	1.68	0.1088
3	24.9	25.2	-0.36	2.9153
4	23.4	23.4	0.07	1.6386
5	26.1	24.1	2.03	0.4686
6	24.5	24.8	-0.34	2.8654
7	25.4	23.1	2.30	0.9112
8	24.1	23.8	0.22	1.2771
9	25.9	24.0	1.97	0.3818
10	25.1	23.4	1.73	0.1464
11	26.0	24.6	1.34	0.0000
12	26.0	24.2	1.72	0.1393
13	25.5	24.4	1.17	0.0332
14	25.1	21.9	3.24	3.5743
15	25.8	22.8	2.99	2.6937

Sumatoria	20.24	17.92
Promedio	1.35	

Tcalculada	4.62
t tabulada Significancia 10%	1.753

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	LI(90%)	LS(90%)	T	Bilateral
Sin provisión	Provisión	15	1.35	25.18	23.83	1.11	0.85	1.86	4.70	0.0003

**Figura 48:** Prueba de t del crecimiento promedio semanal de la planta de tomate.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Conclusión: Estadísticamente las plantas con provisión de CO<sub>2</sub> tienen un crecimiento promedio menor al de las plantas sin provisión de CO<sub>2</sub>.



Figura 49: Invernaderos de la “Finca el Valle”, Nueva Santa.



Figura 50: Ventilación interna (Tratamiento sin provisión de CO<sub>2</sub>).



Figura 51: Ventilador utilizado en el tratamiento 2 (provisión de CO<sub>2</sub>).



Figura 52: Unidad experimental identificada, en el lado de abajo se visualiza la manga de polietileno.



Figura 53: Filtro del sistema de CO<sub>2</sub>.

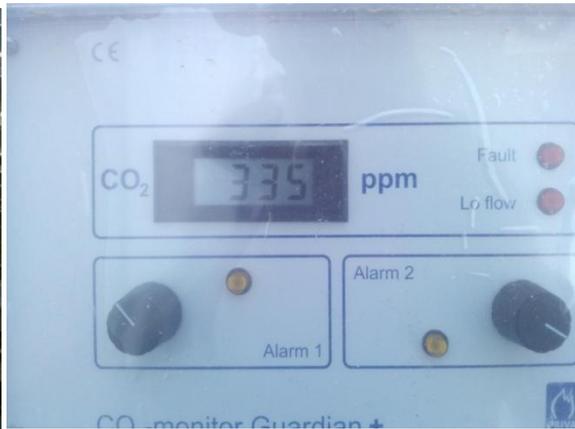


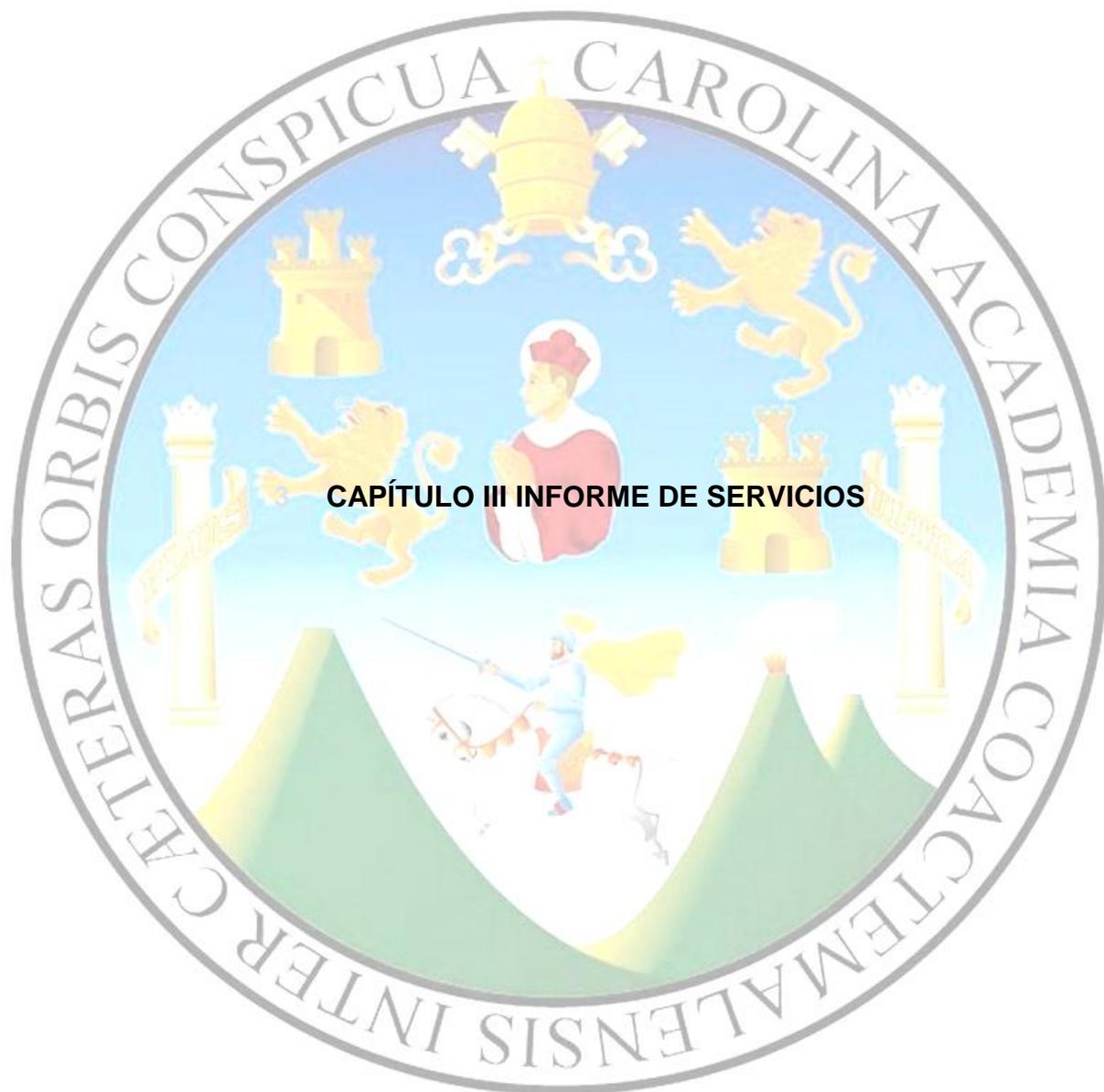
Figura 54: Pantalla lectora de CO<sub>2</sub>.



Figura 55: Caja climática dentro del invernadero.



Figura 56: Peso de los racimos en función de las unidades experimentales.



GUATEMALA, OCTUBRE 2014

### 3.1 PRESENTACIÓN

Como parte del resultado del diagnóstico se definieron 3 servicios que fueron ejecutados en la fase del Ejercicio Profesional Supervisado EPS en la finca “El Valle”.

A partir de 14 bases de datos se realizó la unificación, ordenamiento e ingreso de parámetros del área de investigación en el CCIPPP, S.A. Como resultado actualmente se tiene una sola base de datos para el ingreso de los datos parámetros de producción de cada una de las variedades o evaluaciones de los módulos y macrotúneles de investigación.

Se elaboraron fichas técnicas de cada variedad del área de investigación del CCIPPP, S.A; cada una de las fichas está conformada por 7 secciones de datos que se obtuvieron de la variedad durante el ciclo en investigación. Las secciones son las siguientes características, producción semanal, generalidades, cosecha, aprovechamiento, morfología de la planta y susceptibilidad.

Se realizó la evaluación de cuatro tipos de profundidad de pilón y dos tipos de estado de growbags en pimiento (*Capsicum annum*) tipo blocky variedad fascinato,

### **3.2 SERVICIO UNO: UNIFICACIÓN, ORDENAMIENTO E INGRESO DE PARÁMETROS DE 14 BASES DE DATOS DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA CCIPPP S.A.**

#### **3.2.1 Problema**

En el área de investigación del CCIPPP S.A. se tienen 12 módulos de 157 m<sup>2</sup> cada uno y 5 macrotúneles de 100 m<sup>2</sup> cada uno. En total se tienen 154 variedades a las que se le toman datos de producción que luego son ingresados a 14 bases de datos, lo que dificulta el orden en el ingreso de parámetros.

#### **3.2.2 Objetivos**

- Unificar y ordenar los parámetros de las 14 bases de datos de producción.
- Ingresar parámetros de producción en la base de datos ya ordenada.

#### **3.2.3 Metodología**

Se realizó una reunión con un profesional de la empresa para la creación de la base de datos con los parámetros y referencias deseadas.

El profesional de la empresa creó la base de datos en función de cada cultivo en un mismo libro de Excel dividido en tres hojas, una de referencias, otra para el cultivo de tomate y otra para el cultivo de pimiento.

Los parámetros de las bases de datos de producción de las 154 variedades (período de marzo a mayo 2013) se unificaron en la nueva base de datos creada.

Se ingresaron parámetros de producción del período junio a agosto 2013 en la base de datos ya unificada y ordenada.

## **3.2.4 RESULTADOS**

### **3.2.4.1 Bases de datos iniciales**

Existen 6 módulos y 1 macrotúnel de tomate, 6 módulos y 4 macrotúneles de pimientos, se tiene una base de datos para cada uno de los módulos y dos para los 6 macrotúneles (14 bases de datos).

El encabezado de cada una de las bases de datos tiene la siguiente información: Centro de Capacitación, Innovación y Producción Popoyán-Priva, el número del módulo o estructura, fecha de trasplante y tipos de cultivo que se tienen en la estructura.

Con estas bases de datos para tomate y pimiento se puede procesar la información para una determinada fecha de cosecha de variedad por estructura, sin embargo se necesitan de otros parámetros para poder calcular los datos de interés comercial: rendimiento total o rendimiento en función de la semana del año o semana del cultivo, para obtener este dato se necesita del área de cada variedad para calcular  $\text{kg/m}^2$ , fecha de trasplante para determinar el rendimiento y parámetros del fruto por semana del cultivo, y ddt para determinar las fluctuaciones durante el ciclo. En el caso del cultivo de pimiento un dato adicional a los anteriores es el porcentaje en las clasificaciones del fruto (XXXL, XXL, XL) el cual en las bases de datos iniciales solo se puede calcular por cosecha y el total sería un trabajo de forma manual (dato por dato).

#### **3.2.4.1.1 Tomates**

En el cuadro 17 y 18 se tiene el ingreso de datos de una cosecha de algunas variedades de tomate en la base de datos inicial, en donde se ingresa la fecha y número de cosecha, el código de la variedad, el peso en libras y kilogramos del producto aprovechado, el peso en libras y kilogramos del producto de rechazo y sus causas que se marcan con una "x", parámetros promedio del fruto o racimo: peso en gramos, diámetro y largo en centímetros, grados brix; y cuatro columnas de kilogramos en función del aprovechamiento.

**Cuadro 17:** Base de datos inicial de cosecha del cultivo de tomate.

Centro de Capacitación, Innovación y Producción Popoyán-Priva

Registro de cosecha módulo 3

Fecha de Trasplante: 24-ene-2013

Cultivo: Tomate, Cherry y Saladette

Fecha y No. De cosecha	Var	Aprovechado		Rechazo		Causas de rechazo							
		Lb	Kg	Lb	Kg	cracking	frutos deformes	cicatrices	Blossom	pared gris	frutos pequeños	quemadura	russeting
02/05/2013	55	18.084	8.22	0.20	0.09							x	
6	57	13.684	6.22	0.18	0.08		X						
	58	20.306	9.23	0.20	0.09				x				
	68	3.564	1.62										
	67	1.738	0.79										
	65	5.918	2.69	2.68	1.22	x						x	
	83	12.144	5.52		0.9						x		
	87	4.026	1.83	5.21	2.4							x	
72	5.016	2.28	8.45	3.8							x		

**Cuadro 18:** Continuación de la base de datos inicial de tomate.

Parámetros del fruto				Kg Total	Kg Aprovechado	Kg rechazo	Aprovechamiento
Peso racimo o fruto gr	Diámetro cm	Largo cm	Grados brix				
				8.31	8.22	0.09	99%
				6.3	6.22	0.08	99%
				9.32	9.23	0.09	99%
				1.62	1.62		100%
				0.79	0.79		100%
				3.91	2.69	1.22	69%
				6.42	5.52	0.9	86%
				4.2	1.83	2.37	44%
				6.12	2.28	3.84	37%

### 3.2.4.1.2 Pimientos

En el cuadro 19 y 20 se tiene el ingreso de datos de una cosecha de algunas variedades de pimiento en la base de datos inicial, en donde se ingresa la fecha y número de cosecha, el código de la variedad, el peso en libras y kilogramos del producto clasificado en XXXL, XXL y XL, el peso en libras y kilogramos del producto de rechazo y sus causas que se marcan con una “x”, cuatro columnas de kilogramos en función del aprovechamiento y dos columnas de parámetros promedio del fruto: diámetro y largo en centímetros.

**Cuadro 19:** Base de datos inicial de cosecha del cultivo de pimiento.

Centro de Capacitación, Innovación y Producción Popoyán-Priva

Registro de cosecha módulo 2

Fecha de trasplante: 04-dic-2012

Cultivo: pimiento blocky

Fecha / No. De cosecha	Variedad	Color	XXXL				XXL				XL				Rechazo				
			Frutos	Lb	Kg	Peso promedio fruto gr.	Frutos	Lb	Kg	Peso promedio fruto gr.	Frutos	Lb	Kg	Peso promedio fruto gr.	Frutos	kg	Blossom	Cracking	Frutos deformes
02/05/2013	1	Rojo	18	10.36	4.71	262								31	6.36	x			X
1	2	Amarillo	23	12.12	5.51	240	14	5.94	2.70	193				3.0	0.59			x	
	3	Rojo	20	11.13	5.06	253								18.0	3.61	x			
	4	Rojo	22	11.88	5.40	245								15.0	2.95	x	x		
	5	Amarillo	8	4.84	2.20	275	2	0.81	0.37										

**Cuadro 20:** Continuación de la base de datos inicial de cosecha del cultivo de pimiento.

Kg. totales	Kg de exportación	Kg de rechazo	% Aprov	Diámetro cm	Largo cm
11.07	4.71	6.36	43%		
8.80	8.21	0.59	93%		
8.67	5.06	3.61	58%		
8.35	5.40	2.95	65%		
2.57	2.57	0.00	100%		

### 3.2.4.2 Base de datos actual

Se unificaron y ordenaron 14 bases de datos en una sola y luego se siguieron ingresando todos los datos en la base actual de producción.

La base de datos actual es un libro de Excel que contienen tres hojas: una hoja de referencias y dos hojas de ingreso de datos de tomate y pimiento.

#### 3.2.4.2.1 Referencias

En el cuadro 21 se tienen datos generales de referencias, los cuales por medio de fórmulas son trasladados automáticamente a las hojas de Excel donde se ingresan los datos, permitiendo una base ordenada y sus datos pueden ser procesados según el filtro que se desee o bien en tablas y gráficas dinámicas.

**Cuadro 21:** Datos generales de referencia.

No.	Trasplante	Área m <sup>2</sup>	Densidad	Cultivo	Variedad	Color	Tipo	Supervisor	Módulo	Gw
31	04-dic-12	31.66	6.06	Pimiento	31	Rojo	Blocky	MI 1	11	24
32	04-dic-12	31.66	6.06	Pimiento	32	Amarillo	Blocky	MI 1	11	24
33	04-dic-12	31.66	6.06	Pimiento	33	Rojo	Blocky	MI 1	11	24
34	04-dic-12	31.66	6.06	Pimiento	34	Rojo	Blocky	MI 1	11	24
35	04-dic-12	30.34	6.06	Pimiento	35	Amarillo	Blocky	MI 1	11	23
55	24-ene-13	21.11	4.55	Tomate	55	Amarillo	Cherry	MI 4	2	16
57	24-ene-13	21.11	4.55	Tomate	57	Rojo	Cherry	MI 4	2	16
65	24-ene-13	8.41	2.85	Tomate	65		Saladette	MI 3	6	6
67	24-ene-13	5.61	2.85	Tomate	67		Grape	MI 3	6	4
68	24-ene-13	8.41	2.85	Tomate	68		Grape	MI 3	6	6
72	24-ene-13	8.41	2.85	Tomate	72		TOV	MI 3	6	6
83	24-ene-13	8.41	2.85	Tomate	83		Saladette	MI 3	6	6
87	24-ene-13	8.41	2.85	Tomate	87		TOV	MI 3	6	6

### 3.2.4.2.2 Hojas de ingreso de datos de tomate y pimiento

En las hojas de ingreso de datos se tienen unas columnas automáticas que van enlazadas con las referencias, al momento de ingresar el código de la variedad por medio de fórmulas automáticamente aparecen los siguientes datos que se visualizan en las columnas de color gris en el cuadro 22 y 23: módulo o estructura, variedad, tipo de cultivo, trasplante, días después de trasplante (ddt), semana del cultivo, semana del año y área. De esta forma los datos a ingresar se detallan a continuación.

En el cuadro 22 se encuentran en color verde las columnas de los datos a ingresar en el cultivo de tomate: fecha, código de la variedad, calidad de frutos, peso en kilogramos, causas de rechazo, diámetro y largo de fruto o racimo (cm) semanal, peso promedio del fruto o racimo semanal (gr) y grados brix semanal para el cultivo de cherry o grape.

En el cuadro 23 se encuentran en color verde las columnas de los datos a ingresar en el cultivo de pimiento: fecha, código de la variedad, calidad de frutos, número de frutos, peso en kilogramos, causas de rechazo, diámetro y largo de fruto (cm) semanal.

Para las causas de rechazo se escriben con abreviaturas: quemaduras (Qm), frutos deformes (Fd), blossom (Bl), cracking (Cr), frutos pequeños (Fp), daño de trips (Dt), entre otras.

Teniendo estos datos existen otras columnas que por medio de fórmulas detallan los parámetros más importantes a nivel comercial, para tomate rendimiento en kilogramos/m<sup>2</sup>, para pimiento rendimiento en kilogramos/m<sup>2</sup>, peso promedio del fruto gr, tamaño del fruto (XXXL, XXL, XL) y frutos/m<sup>2</sup>.

Con esta base de datos para tomate y pimiento se puede procesar la información de parámetros por medio de filtros y tablas dinámicas en función de fecha (s), ddt, semana del cultivo, semana del año, ciclo total y calidad de cosecha.

**Cuadro 22:** Hoja de la base de datos de Excel creada para el ingreso de datos de cosecha del cultivo de tomate.

Fecha	No.	Calidad	Peso (Kg)	Causa Rechazo	Módulo	Variedad	Tipo	Trasplante	ddt	Sem Cul	Sem Año	Área	Kilos/m <sup>2</sup>	Peso racimo o fruto gr	Diámetro cm	Largo cm	Grados brix
02-may-13	55	Aprovechado	8.22		3	55	Cherry	24-ene-13	98	14	18	21.11	0.389				
02-may-13	55	Rechazo	0.09	Qm	3	55	Cherry	24-ene-13	98	14	18	21.11	0.004				
02-may-13	57	Aprovechado	6.22		3	57	Cherry	24-ene-13	98	14	18	21.11	0.295				
02-may-13	57	Rechazo	0.08	Fd	3	57	Cherry	24-ene-13	98	14	18	21.11	0.004				
02-may-13	58	Aprovechado	9.23		3	58	Cherry	24-ene-13	98	14	18	21.11	0.437				
02-may-13	58	Rechazo	0.09	Bl	3	58	Cherry	24-ene-13	98	14	18	21.11	0.004				
02-may-13	68	Aprovechado	1.62		3	68	Grape	24-ene-13	98	14	18	8.411	0.193				
02-may-13	67	Aprovechado	0.79		3	67	Grape	24-ene-13	98	14	18	5.607	0.141				
02-may-13	65	Aprovechado	2.69		3	65	Saladette	24-ene-13	98	14	18	8.411	0.320				
02-may-13	65	Rechazo	1.22	Cr, qm	3	65	Saladette	24-ene-13	98	14	18	8.411	0.145				
02-may-13	83	Aprovechado	5.52		3	83	Saladette	24-ene-13	98	14	18	8.411	0.656				
02-may-13	83	Rechazo	0.9	Fp	3	83	Saladette	24-ene-13	98	14	18	8.411	0.107				
02-may-13	87	Aprovechado	1.83		3	87	TOV	24-ene-13	98	14	18	8.411	0.218				
02-may-13	87	Rechazo	2.37	Qm	3	87	TOV	24-ene-13	98	14	18	8.411	0.282				
02-may-13	72	Aprovechado	2.28		3	72	TOV	24-ene-13	98	14	18	8.411	0.271				
02-may-13	72	Rechazo	3.84	Qm	3	72	TOV	24-ene-13	98	14	18	8.411	0.457				

**Cuadro 23:** Hoja de la base de datos de Excel creada para el ingreso de datos de cosecha del cultivo de pimiento.

Fecha	No.	Calidad	Frutos	Peso (Kg)	Causa Rechazo	Estr	Variedad	Color	Tipo	Trasplante	ddt	Sem Cul	Sem año	mes	Área	kg/m <sup>2</sup>	Peso Prom (g)	Tamaño	Frutos /m <sup>2</sup>	Diámetro cm	Largo cm
02-may-13	31	Aprovechado	18	4.71		2	31	Rojo	Blocky	04-dic-12	149	21	18	may	31.7	0.149	262	XXXL	0.568		
02-may-13	31	Rechazo	31	6.36	Bl,dt	2	31	Rojo	Blocky	04-dic-12	149	21	18	may	31.7	0.201	205	XXL	0.979		
02-may-13	32	Aprovechado	23	5.51		2	32	Amarillo	Blocky	04-dic-12	149	21	18	may	31.7	0.174	240	XXXL	0.726		
02-may-13	32	Aprovechado	14	2.70		2	32	Amarillo	Blocky	04-dic-12	149	21	18	may	31.7	0.085	193	XXL	0.442		
02-may-13	32	Rechazo	3	0.59	Fd	2	32	Amarillo	Blocky	04-dic-12	149	21	18	may	31.7	0.019	197	XXL	0.095		
02-may-13	33	Aprovechado	20	5.06		2	33	Rojo	Blocky	04-dic-12	149	21	18	may	31.7	0.16	253	XXXL	0.632		
02-may-13	33	Rechazo	18	3.61	Bl	2	33	Rojo	Blocky	04-dic-12	149	21	18	may	31.7	0.114	201	XXL	0.568		
02-may-13	34	Aprovechado	22	5.40		2	34	Rojo	Blocky	04-dic-12	149	21	18	may	31.7	0.171	245	XXXL	0.695		
02-may-13	34	Rechazo	15	2.95	bl,cr	2	34	Rojo	Blocky	04-dic-12	149	21	18	may	31.7	0.093	197	XXL	0.474		
02-may-13	35	Aprovechado	8	2.20		2	35	Amarillo	Blocky	04-dic-12	149	21	18	may	30.3	0.073	275	XXXL	0.264		
02-may-13	35	Aprovechado	2	0.37		2	35	Amarillo	Blocky	04-dic-12	149	21	18	may	30.3	0.012	185	XXL	0.066		

### **3.3 SERVICIO DOS: ELABORACIÓN DE FICHAS TÉCNICAS DE CADA VARIEDAD**

#### **3.3.1 Problema**

En el área de investigación del CCIPPP S.A. se tienen 154 variedades a las que se le toman datos de producción que luego son ingresados a una bases de datos, al final de ciclo se tiene que entregar informes por cada estructura, por lo que es necesario realizar fichas técnicas de cada variedad con datos provenientes de la base de datos.

#### **3.3.2 Objetivo**

- Elaborar 154 fichas técnicas de las variedades evaluadas en el CCIPPP.

#### **3.3.3 Metodología**

- ✓ Verificación de valores de la base de datos
- ✓ Elaboración de tablas y gráficas dinámicas
- ✓ Elaboración de fichas técnicas

### 3.3.4 RESULTADOS

Se realizaron fichas técnicas de 154 variedades de tomate y pimiento con los datos de la base de producción del CCIPPP.

Las fichas técnicas están conformadas con 7 secciones de información.

**Características:** Acá se detallan las características del fruto de la variedad evaluada, la forma o tipo, el color del fruto, peso promedio del fruto, diámetro promedio, largo promedio y remarks.

**Producción semanal:** En esta sección se tiene gráficamente la producción en kg/m<sup>2</sup> en función de la semana del cultivo.

**Generalidades:** Acá se detallan aspectos generales que se definieron al momento de pre-trasplante, la densidad, área de investigación y tipo de sustrato.

**Cosecha:** en esta sección en función de la fecha de trasplante se tienen los datos de inicio de cosecha, días a cosecha, número de cosechas y semanas de producción.

**Aprovechamiento:** Es un cuadro que contiene los kilogramos aprovechados, de rechazo y totales, el porcentaje de aprovechamiento y de rechazo junto con sus causas.

**Morfología de la planta:** Son parámetros promedio semanales de las plantas de las variedades. Los parámetros que contienen las fichas de pimiento son crecimiento semanal, diámetro del tallo, longitud de entrenudo. Los parámetros que contienen las fichas de tomate son crecimiento semanal, diámetro de tallo, número de racimos, frutos en planta y número de hojas.

**Susceptibilidad:** esta sección contiene las susceptibilidades observadas durante el ciclo de la variedad en investigación.

En la figura 57 y 58 se observa una ficha técnica de una variedad de pimiento y tomate respectivamente.

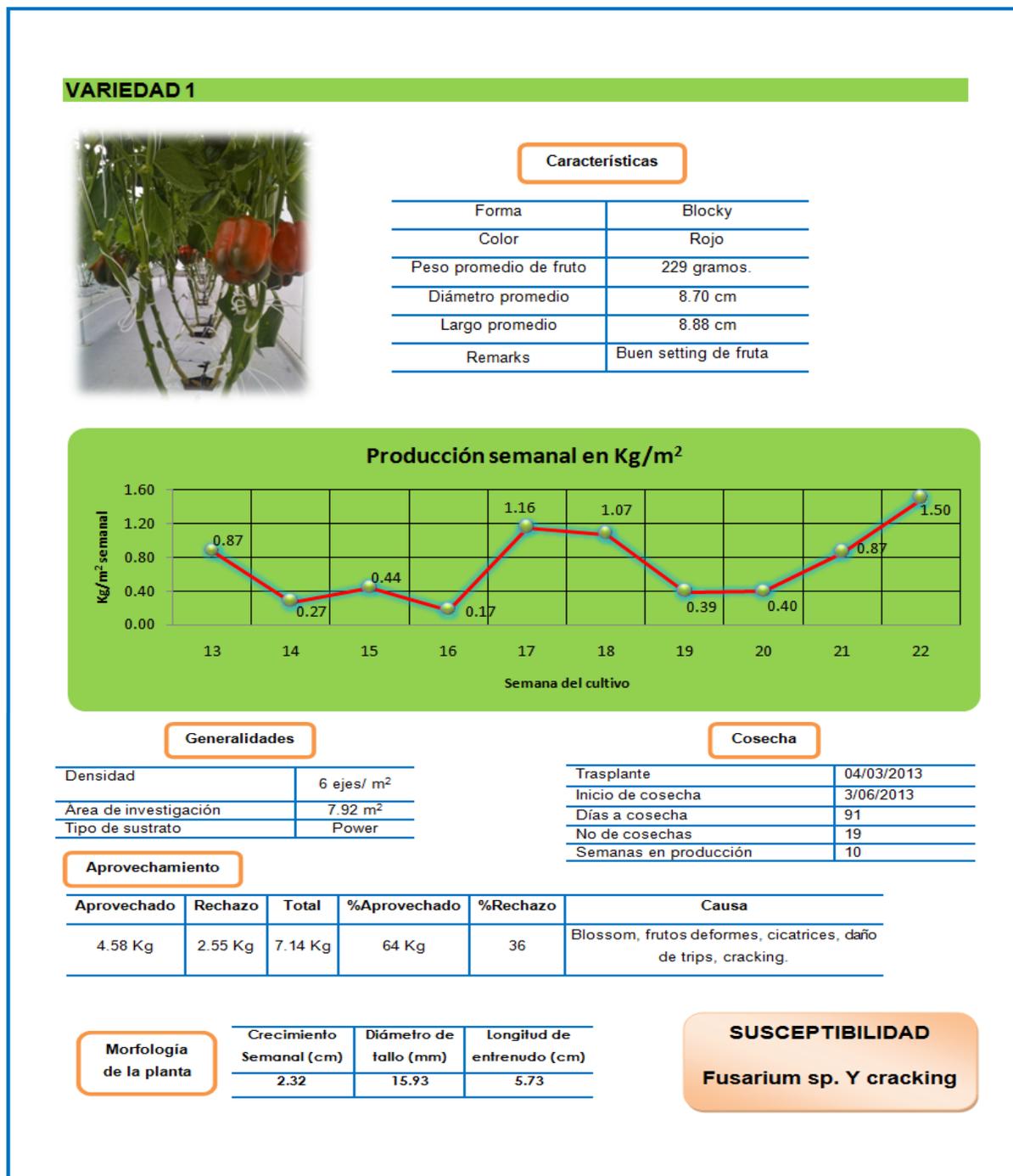
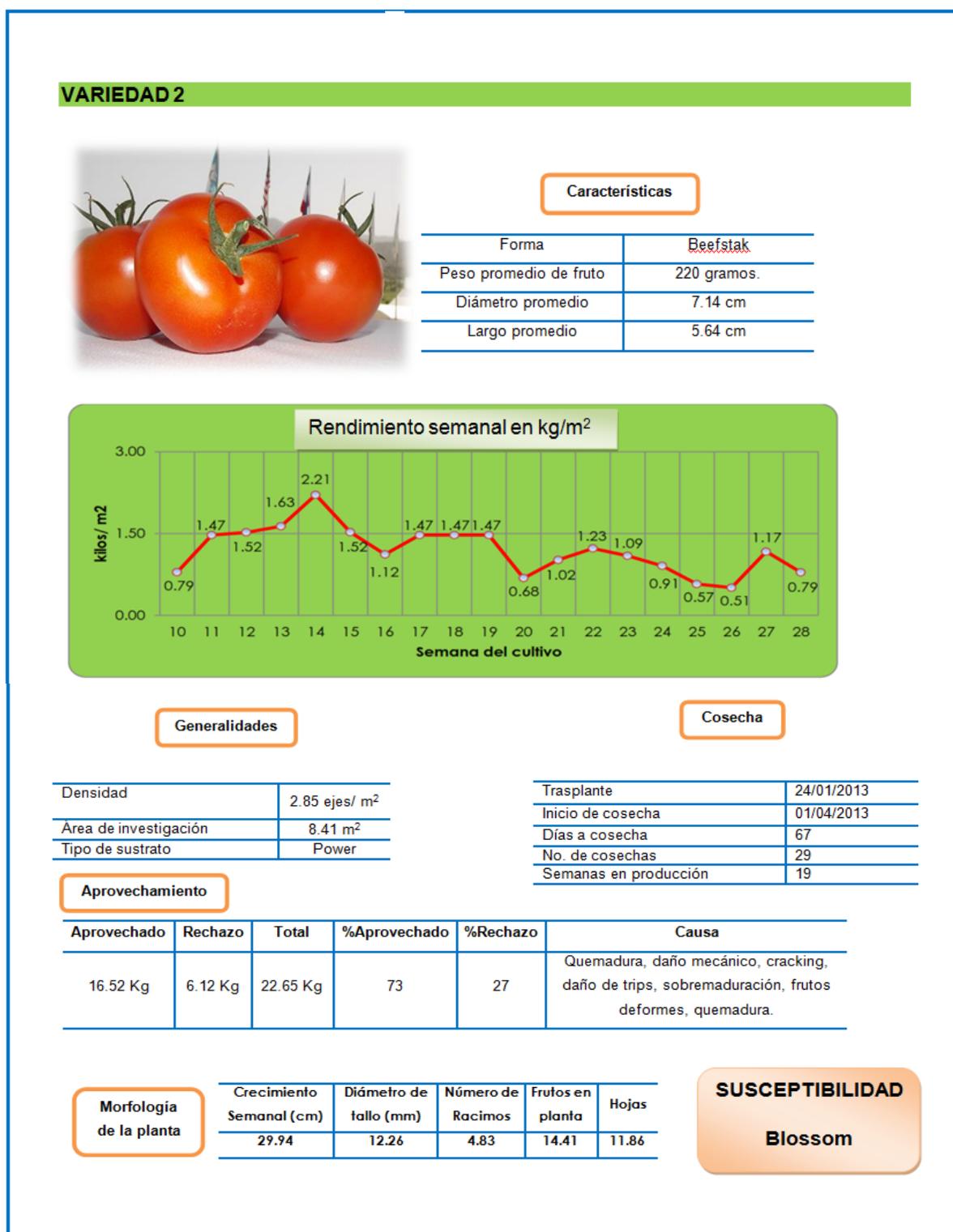


Figura 57: Ficha técnica de una variedad de pimiento.



**Figura 58:** Ficha técnica de una variedad de tomate.

### **3.4 SERVICIO TRES: EVALUACIÓN DE CUATRO TIPOS DE PROFUNDIDAD DE PILÓN Y DOS TIPOS DE ESTADO DE GROWBAGS EN PIMIENTO (*Capsicum annum*) TIPO BLOCKY VARIEDAD FASCINATO, BAJO CONDICIONES DE CASA MALLA EN LA FINCA EL VALLE, NUEVA SANTA ROSA.**

#### **3.4.1 Problema**

Para cada ciclo del cultivo se utilizan growbags nuevos y usados del ciclo anterior y no se tiene información sobre el rendimiento de cultivo de pimiento bajo las mismas condiciones.

#### **3.4.2 Objetivo**

- Determinar si existe diferencia en producción utilizando growbags nuevos y usados de fibra de coco.
- Determinar la profundidad de pilón de pimiento que obtenga la mejor producción.

#### **3.4.3 Hipótesis**

Se espera que los growbags usados contribuyan al incremento del rendimiento de pimiento (*Capsicum annum*).

Se espera que alguna profundidad de pilón de pimiento (*Capsicum annum*) diferente a la que se utiliza actualmente contribuya al incremento en el rendimiento.

#### **3.4.4 Metodología**

##### **3.4.4.1 Unidad de muestreo**

Cada unidad de muestreo tuvo un área de 2.33 m<sup>2</sup>, constituida por dos growbags con una densidad de siembra en cultivo de de 6.875 ejes/m<sup>2</sup> de pimiento.

### 3.4.4.2 Descripción de los tratamientos

El experimento estuvo conformado por dos factores, el primero factor (A): Profundidad del pilón con cuatro niveles o tratamientos (0, 10, 25 y 100%), el segundo factor (B): estado del growbags con dos niveles o tratamientos (growbags nuevos y growbags usados).

### 3.4.4.3 Modelo estadístico

El modelo que se describe corresponde a un experimento bifactorial, en arreglo combinatorio dispuesto en un diseño en bloques completos al azar con 5 repeticiones.

### 3.4.4.4 Croquis

La distribución de los tratamientos se realizó al azar. En la figura 59 se representa el croquis utilizado.

A	Profundidad del pilón	0%		10%		25%		Testigo	
B	Estado del growbag	Gw Nuevo	Gw Usado						

UE	25%, GwN	10%, GwN	25% GwU	100%, GwN	10%, GwU	0%, GwU	0%, GwN	100%, GwU
Bloque I								
UE	10%, GwN	25%, GwN	100%, GwN	0%, GwU	10%, GwU	100%, GwU	0%, GwN	25% GwU
Bloque II								
UE	100%, GwN	10%, GwU	25%, GwN	0%, GwU	100%, GwU	25% GwU	10%, GwN	0%, GwN
Bloque III								
UE	10%, GwU	25% GwU	10%, GwN	25%, GwN	0%, GwU	0%, GwN	100%, GwN	100%, GwU
Bloque IV								
UE	0%, GwU	25%, GwN	100%, GwN	10%, GwN	10%, GwU	25% GwU	0%, GwN	100%, GwU
Bloque V								

Figura 59: Croquis del experimento..

#### **3.4.4.5 Variables de respuesta**

Las variables de respuesta que se evaluó fue rendimiento en  $\text{kg/m}^2$ .

#### **3.4.4.6 Toma de datos**

Para el rendimiento se realizó la cosecha los días lunes y jueves con un 70 a 90 % de coloración del fruto.

#### **3.4.4.7 Análisis de la información**

Los datos fueron procesados en Infostat, realizando un análisis de varianza y pruebas de tukey en la cual se determinó las mejores medias para los factores y sus combinaciones.

### **3.4.5 RESULTADOS**

En la figura 60 se presenta el análisis de la varianza y pruebas de tukey con un nivel de significancia de 0. de los datos evaluados de 80 a 211 DDT (20 semanas de producción) tenemos una diferencia significativa en el rendimiento siendo la mayor media  $11.62 \text{ Kg/m}^2$  correspondiente al tratamiento con 25% de profundidad de pilón trasplantado en Sustrato de coco usado. En cuanto a los bloques no existe diferencia significativa entre ellos. De las profundidades de pilón se tiene la mejor media a una profundidad de 25% con  $11.06 \text{ Kg/m}^2$ , seguido de una profundidad de 0% con una media de  $10.33 \text{ Kg/m}^2$ . El sustrato con coco usado tiene mejor rendimiento en comparación al sustrato con coco nuevo siendo las medias  $10.47$  y  $9.76 \text{ Kg/m}^2$  correspondientemente con una diferencia de  $0.71 \text{ Kg/m}^2$ .

**Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	31.83	11	2.89	1.98	0.0703
Bloque	4.24	4	1.06	0.73	0.5816
Profundidad	21.84	3	7.28	4.99	0.0067
Growbag	5.01	1	5.01	3.43	0.0745
Profundidad*Growbag	0.75	3	0.25	0.17	0.9143
Error	40.84	28	1.46		
Total	72.68	39			

**Test:Tukey Alfa=0.10 DMS=1.56296***Error: 1.4586 gl: 28*

Bloque	Medias	n	E.E.
III	10.68	8	0.43 A
IV	10.23	8	0.43 A
V	9.97	8	0.43 A
I	9.94	8	0.43 A
II	9.74	8	0.43 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.10)***Test:Tukey Alfa=0.10 DMS=1.29709***Error: 1.4586 gl: 28*

Profundidad	Medias	n	E.E.
25%	11.06	10	0.38 A
0%	10.33	10	0.38 A
10%	10.06	10	0.38 A B
Testigo	9.00	10	0.38 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.10)***Test:Tukey Alfa=0.10 DMS=0.64969***Error: 1.4586 gl: 28*

Growbag	Medias	n	E.E.
Usado	10.47	20	0.27 A
Nuevo	9.76	20	0.27 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.10)***Test:Tukey Alfa=0.10 DMS=2.25324***Error: 1.4586 gl: 28*

Profundidad	Growbag	Medias	n	E.E.
25%	Usado	11.62	5	0.54 A
0%	Usado	10.66	5	0.54 A B
25%	Nuevo	10.50	5	0.54 A B
10%	Usado	10.23	5	0.54 A B
0%	Nuevo	10.00	5	0.54 A B
10%	Nuevo	9.89	5	0.54 A B
Testigo	Usado	9.36	5	0.54 B
Testigo	Nuevo	8.64	5	0.54 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.10)***Figura 60:** Análisis de la varianza y prueba de tukey de los resultados del servicio 3.



**Figura 61:** Plantas de pimienta con growbag nuevo y profundidad del pilón de 25%.