

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**APOYO TÉCNICO AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FAUSAC-
AGROCYT 032-2004 “EVALUACIÓN AGROTÉCNICA Y ECONÓMICA DE
TRES DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN (INVERNADEROS)
EN CULTIVOS HORTÍCOLAS PARA ÁREAS INTERTROPICALES, EN EL
CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”.**

VÍCTOR ANDRÉS JERÓNIMO TAHUICO

GUATEMALA, JULIO DE 2009

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN:

**APOYO TÉCNICO AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FAUSAC-AGROCYT 032-2004
“EVALUACIÓN AGROTÉCNICA Y ECONÓMICA DE TRES DISEÑOS DE
ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN (INVERNADEROS) EN CULTIVOS HORTÍCOLAS
PARA ÁREAS INTERTROPICALES, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE
LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA”.**

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

POR:

VÍCTOR ANDRÉS JERÓNIMO TAHUICO

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

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, JULIO 2009

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

RECTOR

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

**DECANO
VOCAL I
VOCAL II
VOCAL III
VOCAL IV
VOCAL V
SECRETARIO**

MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
MSc. Danilo Ernesto Dardón Ávila
Br. Rigoberto Morales Ventura
Br. Miguel Armando Salazar Donis
MSc. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, julio 2009

Guatemala, julio de 2009

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: **APOYO TÉCNICO AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FAUSAC-AGROCYT 032-2004 “EVALUACIÓN AGROTÉCNICA Y ECONÓMICA DE TRES DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN (INVERNADEROS) EN CULTIVOS HORTÍCOLAS PARA ÁREAS INTERTROPICALES, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”**, como requisito previo a optar el 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”

VÍCTOR ANDRÉS JERÓNIMO TAHUICO

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por se mi guía, por estar conmigo en los momentos difíciles y por darme la oportunidad de vivir este momento.

A MIS PADRES

VICTOR Y VIRGINIA, por los sacrificios y la entrega que han tenido hacia mí. Este logro es de ellos.

A MIS HERMANAS

LORENA, MARISELA Y GAUDY, por el amor y el apoyo que siempre me han expresado.

A MIS SOBRINAS

FABIOLA, ALISSON Y SARAMARÍA, para que este logro sea un ejemplo en sus vidas y para que lo superen con creces.

A MI ABUELA

VENANCIA CAMÓ Vd. DE TAHUICO (QEPD), por el amor que le tengo.

A MI TÍOS Y PRIMOS

Por el apoyo y los buenos consejos que me han dado.

A MIS AMIGOS

Por todos los buenos momentos vividos en esta gloriosa casa de estudios.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A MI PAÍS

Guatemala, para contribuir de alguna forma en su desarrollo agrícola y retribuir las oportunidades que me ha dado.

A MI PUEBLO

Rabinal, por ser el terruño que me vio nacer y por vivir gratos momentos en él.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

Por ser el centro de estudios que brinda oportunidades de superación al pueblo de Guatemala.

A LA FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA

Por darme las bases y los principios para ser un profesional en las ciencias agrícolas.

AGRADECIMIENTOS

A MI FAMILIA

Por todo el apoyo brindado en mi formación personal y académica.

A MIS ASESORES

Ing. Agr. MSc. Iván Santos Castillos

Ing. Agr. Msc. Domingo Amador

Por el aporte dado en la elaboración de este trabajo y por los conocimientos compartidos durante la investigación.

AL PROYECTO

AGROCYT 032-2004, por la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado y por todos los conocimientos adquiridos durante su ejecución.

A LOS DOCENTES

De la Facultad de Agronomía, por su amistad y todo lo aprendido durante mi formación universitaria.

A MIS AMIGOS

Por permitirme compartir con ustedes los momentos difíciles y de alegría presentes en nuestra formación y por todo el apoyo recibido.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
CAPITULO I. DIAGNÓSTICO GENERAL DEL PROYECTO FAUSAC-AGROCYT 032-2004.....	1
1.1 PRESENTACIÓN	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1 Ubicación del proyecto de investigación.....	3
1.2.2 Vías de acceso	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 General.....	4
1.3.2 Específicos	4
1.4 METODOLOGÍA.....	5
1.5 RESULTADOS	6
1.5.1 Generalidades del proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004	6
1.5.1.1 Propuesta	6
1.5.1.2 Período de Ejecución	6
1.5.1.3 Línea prioritaria de investigación.....	6
1.5.1.4 Instituciones ejecutoras	6
1.5.1.5 Investigadores	6
1.5.1.6 Objetivos del proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004.....	7
1.5.2 Descripción de las etapas establecidas en el proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004	7
1.5.2.1 Diseño y construcción de tres prototipos de protección.	7
1.5.2.2 Evaluación del ambiente micro climático interno de tres invernaderos con diferente sistema de ventilación pasiva.....	9
1.5.2.3 Evaluación agrotécnica de dos cultivares de tomate y uno de chile pimiento, bajo las tres estructuras de protección.....	9
1.5.2.4 Evaluación económica de dos cultivares de tomate y uno de chile pimiento, bajo estructuras de protección	10
1.5.3 Identificación de los recursos materiales y humanos con los que cuenta el proyecto para realizar la evaluación planteada	10
1.5.3.1 Recursos materiales.....	10
1.5.3.2 Recursos humanos.....	14
1.5.4 Resultados esperados	14
1.5.4.1 Económico, financiero y social	14
1.5.5 Entidades e instituciones que serán beneficiadas con la información generada durante la evaluación.	15
1.5.5.1 Beneficiarios.....	15
1.6 CONCLUSIONES.....	17
1.7 RECOMENDACIONES	18
1.8 BIBLIOGRAFÍA	19

CAPITULO II. EVALUACIÓN DE TRES INVERNADEROS DE BAJA TECNOLOGÍA, PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L., EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA, USAC 21

2.1	PRESENTACIÓN	21
2.2	MARCO TEÓRICO.....	23
2.2.1	MARCO CONCEPTUAL.....	23
2.2.1.1	Invernaderos	23
2.2.1.2	Clasificación de invernaderos.....	25
2.2.1.3	Ventilación en los invernaderos.....	29
2.2.1.4	Control climático en invernaderos	31
2.2.1.5	Materiales utilizados como cubiertas de invernaderos	35
2.2.1.6	Propiedades de los plásticos utilizados como cubierta de invernaderos.....	36
2.2.1.7	Principales materiales plásticos.....	37
2.2.1.8	Taxonomía, anatomía y fisiología del cultivo del tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L.....	38
2.2.2	Marco referencial	43
2.2.2.1	Ubicación del proyecto de investigación.....	43
2.2.2.2	Descripción del material experimental.....	44
2.3	OBJETIVOS	45
2.3.1	General	45
2.3.2	Específicos.....	45
2.4	METODOLOGÍA.....	46
2.4.1	Establecimiento de los invernaderos.....	46
2.4.2	Caracterización de la temperatura y humedad relativa en el interior de tres invernaderos con diferentes dimensiones en altura y abertura cenital.....	51
2.4.2.1	Variables evaluadas	51
2.4.2.2	Análisis de la información.....	53
2.4.3	Respuesta del cultivo de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L., en el interior de de los tres invernaderos evaluados	53
2.4.3.1	Descripción de los tratamientos.....	53
2.4.3.2	Diseño experimental.....	53
2.4.3.3	Aleatorización de tratamientos y repeticiones	53
2.4.3.4	Variables evaluadas	54
2.4.3.5	Manejo técnico del experimento.....	56
2.4.3.6	Análisis de la información.....	57
2.4.4	Análisis económico de los tres invernaderos y del cultivo de tomate bajo protección.....	58
2.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
2.5.1	Caracterización de la temperatura y de la humedad relativa.....	59
2.5.1.1	Comportamiento de la temperatura en el interior de los tres invernaderos durante los meses de abril a septiembre del año 2,007	59
2.5.1.2	Comportamiento de la temperatura del sustrato, durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.....	62

2.5.1.3	Comportamiento de la humedad relativa en el interior de los tres invernaderos evaluados durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.....	65
2.5.2	Respuesta del cultivo de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L., en el interior de cada uno de los invernaderos evaluados	68
2.5.2.1	Actividad fotosintética registrada durante el ciclo de producción	68
2.5.2.2	Rendimiento total (kg de fruto/planta).....	71
2.5.2.3	Calidad de fruto	73
2.5.3	Análisis económico de los tres invernaderos para el cultivo de tomate.	76
2.5.3.1	Volumen de producción y ventas.....	79
2.5.3.2	Estado de resultados.....	79
2.5.3.3	Valor Actual Neto (VAN).....	80
2.5.3.4	Tasa Interna de Retorno (TIR)	81
2.5.3.5	Tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI)	82
2.5.3.6	Relación Beneficio-Costo (RBC)	83
2.6	CONCLUSIONES.....	84
2.8	BIBLIOGRAFÍA	86
2.9	ANEXOS	88

CAPITULO III. SERVICIOS REALIZADOS EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FAUSAC-AGROCYT 032-2004.....	109	
3.1	PRESENTACIÓN.....	109
3.2	SERVICIO 1: MANEJO AGROTÉCNICO DEL CULTIVO DE TOMATE <i>Solanum lycopersicum</i> L.	110
3.2.1	OBJETIVO.....	110
3.2.2	METODOLOGÍA.....	110
3.2.3	RESULTADOS	110
	A. Construcción de canales	110
	B. Sustrato utilizado	111
	C. Establecimiento del sistema de riego	112
	D. Trasplante y densidad de siembra.....	113
	E. Poda y entutorado	114
	F. Fertilización	115
	E. Manejo fitosanitario.....	117
3.2.4	EVALUACIÓN.....	120
3.3	SERVICIO 2: DIVULGACIÓN DE RESULTADOS GENERADOS EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.	121
3.3.1	OBJETIVO.....	121
3.3.2	METODOLOGÍA.....	121
3.3.3	RESULTADOS	122
3.3.4	EVALUACIÓN.....	127
3.4	BIBLIOGRAFÍA	128

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.1	Pasos realizados en la construcción de tres invernaderos para la evaluación.	9
2.1	Secciones de un invernadero de capilla simple a “dos aguas”, diseño utilizado en la evaluación.	26
2.2	Vista del interior de un invernadero tipo plano o parral.	28
2.3	Características y dimensiones de un invernadero tipo túnel o semicilíndrico.	29
2.4	Características y dimensiones de un invernadero de capilla simple a “dos aguas”.	29
2.5	Características y dimensiones de un invernadero de capilla simple a “un agua”.	30
2.6	Características y dimensiones de un invernadero de doble capilla.	31
2.7	Forma en la que se da el desplazamiento del aire caliente por el aire frío en el interior de un invernadero.	32
2.8	Resultados en la productividad cuando interrelacionan variables climáticas en forma deficiente.	44
2.9	Fotografía área del Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía.	45
2.10	Características del híbrido F1 Titán, utilizado durante la evaluación.	46
2.11	Vista frontal e identificación de las estructuras evaluadas.	48
2.12	Características y dimensiones del invernadero 1.	50
2.13	Características y dimensiones del invernadero 2.	51
2.14	Características y dimensiones del invernadero 3.	52
2.15	Lectura de humedad relativa, temperatura del ambiente interior de los invernaderos y del sustrato utilizado.	54
2.16	Croquis de campo, donde se muestra la distribución de los tratamientos y sus respectivas repeticiones.	56
2.17	Determinación de la actividad fotosintética con el medidor de clorofila.	57
2.18	Comportamiento de la temperatura máxima durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.	61
2.19	Comportamiento de la temperatura mínima durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.	62

2.20	Comportamiento de la temperatura media durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.	63
2.21	Comportamiento diario de la temperatura en el interior de los invernaderos durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.	64
2.22	Temperatura del sustrato a las 8:00 horas a dos profundidades 10 y 20 cm.	65
2.23	Temperatura del sustrato a las 12:00 horas a dos profundidades 10 y 20 cm.	66
2.24	Temperatura del sustrato a las 16:00 horas a dos profundidades 10 y 20 cm.	66
2.25	Comportamiento de la humedad relativa máxima durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.	68
2.26	Comportamiento de la humedad relativa mínima durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.	68
2.27	Comportamiento de la humedad relativa media durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.	69
2.28	Actividad fotosintética registrada a las 8:00 horas durante los meses de abril a septiembre del año 2007.	71
2.29	Actividad fotosintética registrada a las 12:00 horas durante los meses de abril a septiembre del año 2007.	72
2.30	Actividad fotosintética registrada a las 16:00 horas durante los meses de abril a septiembre del año 2007.	73
2.31	Rendimientos totales presentados por cada tratamiento durante la evaluación.	74
2.32	Rendimientos por calidad en cada tratamiento, registrado durante toda la evaluación.	76
2.33 A	Descriptor para el género <i>Lycopersicum</i> , IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute).	107
3.1	Construcción de los canales para el establecimiento de la plantación.	113
3.2	Sustrato utilizado para el establecimiento de la plantación.	114
3.3	Croquis del sistema de riego instalado en los tres invernaderos.	115
3.4	Trasplante y densidad de siembra utilizada para el cultivo de tomate.	116
3.5	Poda y entutorado de la plantación de tomate.	117
3.6	Partes del sistema de fertirriego utilizado en la evaluación.	118
3.7	Colocación de trampas amarillas en el interior de los invernaderos.	119
3.8	Punto de desinfestación en la entrada de cada invernadero.	120

3.9	Visitas recibidas en los tres invernaderos evaluados en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía.	125
3.10	Realización del curso “Diseño de riego por goteo y requerimiento hídricos de los cultivos bajo invernadero” en la Facultad de Agronomía, USAC.	127
3.11	Presentación de resultados del proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004 a agricultores de Casillas y Nuevas Santa Rosa, Santa Rosa.	128
3.12	Alcances obtenidos por el proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004.	129

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
2.1	Temperaturas importantes en el desarrollo del cultivo del chile y tomate.	35
2.2	Dimensiones y características de las estructuras evaluadas.	49
2.3	Identificación de los tratamientos evaluados.	55
2.4	Características utilizadas para la clasificación de los frutos por calidad.	58
2.5	Análisis de varianza para la variable actividad fotosintética en mg de clorofila/m ² de hoja a las 8:00 horas.	70
2.6	Análisis de varianza para la variable actividad fotosintética en mg de clorofila/m ² de hoja a las 12:00 horas.	71
2.7	Análisis de varianza para la variable actividad fotosintética en mg de clorofila/m ² de hoja a las 16:00 horas.	72
2.8	Rendimiento en kilogramos por planta en cada tratamiento y repetición.	73
2.9	Análisis de varianza realizado para la variable: rendimiento total en kg de fruto/planta.	74
2.10	Rendimientos de frutos de primera calidad en kg/planta, alcanzados en cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones.	75
2.11	Análisis de varianza para la variable: fruto de primera calidad en kg/planta.	75
2.12	Resultados de la prueba múltiple de medias registrados por cada uno de los tratamientos.	76
2.13	Inversión inicial para la producción de tomate bajo invernadero.	79
2.14	Costo de producción de tomate manzano (1800 m ²)	80
2.15	Ingreso total al producir 1800 m ² de tomate bajo invernadero.	81
2.16	Estado de resultados para la producción de tomate bajo invernadero, proyectado para tres años y medio.	82
2.17	Determinación del Valor Actual Neto para producir tomate en tres invernaderos de 600 m ² cada uno.	83
2.18	Actualización de flujos de efectivo para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno.	84
2.19	Cálculo de la relación Beneficio-Costo de producir tomate en los tres invernaderos evaluados.	85

2.20 A	Registro de temperatura en el interior de los tres invernaderos y el ambiente externo, durante el mes de abril 2007.	91
2.21 A	Registro de temperatura en el interior de los tres invernaderos y el ambiente externo, durante el mes de mayo 2007.	92
2.22 A	Registro de temperatura en el interior de los tres invernaderos y el ambiente externo, durante el mes de junio 2007.	93
2.23 A	Registro de temperatura en el interior de los tres invernaderos y el ambiente externo, durante el mes de julio 2007.	94
2.24 A	Registro de temperatura en el interior de los tres invernaderos y el ambiente externo, durante el mes de agosto 2007.	95
2.25 A	Registro de temperatura en el interior de los tres invernaderos y el ambiente externo, durante el mes de septiembre 2007	96
2.26 A	Registro de humedad relativa en el interior de los tres invernaderos y el ambiente exterior, durante el mes de abril 2007.	97
2.27 A	Registro de humedad relativa en el interior de los tres invernaderos y el ambiente exterior, durante el mes de mayo 2007.	98
2.28 A	Registro de humedad relativa en el interior de los tres invernaderos y el ambiente exterior, durante el mes de junio 2007.	99
2.29 A	Registro de humedad relativa en el interior de los tres invernaderos y el ambiente exterior, durante el mes de julio 2007.	100
2.30 A	Registro de humedad relativa en el interior de los tres invernaderos y el ambiente exterior, durante el mes de agosto 2007.	101
2.31 A	Registro de humedad relativa en el interior de los tres invernaderos y el ambiente exterior, durante el mes de septiembre 2007.	102
2.32 A	Registro de la actividad fotosintética durante los meses de abril a septiembre 2007.	103
2.33 A	Coefficientes de correlación lineal de la temperatura de cada invernadero y la temperatura del ambiente.	103
2.34 A	Temperatura media mensual de cada invernadero.	104
2.35 A	Humedad relativa media mensual de cada invernadero.	104
2.36 A	Rendimiento de primera calidad por cada repetición.	104
2.37 A	Rendimiento de segunda calidad por cada repetición.	105

2.38 A	Rendimiento de tercera calidad por cada repetición.	105
2.39 A	Rendimiento de cuarta calidad por cada repetición.	106
2.40 A	Determinación de la ecuación lineal, necesaria para convertir los valores de N-tester a mg de clorofila/m ² de hoja.	106
3.1	Accesorios necesarios para el establecimiento del sistema de riego por goteo	114
3.2	Solución nutritiva utilizada para el cultivo de tomate	118
3.3	Listado de insecticidas utilizados durante la evaluación	120
3.4	Listado de fungicidas y bactericidas utilizados en la producción	121
3.5	Listado de instituciones que visitaron la evaluación en el Centro Experimental	125
3.6	Listado de instituciones participante en el curso “Diseño de riego por goteo y requerimiento hídricos de los cultivos bajo invernadero”	126

TRABAJO DE GRADUACIÓN

APOYO TÉCNICO AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FAUSAC-AGROCYT 032-2004 “EVALUACIÓN AGROTÉCNICA Y ECONÓMICA DE TRES DISEÑOS DE ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN (INVERNADEROS) EN CULTIVOS HORTÍCOLAS PARA ÁREAS INTERTROPICALES, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”.

RESUMEN

El presente documento reúne las actividades realizadas durante el Ejercicio Profesional Supervisado en el proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004 en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, durante el período de febrero a noviembre del año 2007. Las actividades descritas son: diagnóstico, investigación y servicios, requisitos para obtener el título de ingeniero agrónomo en sistemas de producción agrícola.

El Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través del Fondo Competitivo de Desarrollo Tecnológico Agroalimentario fue el encargado de financiar el proyecto y la Facultad de Agronomía la encargada de ejecutarlo. El proyecto tiene como objetivo caracterizar tres invernaderos, considerando el intercambio de aire natural que afecta el clima interno de la estructura y así poder predecir su comportamiento para ajustar una recomendación que promueva el máximo potencial de producción en cultivos que se desarrollen bajo estas condiciones.

A través del diagnóstico se logró establecer las etapas en la ejecución del proyecto, los recursos materiales y humanos con los que cuenta y las posibles personas o instituciones beneficiadas con la información generada al final de la evaluación.

La investigación tuvo como objetivo principal la evaluación de tres invernaderos de baja tecnología, con diferentes dimensiones en altura y abertura cenital para la producción de tomate *Solanum lycopersicum* L., de crecimiento indeterminado. Para ello se construyeron tres invernaderos tipo capilla a “dos aguas” a los cuales se les caracterizó la temperatura y humedad relativa, además se evaluó el desarrollo del cultivo en el interior de las mismas.

Como resultado se tiene que el primer invernadero, de 7 m de altura y 60 cm de abertura cenital presentó una temperatura media de 29 °C y humedad relativa promedio del 46%. La plantación de tomate establecida en su interior registró una concentración promedio de clorofila de 344 mg/m² de hoja. Con respecto a la producción se obtuvo un rendimiento por planta de 5.34 kg de los cuales 1.55 kg fueron de primera calidad.

El segundo invernadero de 6 m de altura y abertura cenital de 70 cm registró una temperatura media de 28 °C y una humedad relativa de 50%, la plantación establecida en su interior registró una concentración promedio de clorofila de 353 mg/m² de hoja y un rendimiento por planta de 4.40 kg de los cuales 1.47 kg fueron de primera calidad.

El tercer invernadero de 6.50 m de altura y 80 cm de abertura cenital registró medias de 28 °C y 51% de humedad relativa, la plantación registró una concentración de clorofila de 364 mg/m² de hoja y un rendimiento promedio de 4.77 kg/planta de los cuales 1.99 kg fueron de primera calidad.

En lo económico se estableció que el tiempo de recuperación de lo invertido en la construcción de tres invernaderos de 600 m² cada uno es de un año y tres meses. La relación Beneficio-Costo es de 1.98, lo que indica que por cada quetzal invertido se obtiene 98 centavos de rentabilidad.

Los servicios técnicos realizados fueron dos, el primero consistió en el manejo agronómico del cultivo de tomate, teniendo responsabilidades como: el establecimiento de la plantación y del sistema de riego, la nutrición, el manejo fitosanitario, la cosecha y clasificación de los frutos. El segundo servicio fue la divulgación de los resultados obtenidos en la evaluación, para ello se coordinaron eventos con el fin de dar a conocer los datos registrados durante el proyecto. Los eventos organizados fueron: a) curso “Riego por goteo en cultivos bajo invernadero”, impartido en la Facultad de Agronomía por docentes de la Universidad de Ciego de Ávila de la república de Cuba. b) capacitación a productores de los municipios de Nueva Santa Rosa y Casillas en el departamento de Santa Rosa y c) visitas recibidas en los tres invernaderos donde se realizaron demostraciones y se presentaron avances de los resultados generados durante la evaluación.



CAPÍTULO I

**DIAGNÓSTICO DEL PROYECTO FAUSAC-AGROCYT 032-2004:
EVALUACIÓN AGROTÉCNICA Y ECONÓMICA DE TRES DISEÑOS DE
ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN (INVERNADEROS) EN CULTIVOS
HORTICOLAS PARA ÁREAS INTERTROPICALES, EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DOCENTE DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA,
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

1.1 PRESENTACIÓN

La producción bajo invernaderos es una alternativa que le permite al productor alcanzar niveles altos de producción que a campo abierto sería difícil de obtener, todo esto debido a las condiciones climáticas que se generan de forma natural o artificial en el interior de estas estructuras además de que evita la presencia de plagas y de fitopatógenos en su interior al ser una estructura totalmente cubierta.

El proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004 tiene como objetivo caracterizar el clima interno de tres invernaderos con diferentes dimensiones en altura y abertura cenital y evaluar el desarrollo de los cultivos de tomate *Solanum lycopersicum* L. y chile pimiento *Capsicum annum* L., dentro de cada una. Esta evaluación se llevó a cabo en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía en el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La evaluación es apoyada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONCYT a través del Fondo Competitivo de Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y ejecutado por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El tiempo de ejecución que se contempló para el proyecto es de 36 meses, iniciando el 20 de junio del 2005 para finalizar el 30 de junio del 2008.

El presente diagnóstico se realizó con la finalidad de indicar las etapas a seguir en la ejecución del proyecto, los recursos con los que cuenta y las posibles personas o instituciones beneficiadas con la información generada al final de la evaluación.

Toda la información obtenida a través del diagnóstico permitió el planteamiento de la investigación y de los servicios técnicos a realizar, para el cumplimiento de las normas del Programa del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Ubicación del proyecto de investigación

El proyecto se ejecutó en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicado geográficamente en las coordenadas 14⁰35'6" Latitud Norte 90⁰33'9" Longitud Oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 1,502 m con una precipitación media anual de 1,216 mm, temperatura media de 18.3 °C y humedad relativa del 79%. La zona de vida a la que pertenece es el Bosque Húmedo Subtropical templado (Bh-st) (2).

1.2.2 Vías de acceso

El Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, ubicado en el campus central de la Universidad de San Carlos, tiene como vías de acceso el circuito periférico que rodea a la Ciudad Universitaria zona 12, teniendo conexión al este con la Avenida Petapa y al norte con el Anillo Periférico Metropolitano (2).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

- Determinar la situación del proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004 “ Evaluación agrotécnica y económica de tres estructuras de protección (invernaderos) en cultivos hortícolas para áreas intertropicales en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala”.

1.3.2 Específicos

- Describir las etapas establecidas en el proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004.
- Identificar los recursos materiales y humanos con los que cuenta el proyecto para realizar la evaluación planteada.
- Enumerar a las entidades o instituciones que serán beneficiadas con la información generada durante la evaluación.

1.4 METODOLOGÍA

Para conocer las etapas del proyecto se realizó la consulta del documento base donde se establece la propuesta de la evaluación y a través de conversaciones con el investigador principal y asociado del mismo.

La identificación de los recursos materiales del proyecto se realizó haciendo una compilación del equipo, inmuebles y herramientas a disposición para la ejecución de la evaluación.

El alcance que el proyecto puede llegar a tener en el sector agrícola se determinó haciendo una identificación de las personas o instituciones que estarían interesados o beneficiados por la información generada en la evaluación. Se puede mencionar entre los beneficiados: centros educativos de formación agrícola, entidades gubernamentales y no gubernamentales y otros.

Consulta de fuentes información

Las fuentes de información consultadas son las siguientes: documento base de la propuesta del proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004, capacitaciones recibidas por técnicos agrícolas en el manejo de plantaciones bajo estructuras de protección. También cabe resaltar los estudios realizados por CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), ya que han tenido experiencias en invernaderos, sobre todo en el desarrollo de sistemas de protección de cultivos para zonas cálidas e intertropicales como es el caso de Guatemala, además se consultó bibliografía referente a la producción de hortalizas bajo invernadero.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Generalidades del proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004

1.5.1.1 Propuesta

Evaluación agrotécnica y económica de tres diseños de estructuras de protección (invernaderos) en cultivos hortícolas para áreas intertropicales en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala (2).

1.5.1.2 Período de Ejecución

El período de ejecución del proyecto es de 3 años, dando inicio el 20 de junio del 2005 para finalizar el 30 de junio del año 2008.

1.5.1.3 Línea prioritaria de investigación

Según los lineamientos de El Fondo Competitivo de Desarrollo Tecnológico Agroalimentario (AGROCYT), el proyecto pertenece a la línea de Generación y Transferencia de Tecnología del Área Ciencias del Agro.

1.5.1.4 Instituciones ejecutoras

Ejecutor Principal: Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

1.5.1.5 Investigadores

A. Investigador Principal: Ing. Agr. M. Sc. Iván Dimitri Santos Castillo, profesor del Área Tecnológica, Subárea de Manejo de Suelo y Agua de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

B. Investigador Asociado: Ing. Agr. M. Sc. Erick Roberto Bran Shaw, profesor de la Subárea de Administración y Comercialización de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

1.5.1.6 Objetivos del proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004

A. Objetivos generales

- Desarrollar el soporte científico-técnico suficiente para diseñar y construir sistemas y técnicas de protección adecuadas a las condiciones ambientales de zonas intertropicales.
- Diseñar y establecer estrategias de cultivo adecuadas a las zonas neo económicas pertenecientes a áreas intertropicales (caso Guatemala).

B. Objetivos específicos

- Diseñar y construir tres prototipos de estructuras de invernaderos con diferente sistema de ventilación pasiva (abertura cenital) para la producción protegida de hortalizas.
- Evaluar el ambiente micro climático interno y la renovación de aire de tres estructuras con diferente sistema de ventilación pasiva (abertura cenital) en la producción protegida de hortalizas.
- Evaluar la respuesta en producción hidropónica de tres cultivares de tomate y chile pimiento bajo tres estructuras con diferente sistema de ventilación pasiva (abertura cenital).
- Analizar económicamente las estructuras propuestas y el desarrollo de los cultivos a evaluar.

1.5.2 Descripción de las etapas establecidas en el proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004

1.5.2.1 Diseño y construcción de tres prototipos de protección.

Al inicio de la evaluación de construyeron tres invernaderos de dos aguas, conformados por tres naves, cada una de 6.6 m de ancho por un largo de 30 metros, para un área total de 600 m² por diseño de invernadero (Figura 1.1). El área total de los tres invernaderos asciende a 1800 m². La altura de las estructuras depende de los cultivo que se van a

cultivar dentro de ellas y de las características de crecimiento de los mismos. Estos pueden ser de crecimiento determinado o indeterminado (5).

Las estructuras fueron calculadas y diseñadas para ser construidas con materiales nacionales. Se utilizó una combinación de costaneras metálicas y madera, con sus respectivos cálculos para soportar las cargas que se determinen, se unieron mediante tornillos y abrazaderas, construidas en la industria local. El techo de las estructuras es de polietileno de 150 micrones de espesor con aditivos contra luz ultravioleta. Las paredes de los módulos fueron cubiertas con malla anti-virus de 50 perforaciones por pulgada cuadrada (1).



Figura 1.1 Pasos realizados en la construcción de tres invernaderos para la evaluación.

1.5.2.2 Evaluación del ambiente micro climático interno de tres invernaderos con diferente sistema de ventilación pasiva.

Para la caracterización climática de las tres estructuras se instalarán dentro de cada uno de los invernaderos una serie de equipos portátiles de medición climatológica como higrómetros. Las variables climáticas a evaluar son:

- a. Temperatura y humedad relativa (máxima, mínima y media)
- b. Temperatura del sustrato (a 10 y 20 m de profundidad)
- c. Renovación del aire en el interior de cada invernadero. (a través del medidor de clorofila "N-test").
- d. Evapotranspiración.

Estas variables se medirán todos los días en tres diferentes horarios: 8:00, 12:00 y 16:00 horas (5).

1.5.2.3 Evaluación agrotécnica de dos cultivares de tomate y uno de chile pimiento, bajo las tres estructuras de protección

Cultivo de tomate y chile pimiento

Se sembrarán dos variedades de tomate (tipo manzano) de hábito indeterminado, con tolerancia al complejo mosca blanca-geminivirus, la primera variedad se sembrará en época seca y la segunda en época lluviosa. Para la evaluación del cultivo de chile se sembrarán dos variedades de entrenudo largo (5).

En cada invernadero se construirán 21 canales plásticos que servirán de contenedores para el sustrato donde se trasplantarán las variedades de chile y tomate. Además en cada estructura se instalará un sistema de riego por goteo con ramales porta goteros de 16.5 metros de largo. Los goteros integrados en la manguera, tienen un caudal de 2 L/hora. La fertilización se realizará por el sistema de riego mediante soluciones nutritivas.

Las variables de los cultivos a evaluar son.

- Materia seca.
- Rendimiento total por planta.
- Calidad del fruto.
- Malformación de frutos (5).

Las anteriores variables se analizarán estadísticamente, utilizando el diseño experimental Completamente al Azar, con tres tratamientos y tres repeticiones para determinar diferencias entre tratamientos y poder explicar el comportamiento del tomate y del pimentón bajo tres estructuras de protección con diferente sistema de ventilación pasiva.

1.5.2.4 Evaluación económica de dos cultivares de tomate y uno de chile pimiento, bajo estructuras de protección

Los indicadores económicos de la evaluación financiera son los siguientes:

- Período de recuperación o retorno.
- Valor Actual Neto.
- Tasa Interna de Retorno.
- Relación Beneficio/Costo.

1.5.3 Identificación de los recursos materiales y humanos con los que cuenta el proyecto para realizar la evaluación planteada

1.5.3.1 Recursos materiales

Para la ejecución del proyecto se cuenta con equipo e infraestructura la cual se detalla a continuación.

A. Equipo

- Doce higrotermómetros.
- Cuatro termómetros de mercurio (máximas y mínimas).
- Un termómetro para suelo.
- Una balanza de 22 kg.
- Dos bombas de mochila de 16 litros.
- Un medidor de clorofila (N-test).
- Herramientas agrícolas (azadones, carretas, machetes, piochas y otros).

B. Infraestructura

- Un reservorio de agua de 4 m de ancho, 12 m de largo y una profundidad de 2.5 m, con capacidad para 120 m³ de agua.
- Una bodega, dividida en tres cuartos, que tienen las siguientes funciones: cuarto de equipo, cuarto de insumos, y cuarto para trabajadores.

Es importante mencionar que el proyecto tiene a su disposición infraestructura de la Facultad de Agronomía, para actividades necesarias en la ejecución del proyecto, en las que se pueden mencionar:

a. Centro Experimental de Agronomía (CEDA): es la unidad en donde se desarrolla la aplicación del conocimiento a través de laboratorios en campo de cursos y módulos. Cuenta con 18 hectáreas de terreno para uso agrícola y forestal, localizada en el campus universitario, zona 12. Cuenta con un pozo mecánico con capacidad para riego de las 18 hectáreas, el cual está equipado con una bomba sumergible con motor de 60 caballos de fuerza, sistema que aportará el agua necesaria para desarrollar los cultivos a evaluar, donde se realizará la construcción de los invernaderos y el desarrollo de la investigación en los tres años del proyecto. Además cuenta con una bodega y un aula que estará a disposición de las personas que se capacitarán a lo largo del proyecto.

b. Centro de medios audiovisuales (CEMAV): es la unidad de apoyo técnico docente que propicia la educación audiovisual, la cual esta equipada con retroproyectors, proyector de slides, equipos multimedia, películas, cañoneras con su respectiva computadora portátil, videos y equipo de filmación, cámaras digitales; equipo que estará a disposición para la toma de datos en la investigación, así como para las capacitaciones tanto en campo como en aulas.

c. Centro de telemática (CETE): es el encargado de difundir y aplicar los conocimientos de las estadísticas y la informática a la agronomía, a través de sus programas de docencia, investigación, servicio y consultoría. Cuenta con un moderno equipo de computación y red de internet, además posee licencias vigentes de los principales paquetes estadísticos para análisis de datos como SAS y otros. Esta unidad servirá de apoyo en la publicación de los resultados a través de la hoja Web de la Facultad de Agronomía y en el apoyo del análisis estadístico de los datos provenientes de la investigación.

d. Comité editorial (CEA): se encarga de la edición del boletín Agro, impreso de mayor periodicidad y calidad entre todas las unidades académicas de la Universidad de San Carlos. TIKALIA, revista científica que divulga aportes para las ciencias agrícolas y los recursos naturales, CUADERNOS CHAC, publicación que divulga la ciencia agrícola a estudiantes del nivel medio y REVISTA AGRONOMIA, publicación que promueve la imagen corporativa de la Facultad. Esta unidad será la encargada de apoyar en la publicación de los resultados preliminares de la investigación a través del boletín Agro y la publicación final en la Revista TIKALIA.

e. Taller de mecánica y transporte: apoya el mantenimiento del transporte y la maquinaria que se utilizan en las labores docentes. Esta unidad cuenta con dos camionetas con capacidad para 50 pasajeros cada una y un microbús panel con capacidad para 15 personas, las cuales servirán de apoyo en el traslado de las personas que se capacitarán en el transcurso del proyecto. También cuenta con una flota de

vehículos tipo agrícola que servirán de apoyo en las giras de observación y en los diferentes trámites que se realizarán en el transcurso del proyecto.

f. Taller de reproducción de materiales: apoya la labor académica y administrativa a través de reproducción e impresión de documentos y libros. Esta unidad prestará apoyo al proyecto en la reproducción de los avances preliminares, documentos de apoyo en las capacitaciones, y en la impresión de los manuales que se generarán como producto de esta investigación.

g. Laboratorios: la Facultad de Agronomía, como entidad ejecutora, cuenta con varios laboratorios para docencia y servicio, entre los cuales figuran:

Laboratorio de Análisis de Suelo y Planta, el cual está equipado con un moderno equipo de análisis, hornos, balanzas y reactivos necesarios para cualquier determinación de este tipo. Este laboratorio apoyará en la cuantificación de algunas variables como biomasa y otras necesarias para complementar la investigación, análisis del sustrato donde se sembrarán los cultivos.

Centro de Diagnóstico Parasitológico, este laboratorio cuenta también con equipo y metodologías modernas para el diagnóstico de plagas y enfermedades, el cual apoyará en el diagnóstico de las posibles enfermedades que se detecten en el desarrollo de los cultivos a evaluar, las cuales son variables consideradas de importancia en la investigación.

h. Edificios: la FAUSAC cuenta con dos edificios equipados con aulas, laboratorios y oficinas administrativas, ubicados en el campus universitario, los cuales servirán de apoyo a través del uso de las aulas para los diferentes eventos de capacitación programados a lo largo del proyecto.

1.5.3.2 Recursos humanos.

Se cuenta con dos investigadores, el principal y el asociado, los cuales son los responsables directos de la ejecución el proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004. Se tiene presupuesto asignado para contratar a dos personas para los trabajos agrícolas y a un auxiliar de investigación para el manejo del proyecto y de la investigación.

1.5.4 Resultados esperados

1.5.4.1 Económico, financiero y social

Los resultados tendrán una aplicación inmediata, habida cuenta que en el país se esta desarrollando una industria incipiente de cultivos protegidos y no existen estudios científicos que soporten tales desarrollos. Los usuarios actuales y potenciales están utilizando para sus cálculos y para tomar sus decisiones datos obtenidos en otras condiciones climáticas o experiencia no local (5).

Se espera que en las estructuras diseñadas se pueda triplicar la producción comparada con la obtenida hasta el momento en otras condiciones en las diferentes áreas cultivadas. Esto repercutiría en una alta rentabilidad debido a dos situaciones importantes: a) La inversión inicial al construir un invernadero se podrá recuperar sin mayor esfuerzo y a un menor costo y tiempo lo que hace más atractivo la inversión, y b) Este tipo de tecnología no es de impacto negativo al ambiente, esto hace que este tipo de proyectos sea ecológicamente viables debido a que la protección de los cultivos mediante este mecanismo evita en un alto porcentaje la entrada de plagas y enfermedades, lo que redundo en una menor utilización de pesticidas bajando los costos de producción (1).

Socialmente se genera más empleo debido a que sí esta tecnología se logra implementar y las acciones del gobierno se enfocan hacia este rubro se podrá incrementar las áreas de cultivo hortícola, lo cual proporciona producción en cualquier época del año en cantidad y calidades, fortaleciendo de esta manera este subsector de la producción agrícola del país, mismo que sería más competitivo al menos en el mercado de Centroamérica (1 y 5).

1.5.5 Entidades e instituciones que serán beneficiadas con la información generada durante la evaluación.

Se espera no menos de ocho publicaciones y una presentación preliminar de este proyecto.

1. Revista Plasticultura editada por el CIPA-CIDAPA Comité Internacional de Plásticos en la Agricultura/Comité Iberoamericano para el Desarrollo y Aplicación de los Plásticos en la Agricultura.
2. Boletín Informativo Agro. Se pretende generar al menos dos Boletines de extensión para la divulgación por la FAUSAC.
3. Revista Tikalia, FAUSAC.
4. Hoja Web del CYTED. ([www. cyted.org](http://www.cytel.org))
5. Hoja Web CIDAPA (www.cidapa.com)
6. Hoja web COGUADAPA (www.concyt.gob.gt/comisiones/plasticultura/plasticultura).
7. Hoja Web, Facultad de Agronomía
8. Revista CERES, editada por la Escuela Nacional Central de Agricultura, la cual se distribuye a todo el país y en las diferentes municipalidades (5).

1.5.5.1 Beneficiarios

Los beneficiarios potenciales de la información generada en el proyecto son:

1. Los productores agrícolas interesados en el desarrollo del cultivo protegido de hortalizas.
2. Las asociaciones como FASAGUA y/o cooperativas agrícolas.
3. Las empresas fabricantes de estructuras para el cultivo protegido de hortalizas.
4. Las empresas distribuidoras de sistemas de riego.
5. Empresas proveedoras de fertilizantes.
6. Las empresas procesadoras de agroplásticos.
7. Empresas productoras y vendedoras de semillas.
8. Estudiantes de las facultades de agronomía y escuelas técnicas agropecuarias de Guatemala.

9. Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA).
10. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
11. Universidades privadas.
12. Organizaciones no gubernamentales (ONGs) (1 y 5).

1.6 CONCLUSIONES

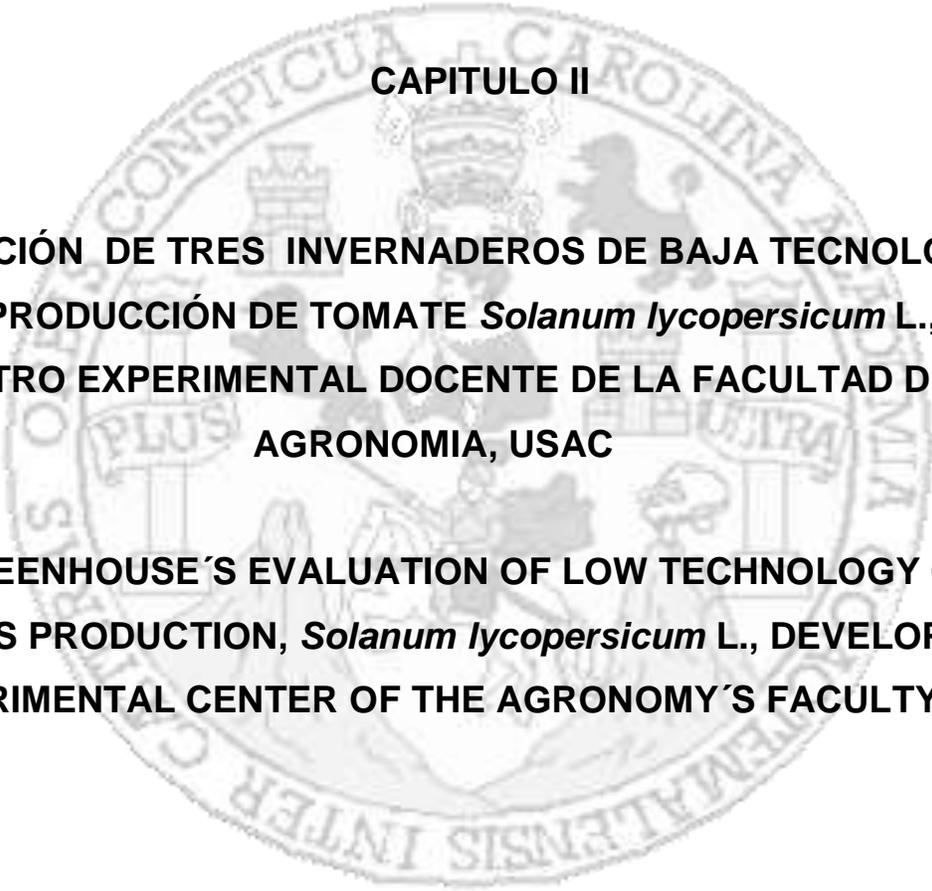
1. El Proyecto FAUSAC-AGROCYT 032 -2004, desarrollado en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, se ejecutará en tres fases, la primera es el diseño y la construcción de los tres invernaderos, la segunda es llevar a cabo la evaluación agrotécnica de los tres invernaderos y del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L., y la tercera consiste en divulgar o transferir la información generada durante la investigación a las personas o instituciones interesadas.
2. Para el desarrollo del proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004 se cuenta con un equipo de trabajo conformado por: un investigador principal, un investigador asociado, un auxiliar de investigación y dos trabajadores de campo. En relación al recurso material, para el desarrollo de la evaluación se cuenta con el equipo e infraestructura de la Facultad de Agronomía.
3. Entre las personas e instituciones beneficiadas con esta evaluación estarán: universidades, empresas agrícolas, instituciones del gobierno, escuelas de formación agrícola y agricultores en general. La forma en que se hará llegar la información a todos los beneficiarios será a través del internet, revistas agrícolas y exposiciones en eventos de carácter agronómico.

1.7 RECOMENDACIONES

1. Iniciar de forma inmediata la construcción de los canales y el establecimiento del sistema de riego para evitar atrasos en trasplante de los pilones de tomate y chile pimiento.
2. Es importante que se cuente anticipadamente con los insumos necesarios para la producción de tomate y chile pimiento, para poder realizar un calendario de aplicaciones y evitar problemas durante la producción.
3. Para dar a conocer los resultados de la evaluación es necesario realizar eventos que convoquen a personas e instituciones que puedan ser beneficiadas con la información generada por el proyecto.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Bran, ER. 2007. Proyecto AGROCYT 032-2004 (entrevista). Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Área Tecnológica, Subárea de Administración y Comercialización.
2. CONCYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, GT). 2007. Ciencia, tecnología e innovación: bases fundamentales del desarrollo económico y social del país (en línea). Guatemala. Consultado 24 mayo 2007. Disponible en <http://www.concyt.gob.gt>
3. Cordón, EN. 1991. Levantamiento detallado de suelos del Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 137 p.
4. CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, ES). 2004. Invernaderos: la experiencia Iberoamericana. Almería, España. 197 p.
5. Santos, ID. 2007. Proyecto AGROCYT 032-2004 (entrevista). Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Área Tecnológica, Subárea de Manejo de Suelo y Agua.



CAPITULO II

**EVALUACIÓN DE TRES INVERNADEROS DE BAJA TECNOLOGÍA,
PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L., EN EL
CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA, USAC**

**THREE GREENHOUSE'S EVALUATION OF LOW TECHNOLOGY OF THE
TOMATO'S PRODUCTION, *Solanum lycopersicum* L., DEVELOPED IN
THE EXPERIMENTAL CENTER OF THE AGRONOMY'S FACULTY, USAC**

2.1 PRESENTACIÓN

En Guatemala tradicionalmente la producción de hortalizas se ha realizado en condiciones a campo abierto, lo cual se traduce en una producción estacional con altos volúmenes de oferta en algunas épocas y déficit en otras, ya que el éxito de las explotaciones depende de las condiciones ambientales. Todo lo anterior se puede evitar si se trabaja en ambientes controlados, como un invernadero, donde se logra producir en épocas que en campo abierto sería difícil realizar, además de alcanzar los niveles de calidad y cantidad que el mercado requiere en estos tiempos.

En el 2003 se reportaban 450 hectáreas de cultivos protegidos en Guatemala, de las cuales el 4% es utilizado para la producción de hortalizas. Sin embargo esta producción corre a cargo de empresas privadas (nacionales y transnacionales) con tecnología transferida sin modificación alguna desde regiones de clima templado (Europa, Estados Unidos) a climas intertropicales como Guatemala sin considerar las posibles problemáticas que esto implica (Bran, 2003).

En Guatemala existe muy poca información sobre la producción bajo invernaderos, lo que ha llevado al fracaso de varios proyectos de este tipo. Es pertinente en este caso el conocimiento *in situ* de una serie de factores climáticos en el interior de los invernaderos que son modificados por la cubierta de plástico, la malla antiviral, las dimensiones de la estructura, su sistema de ventilación y las interrelaciones entre todos estos factores.

El objetivo de la presente investigación es caracterizar tres invernaderos desde el punto de vista agrotécnico y económico, considerando el intercambio de aire que afecta el clima interno de la estructura (temperatura y humedad relativa) y generar información que permita predecir su comportamiento para ajustar una recomendación que promueva el máximo potencial de producción en cultivos que se desarrollen bajo estas condiciones.

Para alcanzar el objetivo planteado se construyeron tres invernaderos tipo capilla a “dos aguas” con diferentes alturas y diferentes dimensiones en la abertura cenital, el primer

invernadero contó con una altura de 7 m y una abertura cenital de 60 cm, el segundo con una altura de 6 m y una abertura cenital de 70 cm y el tercer invernadero con una altura de 6.50 m y una abertura cenital de 80 cm. A los tres invernaderos se les caracterizó diariamente la temperatura y la humedad relativa. Los invernaderos se establecieron en el campus central de la Universidad de San Carlos, localizado en las siguientes coordenadas 14⁰35'11" latitud norte y 90⁰35'58" longitud oeste.

Paralelamente se consideró el desarrollo del cultivo de tomate en el interior de cada invernadero, al que se le midieron las siguientes variables: rendimiento, calidad de fruto y actividad fotosintética. Las variables se analizaron estadística y económicamente. Para el análisis estadístico se utilizó el diseño Completamente al Azar con tres tratamientos y tres repeticiones. El análisis económico se hizo a través del Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno, el tiempo de recuperación y la relación Beneficio-Costo.

Los resultados muestran que el invernadero con 7 m de altura y 60 cm de abertura cenital presentó una temperatura media de 29 °C y humedad relativa promedio de 46%, la plantación establecida en su interior registró un rendimiento de 5.34 kg/planta de los cuales 1.55 kg fue de primera calidad. El invernadero de 6 m de alto y abertura cenital de 70 cm presentó una temperatura media de 28 °C y una humedad relativa de 50%, su plantación tuvo un rendimiento de 4.40 kg/planta de los cuales 1.47 kg fueron de primera calidad. El invernadero de 6.50 m de altura y 80 cm de abertura cenital registró medias de 28 °C y 51% de humedad relativa, la plantación tuvo un rendimiento de 4.77 kg/planta de las cuales 1.99 kg fueron de primera calidad. El análisis económico indica que la producción de tomate bajo invernadero es factible, este análisis se realizó a través de la comparación de los beneficios y de los costos durante los próximos tres años y medio.

Como producto de la investigación se obtuvieron estructuras que propician un ambiente climático interno adecuado para el desarrollo del cultivo de tomate. Las estructuras servirán como modelo en un centro de capacitación permanente con el propósito de que puedan ser implementadas y adoptadas en regiones con condiciones similares a las presentes en el lugar de la evaluación.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1.1 Invernaderos

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas. Las ventajas del empleo de invernaderos son: precocidad en los frutos, aumento de la calidad y rendimiento. Además de un mejor control de insectos y de enfermedades, aumenta la posibilidad de tener más de un ciclo durante el año. Los inconvenientes que presenta es su alta inversión inicial, alto costo de operación, requiere personal especializado, de experiencia práctica y conocimientos teóricos (Díaz; Pérez, 1994).

La elección de un tipo de invernadero está en función de una serie de factores o aspectos técnicos como: tipo de suelo, se deben elegir suelos con buen drenaje y de alta calidad aunque con los sistemas modernos de fertirriego es posible utilizar suelos pobres con buen drenaje o sustratos artificiales, la topografía, se prefiere lugares con pequeña pendiente orientados de norte a sur, el viento, para este fenómeno se tomará en cuenta la dirección, la intensidad y velocidad de los vientos dominantes, además las exigencias bioclimáticas de la planta a cultivar, las características climáticas del lugar, disponibilidad de mano de obra, mercado y comercialización (Ferrato; Panelo, 2001).

Secciones y partes generales de un invernadero

A. Nave: espacio que queda entre los pórticos o postes internos, que dividen a un invernadero.

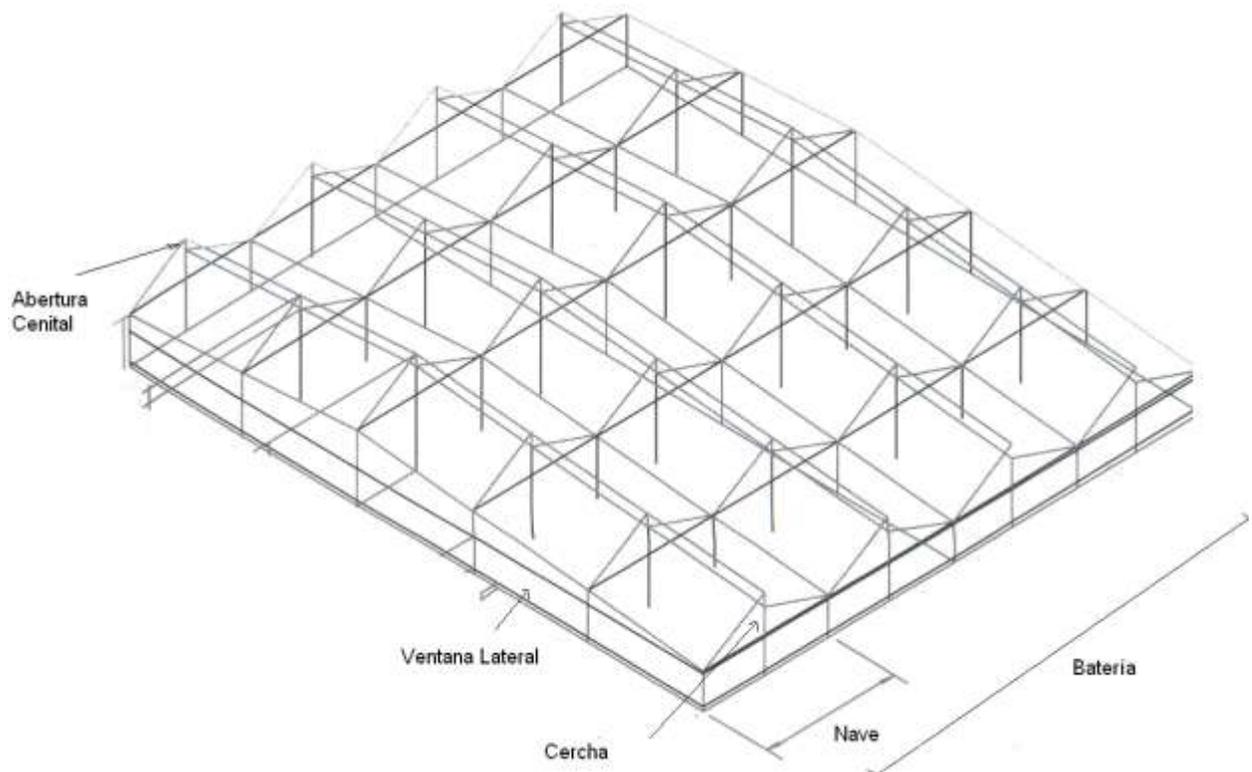
B. Batería: nombre común que se le da a la unión de varias naves.

C. Ventana lateral: como su nombre lo indica son las ventanas que se encuentran en las paredes laterales de los invernaderos, su función es permitir el ingreso de aire para la

ventilación de la parte interior del invernadero, generalmente esta cubierta por una malla para el control del plagas insectiles (Baixauli, 1996).

D. Ventana cenital: abertura que se encuentra en la parte alta del invernadero cuya función es permitir la evacuación de la masa de aire caliente acumulada en el interior del invernadero (Baixauli, 1996).

La anterior información se puede ilustrar de una mejor manera en la siguiente figura.



Fuente: CYTED, 2004.

Figura 2.1 Secciones de un invernadero de capilla simple a “dos aguas”, diseño utilizado en la evaluación.

2.2.1.2 Clasificación de invernaderos

La clasificación más usual es aquella que toma en cuenta la conformación estructural y perfil externo, la cual es la siguiente (Serrano, 2001):

- Invernadero plano o tipo “parral”.
- Túnel o semicilíndrico.
- Invernadero tipo “sierra”
 - | Varios dientes.
 - | Un diente.
- Invernadero con pendiente o “capilla” . . .
 - | Simple.
 - | A dos aguas.
 - | A un agua.
 - | Doble.

A. Invernadero plano o tipo “parral”: este tipo de invernadero se utilizan en zonas poco lluviosas, pero su uso es muy cuestionado, ya que tiene una serie de inconvenientes graves que hacen que sea poco recomendable su construcción. Como ventaja presenta la economía de su construcción y su mayor resistencia al viento. Entre las desventajas que presenta se pueden citar:

- a. Poco volumen de aire.
- b. Mala ventilación.
- c. Peligro de hundimiento por las bolsas de agua de lluvia que se forman en la lámina de plástico.
- d. Goteo de agua de lluvia sobre las plantas (Serrano, 2001).



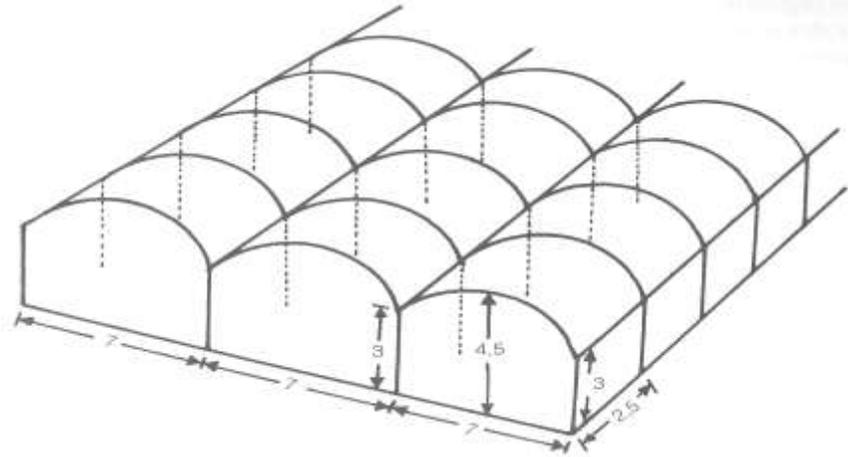
Fuente: Serrano Cermeño, 2001.

Figura 2.2 Vista del interior de un invernadero tipo plano o parral.

B. Invernadero tipo túnel o semicilíndrico: la estructura de este tipo de invernadero está formada por columnas y arcos. La anchura de las naves es de 6 a 9 metros (Figura 2.3).

Las ventajas que presenta este tipo de invernadero son las siguientes:

- a. Alta transmisión de la luz solar.
- b. Buen control de la temperatura.
- c. Magnífico reparto de la luminosidad.
- d. Fácil evacuación del agua de lluvia.
- e. Resistencia a los vientos (Serrano, 2001).

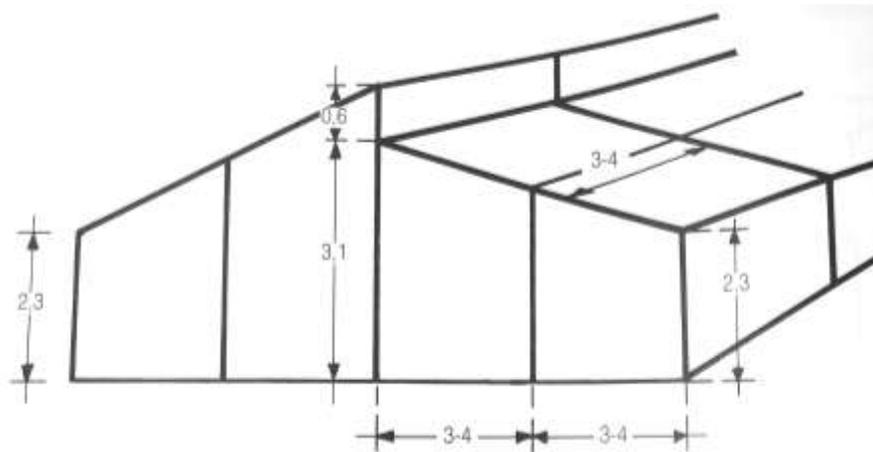


Fuente: Serrano Cermeño, 2001.

Figura 2.3 Características y dimensiones de un invernadero tipo túnel o semicilíndrico.

C. Invernadero a “dos aguas”: este tipo de invernadero está formado por la unión en batería de naves a “dos agua”. Cada una de estas naves tiene la cubierta formada por planos inclinados de unos 30° como se puede observar en la figura 2.4.

La ventilación de estos invernaderos, siempre que las dimensiones no sean muy exageradas, es excelente (Serrano, 2001).



Fuente: Serrano Cermeño, 2001.

Figura 2.4 Características y dimensiones de un invernadero de capilla simple a “dos aguas”.

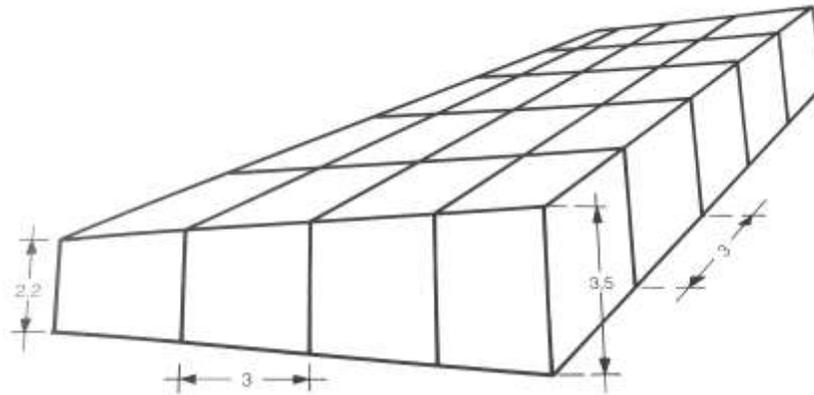
D. Invernadero de capilla simple “a un agua”: este tipo de estructuras se caracterizan por tener un techo formado por uno o dos planos inclinados, según sea a “un agua” o “dos aguas”.

Este diseño se utiliza bastante y las ventajas que se pueden obtener del mismo son las siguientes:

- Es de fácil construcción y conservación.
- La ventilación vertical en paredes lateras es muy fácil.
- Tiene grandes facilidades para evacuar el agua de lluvia.

También presenta algunos inconvenientes como:

- En su interior tiene más elementos constructivos que absorben radiación.
- En naves colocadas en baterías tiene problemas de ventilación (Serrano, 2001).

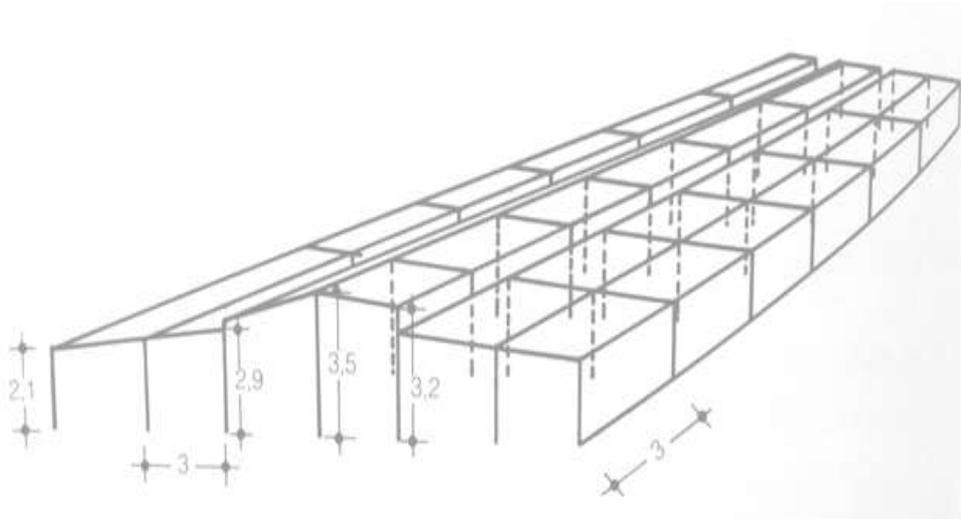


Fuente: Serrano Cermeño, 2001.

Figura 2.5 Características y dimensiones de un invernadero de capilla simple a “un agua”.

E. Invernadero de doble capilla: los invernaderos de doble capilla están formados por dos secciones denominadas comúnmente como naves, las cuales se encuentran yuxtapuestas como se puede observar en la figura 2.6. Su ventilación es mejor que otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital que tienen en cumbre de los dos

escalones que forma la yuxtaposición de las dos naves, estas aberturas de ventilación suelen permanecer abiertas constantemente y puede colocarse en ellas malla mosquitera. Este tipo de invernadero no está muy extendido debido a que su construcción es más dificultosa y costosa que el tipo de invernadero capilla simple a dos aguas. (Díaz; Pérez, 1994).



Fuente: Serrano Cermeño, 2001.

Figura 2.6 Características y dimensiones un invernadero de doble capilla.

2.2.1.3 Ventilación en los invernaderos

De todos los factores que se debe controlar en un invernadero, uno de los más importantes sin lugar a dudas es la ventilación, ya que las plantas como cualquier ser vivo necesita respirar. Mediante la ventilación se renueva el aire interior del invernadero, actuando sobre la temperatura, la humedad relativa, el anhídrido carbónico y el oxígeno de la atmósfera del invernadero (Serrano, 2001)

La ventilación de los invernaderos se suele realizar mediante el uso de aberturas en el invernadero, llamadas ventanas, situadas en los techos o en los laterales de éste, que permiten la renovación del aire, o bien mediante el uso de ventiladores de diferentes tipos.

La mejor forma de clasificar las ventilaciones es basándose en la forma en que se realiza la renovación del aire (Serrano, 2001).

A. Ventilación activa: es la que actúa activamente en el movimiento del aire dentro del invernadero, utilizando equipo adecuado de ventilación (Serrano, 2001).

B. Ventilación pasiva: se da a través de una serie de aperturas o ventanas en el invernadero. El viento natural que se produce en la región donde se encuentra la producción, es el responsable de la renovación del aire del invernadero (Serrano, 2001).

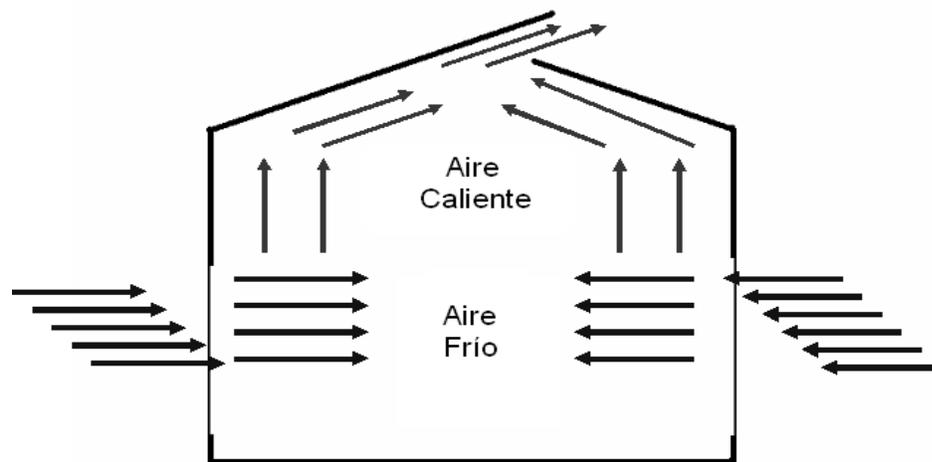


Figura 2.7 Forma en la que se da el desplazamiento del aire caliente por el aire frío en el interior de un invernadero.

La figura 2.7, muestra como se da el desplazamiento del aire caliente por el aire frío en el interior del invernadero y su salida a través de la abertura cenital, por la diferencia de densidad o de peso específico que aparece debido a las diferentes temperaturas (proceso de convección). Esto produce que el fluido más frío circule hacia abajo y el más caliente hacia arriba, produciendo una corriente ascendente (Ferrato; Panelo, 2001).

En la ventilación natural o pasiva, las dimensiones de ventanas que debe darse al invernadero está en función de las dimensiones del mismo, principalmente de su anchura y que las ventanas sean cenitales o laterales. En el caso que solo hubiera ventanas laterales, el área de estas debe ser superior al 20% del área de la superficie de todo el invernadero, si tienen ventanas laterales y cenitales las del techo serán del 10% y las laterales del 15% de la superficie del suelo del invernadero (Ferrato; Panelo, 2001).

Si por excesiva anchura o por tener varias naves en batería, la ventilación fuese solo cenital, el área de ventanas en el techo tendría que ser el 15% de la superficie cubierta (Serrano, 2001).

2.2.1.4 Control climático en invernaderos

Cultivar bajo invernadero siempre ha permitido obtener producciones de alta calidad y mayores rendimientos, en cualquier momento del año, a la vez que permiten acortar y/o alargar el ciclo del cultivo, permitiendo producir en las épocas del año más difíciles y obteniéndose mejores precios (Alpi; Tognoni, 1999).

Este incremento del valor de los productos permite que el agricultor pueda invertir tecnológicamente en su explotación mejorando la estructura del invernadero, los sistemas de riego localizado, los sistemas de gestión del clima, etc., que se reflejan posteriormente en una mejora en los rendimientos y la calidad del producto final. En los últimos años son muchos los agricultores que han iniciado la instalación de equipos que permiten la automatización de la apertura de los sistemas de ventilación, radiómetros que indican el grado de luminosidad en el interior del invernadero, instalación de equipos de calefacción, etc. (Alpi; Tognoni, 1999) y (CYTED, 2004).

Dentro de los factores climáticos que hay que controlar están:

A. Temperatura: este es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Normalmente la temperatura óptima para las plantas se encuentra entre los 10 y 20 °C (Serrano, 1979).

Para el manejo de la temperatura es importante conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada. Así mismo se deben aclarar los siguientes conceptos de temperaturas, que indican los valores a tener en cuenta para el buen funcionamiento del cultivo (Serrano, 1979).

La temperatura mínima letal, es aquella por debajo de la cual se producen daños en la planta. La temperatura máxima y mínima biológica, indican el valor, por encima o por debajo respectivamente del cual, no es posible que la planta alcance una determinada fase vegetativa, como floración, fructificación y otros (Baixauli, 1996).

Por ejemplo en el cultivo de tomate la elongación de tallo aumenta generalmente con la temperatura, dando lugar a tallos más delgados con una mayor proporción de tejido parenquimático y de agua. La temperatura óptima para la elongación de tallo es de 30 °C para plantas jóvenes y 13-18°C para plantas viejas (Gosiewski, 1982).

Con respecto a la floración de tomate, una temperatura de 15 °C puede adelantar la floración unos 14 días respecto a las plantas cultivadas a 25 °C, esto para tomar como ejemplo del cambio que se presenta en la floración ante la alteración de la temperatura. En el desarrollo de las flores, la importancia de la temperatura toma otro giro, las flores se desarrollan más de prisa a una temperatura media de 20 °C que a 16 °C y además se promueve una floración más temprana en la segunda inflorescencia (Harper; Pallas, 1999).

La partenocarpia o producción de frutos sin semilla se da a menudo bajo condiciones subóptimas para la producción de polen, la polinización o la fecundación, las temperaturas bajas y altas (fuera de rango) están asociadas con el cuajado partenocárpico del fruto (Harper; Pallas, 1999).

Dentro de los invernaderos los efectos de termoperiodicidad, o sea el empleo de un régimen de temperaturas nocturno inferior al diurno, no son concluyentes. Cuando las temperaturas diurnas son elevadas, un descenso en la temperatura nocturna puede ser

beneficioso, pero cuando la temperatura diurna se mantiene en niveles subóptimos, la elevación de las temperaturas nocturnas favorece el desarrollo vegetativo. En cualquier caso el aumento de la temperatura diurna es siempre más efectivo y más económico (Ludving, 1974).

Cuadro 1. Temperaturas importantes en el desarrollo del cultivo de chile y tomate.

El cuadro presenta los rangos que se deben manejar para el buen desarrollo de estos cultivares.

Temperaturas °C	Tomate	Pimiento
Temperatura mínima letal	0-2	(-1)
Temperatura mínima biológica	10-12	10-12
Temperatura óptima	13-16	16-18
Temperatura máxima biológica	21-27	23-27
Temperatura máxima letal	33-38	33-35

Fuente CYTED, 2004.

La temperatura en el interior del invernadero, va a estar en función de la radiación solar, la misión principal del invernadero será la de acumular calor durante las épocas invernales (Díaz; Pérez, 1994).

El calentamiento del invernadero se produce cuando el infrarrojo largo, procedente de la radiación que pasa a través del material de cubierta, se transforma en calor. Esta radiación es absorbida por las plantas, los materiales de la estructura y el suelo. Como consecuencia de esta absorción, estas emiten radiación de longitud más larga que tras pasar por el obstáculo que representa la cubierta, emite radiación hacia el exterior y hacia el interior, calentando el invernadero (Díaz; Pérez, 1994).

El calor se transmite en el interior del invernadero por irradiación, conducción, infiltración y por convección, tanto calentando como enfriando. La conducción es producida por el movimiento de calor a través de los materiales de cubierta del invernadero. La convección tiene lugar por el movimiento del calor por las plantas, el suelo y la estructura del

invernadero. La infiltración se debe al intercambio de calor del interior del invernadero y el aire frío del exterior a través de las ventanas de la estructura (Díaz; Pérez, 1994).

B. Humedad Relativa: es la masa de agua en unidad de volumen o en unidad de masa de aire. La humedad relativa es la cantidad de agua contenida en el aire, en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura (Serrano, 2001).

Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad por lo que a elevadas temperaturas, aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la humedad relativa. Con temperaturas bajas, el contenido en humedad relativa aumenta (Serrano, 2001).

Cada especie tiene una humedad ambiental idónea para vegetar en perfectas condiciones: al tomate, al pimiento y berenjena les gusta una humedad relativa sobre el 50-60%; al melón, entre el 60-70%; al calabacín, entre el 65-80% y al pepino entre el 70-90% (Serrano, 2001).

La humedad relativa del aire es un factor climático que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Cuando la humedad relativa es excesiva las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento, se producen abortos florales por apelmazamiento del polen y un mayor desarrollo de enfermedades criptogámicas. Por el contrario, si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse, además de los comunes problemas de mal cuaje de fruto (Alpi; Tognoni, 1999).

Para que la humedad relativa se encuentre lo más cerca posible del óptimo el agricultor debe ayudarse del higrómetro. El exceso puede reducirse mediante el ventilado, aumento de la temperatura y evitando el exceso de humedad en el suelo. La falta puede corregirse con riegos, llenando canalillos o estanque de agua, pulverizando agua en el ambiente y sombreado. La ventilación cenital en invernaderos con anchura superior a 40 m es muy recomendable, tanto para el control de la temperatura como de la humedad relativa (Montero; Anton, 1993).

Cada especie tiene una humedad relativa idónea para desarrollarse, el tomate y el chile pimiento se desarrollan de buena forma en humedades sobre los 50-60% (Montero; Anton, 1993).

C. Anhídrido carbónico (CO₂): el anhídrido carbónico de la atmósfera es la materia prima imprescindible de la función clorofílica de las plantas. El enriquecimiento de la atmósfera del invernadero con CO₂, es muy interesante en muchos cultivos, tanto en hortalizas como en flores (Ludving, 1974).

Los niveles aconsejados de CO₂, dependen de la especie o variedad cultivada, de la radiación solar, de la ventilación, de la temperatura y de la humedad. El óptimo de asimilación está entre los 18 y 23 °C de temperatura, descendiendo por encima de los 23-24 °C. Respecto a la luminosidad y humedad, cada especie vegetal tiene un óptimo distinto (Serrano, 1979).

El efecto que produce la fertilización con CO₂ sobre los cultivos hortícolas, es el aumento de la precocidad de aproximadamente un 20% y un aumento de los rendimientos en un 25-30%, mejora la calidad del cultivo así como la de su cosecha. Sin embargo no se puede hablar de una buena actividad fotosintética sin una óptima luminosidad. La luz es factor limitante, y así, la tasa de absorción de CO₂ es proporcional a la cantidad de luz recibida, además de depender también de la propia concentración de CO₂ disponible en la atmósfera de la planta. Se puede decir que el período más importante para el enriquecimiento carbónico es el medio día, ya que es la parte del día donde se dan las máximas condiciones de luminosidad. (Vilarnau, 1997)

2.2.1.5 Materiales utilizados como cubiertas de invernaderos

a. Vidrio: el cristal es el primer material que se utilizó como cubierta de invernadero. En la actualidad el uso de este material está siendo desplazado en los invernaderos por los productos plásticos, sin embargo tiene gran importancia y su uso se hace imprescindible

en casos de clima extremadamente frío o en cultivos especializados que requieren una temperatura estable y elevada (Serrano, 2001).

b. Plástico: los plásticos son materiales que se fabrican a partir del petróleo, el gas natural u otros materiales orgánicos naturales. Los materiales plásticos se crean a partir de un proceso de polimerización para posteriormente ser sometidos a distintos tratamientos de procesos de extrusión, inyección o compresión (Serrano, 2001).

Las radiaciones que inciden sobre la cubierta de un invernadero son las longitudes de onda corta provenientes del sol (ultravioletas, sensibles, fotosintéticas e infrarroja corta) y la de longitud de onda larga (infrarrojos largos o caloríficos) que proceden del calor acumulado en el suelo (Serrano, 2001).

2.2.1.6 Propiedades de los plásticos utilizados como cubierta de invernaderos

Cuando las láminas o placas plásticas se utilizan como cubiertas de invernadero se debe de tener en cuenta las propiedades siguientes:

A. Efecto de invernadero: que permita la entrada de las radiaciones emitidas por el sol y que impida la salida de las radiaciones emitidas por el suelo, las plantas y la estructura.

B. Transparencia: consiste en dejar pasar a través del mismo la mayor cantidad posible de radiaciones emitidas por el sol.

C. Opacidad a las radiaciones nocturnas: consiste en no dejar pasar hacia el exterior durante la noche las radiaciones de longitud de onda larga, es decir radiaciones infrarrojas (calor), emitidas por el suelo, las estructuras del invernadero y las plantas.

D. Retención del calor: propiedad que no permite escapar el calor acumulado en el recinto que cubre.

E. Rendimiento térmico: es la diferencia de calor entre la temperatura del exterior y la del interior.

F. Condensación de la humedad: la condensación de la humedad del ambiente en la parte interior de las cubiertas de invernadero tiene aspectos positivos y negativos. Entre los aspectos positivos se puede considerar que la lámina de condensación formada en la cubierta es totalmente opaca a las radiaciones de longitud de onda larga (calor de invernadero). La condensación del agua en la cubierta reduce de un 15 a un 30 por ciento la entrada de radiaciones solares.

G. Resistencia a la rotura: en especial en zonas de vientos fuertes, lluvias y granizo.

H. Ligereza: es importante que los materiales que se utilicen como cubierta de invernadero tengan poco peso para reducir la necesidad de estructuras de soporte, que a demás de las ventajas económicas, inciden en una mayor luminosidad al reducirse el sombreado.

I. Flexibilidad: adaptabilidad a cualquier forma.

J. Estanqueidad: pocas fugas al exterior.

K. Durabilidad: la duración de los materiales plásticos como cubierta de invernadero está determinada por la degradación de sus propiedades físicas, radiométricas y mecánicas (Serrano, 2001).

2.2.1.7 Principales materiales plásticos

Entre los materiales plásticos que se utilizan como cubierta de invernadero están los siguientes:

- a. Polietileno de baja y alta densidad
- b. Poliamidas
- c. Poliamidas Nylon y Risan

- d. Copolímero EVA
- e. Policloruro de Vinilo (PVC): rígido, flexible y semiflexible con fibra de vidrio.
- f. Poliéster
- g. Policarbonato
- h. Polipropileno (Serrano, 2001) y (Arboli, 2000).

2.2.1.8 Taxonomía, anatomía y fisiología del cultivo del tomate *Solanum lycopersicum* L.

A. Taxonomía

La clasificación taxonómica es la siguiente:

Clase:	<i>Dicotyledoneas</i>
Orden:	<i>Solanales</i>
Familia:	<i>Solanaceae</i>
Subfamilia:	<i>Solanoideae</i>
Tribu:	Solaneae
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>Solanum lycopersicum</i> L. (Nuez, 2001).

B. Anatomía

a. Planta: la planta es perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento determinado y otras de crecimiento indeterminado (Nuez, 2001).

b. Sistema radicular: Posee una raíz principal que es corta y débil, raíces secundarias numerosas y potentes y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal, de afuera hacia dentro se encuentra: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes) (Nuez, 2001).

c. Tallo principal: el tallo principal tiene un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. Su estructura, de a fuera hacia dentro, consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o cortex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Nuez, 2001).

d. Hoja: compuesta e imparipinada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal (Nuez, 2001).

e. Flor: la flor es perfecta, consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135° , de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racemoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del cortex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (Nuez, 2001).

f. Fruto: el fruto de tomate es una baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso aproximado de 0.6 kilogramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto (Nuez, 2001).

C. Fisiología

a. Factores que afectan el desarrollo de la raíz: el sistema radical resulta profundamente afectado por las prácticas culturales. Cuando la planta se desarrolla a partir de una semilla, sin trasplante, se forma una vigorosa raíz principal que puede llegar a penetrar más de tres metros en terrenos aluviales profundos. La característica del tomate de producir raíces profundas puede afectar los métodos de cultivo, así, en zonas desérticas con suelos profundos, los tomates pueden cultivarse con riegos a intervalos de más de dos semanas (López, 1999).

Cuando la plántulas se trasplantan, la raíz principal se daña, dando origen a la formación de raíces laterales secundarias. Las raíces secundarias se desarrollan de una forma rápida con numerosas raíces laterales lo que facilita la reproducción de la planta mediante esquejes. En las variedades cultivadas, la raíz puede extenderse superficialmente sobre un diámetro de 1.50 m y alcanzar más de 0.50 m de profundidad (López, 1999).

Los estudios sobre el crecimiento y desarrollo de la raíz han experimentado un considerable avance debido al desarrollo de la técnica de nutrición en película. El crecimiento y la materia seca de la planta aumentan con la temperatura de la raíz hasta un óptimo de 30 °C, a menos que la iluminación resulte limitante y cuando la temperatura de la raíz descienda por debajo de los 15 °C, el crecimiento del brote puede disminuir drásticamente (López, 1999).

El descenso en el suministro de fotoasimilados a la raíz, como consecuencia del descenso en la actividad fotosintética de la parte aérea o de la fructificación, reduce el aumento en materia seca y la división celular en el área apical de la raíz, pero afecta poco a la absorción de iones y a la respiración, esto pone de manifiesto que, ante una escasez de nutrientes, tiene prioridad las funciones esenciales para el mantenimiento de la planta (Harper; Pallas, 1999).

b. Influencia de los fotoasimilados en el desarrollo de la planta: la producción y distribución de foto asimilados es un factor esencial en el desarrollo de la planta. La iluminación es, con frecuencia, un factor limitante en invierno en los cultivos de invernadero. El factor que más afecta el desarrollo vegetativo es la iluminación diaria total, mientras que la calidad de la luz y el fotoperíodo desempeñan un papel secundario (Harper; Pallas, 1999).

En los invernaderos cuando la irradiación es elevada, la concentración de CO₂ puede disminuir rápidamente hasta concentraciones que limiten la fotosíntesis y el crecimiento de modo que para mantener la fotosíntesis sea necesario restaurar la concentración de CO₂ mediante enriquecimiento artificial o a través de ventilación (Ferratto; Pannelo, 2001).

La temperatura también tiene un efecto importante sobre el desarrollo vegetativo de la planta. La temperatura óptima para el tomate depende de la iluminación y se encuentra alrededor de los 25 °C (Picken; Stewart, 1986).

La actividad fotosintética depende de la edad y de la posición de la hoja y desciende de forma muy importante al iniciarse la senescencia. Aun cuando la concentración de CO₂ sean óptimas, la actividad fotosintética no permanece constante y al cabo de 10-12 horas puede reducirse alrededor de un 50%, lo que ha sido atribuido a un aumento en la fotorrespiración, a la disminución de la fotosíntesis causada por el cierre de los estomas o a la distorsión de los cloroplastos (López, 1999).

La eficiencia fotosintética de las hojas está también mediada por efectos de adaptación de las hojas a las condiciones de iluminación y existen evidencias de que las hojas pueden ajustar sus mecanismos fotosintéticos para captar la energía necesaria en función de las condiciones de iluminación. Así, la asimilación de CO₂ por unidad de peso de hojas adaptadas a una iluminación elevada puede reducirse a una tercera parte cuando se exponen a baja iluminación en relación con las que han estado adaptadas a la iluminación baja (Harper; Pallas, 1999).

El transporte y asimilación de fotoasimilados también afecta el crecimiento vegetativo. Una vez asimilado el carbono, los fotoasimilados pueden quedar almacenados en las hojas, utilizados para cubrir sus necesidades o transportados a otras partes de la planta (Harper; Pallas, 1999).

En condiciones normales, las variaciones de las concentraciones de almidón y sacarosa en las hojas son escasas. El transporte de azúcares se realiza en forma de sacarosa a través del floema y cada hoja suministra nutrientes preferentemente a determinados órganos (Harper; Pallas, 1999). La figura 2.8 muestra la interacción de los factores climáticos y la productividad de las plantaciones

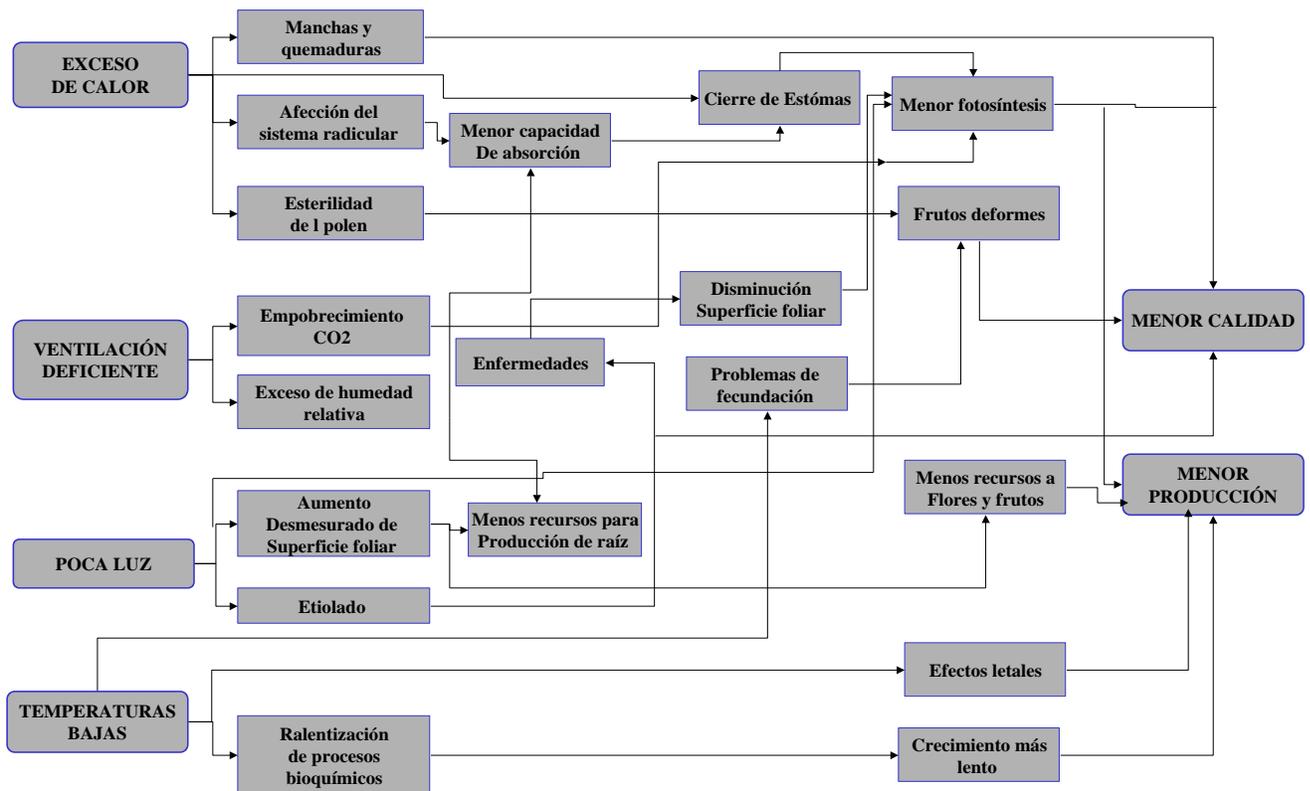


Figura 2.8 Resultados en la productividad cuando interrelacionan variables climáticas en forma deficiente.

2.2.2 Marco referencial

2.2.2.1 Ubicación del proyecto de investigación

El proyecto se desarrolló en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, geográficamente ubicado en las coordenadas $14^{\circ}35'11''$ latitud norte $90^{\circ}35'58''$ longitud oeste, a una altitud de 1,502 msnm, en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical templado (Bh-st), con una precipitación anual de 1,216.2 mm., temperatura media de 18.3°C y humedad relativa del 79%.



Fuente: Google earth, 2007.

Figura 2.9 Fotografía aérea del Central Experimental Docente de la Facultad de Agronomía.

2.2.2.2 Descripción del material experimental

El híbrido utilizado en la investigación se conoce comercialmente como Titán, del tipo redondo, indeterminado y de larga vida. Presenta internudos cortos, frutos uniformes, pesando en promedio 200-240 gramos. Resistente a la raza 1 de *Verticillium dahliae*, razas 1 y 2 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y estirpe 1 de Tomato mosaic virus (ToMV). Excelente para transporte a larga distancia. Inicio de la cosecha: 110-130 días después del transplante.

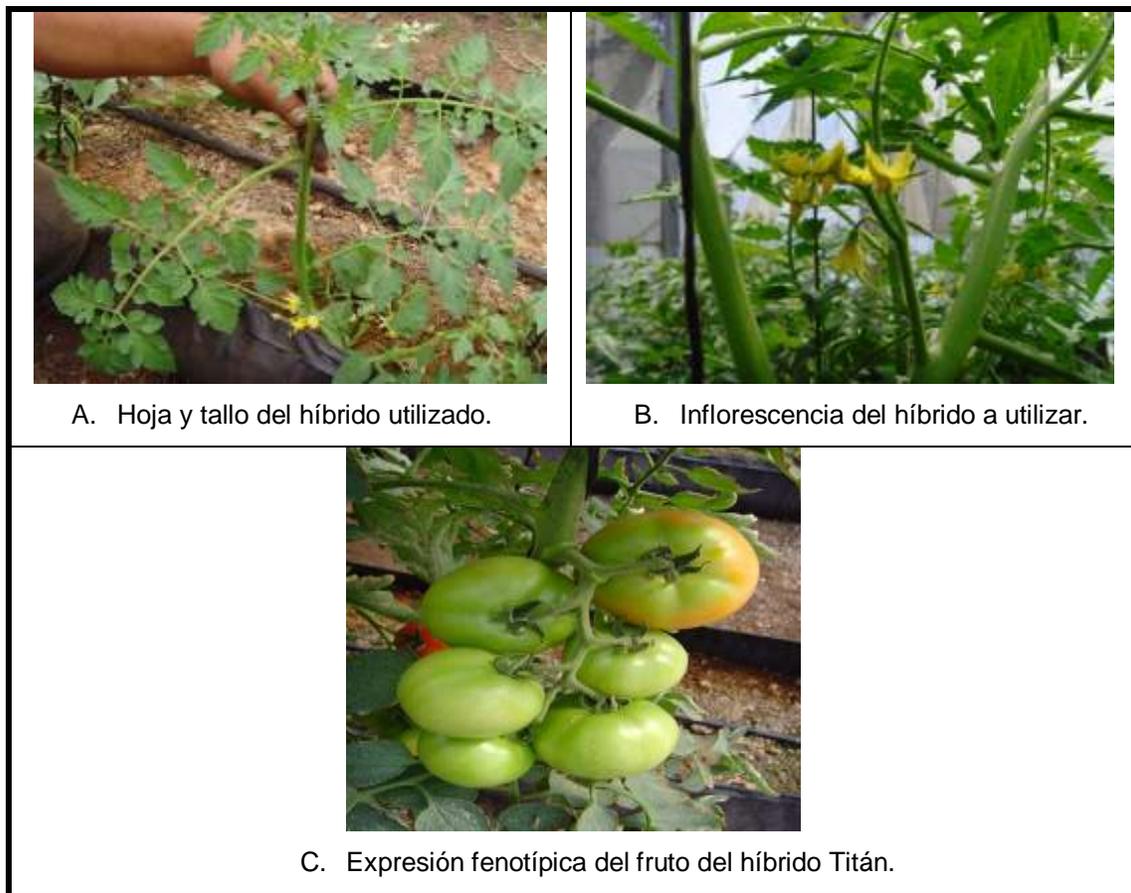


Figura 2.10 Características del híbrido F1 Titán, utilizado durante la evaluación.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 General

- Evaluar tres invernaderos de baja tecnología, con diferentes dimensiones en altura y abertura cenital para la producción de tomate *Solanum Lycopersicum* L.

2.3.2 Específicos

- Caracterizar la temperatura y la humedad relativa interna de tres invernaderos, con diferentes dimensiones en altura y abertura cenital.
- Evaluar la respuesta del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L., en el interior de los tres invernaderos con diferentes dimensiones en altura y abertura cenital.
- Determinar la relación beneficio/costo y el periodo de recuperación de la inversión, al construir tres invernaderos de baja tecnología para la producción de tomate *Solanum lycopersicum* L.

2.4 METODOLOGÍA

2.4.1 Establecimiento de los invernaderos

Para alcanzar los objetivos planteados se construyeron tres invernaderos los cuales se describen en el cuadro 2.11. Cada estructura fue identificada numéricamente, como se observa en la figura 2.10.



Figura 2.11 Vista frontal e identificación de los tres invernaderos evaluados.

El diseño que se evaluó es el de capilla a “dos aguas” (Figuras 2.12, 2.13, y 2.14), la construcción de las mismas se realizó con materiales de metal (costaneras) y de madera, el techo de los invernaderos fue cubierto por plástico (polietileno de 150 micrones de espesor) con aditivos contra luz ultravioleta. Las paredes de las estructuras fueron cubiertas con malla antiviral de 30 “mesh” (perforaciones por pulgada cuadrada) de polipropileno.

Cuadro 2.2 Dimensiones y características de los tres invernaderos evaluados.

	Clave	Invernadero 1	Invernadero 2	Invernadero 3
Tipo de Invernadero		Capilla a dos aguas	Capilla a dos aguas	Capilla a dos aguas
Longitud de la nave	L	30.00 m	30.00 m	30.00 m
Ancho de la nave	A	6.60 m	6.60 m	6.60 m
Altura Máxima de Cumbre	AMcu	7.00 m	6.00 m	6.50 m
Altura Mínima de Cumbre	Amcu	5.50 m	5.00 m	4.50 m
Altura Máxima de canal	Amca	5.50 m	4.50 m	5.00 m
Altura Mínima de canal	Amca	4.00 m	3.50 m	3.00 m
Altura de ventana lateral	VL	2.00 m	2.30 m	2.00 m
Altura de antepecho o babero	B	0.80 m	1.00 m	0.50 m
Abertura cenital	VC	0.60 m	0.70 m	0.80 m
Ventilación cenital		9 %	10.5 %	12 %
Inclinación		Simple	Doble	Simple
Área cubierta		600 m ²	600 m ²	600 m ²

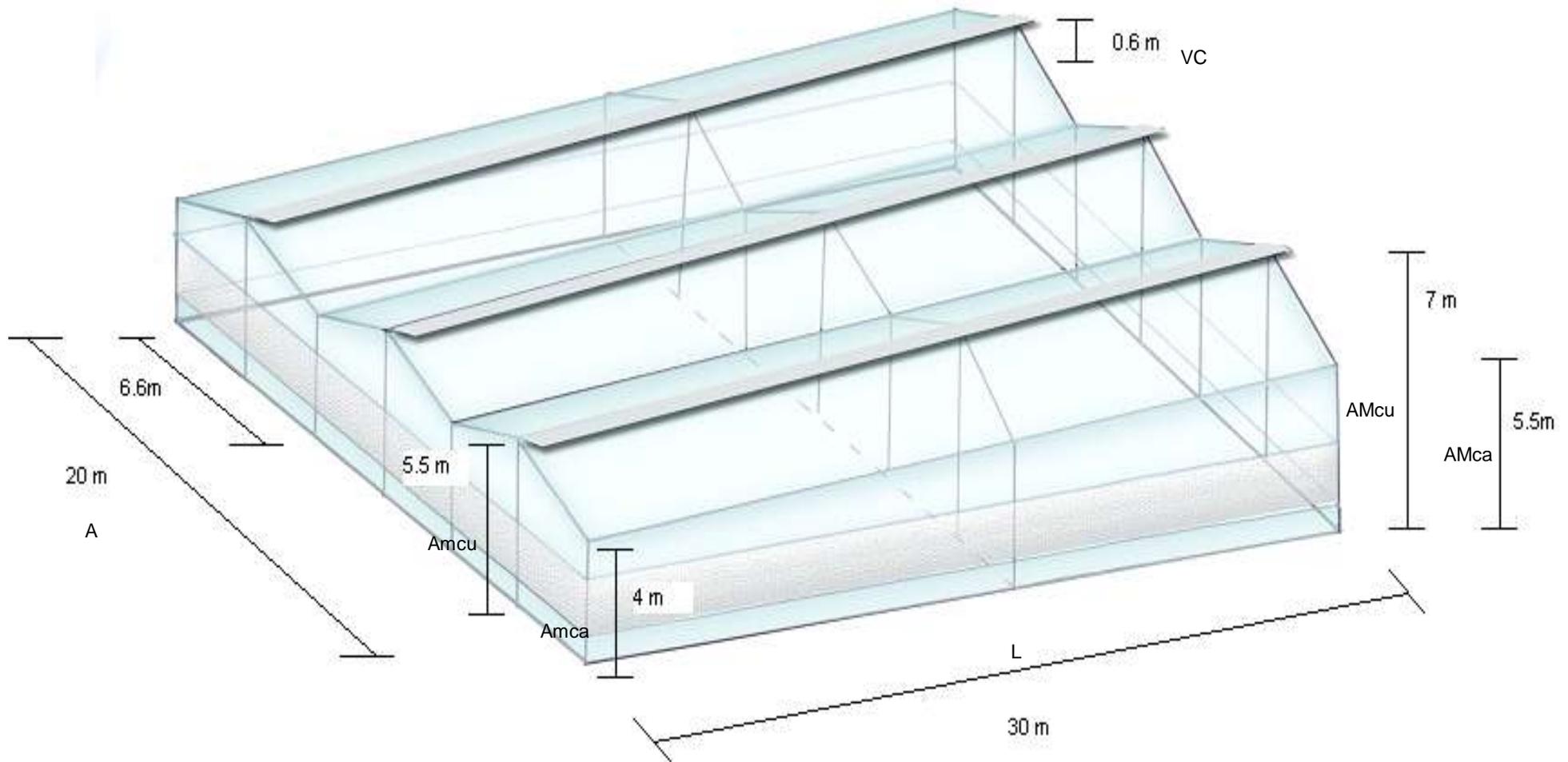


Figura 2.12 Características y dimensiones del invernadero 1.

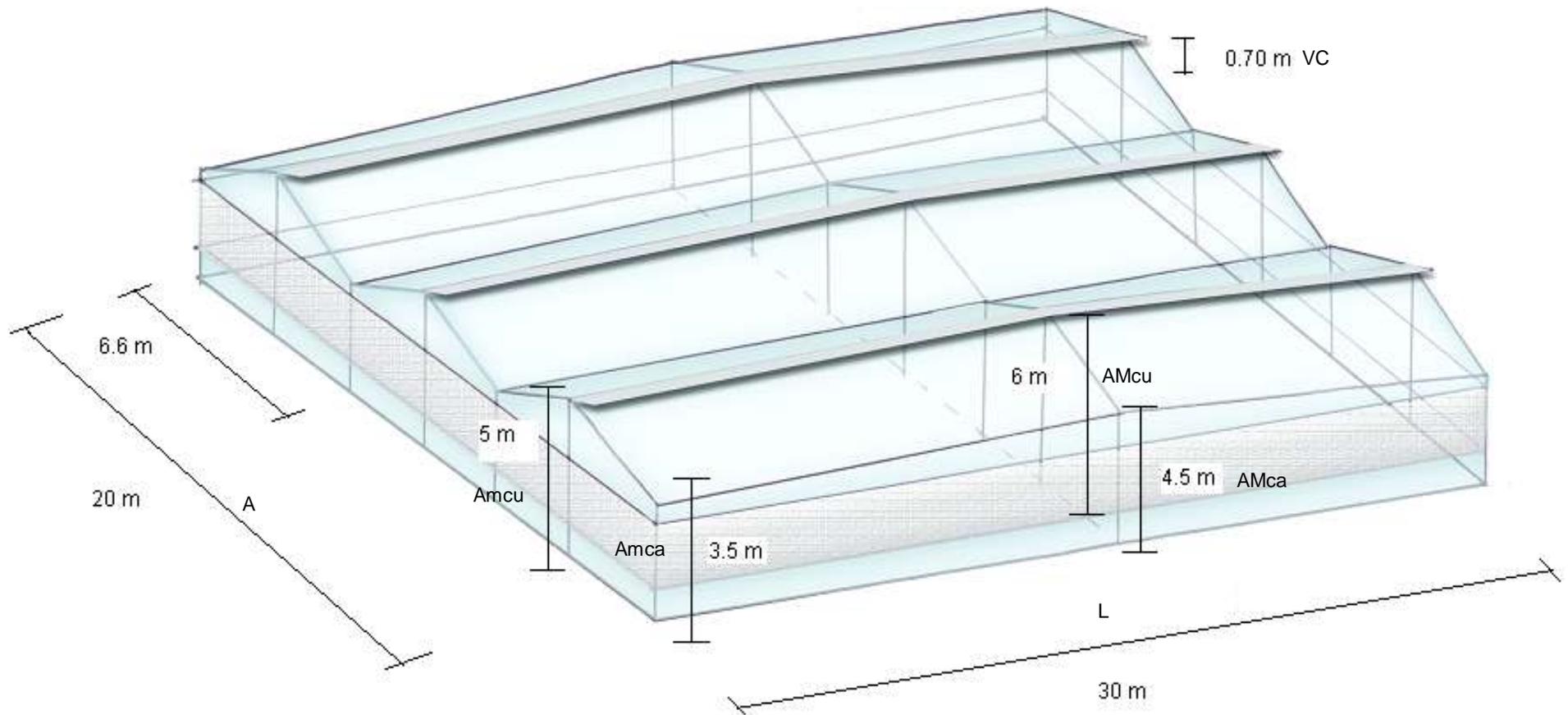


Figura 2.13 Características y dimensiones del invernadero 2.

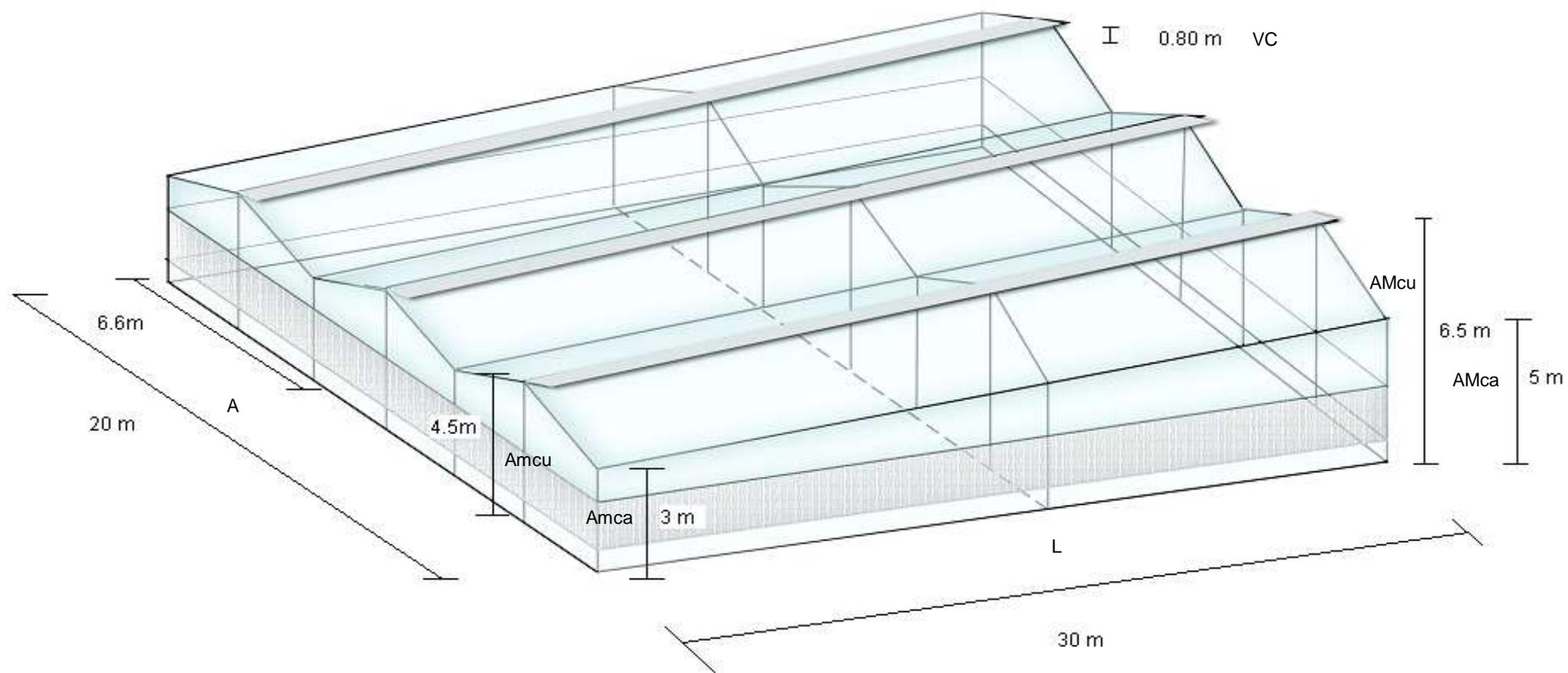


Figura 2.14 Características y dimensiones del invernadero 3.

2.4.2 Caracterización de la temperatura y humedad relativa en el interior de tres invernaderos con diferentes dimensiones en altura y abertura cenital.

Se instalaron en cada invernadero cuatro higrotermómetros para el registro de la temperatura y humedad relativa, colocados a una altura de 1.5 y 2.5 m (Figura 2.15). Se tomo lectura de la temperatura del sustrato a dos profundidades (10 y 20 cm). Las lecturas se realizaron de forma diaria durante los meses de abril a septiembre del año 2007.

2.4.2.1 Variables evaluadas

A. Temperatura y humedad relativa: estos factores se midieron todos los días, en tres horarios, 8:00, 12:00 y 16:00 horas, para poder observar el comportamiento diario y mensual de la humedad relativa y la temperatura. Se registraron valores mínimos y máximos, para obtener la media durante el día.

B. Temperatura del sustrato: la lectura de la temperatura del sustrato se realizó a dos profundidades (Figura 2.15), la primera a los 10 cm y la segunda a los 20 cm, tres veces al día, en horario de 8:00, 12:00 y 16:00 horas, durante el periodo comprendido entre los meses de abril a septiembre 2007.

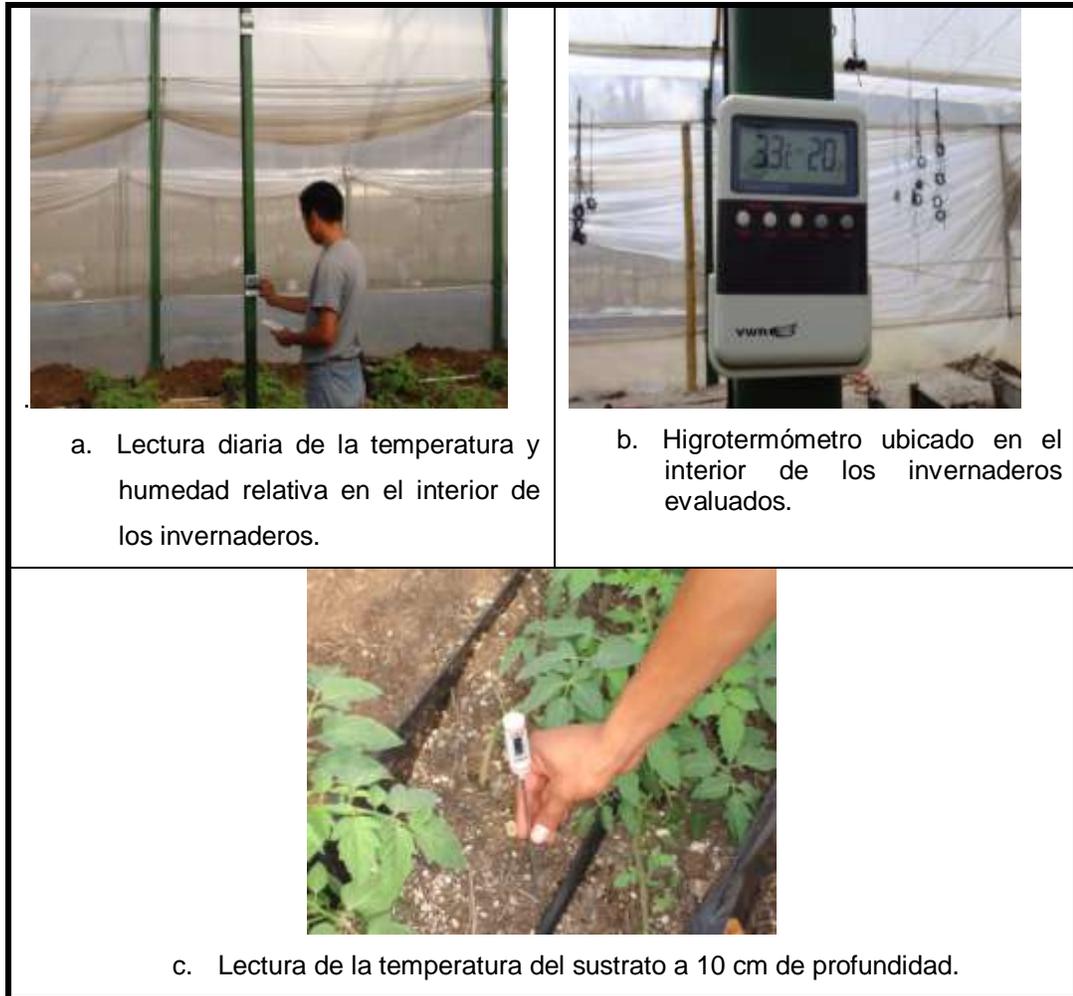


Figura 2.15 Lectura de la humedad relativa, temperatura del interior de los invernaderos y del sustrato utilizado.

C. Temperatura y humedad relativa del exterior: los factores climáticos en el exterior de los invernaderos (temperatura y humedad relativa: medias, máximas y mínimas) se tomaron de la estación central del INSIVUMEH, ubicada en las siguientes coordenadas: 14.35° latitud norte y 90.32° longitud oeste a una altura sobre el nivel del mar de 1502 m. Estos datos fueron de utilidad para comparar el comportamiento del ambiente exterior y el clima interno de cada invernadero.

2.4.2.2 Análisis de la información

El registro de los datos climáticos durante los meses de abril a septiembre fue analizado gráficamente de manera descriptiva.

2.4.3 Respuesta del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L., en el interior de de los tres invernaderos evaluados

2.4.3.1 Descripción de los tratamientos

Para la evaluación se tomó como tratamiento a cada uno de los invernaderos. La identificación de los tratamientos se puede observar en el cuadro 2.3.

Cuadro 2.3 Identificación de los tres tratamientos evaluados.

Invernadero	Tratamiento
1	1
2	2
3	3

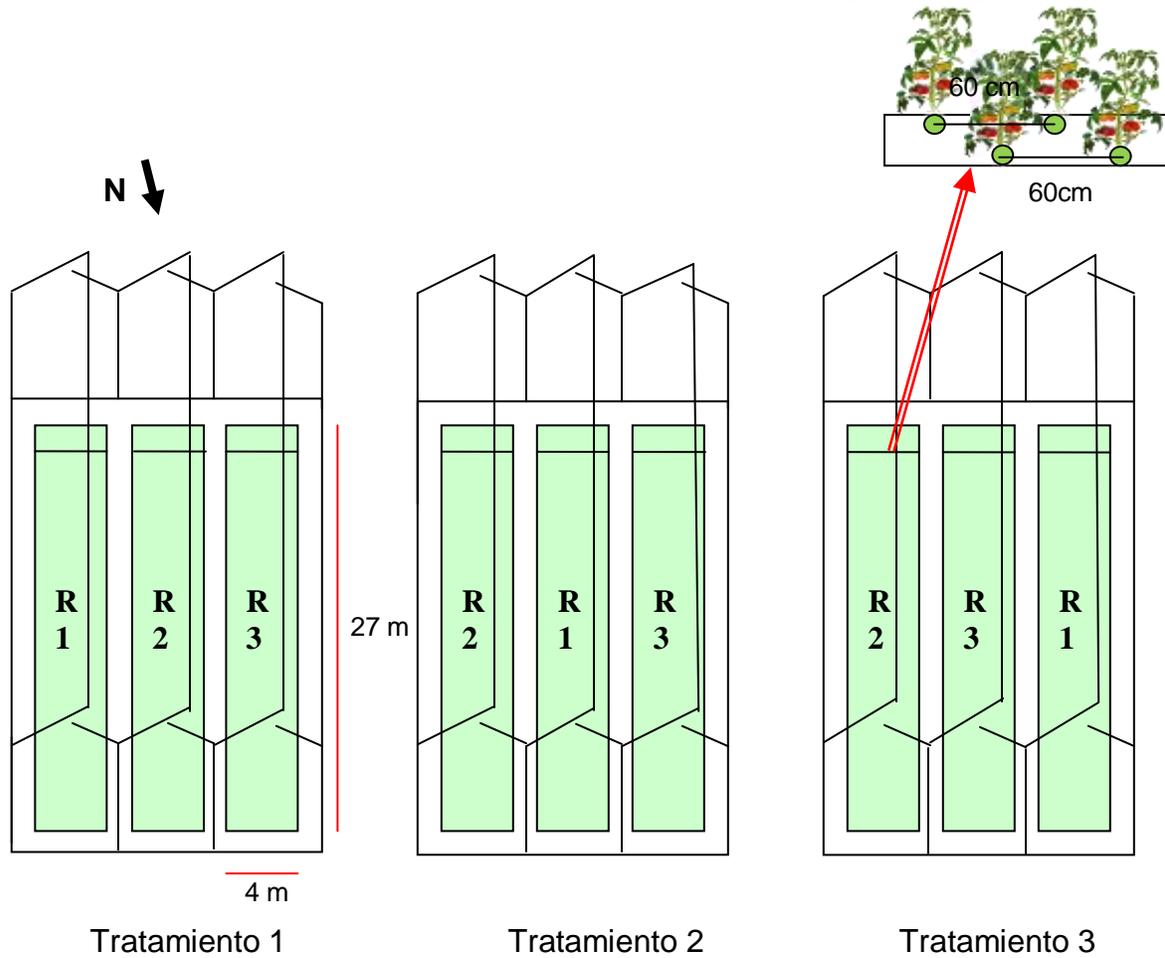
2.4.3.2 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado para los tratamientos es el Completamente al Azar, cada nave representó una repetición, esto es tres repeticiones por estructura.

2.4.3.3 Aleatorización de tratamientos y repeticiones

El número total de unidades experimentales (parcelas) incluidas en el experimento es de 9, cada una tiene las siguientes dimensiones: 27 m de largo y 4 m de ancho. Cada unidad contó con 250 plantas, las cuales fueron trasplantadas en canales plásticos ubicados de forma perpendicular a lo largo de la unidad experimental. La densidad de

siembra utilizada es de 1 m entre surco y 0.60 m entre plantas. Las parcelas fueron aleatorizadas sin restricciones, conforme se muestra en la siguiente figura.



R1 = repetición 1

R2 = repetición 2

R3 = repetición 3

Figura 2.16 Croquis de campo, donde se muestra la distribución de los tratamientos y sus respectivas repeticiones.

2.4.3.4 Variables evaluadas

A. Actividad fotosintética de la planta en mg de clorofila/m² de hoja: la actividad fotosintética se determinó a través del medidor de clorofila (Spad N-test), instrumento que permite medir de una manera rápida la cantidad de clorofila en mg/m² de hoja.

Las mediciones se realizaron los días lunes, miércoles y viernes en diferente horario: 8:00, 12:00 y 16:00, durante todo el ciclo productivo de la plantación. La metodología utilizada para la medición de la actividad fotosintética en las plantas es la siguiente:

1. Se seleccionaron 30 plantas de tomate (número de muestras que requiere el medidor de clorofila para dar una lectura) distribuidas uniformemente dentro de cada repetición a evaluar.
2. De cada planta seleccionada se escogió la hoja con mayor exposición al sol “hoja con alta actividad fotosintética”, y se sujetó con las pinzas del medidor (Figura 2.17).



Figura 2.17 Determinación de la actividad fotosintética con el medidor de clorofila.

3. Al culminar con las 30 plantas, el medidor de clorofila da una lectura, la cual se ingresa a la siguiente ecuación: $Y = 0.5001X + 7.3196$, donde:
Y = Miligramos de clorofila / m² de hoja.
X = Lectura dada por el medidor de clorofila.

Esta ecuación permite transformar el valor registrado por el medidor a miligramos de clorofila por metro cuadrado de hoja de tomate. La ecuación se obtuvo de la regresión lineal de datos obtenidos de pruebas de laboratorio (Cuadro 2.40A).

B. Rendimiento total en kg de fruto/planta: el corte del fruto se inició a las ocho semanas después del trasplante, se realizaron dos cortes por semana. La forma de cuantificar el rendimiento fue en kilogramos de fruto por planta. Los cortes se hicieron en cada parcela neta correspondiente a cada una de las tres repeticiones.

C. Calidad (kg de fruto según su calidad/planta): al final de cada cosecha se clasificó el producto por calidad, de acuerdo a los estándares exigidos por el mercado (Cuadro 2.4).

El diámetro del fruto se midió por medio de maquetas de cartón con las medidas establecidas. Para la forma del fruto, se utilizó un descriptor para el género *Lycopersicon* propuesto por el IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) (Figura 2.33A). Con respecto al color, para nombrar la tonalidad que los frutos deben tener se utilizó la tabla de Munsell (Book of color glossy finish collection 1,996).

Cuadro 2.4 Características utilizadas para la clasificación de frutos por calidad.

Calidad	Diámetro (cm)	Forma	Color
Primera	≥8	Redondo	Amarillo-naranja-claro
Segunda	6.5 – 7.9	Redondo	Amarillo-naranja-claro
Tercera	5 – 6.4	Redondo	Amarillo-naranja-claro
Cuarta	4 – 4.9	Redondo	Amarillo-naranja-claro

Fuente: Mercado La Terminal y CENMA 2007.

2.4.3.5 Manejo técnico del experimento.

Las plántulas se trasplantaron en canales plásticos llenados con sustrato orgánico y arena en proporción 2:1. Las dimensiones del canal fueron: 40 cm de altura, 50 cm de ancho y una longitud de 16.8 m, cada invernadero cuenta con veintidós canales colocados perpendicularmente a lo largo de los mismos. Cuando las plantas alcanzaron una altura de 2.5 m se procedió a descolgarlas esto con la finalidad de facilitar su manejo. La plantación se maneja a un solo tallo o eje y se dejaron de 6 - 7 frutos por racimo.

La fertilización se realizó por medio de soluciones (Cuadro 3.2) aplicadas en riego por goteo y su respectivo plan fitosanitario semanal con la finalidad de evitar la presencia de plagas insectiles y enfermedades patógenas.

2.4.3.6 Análisis de la información

A. Análisis estadístico

Para la evaluación se efectuó análisis de varianza a las variables: actividad fotosintética en mg de clorofila/m² de hoja, rendimiento total en kg/planta y rendimiento de fruto de primera calidad en kg/planta. A las variables donde existió diferencia significativa se les realizó una prueba múltiple de medias a través del comparador Tukey al 5% de probabilidad.

B. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} \left[\begin{array}{l} i = 1, 2, 3 \text{ Tratamientos} \\ j = 1, 2, 3 \text{ Repeticiones} \end{array} \right.$$

Siendo,

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

μ = Media general de la variable respuesta (rendimiento, calidad de fruto y actividad fotosintética).

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (Invernaderos) en la variable dependiente.

E_{ij} = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

2.4.4 Análisis económico de los tres invernaderos y del cultivo de tomate bajo protección.

Tomando en consideración que la presente investigación, es un proyecto productivo, se le dio un enfoque a la evaluación desde el punto de vista de que sus beneficios y sus costos se analicen financieramente, por lo tanto, los ingresos y los costos del proyecto se calcularon en términos monetarios basados en los precios vigentes del mercado del cultivo de tomate. El análisis se realizó a través de las siguientes ecuaciones:

A. Tasa Interna de Retorno

$$(TIR) = R + (R2 + R1) [(VAN+ / ((VAN +) - (VAN -))]$$

R = Tasa inicial de descuento

R1 = Tasa de descuento que origina el VAN+

R2 = Tasa de descuento que origina el VAN -

VAN += Valor Actual Neto positivo

VAN - = Valor Actual Neto Negativo

B. Relación Beneficio-Costo

$$(RBC) = \text{Ingresos actualizados} / \text{Egresos actualizados}$$

C. Periodo de recuperación

$$TRI = \frac{\text{Inversión Total}}{\text{Utilidad Neta Anual}}$$

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1 Caracterización de la temperatura y de la humedad relativa

2.5.1.1 Comportamiento de la temperatura en el interior de los tres invernaderos durante los meses de abril a septiembre del año 2,007

A. Temperatura máxima: la figura 2.18, muestra el comportamiento de la temperatura máxima durante los meses de abril a septiembre del año 2007. Se observa que la diferencia entre cada estructura es mínima, el invernadero que registra mayor temperatura es el 1, con 41⁰C, seguido por el invernadero 2 con 39⁰C y por el invernadero 3 con 38⁰C.

Existe una correlación promedio del 83% (Cuadro 33A) entre la temperatura máxima del ambiente exterior y la temperatura máxima registrada dentro de los invernaderos durante los meses que duro la evaluación. La diferencia promedio entre la temperatura máxima del ambiente externo y la del interior de cada invernadero es de 13 ⁰C promedio.

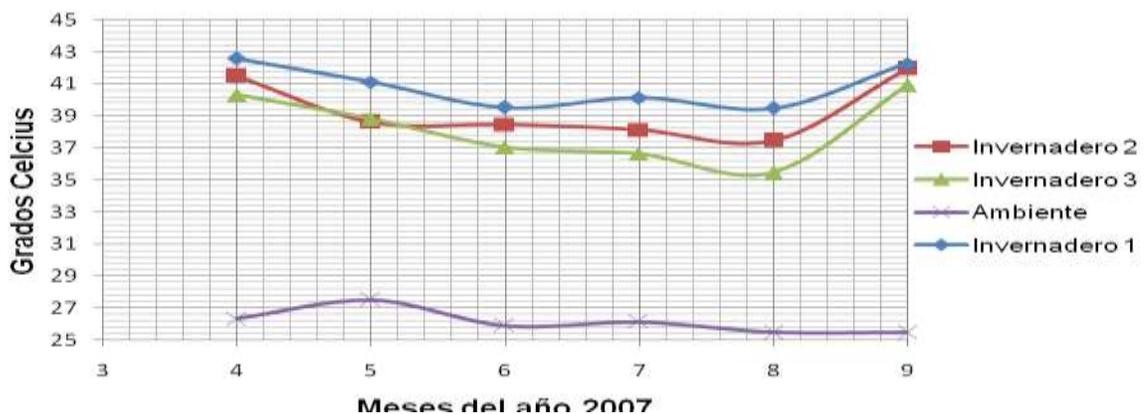


Figura 2.18 Comportamiento de temperatura máxima durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.

B. Temperatura mínima: en toda la evaluación no se realizó el cierre de cortinas durante la noche, con el fin de observar la capacidad de conservar el calor de las estructuras, por tal razón se observa en la figura 2.19 temperaturas mínimas similares entre sí y muy cercanas a la del ambiente exterior.

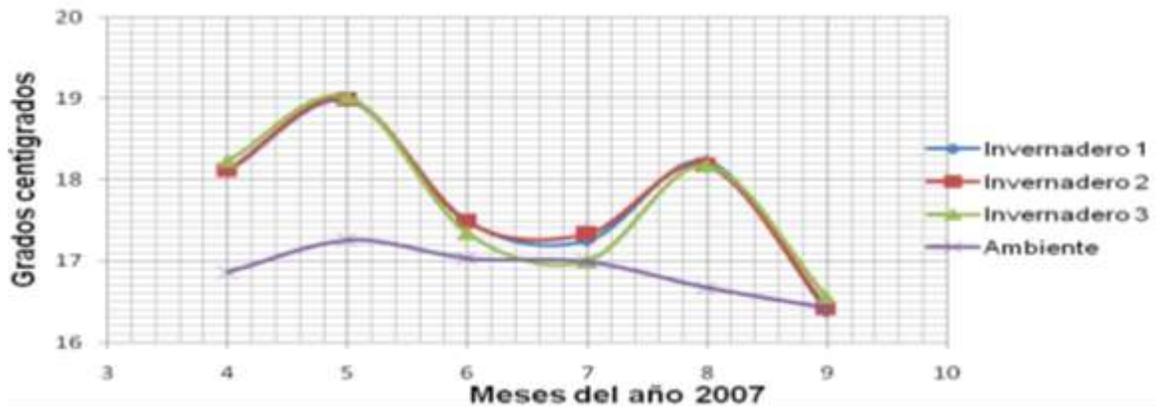


Figura 2.19 Comportamiento de la temperatura mínima durante los meses de abril a septiembre del 2007.

Los tres invernaderos registraron temperaturas mínimas promedio de 18⁰C y la temperatura del ambiente registro 17⁰C durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.

C. Temperatura media: la temperatura media registrada durante el día tiene mucha importancia, por que de ella depende en gran parte el buen desarrollo de las plantaciones dentro de los invernaderos. En la figura 2.20 se observa que los invernaderos 1 y 2 presentan una temperatura media de 29⁰C, seguidos por el invernadero 3 con una temperatura media de 28 ⁰C.

La correlación que existe entre la temperatura media del exterior y la de los invernaderos es del 84% (Cuadro 2.33A) y la diferencia existente entre estas es de 6.5 ⁰C.

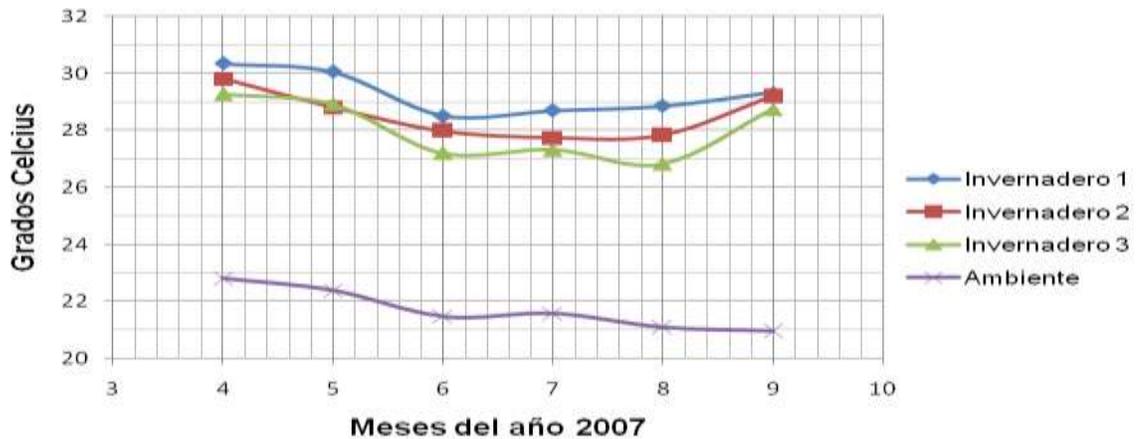


Figura 2.20 Comportamiento de la temperatura media durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.

Según Nuez (2001), los datos registrados de temperatura media son aceptables por que permiten que exista un buen desarrollo vegetativo de la planta de tomate y no presenta problemas en la fecundación, cuajado y desarrollo del fruto. Harper (1979), indica que el rango de temperatura adecuado para la producción de tomate bajo invernadero es 18-29°C.

D. Comportamiento de la temperatura durante el día: en la figura 2.21 se puede observar el comportamiento durante el día de la temperatura en el interior de las tres estructuras. El comportamiento es similar en los tres invernaderos, registrando la temperatura más baja (16-17°C) a las 4:00 horas y la temperatura más alta (38-41°C) a las 14:00 horas. La diferencia de temperatura que existe entre estructuras es de 1°C, siendo la estructura 1 la que presenta mayor temperatura, seguida por el 2 y 3.

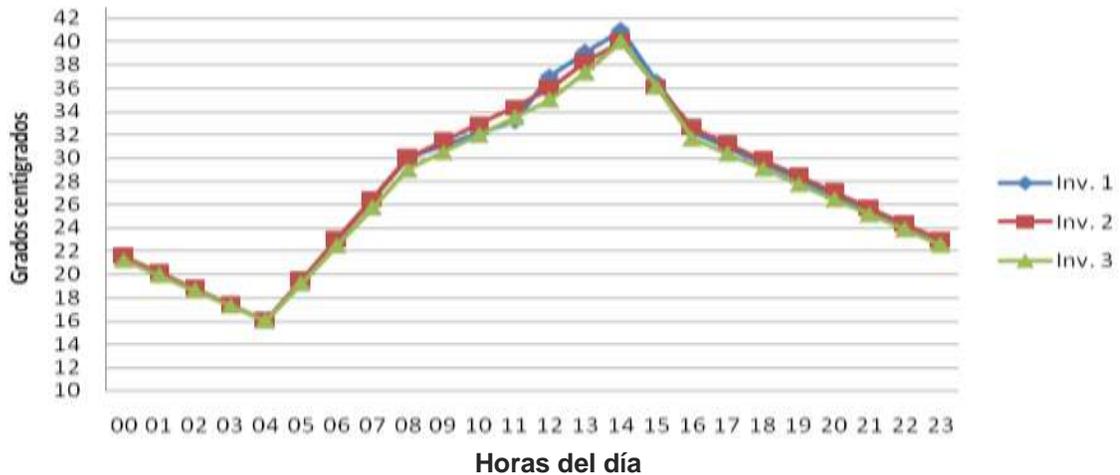


Figura 2.21 Comportamiento diario de la temperatura en el interior de los invernaderos, durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.

2.5.1.2 Comportamiento de la temperatura del sustrato, durante los meses de abril a septiembre del año 2,007

Además de la temperatura del ambiente se llevó a cabo la medición de la temperatura del sustrato, con la finalidad de observar si la temperatura interna, la radiación y las actividades agro técnicas realizadas dentro de cada invernadero evaluado, permiten crear un ambiente adecuado o no en el sustrato para el desarrollo radicular de la planta.

A. Temperatura del sustrato a las 8:00 horas: la figura 2.22 muestra el comportamiento de la temperatura dentro del sustrato a dos profundidades, la primera a los 10 cm y la segunda a los 20 cm. La primera lectura realizada a las 8:00 horas permite observar que a esta hora la temperatura a 10 cm de profundidad es aproximadamente 2 °C menor que la temperatura a 20 cm, esto se debe a que durante la noche es la parte más externa del sustrato la que se encuentra expuesta a las bajas temperaturas dentro de la estructura, conservando el calor en el estrato menor (20 cm).

Las variaciones de temperatura que se presentan en los meses de abril a mayo, se dieron por varias circunstancias en las que se puede mencionar: el desarrollo vegetativo o de follaje que experimenta la plantación en esta etapa. Al inicio del ciclo de producción, el

sustrato esta más expuesto a la radiación por tal razón su temperatura aumenta, pero al aumentar el follaje, el área de exposición a la radiación se reduce y de igual forma la temperatura.

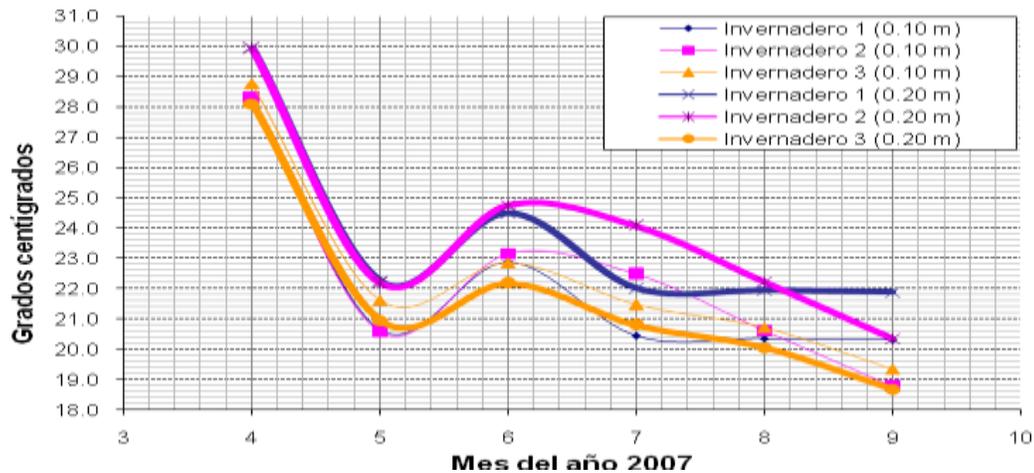


Figura 2.22 Temperatura del sustrato a las 8:00 horas a dos profundidades 10 y 20 cm.

B. Temperatura del sustrato a las 12:00 horas: la segunda lectura realizada a las 12:00 horas muestra un comportamiento similar en las tres estructuras, a esa hora la mayor temperatura se registra en la parte superficial del sustrato (10 cm) y la menor en la parte profunda del mismo (20 cm) con una diferencia que va de 1 a 2 °C. A esta hora la radiación se presenta de una mayor forma, calentando más a la superficie del sustrato.

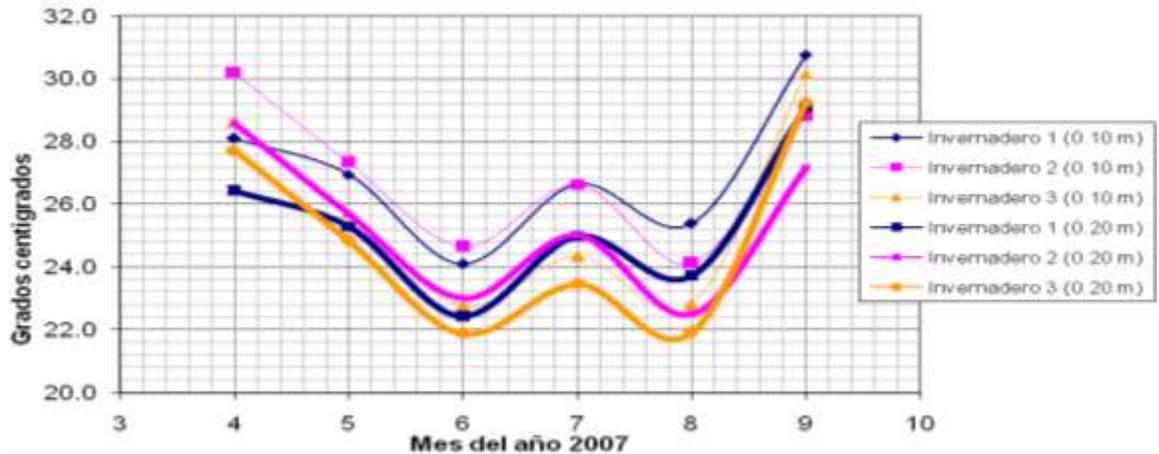


Figura 2.23 Temperatura de sustrato a las 12:00 horas a dos profundidades 10 y 20 cm.

C. Temperatura del sustrato a las 16:00 horas: La tercera lectura como se observa en la figura 2.24 registra datos con un comportamiento similar al de los otros dos horarios. La superficie del sustrato (10 cm) sigue manteniendo la mayor temperatura y la parte profunda (20 cm) presenta la menor temperatura con una diferencia promedio.

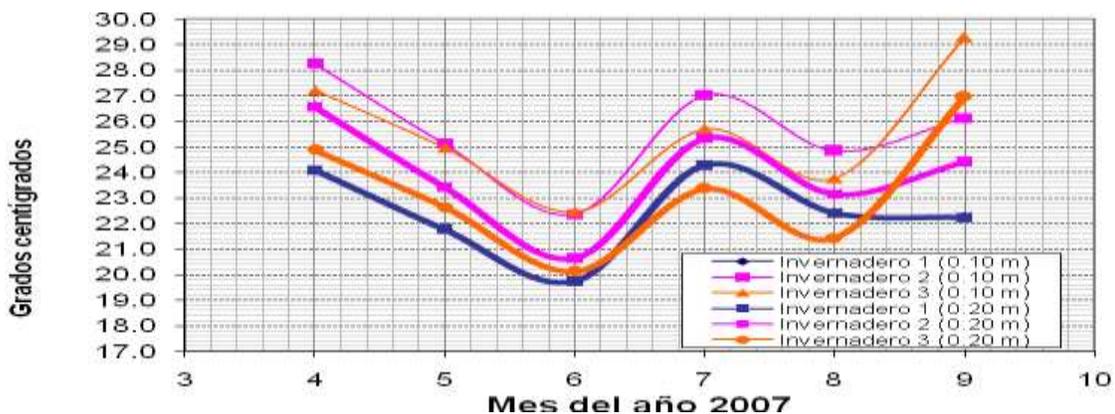


Figura 2.24 Temperatura del sustrato a las 16:00 horas a dos profundidades 10 y 20 cm.

La temperatura del sustrato durante el día está dentro del rango de 20 – 30 °C, dicho rango permite pensar que el desarrollo radicular y vegetativo de la plantación puede llevarse a cabo de una buena forma, ya que la temperatura óptima para la raíz según

Picken (1986) se encuentra dentro del rango de 17-30 °C e indica que si la raíz es sometida a temperaturas fuera de este rango, se tiene problemas en el desarrollo vegetativo.

2.5.1.3 Comportamiento de la humedad relativa en el interior de los tres invernaderos evaluados durante los meses de abril a septiembre del año 2,007

La toma de datos de humedad relativa se realizó de la misma forma que la temperatura, haciendo uso de los higrotermómetros situados dentro de cada invernadero.

A. Humedad relativa máxima: la figura 2.25 detalla el comportamiento de la humedad relativa máxima dentro de cada invernadero en un periodo de cinco meses (abril-septiembre 2007). Se puede observar que el invernadero 3 registra una humedad relativa máxima del 89% seguido por el invernadero 2 con 88% y el invernadero 1 con 82%. La forma en la que se presenta la humedad máxima dentro de las estructuras es lógica ya que su comportamiento está estrechamente relacionado con la temperatura y como se pudo observar en la figura 2.20 los datos de temperatura máxima más altos en todo el ciclo de producción se registraron en la estructura 1, por tal razón este invernadero registra un porcentaje de humedad máxima menor en relación con los otros dos invernaderos. El comportamiento de la humedad con respecto a la temperatura es inverso.

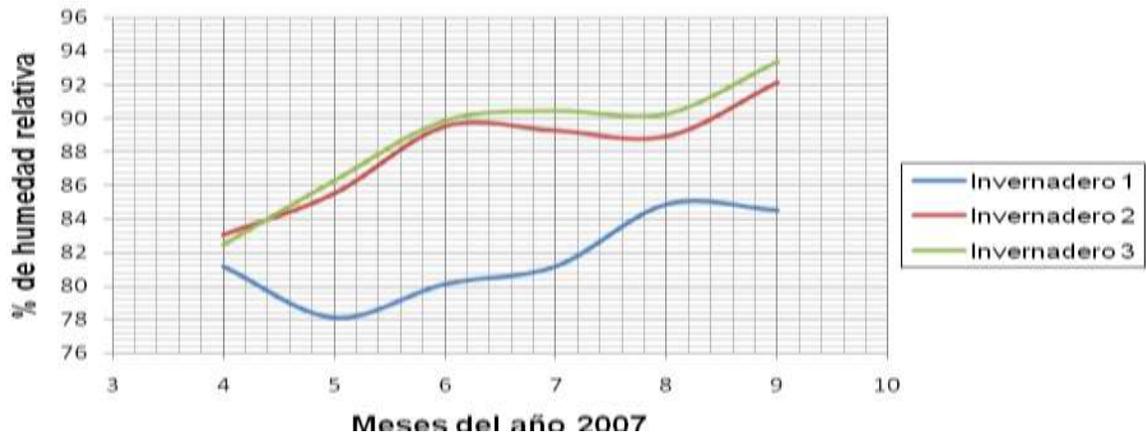


Figura 2.25 Comportamiento de la humedad relativa máxima durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.

B. Humedad relativa mínima: en los meses de mayo a septiembre los invernaderos 2 y 3 se mantuvieron dentro del rango de 11 y 14%, la estructura 1 registra datos menores que van de 10 a 11% (Figura 2.26).

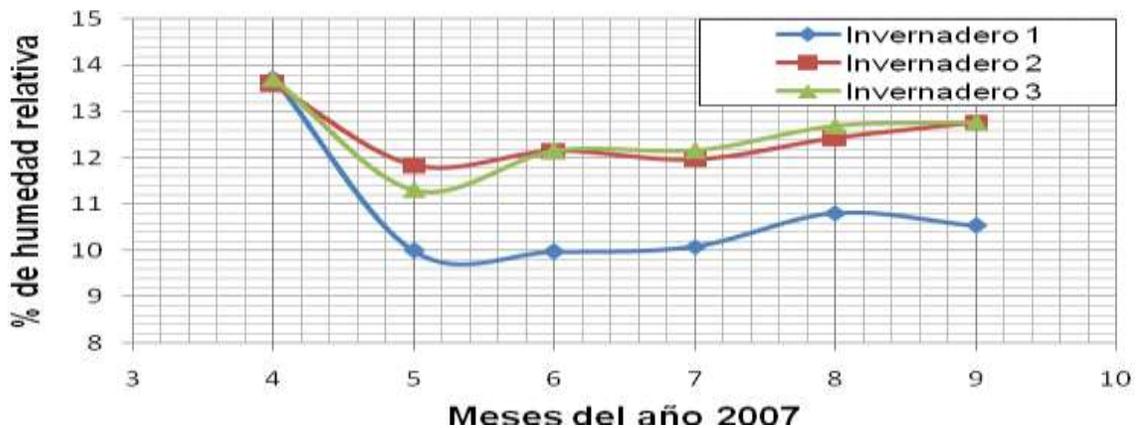


Figura 2.26 Comportamiento de la humedad relativa mínima durante los meses de abril y septiembre del año 2,007.

C. Humedad relativa media: en la figura 27 se puede observar que la humedad relativa media registrada dentro los invernaderos tiene comportamientos similares entre si, la humedad relativa media que se registro durante los cinco meses de producción fue menor a la que se registro en el ambiente exterior, aproximadamente en un 35%.

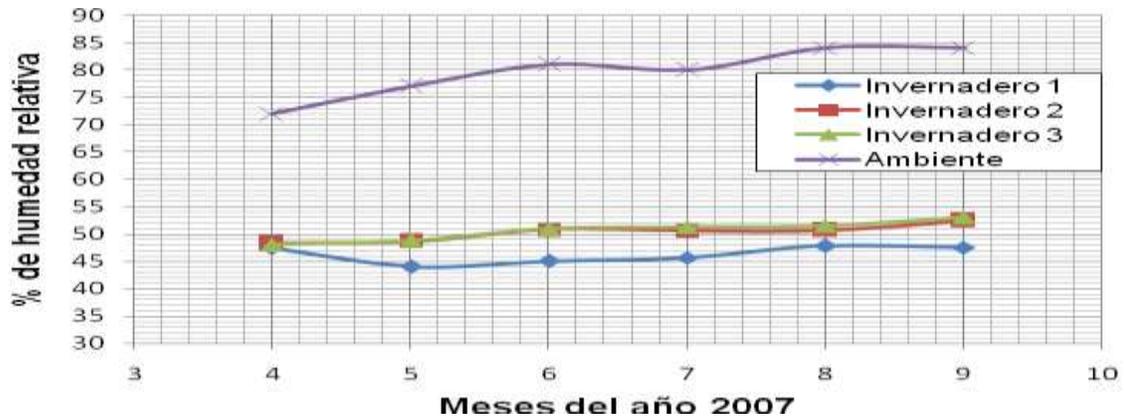


Figura 2.27 Comportamiento de la humedad relativa media durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.

La humedad relativa media en el interior de los invernaderos se encuentra dentro del rango de 40 – 55%, valores bajos en relación a la humedad relativa óptima que requiere el cultivo de tomate bajo invernadero, los cuales, según investigaciones realizadas por Yara (2004) necesita una humedad relativa media de 60 y 80% para un buen desarrollo. Este rango de humedad permite mantener la calidad del polen al no correr el riesgo de apelmazamiento del mismo por exceso de humedad además hay que tener en cuenta que a humedades menores a estos rangos la planta presenta limitaciones en la transpiración inhibiendo de alguna forma su desarrollo.

Es necesario dar importancia a estos valores registrados en el interior de los invernaderos en evaluación ya que Rawson (1977), indica que a baja humedad relativa la tasa de transpiración crece, presentado problemas en la fructificación por: estrés hídrico, cierre estomático y reducción de fotosíntesis.

2.5.2 Respuesta del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L., en el interior de cada uno de los invernaderos evaluados

2.5.2.1 Actividad fotosintética registrada durante el ciclo de producción

A. Lectura a las 8:00 horas: la figura 2.28 muestra los datos de concentración de clorofila que se midieron en las tres plantaciones de tomate en el horario de las 8:00 horas. La plantación establecida en el invernadero 1 presenta una concentración de 323 mg de clorofila/m² de hoja, en el invernadero 2 se registró una concentración de 329 mg/m² de hoja y en el invernadero 3 se presentó una concentración de 340 mg/m² de hoja. Según el análisis de varianza (Cuadro 2.5) no existe diferencia significativa entre los invernaderos evaluados.

Cuadro 2.5 Análisis de varianza para la variable actividad fotosintética en mg de clorofila/m² de hoja a las 8:00 horas.

FV	GI	SC	CM	FC	FT
Tratamiento	2	440.22	220.11	1.97NS	5.14
Error	6	672.00	112.00		
Total	8	1112.22			

NS = No existe diferencia significativa entre los tratamientos al 5%.

CV = 3.26%

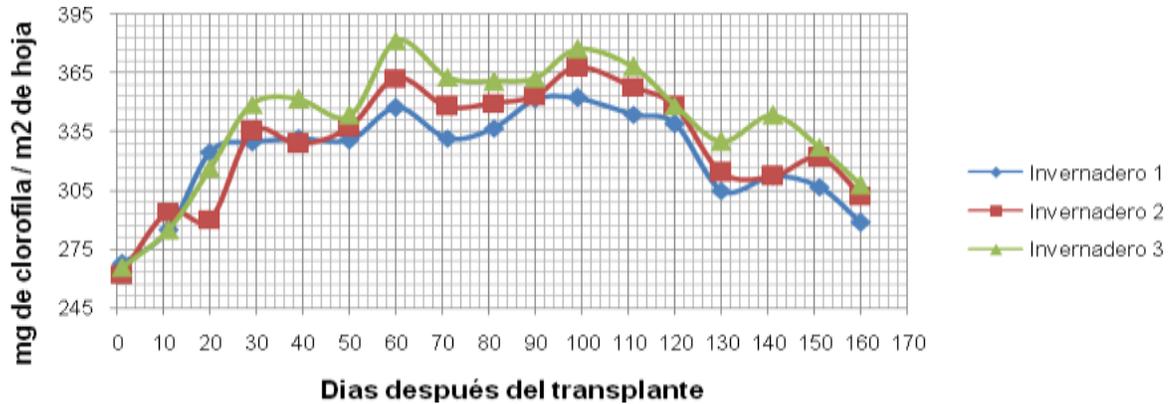


Figura 2.28 Actividad fotosintética registrada a las 8:00 horas durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.

B. Lectura a las 12:00 horas: a esta hora la concentración de clorofila aumenta en relación a la lectura de las 8:00 horas como lo muestra la figura 2.29, no existiendo diferencia significativa entre los tratamientos según el análisis de varianza. La plantación establecida en el invernadero 1 registra una concentración de clorofila de 379 mg/m^2 de hoja, la establecida en el invernadero 2 presentó una concentración de 393 mg/m^2 de hoja y la del invernadero 3 registró una concentración de 402 mg/m^2 de hoja.

Se sabe que la actividad fotosintética de la planta aumenta al elevarse la temperatura por esa razón se da el incremento en la concentración de clorofila.

Cuadro 2.6 Análisis de varianza para la variable actividad fotosintética en mg de clorofila/ m^2 de hoja, a las 12:00 horas.

FV	GI	SC	CM	FC	FT
Tratamiento	2	716.67	358.33	1.64NS	5.14
Error	6	1309.33	218.22		
Total	8	2026.00			

NS = No existe diferencia significativa entre los tratamientos al 5%.

CV = 3.78%

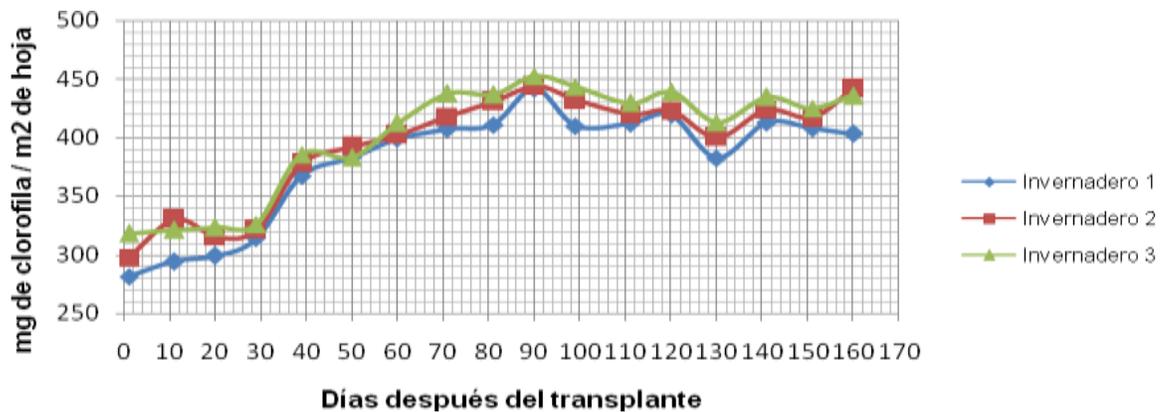


Figura 2.29 Actividad fotosintética registrada a las 12:00 horas durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.

C. Actividad fotosintética a las 16:00 horas: a esta hora la concentración de clorofila vuelve a bajar, la plantación del invernadero 1 registra una concentración de clorofila de 328 mg/m² de hoja, la del invernadero 2 presentó una concentración de 339 mg de clorofila/m² de hoja y la plantación del invernadero 3 registró una concentración de 347 mg de clorofila/m² de hoja de tomate.

Según el análisis de varianza, la diferencia que existe entre los tratamientos con respecto a la concentración de clorofila en las hojas de tomate no es significativa, ya que los valores en los tres tratamientos son similares.

Cuadro 2.7 Análisis de varianza para la actividad fotosintética en mg de clorofila/m² de hoja, a las 16:00 horas.

FV	GI	SC	CM	FC	FT
Tratamiento	2	526.22	263.11	2.96NS	5.14
Error	6	534.00	89.00		
Total	8	1060.22			

NS = No existe diferencia significativa entre los tratamientos al 5%.

CV = 2.78%

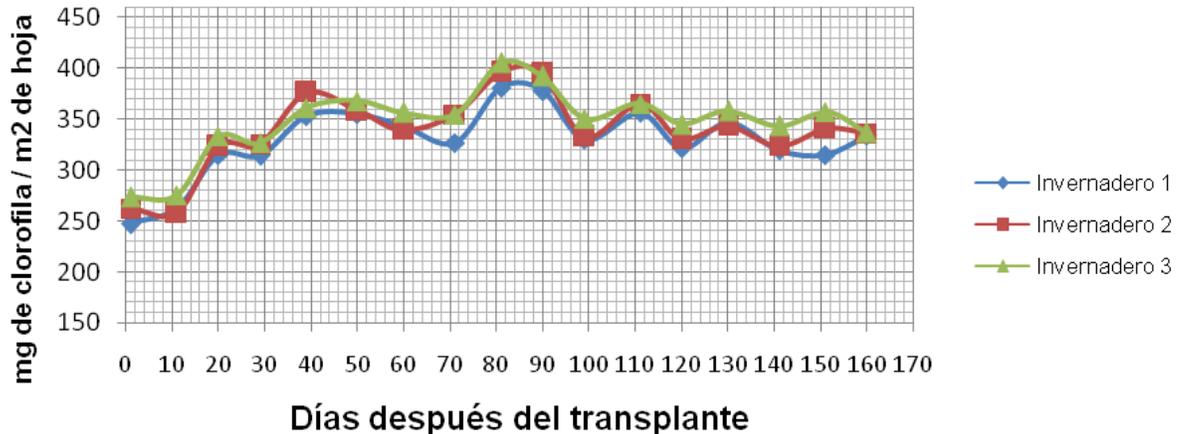


Figura 2.30 Actividad fotosintética registrada a las 16:00 horas durante los meses de abril a septiembre del año 2,007.

Según el Centro de Nutrición de Plantas de Hanninghof (2002), los valores adecuados para la concentración de clorofila en el cultivo de tomate, se encuentran dentro del rango de 290 a 400 mg clorofila/m² de hoja. Como se observó en los resultados anteriores la concentración de clorofila durante todo el desarrollo de las plantaciones estuvo dentro del rango adecuado.

2.5.2.2 Rendimiento total (kg de fruto/planta)

En el cuadro 2.8, se presentan los rendimientos alcanzados en cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones, los cuales estuvieron entre los 5.3 y 4.4 kg/planta.

Cuadro 2.8 Rendimiento en kilogramos por planta en cada tratamiento y repetición.

	R1	R2	R3	Media
T1 (Estructura 1)	4.7	6.0	5.3	5.3
T2 (Estructura 2)	4.1	4.6	4.5	4.4
T3 (Estructura 3)	4.9	5.0	4.4	4.8

Cuadro 2.9 Análisis de varianza realizado para la variable: rendimiento total en kg de fruto/planta.

FV	GI	SC	CM	FC	FT
Tratamiento	2	1.35	0.67	3.10NS	5.14
Error	6	1.30	0.22		
Total	8	2.65			

NS = No existe diferencia significativa entre los tratamientos al 5%.

CV = 9.69%

El rendimiento alcanzado fue de 5.3 kg en el tratamiento 1, 4.8 kg en el tratamiento 3 y 4.4 kg en el tratamiento 2. La figura 32 muestra el rendimiento total en kg/planta registrado en cada uno de los invernaderos.

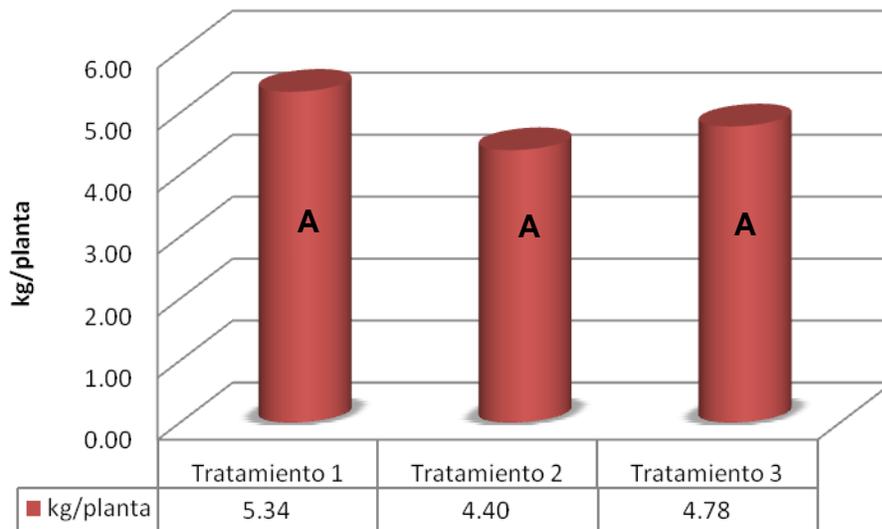


Figura 2.31 Rendimientos totales presentados por cada tratamiento durante toda la evaluación.

El análisis de varianza indica que las diferentes condiciones climáticas que presentan los tratamientos (invernaderos) por la diferencia en las dimensiones de altura y abertura cenital, no afecta de forma significativa el rendimiento total por planta, ya que las plantaciones presentan rendimientos totales similares entre sí. Es importante mencionar que el rendimiento alcanzado no supera lo que regularmente se da en la producción de

tomate (>10 kg/planta) (Fasagua 2008) en invernaderos de baja tecnología, esto se puede justificar debido a que solo se cosecharon 7 racimos en tres meses de producción, para poder cumplir con otras evaluaciones ya programadas.

2.5.2.3 Calidad de fruto

En la metodología se describió los aspectos considerados para la clasificación del tomate según su calidad.

Fruto de primera calidad en kg/planta

Cuadro 2.10 Rendimientos de frutos de primera calidad en kg/planta, alcanzados en cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones.

	R1	R2	R3	Media
T1(invernadero 1)	1.44	1.67	1.53	1.549
T2(invernadero 2)	1.37	1.58	1.45	1.473
T3 (invernadero 3)	1.85	2.15	1.97	1.994

Para conocer el efecto de los tres tratamientos sobre la producción de frutos de primera calidad, se realizó el análisis de varianza a los datos presentados en el cuadro 2.10.

Cuadro 2.11 Análisis de varianza para la variable: fruto de primera calidad en kg/planta.

FV	GI	SC	CM	FC	F T
Tratamiento	2	0.475	0.237	15.178*	5.14
Error	6	0.094	0.015		
Total	8	0.569			

* = Existe diferencia significativa entre los tratamientos al 5%. CV = 7.32%

El análisis de varianza muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos en el rendimiento de fruto de primera calidad en kg/planta de tomate manzano. Al existir

diferencia significativa entre los tratamientos se realizó una prueba múltiple de media, como se observa en el cuadro 2.12.

Cuadro 2.12 Resultado de la prueba múltiple para las medias registradas por cada tratamiento.

Invernadero	Media (kg/planta)	Grupo Tukey
3	1.99	A
1	1.55	B
2	1.47	B

Comparador Tukey= 0.44 al 5%

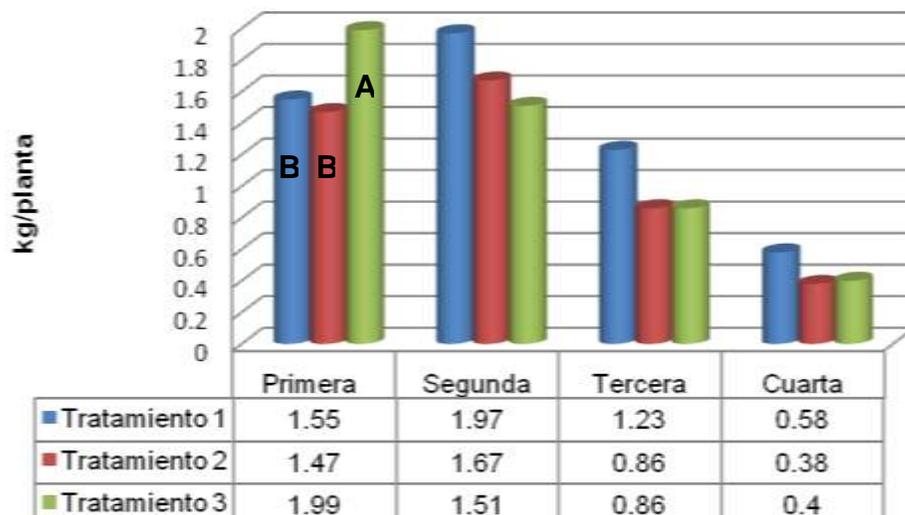


Figura 2.32 Rendimientos por calidad en cada tratamiento, registrado durante toda la evaluación.

La prueba múltiple de medias indica que el tratamiento 3, es el que presenta una mejor producción de fruto de primera calidad con 1.99 kg/planta, seguido por los tratamientos 1 con una producción de 1.55 kg/planta y por el invernadero 2 con 1.47 kg/planta.

De las tres estructuras el invernadero 1 tiene la mayor altura (7 m) y la menor abertura cenital (60 cm). Este invernadero por su dimensión posee un mayor volumen de aire caliente en comparación con las otras estructuras, por tal razón registra una temperatura máxima de 41 °C (la más alta en toda la evaluación), una temperatura mínima de 18 °C y una temperatura media de 29 °C, con respecto a la humedad relativa registró una máxima de 82%, una mínima de 11% y una media de 46%.

El invernadero 2 tiene una altura de 6 m y una abertura cenital de 70 cm. Su caracterización climática registra una temperatura máxima de 39 °C, una temperatura mínima de 11 °C y una temperatura media de 28 °C. Los registros de humedad relativa son: un máxima de 88%, una mínima de 12% y una media de 50%.

El invernadero 3 cuenta con una altura de 6.5 m y la mayor ventana cenital con 80 cm de abertura. Esta estructura posee menor volumen de aire caliente en su interior pero posee una abertura cenital de 80 cm, lo que facilitó la evacuación del aire caliente. Por tal razón se registraron las menores temperaturas y los mayores porcentajes de humedad relativa. Los datos obtenidos en esta estructura son los siguientes: temperatura máxima de 38 °C, temperatura mínima de 18 °C, una temperatura media de 28 °C, un porcentaje máximo de humedad relativa de 89%, un porcentaje mínimo de 12% y un porcentaje medio de 51%.

La actividad fotosintética de la planta esta regulada por factores como la temperatura, la humedad relativa, la luminosidad y la concentración de CO₂ en el interior de cada invernadero.

Los invernaderos 1 y 2 presentaron la mayor temperatura con una media de 29 °C cada uno y los menores porcentajes de humedad relativa con 46 y 50 % respectivamente, además registraron los menores datos de actividad fotosintética, con una concentración promedio de clorofila de 344 y 353 mg/m² de hoja de tomate.

El invernadero 3 registró la menor temperatura (28 °C) y la mayor humedad relativa con 51%, sin embargo es la que presenta una mayor actividad fotosintética con una

concentración de clorofila de 364 mg/m² de hoja. Según el análisis de varianza no existe diferencia significativa entre las concentraciones de clorofila registradas en las plantaciones evaluadas.

Cabe mencionar que la estructura 3 fue el tratamiento que presentó una mayor producción de fruto de primera calidad (1.99 kg/planta). Lo anterior concuerda con Fender (1990), que indica que a condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa (fuera de lo adecuado), pueden provocar una reducción en la actividad fotosintética, disminuyendo la producción de fotoasimilados, repercutiendo todo esto en la cantidad y calidad de la producción.

2.5.3 Análisis económico de los tres invernaderos para el cultivo de tomate.

La inversión inicial en la investigación fue la construcción de los invernaderos, en el cuadro 2.13 se presenta de una forma detallada el costo del invernadero tipo capilla a dos aguas, evaluado en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía.

Cuadro 2.13 Inversión inicial para la producción de tomate bajo invernadero.

CANTIDAD	UNIDAD	CONCEPTO	Q/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
6	qq	alambre galvanizado No. 10	440.00	2640.00	
6	lb	tornillos de 3"1/8	12.00	72.00	
30	lbs	clavo de 5"	8.00	240.00	
30	lb	clavo de 4"	8.00	240.00	
30	qq	cemento	48.00	1440.00	
6	m ³	arena de río	130.00	780.00	
6	m ³	pedrin de 1/2"	260.00	1560.00	
15	cajas	grapapas	60.00	900.00	
1	unidad	engrapadora	450.00	450.00	
6	galones	pintura latex blanca (agua)	90.00	540.00	
6	unidad	brochas de 3"	15.00	90.00	8952.00
PLASTICO					
2	rollo	polietileno 150' * 90" * 6 mls	700.00	1400.00	
2	rollo	polietileno 150' * 75" * 6 mls	570.00	1140.00	
2	rollo	polietileno 300' * 46" * 6 mls	700.00	1400.00	
8,000	pie ²	malla anti-insecto 30 mesh	1.44	11520.00	
6	rollo	hilo de nylon 0.80 mm * 100 mt	12.00	72.00	
3	rollo	polietileno 400' * 60" * 6 mil negro	655.00	1965.00	17497.00
COSTANERAS METAL					
66	unidad	costaneras 1.2 mm de 2" * 3"	110.00	7260.00	
11	unidad	plano 1/8 * 1 * 20	40.00	440.00	
4	unidad	plano 1/8 * 1.5 * 20	65.00	260.00	
8	unidad	angular 3/16 * 1.5 * 20'	140.00	1120.00	
17	unidad	angular 1/8 * 1.5 mm	98.00	1666.00	
28	unidad	hierro corrugado 3/8 8.5 mm	24.00	672.00	11418.00
MADERA					
58	reglas	madera 2"*3"*14'	48.00	2784.00	
102	reglas	madera 2"*3"*18'	42.00	4284.00	
87	reglas	madera 2"*3"*10'	36.00	3132.00	
50	reglas	madera 1"*2"*14'	18.00	900.00	
50	reglas	madera 1"*2"*12'	16.00	800.00	
10	reglas	madera 2" * 2" * 12'	36.00	360.00	12260.00
RIEGO POR GOTEO					
2	rollos	manguera 16/8 mil, 0.15, 0.6 lp	1,900.00	3,800.00	3,800.00
MANO DE OBRA					
600	m ²	construcción	14.00	8400.00	8,400.00
COSTO PARCIAL IMPREVISTOS					62327.00
5% sobre costos variables					2696.35
TOTAL DE INVERSIÓN					65023.35

El costo de cada uno de los invernaderos en evaluación, es el mismo, debido a que para la construcción de cualquiera de las tres estructuras se requiere de la misma cantidad de

material y mano de obra. El costo por metro cuadrado de cada invernadero es de Q108.37 (US\$14.44).

Cuadro 2.14 Costo de producción de tomate bajo invernadero (1800 m²).

CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL	TOTAL
I. COSTO VARIABLE					Q60,954.53
2. PREPARACION DEL TERRENO	Jornales	60	Q 50.00	Q 3,000.00	Q 3,000.00
3. INSUMOS					Q30,232.33
3.1 Semilla (Tomate Titane)				Q 4,999.20	
3.2 Fertilizantes solubles				Q17,320.00	
3.3 Fertilizantes foliares y líquidos suelo				Q 1,319.50	
3.4 Insecticidas				Q 5,268.34	
3.5 Fungicidas				Q 815.50	
3.6 Herbicidas				Q 238.79	
3.7 Humectante, dispersante y/o adherente				Q 271.00	
4. INSUMOS					Q 7,935.80
4.1 Rafia	Rollo	20	Q 61.00	Q 610.00	
4.2 Trampas amarillas	Rollo	0.5	Q 590.00	Q 295.00	
4.3 Pegamento tangle-trap	Cubeta	0.5	Q 950.00	Q 475.00	
4.4 Sustrato orgánico	Saco	500	Q 3.00	Q 1,500.00	
4.5 Arena blanca para sustrato	m ³	42.5	Q 70.00	Q 2,975.00	
4.6 Bambú para tutores	Poste	60	Q 22.50	Q 1,350.00	
4.7 Madera de 1" * 2" * 12' para canales	Reglas	126	Q 5.80	Q 730.80	
4.8 Alambre galvanizado para canales	Quintal	4	Q 400.00	Q 1,600.00	
5. MANO DE OBRA					Q18,000.00
5.1 Siembra y resiembra	Jornal	4	Q 50.00	Q 200.00	
5.2 Limpias	Jornal	102	Q 50.00	Q 5,100.00	
5.3 Aplicación de insumos					
5.3.1 Fertilización	Jornal	51	Q 50.00	Q 2,550.00	
5.3.2 Control de plagas y enfermedades	Jornal	51	Q 50.00	Q 2,550.00	
5.4 Riegos	Jornal	102	Q 50.00	Q 5,100.00	
5.5 Cosecha	Jornal	30	Q 50.00	Q 1,500.00	
5.6 Clasificación de frutos	Jornal	20	Q 50.00	Q 1,000.00	
6. RIEGO					Q 1,786.40
6.1 Costo de agua de riego	m ³	152	Q 3.20	Q 486.40	
6.2 Accesorios de riego				Q 1,000.00	
6.3 Bomba de 1/4 hp	Unidad	1	Q 300.00	Q 300.00	
7. COSTOS FIJO					Q 7,355.65
7.1 Renta de la Tierra (1,800 m ²)				Q 257.14	
7.2 Depreciación de invernadero				Q 5,689.54	
7.3 Depreciación accesorios de riego				Q 189.88	
7.4 Imprevistos (2% sobre costos directos)				Q 1,219.09	
COSTOS TOTALES					Q68,310.18

El cuadro 2.14 muestra detalladamente el costo de producción de un ciclo de tomate manzano. El costo total de producción es Q 37.95 / m².

2.5.3.1 Volumen de producción y ventas

La producción se clasificó por su calidad. Cada clase de tomate se vendió a un diferente precio. De acuerdo al comportamiento del tamaño de los frutos durante las cosechas en el transcurso de la evaluación, se proyecta tener la producción que se detalla en el cuadro 15.

Cuadro 2.15 Ingreso total al producir 1800 m² de tomate bajo invernadero.

Rendimiento kg/planta	Calidad	% calidad	Total plantas (1800 m ²)	Total de producción (kg)	Precio de venta (Q)/kg	Ingresos totales
10.00	Primera	0.42	3465	14553	4.93	71717.18
10.00	Segunda	0.32	3465	11088	3.94	43664.54
10.00	Tercera	0.18	3465	6237	2.22	13858.61
10.00	Cuarta	0.08	3465	2772	1.23	3415.10
TOTAL						Q132,655.45

Los precios del tomate manzano para el 2007 se determinaron con base al comportamiento del precio promedio de venta a nivel de intermediarios, durante doce meses.

2.5.3.2 Estado de resultados

A través de esta herramienta se determinó la utilidad, tanto bruta como neta, que genera el proyecto de producción bajo invernadero, así mismo refleja el comportamiento en los próximos 3 años y medios de producción.

Cuadro 2.16 Estado de resultados para la producción de tomate bajo invernadero, proyectado para tres años y medio.

	Semestre 0	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3	Semestre 4	Semestre 5	Semestre 6	Semestre 7
Ingresos		132,655	140,615	149,052	157,995	167,474	177,523	188,174
Costo Variable		60,955	64,002	67,202	70,562	74,091	77,795	81,685
Utilidad Bruta		71,701	76,613	81,849	87,432	93,384	99,728	106,489
Costos Fijos		7,356	7,723	8,110	8,515	8,941	9,388	9,857
UAI		64,345	68,889	73,740	78,917	84,443	90,340	96,632
Impuesto (5 %)		3,217	3,444	3,687	3,946	4,222	4,517	4,832
Utilidad Neta		61,128	65,445	70,053	74,971	80,221	85,823	91,801
Inversión	Q195,070							
Flujo Efectivo		61,128	65,445	70,053	74,971	80,221	85,823	91,801

2.5.3.3 Valor Actual Neto (VAN)

Se actualizaron los flujos de efectivo que genera el proyecto durante tres años y medio con el propósito de determinar en la actualidad, el valor del dinero que se obtendrá en el futuro.

Tasa de descuento

La tasa de descuento para la producción bajo invernadero es del 30%, este dato se obtuvo de tomar en cuenta el riesgo del país, de la industria, del producto y la Inflación actual registrada en el país.

$$\text{Prima por riesgo (10\%)} + \text{Inflación 13\%} + \text{Tasa pasiva (7\%)} = \mathbf{30\%}$$

Cuadro 2.17 Determinación del Valor Actual Neto para producir tomate en tres invernaderos de 600 m² cada uno.

Semestre	Inversión	Flujo de Efectivo	Factor de Actualización (30%)	Flujo de Efectivo Actualizado
0	-195070.05	0	1	-195070.05
1		61,128.00	0.7692	47021.54
2		65,444.63	0.5917	38724.63
3		70,052.70	0.4552	31885.62
4		74,971.33	0.3501	26249.55
5		80,220.84	0.2693	21605.81
6		85,822.89	0.2072	17780.46
7		91,800.50	0.1594	14629.91
		529440.899		197897.51
			VAN +	2,827.46

Después de actualizar los flujos netos de efectivo con el factor del 30%, que equivale a la tasa mínima aceptable y restarlos del monto de la inversión, se obtuvo un resultado positivo de Q 2827.46. Por lo anterior, se acepta el proyecto como opción para invertir.

2.5.3.4 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Esta tasa representa a la rentabilidad media anual del monto que se invertirá en el proyecto. A continuación se presenta el cálculo matemático según la fórmula que se indica.

$$TIR = R + (R2 + R1) [(VAN+ / ((VAN +) - (VAN -))]$$

Donde:

R = Tasa inicial de descuento

R1 = Tasa de descuento que origina el VAN+

R2 = Tasa de descuento que origina el VAN -

VAN += Valor Actual Neto positivo

VAN - = Valor Actual Neto Negativo

Cuadro 2.18 Actualización de flujos de efectivo para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno.

Semestre	Inversión	Flujo de Efectivo	Factor de Actualización (30%)	Flujo de Efectivo Actualizado	Factor de Actualización (60%)	Flujo de Efectivo Actualizado
0	-195070.05	0	1	-195070.05	1	-195070.05
1		61,128.00	0.7692	47021.54	0.6250	29388.46
2		65,444.63	0.5917	38724.63	0.3906	15126.81
3		70,052.70	0.4552	31885.62	0.2441	7784.57
4		74,971.33	0.3501	26249.55	0.1526	4005.36
5		80,220.84	0.2693	21605.81	0.0954	2060.49
6		85,822.89	0.2072	17780.46	0.0596	1059.80
7		91,800.50	0.1594	14629.91	0.0373	545.01
		529440.899		197897.51		59970.50
			VAN +	2,827.46	VAN -	-135,099.55

El 60% es la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto sea negativo. Con estos datos se procedió a obtener la tasa interna de retorno.

$$TIR = 30 + (60 - 30) \left[\frac{2827.46}{(2827.46) - (-135099.55)} \right]$$

$$TIR = 30 + 30(0.0204)$$

$$TIR = 30 + 0.61$$

$$TIR = 30.61\%$$

Con el resultado obtenido, 30.61%, se puede afirmar que el proyecto es rentable. La tasa interna de retorno sobre pasa la tasa de descuento (30%) que se estableció como requerimiento inicial.

2.5.3.5 Tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI)

El propósito es determinar el tiempo en que se va a recuperar la inversión inicial para lo cual se tomó en cuenta las entradas y salidas reales de efectivo. Para realizar este cálculo se utilizó la siguiente fórmula.

$$TRI = \frac{\text{Inversión Total}}{\text{Utilidad Neta Anual}}$$

$$\text{TRI} = \frac{\text{Q}195,070.05}{2 (\text{Q}75,384.0)}$$

$$\text{TRI} = 1.29$$

$$\text{TRI} = 1 \text{ año, 3 meses}$$

El tiempo de recuperación de la inversión inicial es 1 año y 3 meses, este periodo se puede comparar con el que ofrecen otras alternativas de inversión.

2.5.3.6 Relación Beneficio-Costo (RBC)

Permitió establecer la eficiencia con que se utilizan los recursos de un proyecto. Al dividir los ingresos entre los egresos actualizados se determinó si los ingresos son mayores que los egresos del proyecto.

Cuadro 2.19 Cálculo de la relación Beneficio-Costo de producir tomate en los tres invernaderos evaluados.

Semestre	Ingresos	Egresos	Factor de actualización (30%)	Ingreso actualizado	Egreso actualizado	Flujo de efectivo actualizado
0		0	1	0	1	0.00
1	Q 132,655	Q 68,310	0.7692	Q 102,043	Q 52,546	Q 49,496
2	Q 140,615	Q 71,726	0.5917	Q 83,204	Q 42,441	Q 40,763
3	Q 149,052	Q 75,312	0.4552	Q 67,843	Q 34,279	Q 33,564
4	Q 157,995	Q 79,078	0.3501	Q 55,318	Q 27,687	Q 27,631
5	Q 167,474	Q 83,031	0.2693	Q 45,106	Q 22,363	Q 22,743
6	Q 177,523	Q 87,183	0.2072	Q 36,779	Q 18,062	Q 18,716
7	Q 188,174	Q 96,632	0.1594	Q 29,989	Q 15,400	Q 14,589
		561272.0029		420281.19	Q 212,779	Q 207,502.00

Relación Beneficio-Costo (RBC) = Ingresos actualizados/Egresos actualizados

$$\text{RBC} = \text{Q } 420,281.19 / \text{Q}212,779$$

$$\text{RBC} = 1.98$$

La relación Beneficio-Costo para el proyecto de producción de tomate bajo invernadero es de 1.98. Este valor se considera aceptable debido a que por cada quetzal invertido se obtiene 98 centavos de rentabilidad.

2.6 CONCLUSIONES

1. El invernadero con 7 m de altura y 60 cm de abertura cenital presentó una temperatura media de 29 °C y humedad relativa promedio del 46%. En el invernadero de 6 m de alto y abertura cenital de 70 cm se registró una temperatura media de 28 °C y una humedad relativa de 50%. El invernadero de 6.50 m de altura y 80 cm de abertura cenital registro medias de 28 °C y 51% de humedad relativa. Durante el día la máxima temperatura (38 – 41 °C) se registró a las 14:00 horas y la mínima (15-19 °C) a las 4:00 horas.

2. La plantación de tomate establecida en el invernadero de 7 m de altura y abertura cenital de 60 cm registró una concentración promedio de clorofila de 344 mg/m² de hoja de tomate. Con respecto a la producción se obtuvo un rendimiento por planta de 5.34 kg de los cuales 1.55 kg fueron de primera calidad, en seis meses de evaluación.

En el invernadero de 6 m de alto y 70 cm de abertura cenital la plantación presentó una concentración de 353 mg de clorofila/m² de hoja de tomate. El rendimiento total alcanzado fue de 4.40 kg/planta, siendo 1.47 kg de primera calidad.

Las plantas establecidas en el invernadero de 6.5 m de altura y abertura cenital de 80 cm obtuvo una concentración de clorofila de 364 mg de clorofila/m² de hoja. El rendimiento alcanzado fue de 4.78 kg/planta de los cuales 1.99 fueron de primera calidad.

3. El tiempo de recuperación de la inversión realizada para la construcción de tres invernaderos de 600 m² cada uno es de un año y tres meses. La Relación Beneficio-Costo es de 1.98, este valor indica que por cada quetzal invertido se obtiene 98 centavos de rentabilidad.

2.7 RECOMENDACIONES

1. Los tres invernaderos evaluados registraron valores de temperatura y humedad relativa dentro del rango adecuado para la producción de tomate, por tal razón se recomienda la construcción de las mismas en lugares con condiciones climáticas similares a las del lugar de evaluación.
2. Para las bajas temperaturas registradas durante la noche en el interior de los tres invernaderos se recomienda el cierre de cortinas a las 18 horas y la apertura a las 6 horas, esto con el fin de mantener las condiciones necesarias para el desarrollo del cultivo en el interior de las mismas, tanto de día como de noche.
3. Continuar con otras investigaciones donde se pueda realizar la evaluación de otros factores importantes (luminosidad y concentración de CO₂) los cuales influyen en el desarrollo de la planta en el interior de las estructuras de protección.

2.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Alpi, A; Tognoni, F. 1999. Cultivo en invernadero. Madrid, España, Mundi-Prensa. 347 p.
2. Arbolí, M. 2000. Los plásticos como cubierta de invernaderos y túneles. *Plasticultura* 119:15-19.
3. Baixauli, C. 1996. Aspectos prácticos del control ambiental para hortalizas en invernadero. Valencia, España, Fundación Cultural y de Promoción Social. p. 33-36.
4. Bran, E. 2003. Situación actual de la plasticultura en Guatemala y perspectivas para su crecimiento. *In* Congreso alianza tecnológica para la agricultura con calidad. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 147 p.
5. Cabrera Prado, IF. 2005. Rentabilidad de la producción hidropónica de tomate manzano bajo invernadero. Tesis Admon. Empresas. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Económicas. p. 74-107.
6. CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, ES). 2004. Invernaderos: la experiencia iberoamericana. Almería, España. 197 p.
7. Díaz, J; Pérez, J. 1994. Tecnología de invernaderos. *In* Curso superior de especialización. Almería, España, Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería (FIAPA). 352 p.
8. Fender, S. 1990. Expression of the heat shock response in a tomato interspecific hybrid is not intermediate between the two parental responses. *Plant Physiol* 120:713-719-
9. Ferratto, JA; Panelo, MS. 2001. Climatización de invernaderos. Rosario, Argentina, UNR, Facultad de Ciencias Agrarias, Consejo de Investigaciones. 162 p.
10. Flores Ragche, OR. 2006. Evaluación de híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) que se encuentra en proceso de mejoramiento y su resistencia al acolochamiento de la hoja causado por los geminivirus del género Begomovirus. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 61-62 y 161.
11. Gosiewski, W. 1982. La influencia de la temperatura sobre la fotosíntesis en diferentes materiales genéticos de tomate. *Ciencia Hortícola* 28:47-59.
12. Harper, LA; Pallas, JE. 1999. Microclima de invernaderos para tomate. Rosario, Argentina, UNR, Facultad de Ciencias Agrarias, Consejo de Investigaciones. 359 p.
13. IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute, IT). 1996. Descriptors of the movement of flying aphids. *Biological Reviews*. p. 100-113.

14. Jensen, M. 2001. Programa de nutrición mineral en tomates para obtener altos rendimiento y calidad superior. Red Hidropónica, Boletín Informativo no. 12, 13 p.
15. López, J. 1999. Productividad de la judía verde sobre enarenado bajo invernadero en Almería. Almería, España, Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería. 225 p. (Estudios de Planificación Serie de Tesis Doctorales no. 1).
16. Ludving, L.J. 1974. Effects of light flux density, CO₂ and temperature on leaf photosynthesis. Ann. Rep. Glasshouse Crops Res. Inst. 1973:47-49.
17. Montero, J; Anton, M. 1993. Tecnología del invernadero. Buenos Aires, Argentina, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 128 p.
18. Munsell, US. 1976. Book of color glossy finish collection, removable samples in two binders. US, Munsell Color Macbetha Division of Koll Morgan Corporation. s.p.
19. Nuez, F. 2001. El cultivo del tomate: anatomía y fisiología de la planta. Madrid, España, Mundi.Prensa. p. 63-84.
20. Picken, A; Stewart, K. 1986. The tomato crop: germination and vegetative development. New York, US, Chapman and Hall. 111 p.
21. Prensa Libre, GT. 2006. Productores alistan su producción de tomate (en línea). Guatemala, Guatemala, Prensa Libre ago 29:30. Consultado 25 mar 2008. Disponible en <http://www.prensalibre.com/pl/2006/agosto/29/150369.htm>
22. Prensa Libre, GT. 2006. Productos potenciales de exportación a Estados Unidos (en línea). Guatemala, Guatemala, Prensa Libre dic 16:28. Consultado 25 mar 2008. Disponible en <http://www.prensalibre.com/pl/2006/diciembre/16/158726.html>
23. Serrano, Z. 1979. Cultivos de hortalizas en invernaderos. Barcelona, España, Aedos. 223 p.
24. Serrano, Z. 2001. Construcción de invernaderos. Madrid, España, Mundi-Prensa. 310 p.
25. Vilarnau, A. 1997. El CO₂ en la horticultura. Horticultura no. 118:64.
26. Yara International, DE. 2002. N-tester application in agronomy. Duermen, Germany, Centro de Investigaciones de Hanninghof. p. 2-5.
27. Yara International, DE. 2006. Plantmaster de tomate. Germany, The Worldwide Bussines Formula. 10 p.

2.9 ANEXOS

Cuadro 2.21A Registro de temperatura en el interior de los tres invernaderos y el ambiente externo, durante el mes de mayo 2007.

Día	08:00						12:00						16:00						Insivumeh											
	Inv 1		Inv 1		Inv 1		Inv 2		Inv 2		Inv 2		Inv 3		Inv 3		Inv 3		Ma	Ma	Ma	Mi	Mi	Mi	Me	Me	Me	Ma	Mi	Me
	T ins	x	x	x	n	n	n	Me	Me	Me	x	n	e																	
1	24	25	23	23	22	23	32	35	27	34	29	33	30	34	30	34	29	33	42	40	39	19	19	19	30	29	29	28	17	22
2	22	22	23	22	22	22	26	27	27	25	23	26	20	21	21	20	21	21	41	40	38	19	19	19	30	29	29	27	16	22
3	22	22	21	22	20	21	35	39	36	38	33	37	32	33	31	34	29	33	42	40	39	20	20	20	31	30	29	28	17	22
4	24	25	23	25	23	24	34	37	33	38	31	36	27	27	28	28	27	27	42	41	39	20	20	20	31	30	30	28	17	23
5	28	28	26	29	26	28	35	37	35	37	33	36	31	31	32	31	30	31	42	40	39	21	21	21	31	30	30	28	18	23
6	22	22	21	22	20	21	35	39	36	38	33	37	32	33	31	34	29	33	41	39	38	20	20	20	30	30	29	27	17	22
7	38	40	37	42	35	40	32	35	33	35	30	34	34	32	35	32	33	31	43	41	40	20	20	20	32	31	30	29	17	23
8	22	22	21	22	20	21	35	39	36	38	33	37	32	33	31	34	29	33	44	43	43	14	14	14	29	29	28	26	18	22
9	23	23	21	20	20	20	28	32	29	31	27	30	26	27	25	28	24	27	44	42	39	20	20	20	32	31	29	29	17	23
10	38	35	35	39	33	38	35	34	36	32	33	32	33	31	35	30	34	32	42	42	40	15	15	15	29	28	27	27	16	22
11	34	36	30	35	31	34	38	39	37	39	35	38	31	30	32	29	31	30	44	42	41	19	19	20	32	31	31	30	16	23
12	35	35	32	36	31	34	43	45	43	44	40	43	38	38	39	38	37	38	44	42	41	20	20	20	32	31	31	30	17	24
13	29	29	27	30	26	29	36	38	36	37	34	36	32	32	32	32	31	32	44	42	41	22	22	22	33	32	31	30	19	24
14	24	25	23	25	23	24	34	37	33	38	31	36	27	27	28	28	27	27	42	40	39	16	16	16	29	28	27	28	19	23
15	29	29	26	29	26	28	36	38	36	37	33	36	31	31	32	31	30	31	41	40	38	19	19	20	30	29	29	27	19	23
16	30	29	27	30	27	29	36	37	36	37	33	36	31	31	32	31	30	31	42	40	39	22	22	22	32	31	30	28	19	23
17	24	25	23	23	22	23	32	35	27	34	29	33	30	34	30	34	29	33	37	36	36	16	16	16	26	26	26	27	18	22
18	28	28	26	29	26	28	35	37	35	37	33	36	31	31	32	31	30	31	38	37	40	20	20	20	29	29	30	27	17	22
19	28	28	26	29	26	28	35	37	35	37	33	36	31	31	32	31	30	31	38	37	40	19	19	18	29	28	29	27	16	22
20	29	29	27	29	26	28	35	37	35	36	33	36	31	31	32	31	30	31	39	38	41	20	20	20	29	29	30	28	17	22
21	30	30	28	30	27	29	36	38	35	37	33	36	32	32	32	31	31	32	38	37	39	19	19	19	29	28	29	27	16	22
22	30	30	29	28	26	25	40	41	35	40	38	39	31	32	32	29	31	31	45	42	39	15	15	15	30	28	27	31	18	24
23	29	27	25	26	25	25	38	41	35	40	35	38	33	34	38	32	34	34	43	41	41	16	16	16	29	28	28	31	18	25
24	28	28	26	29	26	28	35	37	35	37	33	36	31	31	32	31	30	31	43	38	40	20	20	20	32	29	30	29	17	23
25	42	43	37	43	37	41	35	39	35	39	35	39	31	33	32	33	31	34	43	38	40	20	20	20	32	29	30	29	17	23
26	39	41	35	41	35	39	36	39	33	37	36	39	32	34	35	32	33	34	42	37	40	20	20	20	31	29	30	28	17	23
27	39	40	35	40	35	38	36	38	33	37	36	39	33	34	35	33	33	34	37	32	35	20	20	20	29	26	28	23	17	20
28	39	40	34	39	35	38	35	37	32	36	36	39	33	34	34	33	33	34	39	34	36	19	19	19	29	26	28	25	16	20
29	38	39	33	39	34	37	34	36	32	35	34	37	31	32	32	31	31	32	40	35	38	17	17	17	29	26	27	26	16	21
30	37	38	33	38	33	36	33	36	31	35	34	37	31	32	32	31	31	32	39	34	36	20	20	20	29	27	28	25	17	21
31	22	22	23	22	22	22	33	30	29	29	27	29	32	33	30	31	29	27	36	31	33	21	21	21	28	26	27	22	18	20

Cuadro 2.23A Registro de temperatura en el interior de los tres invernaderos y el ambiente externo, durante el mes de julio 2007.

Día	08:00						12:00						16:00																	
	Inv 1		Inv 2		Inv 3		Inv 1		Inv 2		Inv 3		Inv 1		Inv 2		Inv 3		I1	I2	I3	I1	I2	I3	I1	I3	I3	Insivumeh		
	T ins	Max	Max	Max	Min	Min	Min	Me	Me	Me	Max	Mi																		
1	28	33	27	26	24	27	36	38	35	36	34	34	32	33	32	32	31	31	40	38	36	17	17	19	29	28	28	26	18	22
2	28	33	29	31	24	27	28	35	27	31	32	29	31	32	31	30	30	29	41	39	37	17	17	19	29	28	28	27	18	22
3	27	27	25	27	20	23	28	30	29	32	25	29	25	27	25	27	22	27	41	39	38	17	17	19	29	28	28	27	18	22
4	32	32	29	28	23	28	34	36	35	38	30	35	30	33	30	33	27	33	40	38	37	17	17	19	29	28	28	26	18	22
5	30	30	25	30	22	26	32	34	33	36	28	33	28	31	28	31	25	31	40	38	36	17	17	19	29	28	28	26	18	22
6	23	26	22	25	23	33	31	35	27	31	36	34	34	35	34	33	33	32	40	38	37	16	16	18	28	27	27	26	17	22
7	25	28	25	24	24	27	39	40	38	37	36	34	34	34	34	33	32	31	41	39	38	17	17	18	29	28	28	27	17	22
8	28	33	27	24	24	27	38	40	38	37	36	34	34	34	34	33	32	31	42	40	38	17	17	18	29	28	28	28	17	23
9	25	28	24	23	26	29	41	42	40	39	37	37	33	34	34	33	32	31	41	39	37	17	17	18	29	28	28	27	17	22
10	24	30	27	30	24	24	33	37	34	34	31	34	22	22	22	22	22	22	40	38	36	17	17	19	28	27	27	26	18	22
11	34	33	27	27	25	25	31	35	27	31	32	29	31	32	31	30	30	29	39	37	36	16	16	18	28	27	27	25	17	21
12	29	28	25	26	24	23	33	35	35	34	32	29	31	32	31	30	30	29	40	38	36	18	18	18	29	28	27	26	17	21
13	32	32	29	30	24	26	40	40	39	38	36	35	35	35	35	34	33	32	39	37	35	17	17	18	28	27	26	25	17	21
14	23	26	22	25	23	33	31	35	27	31	32	29	31	32	31	30	30	29	40	38	36	17	17	17	28	27	26	26	16	21
15	33	32	32	32	26	29	41	42	40	39	37	37	39	40	39	38	36	35	36	34	32	16	16	17	26	25	24	22	16	19
16	31	32	33	34	27	33	49	47	46	45	43	40	45	46	45	43	42	41	41	39	38	17	17	18	29	28	28	27	17	22
17	30	30	30	30	24	24	33	37	34	34	31	34	34	34	33	32	30	29	42	40	38	18	18	18	30	29	28	28	17	22
18	32	34	32	34	27	29	37	38	37	36	35	33	45	46	45	43	42	41	40	38	36	18	18	18	29	28	27	26	17	21
19	29	30	30	33	24	28	45	46	45	43	42	40	22	22	22	22	22	22	39	37	36	15	15	15	27	26	25	25	14	20
20	27	29	31	33	25	28	41	42	40	40	38	37	37	37	37	36	35	34	40	38	36	18	18	18	29	28	27	26	17	22
21	27	28	27	26	24	25	40	40	39	38	36	34	34	34	34	33	32	31	41	39	38	18	18	18	29	28	28	27	17	22
22	24	27	24	24	24	24	37	38	37	36	35	33	33	34	34	33	32	31	41	39	38	18	18	18	30	29	28	27	17	22
23	25	26	24	25	22	22	45	46	45	43	42	40	40	41	41	39	39	37	39	37	35	17	17	17	28	27	26	25	16	20
24	29	29	27	28	24	23	37	38	37	36	35	31	32	33	32	31	30	29	39	37	35	17	17	18	28	27	27	25	17	21
25	29	31	29	30	24	24	42	40	39	37	37	33	34	34	33	32	30	29	40	38	37	18	18	18	29	28	27	26	17	22
26	23	26	22	21	22	21	33	35	35	34	32	29	31	32	31	30	30	29	40	38	36	19	20	19	30	29	28	26	18	22
27	24	28	26	27	23	23	39	39	39	37	36	33	34	35	34	33	32	31	42	40	38	19	20	19	31	30	29	28	18	23
28	24	28	26	27	23	23	39	39	39	37	36	33	34	35	34	33	32	31	41	39	37	18	18	18	29	29	28	27	17	22
29	25	28	24	23	26	29	41	42	40	39	37	37	33	34	34	33	32	31	39	37	36	17	17	17	28	27	26	25	16	21
30	26	25	33	34	27	33	49	47	46	45	43	40	45	46	45	43	42	41	41	39	37	16	17	16	29	28	27	27	15	21
31	24	26	23	23	22	21	33	37	34	34	31	34	22	22	22	22	22	22	42	40	38	19	19	19	30	29	28	28	18	23

Cuadro 2.24A Registro de temperatura en el interior de los tres invernaderos y el ambiente exterior, durante el mes de agosto 2007.

Día	08:00						12:00						16:00						Ambiente exterior											
	Inv 1		Inv 2		Inv 3		Inv 1		Inv 2		Inv 3		Inv 1		Inv 2		Inv 3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	Insivumeh		
	T ins	Max	Max	Max	Min	Min	Min	Me	Me	Me	Max	Min	Me																	
1	27	31	28	31	23	22	32	36	33	33	31	33	27	29	30	31	29	31	41	39	37	20	19	19	30	29	28	27	18	22
2	27	31	31	31	25	28	31	34	31	31	30	31	27	29	27	27	26	27	40	38	36	19	18	18	30	28	27	26	17	22
3	28	28	32	32	26	29	41	42	40	39	37	37	33	34	34	33	32	31	40	38	36	19	19	19	30	28	27	26	17	22
4	27	30	30	31	25	26	35	37	35	34	33	34	29	31	30	30	29	30	41	39	37	19	19	19	30	29	28	27	17	22
5	26	25	23	20	21	19	24	23	24	23	23	24	29	24	23	23	22	23	41	39	37	19	19	19	30	29	28	27	17	22
6	28	30	25	24	25	23	29	27	29	27	29	29	29	29	28	28	26	27	39	37	35	19	19	19	29	28	27	25	17	21
7	26	27	25	26	25	25	30	33	30	31	29	30	28	27	26	25	25	24	40	38	36	19	19	19	30	28	27	26	17	22
8	23	27	25	26	25	25	30	33	30	31	29	30	29	29	27	26	25	27	41	39	37	19	19	19	30	29	28	27	17	22
9	26	24	23	23	23	23	29	32	29	30	28	29	27	29	27	27	26	27	40	38	36	19	18	18	30	28	27	26	17	22
10	28	29	27	28	26	27	31	34	31	31	30	31	27	29	27	27	26	27	41	39	37	20	19	19	30	29	28	27	18	22
11	29	28	27	27	24	25	31	33	31	31	30	31	29	29	28	28	27	27	41	39	37	18	18	18	29	28	27	27	16	21
12	28	29	27	27	24	25	31	33	31	31	30	31	29	29	28	28	27	27	41	39	37	19	19	19	30	29	28	27	17	22
13	23	26	33	35	23	33	31	35	27	31	32	29	31	32	31	30	30	29	38	36	34	18	18	18	28	27	26	24	17	21
14	25	27	24	22	24	21	31	34	31	31	30	31	27	29	30	31	29	31	38	36	34	17	18	18	28	27	26	24	16	20
15	27	29	26	25	28	31	39	41	41	40	37	39	45	35	35	33	32	34	39	37	35	18	19	19	29	28	27	25	17	21
16	25	33	29	31	27	27	31	35	38	34	37	33	27	29	27	27	26	27	39	37	35	19	19	19	29	28	27	25	18	21
17	25	31	25	23	24	24	42	40	39	37	37	33	34	34	33	32	30	29	40	38	36	18	18	18	29	28	27	26	17	21
18	23	26	22	21	23	22	33	35	35	34	32	29	31	32	31	30	30	29	40	38	36	16	17	17	28	27	26	26	15	21
19	27	28	25	23	24	25	32	34	33	32	31	31	30	30	29	29	28	28	41	39	37	17	18	18	29	28	27	27	16	22
20	34	33	32	33	31	32	31	35	38	34	32	35	27	29	30	31	29	31	42	40	38	17	17	17	29	28	27	28	16	22
21	28	30	30	30	24	24	33	37	34	34	31	34	34	34	33	32	30	29	36	34	32	18	19	19	27	26	25	22	17	19
22	27	30	29	26	28	26	31	34	31	31	30	31	27	29	27	27	26	27	39	37	35	18	18	18	28	27	26	25	16	21
23	29	29	28	28	25	26	32	35	33	32	31	32	30	30	29	29	28	28	37	35	33	17	17	17	27	26	25	23	16	19
24	28	28	27	28	25	25	32	34	33	32	31	31	29	30	29	29	27	28	34	32	30	17	17	17	26	25	24	20	16	18
25	27	29	28	28	25	26	32	35	33	32	31	32	30	30	29	29	28	28	39	37	35	17	17	17	28	27	26	25	15	20
26	28	29	28	28	25	26	32	34	33	32	31	32	30	30	29	29	28	28	40	38	36	19	19	19	29	28	27	26	17	22
27	23	26	33	35	23	33	31	35	27	31	32	29	31	32	31	30	30	29	41	39	37	19	19	19	30	29	28	27	17	22
28	23	27	25	26	25	25	30	33	30	31	29	30	28	27	26	25	25	24	40	38	36	18	18	18	29	28	27	26	16	21
29	32	31	32	30	30	33	31	35	38	34	32	35	27	29	30	31	29	31	39	37	35	18	18	18	29	28	27	25	17	21
30	24	24	24	22	24	21	31	34	31	31	30	31	27	29	30	31	29	31	38	36	34	18	18	18	28	27	26	24	17	20
31	27	28	25	30	30	25	27	29	27	30	23	26	24	26	24	27	27	26	39	37	35	18	18	18	29	28	27	25	17	21

Cuadro 2.27A Registro de humedad relativa en el interior de los tres invernaderos y el ambiente exterior, durante el mes de mayo 2007.

Día	8:00 horas						12:00 horas						16:00 horas						In1	In2	In3	In1	In2	In3	Insi			
	Inv 1		Inv 2		Inv 3		Inv 1		Inv 2		Inv 3		Inv 1		Inv 2		Inv 3											
	H	ins	H	ins	H	ins	H	ins	H	ins	H	ins	H	ins	H	ins	H	ins								max	max	max
1	32	33	31	31	29	31	29	31	24	30	26	30	37	42	37	42	36	41	64	72	73	8	10	10	36	41	41	69
2	29	29	31	29	29	29	23	24	24	22	21	23	25	26	26	25	26	26	83	91	92	11	12	13	47	52	52	83
3	29	29	28	29	27	28	31	35	32	34	30	33	39	41	38	42	36	41	81	89	89	10	12	12	45	50	51	81
4	32	33	31	33	31	32	30	33	30	34	28	32	33	33	34	34	33	33	81	89	89	10	12	12	45	50	51	81
5	38	38	35	38	34	37	32	33	31	33	29	32	38	38	39	39	37	39	79	87	87	10	12	12	45	49	49	80
6	29	29	28	29	27	28	31	35	32	34	30	33	39	41	38	42	36	41	82	93	93	10	12	12	46	53	53	82
7	50	53	49	56	46	53	29	32	29	31	27	30	42	39	43	39	41	38	70	81	81	9	11	11	39	46	46	75
8	67	52	78	53	51	55	21	15	18	15	18	15	27	18	32	17	18	17	92	94	87	12	13	9	52	53	48	72
9	31	31	28	27	27	27	26	28	26	28	24	27	32	33	31	34	29	33	58	66	69	7	9	9	32	38	39	66
10	17	17	24	14	14	15	26	19	28	20	17	20	29	27	30	22	16	20	80	86	76	12	13	10	46	49	43	76
11	24	17	33	15	18	17	16	14	20	12	11	12	34	29	39	29	19	28	84	88	84	7	15	11	46	52	48	75
12	31	31	29	32	28	31	38	40	39	39	36	38	34	34	35	34	33	34	94	94	94	12	14	14	53	54	54	91
13	26	26	24	27	24	26	32	34	33	33	30	32	29	28	29	28	28	29	67	98	98	8	10	10	38	54	54	71
14	42	32	51	31	31	33	20	15	28	15	15	16	44	34	48	34	26	32	76	88	77	11	14	6	44	51	42	70
15	26	26	24	26	23	25	32	34	32	33	30	32	28	28	28	28	27	28	66	94	95	8	10	10	37	52	53	70
16	26	26	24	27	24	26	32	34	32	33	30	32	28	28	29	28	27	28	66	72	99	8	10	10	37	41	55	70
17	48	36	62	45	36	38	28	17	40	17	20	18	29	17	32	14	18	17	43	48	50	10	13	11	27	31	31	73
18	38	38	35	38	34	37	32	33	31	33	29	32	38	38	39	39	37	39	72	76	79	9	10	11	41	43	45	73
19	38	38	35	38	34	37	32	33	31	33	29	32	38	38	39	39	37	39	71	74	78	9	10	11	40	42	44	72
20	38	38	35	39	35	38	32	33	31	33	29	32	38	38	39	38	37	38	68	72	75	9	10	10	39	41	43	70
21	40	40	37	40	36	39	32	34	32	33	30	32	39	39	40	39	38	39	94	95	96	10	12	12	52	53	54	80
22	15	13	23	10	11	11	14	11	17	12	11	12	33	25	40	27	20	23	80	81	91	10	13	11	45	47	51	73
23	14	10	20	11	9	12	15	11	18	12	11	12	30	20	36	20	16	19	81	88	79	12	14	15	47	51	47	66
24	38	38	35	38	34	37	32	33	31	33	29	32	38	38	39	39	37	39	94	95	96	9	10	10	51	52	53	70
25	37	39	33	38	33	37	16	12	20	12	11	12	19	14	28	14	13	14	67	70	71	8	10	10	38	40	40	69
26	52	54	46	54	47	52	33	35	30	34	32	35	40	41	42	40	40	41	81	97	96	10	11	12	45	54	54	79
27	52	54	46	53	47	51	32	34	29	33	32	35	40	42	43	41	40	42	81	97	96	13	14	14	47	56	55	94
28	51	53	46	52	46	50	31	34	29	32	32	35	40	42	42	41	40	42	93	96	99	12	13	13	52	55	56	88
29	50	52	44	51	45	49	30	33	28	32	30	33	38	39	40	38	38	40	89	92	94	11	13	13	50	52	54	85
30	49	50	43	50	44	48	30	32	28	31	30	33	37	39	40	38	38	39	94	94	96	11	13	13	53	53	55	86
31	60	49	76	49	50	49	42	32	59	34	31	32	65	53	79	57	49	51	94	94	96	11	13	13	53	53	55	93

Cuadro 2.29A Registro de humedad relativa en el interior de los tres invernaderos y el ambiente exterior, durante el mes de julio 2007.

Día	08:00						12:00						16:00															
	In1	In1	In2	In2	In3	In3	In1	In1	In2	In2	In3	In3	In1	In1	In2	In2	In3	In3	In1	In2	In3	In1	In2	In3	In1	In2	In3	Insi
	H ins	max	max	max	min	min	min	med	med	med	Med																	
1	50	59	49	47	43	49	32	34	32	32	30	30	48	50	48	48	46	46	87	95	91	11	13	12	49	54	52	86
2	20	18	33	16	34	31	25	31	24	28	29	26	46	48	46	45	45	43	86	94	90	11	13	12	48	53	51	85
3	48	48	45	48	35	41	26	27	26	29	22	26	37	41	37	41	33	41	85	93	89	11	13	12	48	53	50	84
4	57	57	52	50	42	50	31	33	32	34	27	32	45	49	45	49	40	49	83	91	87	11	12	12	47	52	50	83
5	23	19	28	19	37	31	18	16	28	20	30	27	42	46	42	46	37	46	58	87	87	7	9	8	32	48	48	64
6	41	47	40	45	41	59	28	31	24	28	32	31	51	52	51	50	49	47	74	93	93	9	11	11	42	52	52	76
7	45	51	45	43	44	48	35	36	34	34	32	31	51	51	51	49	48	47	70	78	74	9	11	10	39	44	42	73
8	50	59	49	43	43	49	34	36	34	33	32	31	51	51	51	49	48	47	74	82	83	9	11	11	42	47	47	76
9	45	49	43	41	46	51	37	38	36	35	33	33	50	51	50	49	48	47	66	74	75	8	10	10	37	42	43	70
10	43	54	49	54	43	43	30	33	31	31	28	31	33	33	33	33	33	33	72	81	82	9	11	11	41	46	47	75
11	61	59	49	49	45	45	28	31	24	28	29	26	46	48	46	45	45	43	74	82	83	9	11	11	42	47	47	76
12	23	24	38	28	36	34	30	31	31	31	29	26	46	48	46	45	45	43	64	72	74	8	10	10	36	41	42	69
13	58	58	53	55	44	47	36	36	35	34	33	31	52	53	52	50	49	48	81	98	98	10	12	12	45	55	55	81
14	41	47	40	45	41	59	28	31	24	28	29	26	46	48	46	45	45	43	85	95	95	11	13	13	48	54	54	84
15	59	58	57	58	46	51	37	38	36	35	33	33	59	59	58	57	54	52	95	94	95	12	14	14	54	54	55	92
16	56	58	59	61	49	59	44	42	42	40	39	36	67	68	68	65	63	61	64	72	99	8	10	10	36	41	55	69
17	54	54	54	54	43	43	30	33	31	31	28	31	51	50	49	48	45	43	81	89	90	10	12	12	45	50	51	81
18	18	17	30	29	30	29	34	34	33	32	31	30	67	68	68	65	63	61	91	91	91	12	14	14	51	52	52	89
19	52	54	54	59	43	50	41	41	40	39	37	36	33	33	33	33	33	33	78	86	89	10	12	12	44	49	51	79
20	48	53	56	59	46	51	37	38	36	36	34	33	55	56	55	54	52	50	79	87	91	10	12	12	45	50	52	80
21	49	50	49	47	43	44	36	36	35	34	33	31	51	51	51	49	48	47	94	95	96	10	12	12	52	53	54	80
22	43	49	43	43	43	44	34	34	33	32	31	30	50	51	51	49	48	47	82	96	96	10	12	13	46	54	54	82
23	31	30	41	41	44	49	41	41	40	39	37	36	60	61	61	59	58	56	89	96	96	11	13	14	50	55	55	87
24	33	32	58	58	47	54	35	37	63	47	48	56	15	19	32	28	25	29	94	95	96	11	13	13	53	54	55	86
25	31	22	42	29	44	47	30	31	31	31	29	26	46	48	46	45	45	43	87	95	99	11	13	13	49	54	56	86
26	34	33	53	41	45	52	17	16	27	21	27	31	18	20	37	28	29	31	82	97	96	10	12	13	46	55	54	82
27	43	50	47	49	42	41	35	35	35	34	32	30	51	52	51	49	48	47	76	85	88	10	12	12	43	48	50	78
28	43	50	47	49	42	41	35	35	35	34	32	30	51	52	51	49	48	47	91	90	93	12	14	14	51	52	54	89
29	45	49	43	41	46	51	37	38	36	35	33	33	50	51	50	49	48	47	87	95	95	11	13	14	49	54	54	86
30	24	19	25	21	41	36	44	42	42	40	39	36	67	68	68	65	63	61	94	94	96	10	12	13	52	53	55	81
31	27	22	31	29	35	35	30	33	31	31	28	31	33	33	33	33	33	33	94	94	96	10	12	13	52	53	55	75

Cuadro 2.30A Registro de la humedad relativa en el interior de los tres invernaderos y el ambiente exterior, durante el mes de agosto 2007.

Día	08:00						12:00						16:00															
	In1 H ins	In1 H ins	In2 H ins	In2 H ins	In3 H ins	In3 H ins	In1 H ins	In1 H ins	In2 H ins	In2 H ins	In3 H ins	In3 H ins	In1 H ins	In1 H ins	In2 H ins	In2 H ins	In3 H ins	In3 H ins	In1 Max	In2 Max	In3 Max	In1 Min	In2 Min	In3 Min	In1 Me	In2 Me	In3 Me	Insi Me
1	29	20	34	25	35	42	15	16	25	19	21	18	39	42	43	44	42	44	74	82	82	9	11	11	42	47	47	76
2	21	19	28	25	31	20	15	17	28	24	22	18	39	42	39	39	37	39	74	82	82	9	11	11	42	47	47	76
3	40	39	45	46	37	41	59	60	58	57	53	53	48	48	48	47	46	45	59	67	67	7	9	9	33	38	38	65
4	39	43	43	45	35	38	50	53	50	49	47	48	42	44	43	43	42	43	78	86	86	10	12	12	44	49	49	79
5	37	36	33	29	30	27	35	32	35	32	32	35	42	35	33	33	31	32	87	87	87	11	13	13	49	50	50	86
6	31	24	51	46	39	40	20	20	33	35	24	23	42	42	40	40	37	39	93	93	93	12	14	14	52	53	53	90
7	37	38	36	37	35	36	43	47	43	44	42	43	40	39	37	36	36	34	68	79	80	9	11	11	39	45	45	74
8	30	83	33	40	29	29	43	47	43	44	42	43	19	20	30	29	22	20	72	83	84	9	11	11	41	47	48	77
9	32	33	48	43	34	41	16	18	30	25	24	19	39	42	39	39	37	39	72	81	84	9	11	11	41	46	48	77
10	34	24	34	30	30	23	44	49	44	44	43	44	39	42	39	39	37	39	82	91	94	10	12	13	46	52	53	84
11	42	40	38	39	35	35	45	47	45	44	43	44	41	42	40	40	38	39	82	91	94	10	12	13	46	52	53	84
12	40	42	38	39	35	35	45	47	45	44	43	44	41	42	40	40	38	39	85	91	94	11	12	13	48	52	53	84
13	33	37	47	50	33	47	44	50	39	44	46	42	44	46	44	43	43	42	98	98	98	12	14	15	55	56	56	94
14	38	51	56	57	44	63	44	49	44	44	43	44	39	42	43	44	42	44	97	95	95	12	14	14	55	55	55	93
15	39	42	37	36	40	44	56	59	59	57	53	56	64	50	50	47	46	49	94	94	95	12	14	14	53	54	55	91
16	28	19	37	30	30	29	15	16	20	18	15	17	39	42	43	44	42	44	93	99	99	12	13	14	52	56	56	90
17	36	44	36	33	34	34	60	58	57	53	53	48	48	48	47	46	43	42	83	87	90	11	12	12	47	49	51	81
18	33	37	32	30	33	32	47	50	50	49	46	42	44	46	44	43	43	42	83	87	90	11	12	12	47	49	51	81
19	39	40	36	33	35	36	46	49	47	46	45	45	43	43	42	41	40	40	76	80	83	10	11	11	43	45	47	76
20	16	13	20	18	19	17	44	50	54	49	14	15	39	42	28	28	20	21	72	76	79	9	10	11	41	43	45	73
21	39	43	42	37	40	37	44	49	44	44	43	44	39	42	39	39	37	39	94	95	96	13	14	14	53	55	55	93
22	27	24	37	45	30	31	44	49	44	44	43	44	39	42	39	39	37	39	95	96	96	12	13	14	54	55	55	90
23	40	41	39	40	35	36	46	49	47	46	44	45	42	43	41	41	39	40	95	96	96	12	13	14	54	55	55	90
24	39	41	40	40	36	37	46	50	47	46	45	46	43	43	42	42	40	41	94	95	96	13	14	14	53	55	55	93
25	40	41	40	40	36	37	46	49	47	46	45	45	43	43	42	41	40	41	90	93	94	11	13	13	51	53	53	86
26	33	37	47	50	33	47	44	50	39	44	46	42	44	46	44	43	43	42	95	97	96	12	13	14	54	55	55	90
27	33	38	36	37	35	36	43	47	43	44	42	43	40	39	37	36	36	34	94	97	98	12	13	13	53	55	56	89
28	46	44	46	43	43	47	44	50	54	49	46	50	39	42	43	44	42	44	87	91	93	11	12	13	49	52	53	84
29	34	34	34	32	34	30	44	49	44	44	43	44	39	42	43	44	42	44	83	87	89	11	12	12	47	49	51	81
30	39	41	36	42	42	36	38	42	39	43	33	38	34	37	34	39	38	37	94	94	96	12	14	14	53	54	55	91

Cuadro 2.31A Registro de humedad relativa en el interior de los tres invernaderos y el ambiente exterior, durante el mes de septiembre 2007.

Día	08:00						12:00						16:00															
	In1	In1	In2	In2	In3	In3	In1	In1	In2	In2	In3	In3	In1	In1	In2	In2	In3	In3	In1	In2	In3	In1	In2	In3	In1	In2	In3	Insi
	H ins	max	max	max	min	Min	min	me	me	me	Me																	
1	50	54	56	50	55	48	39	37	39	36	37	35	47	46	50	47	46	50	94	94	94	12	14	14	53	54	54	91
2	46	50	52	46	53	46	35	33	38	35	36	34	39	41	39	39	41	39	94	94	94	12	14	14	53	54	54	91
3	45	49	51	45	55	48	34	33	37	34	35	33	38	40	38	38	40	38	82	90	90	10	12	12	46	51	51	82
4	38	42	44	38	54	47	34	32	36	33	34	32	43	48	43	43	48	43	81	89	89	10	12	12	45	50	51	81
5	50	54	56	50	44	37	38	36	39	36	36	34	39	41	39	39	41	39	85	87	87	11	13	13	48	50	50	84
6	48	52	54	48	64	57	36	34	38	35	37	35	45	45	45	45	45	45	81	93	93	10	12	12	45	53	53	81
7	48	52	54	48	46	39	34	32	38	35	35	33	32	32	31	32	32	31	89	95	97	11	13	13	50	54	55	87
8	41	45	47	41	69	62	35	30	37	34	34	32	32	34	32	32	34	32	92	93	94	12	14	14	52	53	54	90
9	46	50	52	46	55	48	35	33	38	35	36	34	39	41	40	39	41	40	89	97	99	11	13	13	50	55	56	88
10	45	49	51	45	55	48	36	33	38	35	35	33	38	40	38	38	40	38	93	94	95	12	14	14	53	54	55	91
11	48	52	54	48	55	48	32	30	36	32	34	32	35	33	39	35	33	39	87	94	97	11	13	13	49	53	55	86
12	44	48	50	44	57	50	34	32	35	31	33	31	39	40	38	39	40	38	88	95	98	11	13	13	50	54	56	87
13	50	54	56	50	55	48	35	32	35	31	34	31	35	35	35	35	35	35	87	98	98	11	13	13	49	55	56	86
14	37	39	43	37	45	38	32	30	35	31	35	32	32	32	34	32	32	34	80	95	95	10	12	12	45	53	54	81
15	48	50	54	48	57	50	32	30	34	30	35	32	30	34	32	30	34	32	88	94	95	11	13	14	50	54	54	89
16	46	48	52	46	55	48	35	33	38	34	36	33	38	39	38	38	39	38	71	80	99	9	11	11	40	45	55	76
17	45	47	51	45	55	48	34	32	37	33	36	33	37	38	37	37	38	37	72	81	85	9	11	12	40	46	48	77
18	33	35	36	33	52	47	32	31	35	31	34	31	37	38	37	37	38	37	66	76	79	8	10	11	37	43	45	73
19	48	50	51	48	61	55	37	31	35	31	34	31	42	35	41	42	35	41	79	88	91	10	12	12	44	50	52	82
20	51	53	54	51	61	55	31	30	34	30	33	30	35	35	34	35	35	34	88	96	97	11	13	14	50	55	55	89
21	50	52	53	50	71	66	34	38	38	34	39	36	42	32	33	42	32	33	94	95	96	10	12	12	52	53	54	81
22	45	47	48	45	50	45	33	30	35	31	33	34	37	40	35	37	40	35	79	96	96	10	12	12	44	54	54	82
23	45	47	48	45	54	49	36	41	37	33	32	33	38	38	38	38	38	38	83	96	96	10	13	13	47	54	54	85
24	45	47	48	45	54	49	33	32	37	33	32	33	37	38	37	37	38	37	94	95	96	10	13	12	52	54	54	84
25	50	52	53	50	56	51	35	34	37	33	32	33	40	39	40	40	39	40	87	95	97	11	14	13	49	55	55	88
26	50	52	53	50	56	51	34	33	37	33	32	33	37	38	36	37	38	36	81	97	96	10	13	12	46	55	54	84
27	48	50	51	48	59	54	33	32	37	33	31	32	37	37	36	37	37	36	81	98	91	10	13	12	46	56	52	84
28	61	63	64	61	65	59	41	40	45	41	42	43	41	40	39	41	40	39	88	88	88	11	14	14	50	51	51	89
29	50	52	53	50	56	51	41	40	44	40	37	38	39	39	40	39	39	40	71	87	82	9	12	11	40	50	47	76
30	47	49	50	47	55	50	34	33	38	34	32	33	38	38	38	38	38	38	94	94	96	11	14	13	52	54	55	86

Cuadro 2.32A Registro de la actividad fotosintética durante los meses de abril a septiembre 2007.

Lectura Spad										mg Clorofila/m ² de hoja									
Día	8:00 horas			12:00 horas			16:00 horas			Días	8:00 horas			12:00 horas			16:00 horas		
	Inv 1	Inv 2	Inv 3	Inv 1	Inv 2	Inv 3	Inv 1	Inv 2	Inv 3		Inv 1	Inv 2	Inv 3	Inv 1	Inv 2	Inv 3	Inv 1	Inv 2	Inv 3
1	521	510	517	548	580	622	480	510	532	1	268	262	266	281	297	318	247	262	273
11	555	573	555	573	646	628	510	501	536	11	285	294	285	294	330	321	262	258	275
20	635	566	618	583	616	632	615	632	652	20	325	290	316	299	315	323	315	323	333
29	645	656	683	613	628	637	614	636	639	29	330	335	349	314	321	326	314	325	327
39	648	643	689	720	741	756	691	737	707	39	331	329	352	367	378	385	353	376	361
50	647	660	672	751	769	789	695	702	721	50	331	337	343	383	392	383	355	358	368
60	680	710	748	783	790	810	672	663	698	60	347	362	381	399	402	412	343	339	356
71	649	681	711	800	821	860	639	695	695	71	332	348	363	407	418	437	327	355	355
81	659	684	707	807	847	858	747	777	796	81	337	350	361	411	431	436	381	396	405
90	689	692	710	869	873	890	741	775	769	90	352	353	362	442	444	452	378	395	392
99	690	721	740	805	849	872	645	650	686	99	352	368	377	410	432	443	330	332	350
111	673	701	722	809	825	844	698	715	715	111	344	358	368	412	420	429	357	365	365
120	663	681	682	824	831	863	628	646	675	120	339	348	348	419	423	439	321	330	345
130	595	614	646	750	786	811	678	671	701	130	305	314	330	382	400	413	346	343	358
141	610	610	672	811	833	854	624	632	671	141	312	312	343	413	424	434	319	323	343
151	599	629	640	801	819	835	615	666	699	151	307	322	327	408	417	425	315	340	357
160	563	590	601	792	869	857	653	657	659	160	289	302	308	403	442	436	334	336	337

Cuadro 2.33A Coeficientes de correlación lineal de la temperatura de cada invernadero y la temperatura del ambiente.

Mes	Invernadero 1			Invernadero 2			Invernadero 2			Valor	Valor
	Tmx	Tmi	Tm	Tmx	Tmi	Tm	Tmx	Tmi	Tm	max	Min
abr-07	0.19	0.56	0.59	0.49	0.55	0.85	0.50	0.53	0.82	0.85	0.19
may-07	0.79	-0.02	0.57	0.80	-0.01	0.67	0.77	0.03	0.45	0.80	-0.02
jun-07	0.95	0.88	0.93	0.94	0.81	0.98	0.85	0.78	0.84	0.98	0.78
jul-07	1.00	0.76	0.94	1.00	0.69	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	0.69
ago-07	1.00	0.91	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91
sep-07	0.83	0.86	0.84	0.94	0.83	0.92	0.94	0.84	0.94	0.94	0.83

Cuadro 2.34A Comparación de la temperatura media mensual entre cada invernadero.

Mes	Invernadero 1			Invernadero 2			Invernadero 3			Ambiente			Valor	Valor
	Tmx	Tmi	Tm	Tmx	Tmi	Tm	Tmx	Tmi	Tm	Tmx	Tmi	Tm	max	Min
abr-07	43	18	30	42	18	30	40	18	29	26	17	23	43	17
may-07	41	19	30	39	19	29	39	19	29	28	17	22	41	17
jun-07	40	17	29	38	17	28	37	17	27	26	17	21	40	17
jul-07	40	17	29	38	17	28	37	18	27	26	17	22	40	17
ago-07	39	18	29	37	18	28	35	18	27	25	17	21	39	17
sep-07	42	16	29	42	16	29	41	17	29	25	16	21	42	16

Cuadro 2.35A Comparación de la humedad relativa media mensual entre cada invernadero.

Mes	Invernadero 1			Invernadero 2			Invernadero 3			Ambiente			Valor	Valor
	Hmx	Hmi	Hm	Hmx	Hmi	Hm	Hmx	Hmi	Hm	Hmx	Hmi	Hm	max	min
abr-07	81	14	47	83	14	48	82	14	48	72			83	14
may-07	78	10	44	85	12	49	86	11	49	77			86	10
jun-07	80	10	45	90	12	51	90	12	51	81			90	10
jul-07	81	10	46	89	12	51	90	12	51	80			90	10
ago-07	85	11	48	89	12	51	90	13	51	84			90	11
sep-07	85	11	48	92	13	52	93	13	53	84			93	11

Cuadro 2.36A Rendimiento de primera calidad por cada repetición.

Invernadero 1			Invernadero 2			Invernadero 3		
R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1.1	1.2	1.1	38.8	45.0	41.2	41.8	48.4	44.4
25.6	29.6	27.1	28.0	32.4	29.7	3.2	3.8	3.4
51.0	59.1	54.2	8.8	10.2	9.4	36.9	42.7	39.1
4.0	4.6	4.2	33.4	38.7	35.4	58.1	67.3	61.7
19.8	22.9	21.0	48.0	55.6	51.0	49.3	57.1	52.3
15.0	17.3	15.9	18.9	21.8	20.0	36.5	42.3	38.7
44.8	51.9	47.6	95.3	110.4	101.2	117.2	135.7	124.4
20.2	23.4	21.4	12.1	14.1	12.9	21.3	24.7	22.6
16.1	18.6	17.1	18.1	20.9	19.2	23.4	27.1	24.9
13.3	15.4	14.1	21.1	24.4	22.4	13.3	15.4	14.1
7.1	8.2	7.5	18.1	21.0	19.3	51.1	59.2	54.2
11.2	12.9	11.8	19.7	22.8	20.9	28.9	33.5	30.7
14.2	16.4	15.1	13.4	15.5	14.2	28.2	32.6	29.9
6.4	7.4	6.8	5.6	6.5	5.9	12.3	14.2	13.0
1.7	2.0	1.8	10.7	12.3	11.3	6.4	7.4	6.8

Cuadro 2.37A Rendimiento de segunda calidad por cada repetición.

Corte	Invernadero 1			Invernadero 2			Invernadero 3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	1.3	1.5	1.3	17.5	20.3	18.6	17.6	20.4	18.7
2	18.1	20.9	19.2	28.5	33.0	30.3	2.8	3.3	3.0
3	35.0	40.5	37.2	17.9	20.7	19.0	28.4	32.9	30.1
4	7.5	8.7	7.9	32.9	38.1	34.9	53.5	62.0	56.8
5	34.3	39.7	36.4	76.1	88.1	80.8	56.1	65.0	59.6
6	11.0	12.8	11.7	13.0	15.0	13.8	31.3	36.3	33.3
7	27.2	31.5	28.8	38.3	44.3	40.6	6.2	7.2	6.6
8	26.7	30.9	28.3	29.4	34.0	31.2	19.1	22.1	20.2
9	20.9	24.2	22.2	31.2	36.1	33.1	22.6	26.2	24.0
10	70.2	81.3	74.5	27.1	31.4	28.8	11.4	13.2	12.1
11	21.2	24.5	22.5	33.7	39.1	35.8	50.7	58.7	53.8
12	10.6	12.3	11.2	27.5	31.9	29.2	39.5	45.8	42.0
13	17.9	20.8	19.0	27.8	32.2	29.5	31.3	36.3	33.3
14	12.1	14.0	12.8	14.3	16.5	15.1	19.8	22.9	21.0
15	5.8	6.7	6.1	32.9	38.1	34.9	14.1	16.3	15.0

Cuadro 2.38A Rendimiento de tercera calidad por cada repetición.

Corte	Invernadero 1			Invernadero 2			Invernadero 3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	1.3	1.5	1.3	6.4	7.4	6.7	5.5	6.4	5.8
2	5.6	6.5	6.0	11.9	13.8	12.7	2.3	2.6	2.4
3	22.3	25.8	23.7	0.0	0.0	0.0	13.5	15.6	14.3
4	6.6	7.7	7.0	16.1	18.6	17.1	22.3	25.8	23.7
5	15.7	18.1	16.6	16.4	19.0	17.4	27.5	31.9	29.2
6	9.3	10.8	9.9	7.5	8.7	7.9	12.1	14.1	12.9
7	13.1	15.2	13.9	17.2	19.9	18.2	16.2	18.8	17.2
8	2.8	3.3	3.0	5.2	6.0	5.5	7.8	9.0	8.2
9	18.1	20.9	19.2	24.1	28.0	25.6	19.3	22.4	20.5
10	49.1	56.8	52.1	12.1	14.0	12.8	17.3	20.0	18.4
11	10.6	12.3	11.2	15.7	18.1	16.6	22.9	26.5	24.3
12	10.7	12.3	11.3	20.2	23.4	21.4	19.9	23.1	21.1
13	13.0	15.0	13.8	22.5	26.1	23.9	16.7	19.3	17.7
14	10.7	12.4	11.4	17.7	20.4	18.7	10.2	11.9	10.9
15	10.7	12.4	11.4	36.1	41.9	38.4	14.5	16.8	15.4

Cuadro 2.39A Rendimiento de cuarta calidad por cada repetición.

Corte	Invernadero 1			Invernadero 2			Invernadero 3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	1.1	1.3	1.2	2.8	3.3	3.0	1.4	1.6	1.5
2	2.4	2.8	2.5	4.1	4.7	4.3	1.6	1.8	1.6
3	0.0	0.0	0.0	16.4	19.0	17.4	0.0	0.0	0.0
4	5.6	6.5	6.0	6.8	7.8	7.2	8.2	9.5	8.7
5	5.6	6.5	6.0	7.9	9.2	8.4	8.5	9.8	9.0
6	6.1	7.0	6.4	0.0	0.0	0.0	8.5	9.8	9.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	15.5	14.2
8	8.5	9.8	9.0	9.6	11.1	10.2	8.9	10.3	9.4
9	6.8	7.8	7.2	9.3	10.8	9.9	11.3	13.1	12.0
10	20.2	23.4	21.4	6.8	7.8	7.2	5.1	5.9	5.4
11	12.7	14.7	13.5	0.0	0.0	0.0	8.5	9.8	9.0
12	4.2	4.9	4.5	8.0	9.3	8.5	7.5	8.7	7.9
13	7.9	9.2	8.4	10.0	11.6	10.6	9.4	10.9	10.0
14	4.2	4.9	4.5	8.3	9.6	8.8	5.3	6.1	5.6
15	8.8	10.1	9.3	12.4	14.3	13.1	8.0	9.3	8.5

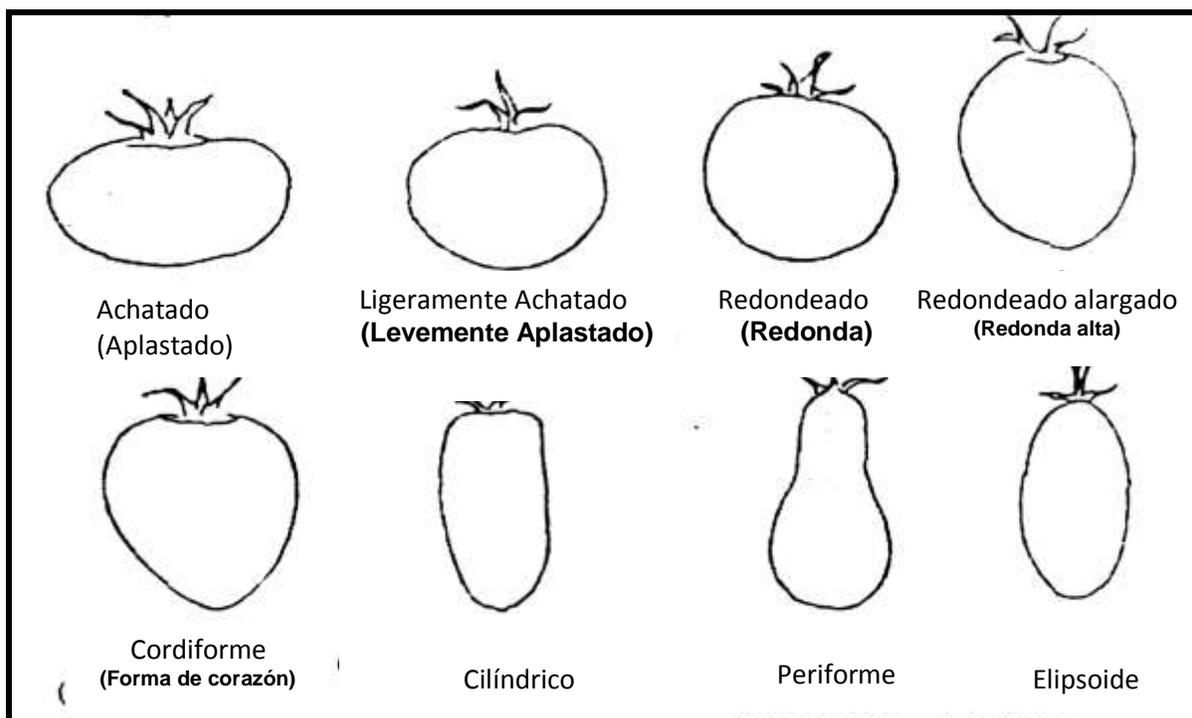
Cuadro 2.40A Determinación de la ecuación para convertir los valores del N-tester a mg de clorofila/m² de hoja.

Date	N tester value	mg de chl/m ² leaf
1	27.3	6.3
2	100.0	62.5
3	109.1	75.0
4	127.3	100.0
5	209.1	112.5
6	327.3	137.5
7	345.5	143.8
8	481.8	268.8
9	509.1	256.3
10	518.2	250.0
11	545.5	256.3
12	672.7	387.5
14	781.8	350.0
15	581.8	293.8
16	572.7	281.3
17	609.1	312.5
18	627.3	325.0
19	636.4	337.5
20	690.9	350.0
21	572.7	337.5
22	672.7	356.3
23	645.5	343.8

Fuente: Centre for plant Nutrition Hanninghof, 2002.

A través de los datos del Cuadro 40A, se obtuvo la siguiente ecuación:

$Y = 0.5001X + 7.3196$, haciendo uso de regresión lineal. Con un coeficiente de correlación del 92%.



Fuente: International Plant Genetic Resources Institute, 1,996.

Figura 2.33A Descriptor para el género *Lycopersicum*, IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute).



CAPITULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

FAUSAC-AGROCYT 032-2004.

5.1 PRESENTACIÓN

En el siguiente informe se presentan los resultados de dos servicios realizados durante el Ejercicio Profesional Supervisado en el proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004 en el período de febrero a noviembre del año 2007, desarrollados en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía.

El primer servicio fue el manejo técnico del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L., el cual consistió en dar todo el apoyo técnico a actividades como: el establecimiento de la plantación en el interior de los tres invernaderos, la implementación de un sistema de riego por goteo, las fertilizaciones, el manejo fitosanitario de la plantación y la cuantificación y clasificación de los frutos.

Como segundo servicio se presenta la divulgación de los resultados obtenidos en la evaluación. Para ello se coordinaron eventos con el fin de dar a conocer los datos registrados durante el proyecto.

La primera actividad fue la coordinación del curso “Diseño de riego por goteo y requerimientos hídricos de los cultivos bajo invernadero” el cual fue realizado en la Facultad de Agronomía e impartido por los expertos cubanos Dr. Lorenzo Camejo y el MSc. Leonel Duarte de la Universidad de Ciego de Ávila.

Otras de las actividades coordinadas fueron las visitas que realizaron instituciones y agricultores al Centro Experimental Docente de Agronomía, lugar donde se estableció la evaluación. Durante estas visitas se explicaron los objetivos de la evaluación, la metodología de la misma y los resultados obtenidos, todo esto a través de recorridos y demostraciones en el interior de los tres invernaderos.

Por último se presentaron los avances de la investigación a un grupo de productores de tomate y chile pimiento bajo invernadero del departamento de Santa Rosa en coordinación con la Asociación Guatemalteca de Exportadores AGEXPORT.

5.2 SERVICIO 1: MANEJO AGROTÉCNICO DEL CULTIVO DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L.

Durante la ejecución del proyecto se realizaron evaluaciones en tomate y chile para determinar la influencia del ambiente climático generado en cada invernadero sobre la productividad de las mismas. Es por eso que el primer servicio dado al proyecto 032-2004 es el manejo agrotécnico del cultivo de tomate como parte de la práctica profesional supervisada.

5.2.1 OBJETIVO

- Realizar las actividades correspondientes al manejo agrotécnico del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L.

5.2.2 METODOLOGÍA

El manejo agronómico del tomate se basó en las experiencias de productores, capacitaciones recibidas y en la revisión de literatura. El manejo que se dio a la plantación de tomate es una combinación entre lo tradicional y lo más avanzado con el fin de que pueda ser un modelo para pequeños y medianos agricultores. Se contrataron dos personas para llevar a cabo todas las actividades propias del cultivo, bajo la supervisión de los investigadores del proyecto.

5.2.3 RESULTADOS

A. Construcción de canales

El primer paso fue la nivelación del terreno (Figura 3.1), específicamente el lugar donde se construirán los canales. Se maneja una inclinación del 4% para facilitar el movimiento del agua a lo largo del canal. Se construyeron 21 canales en cada invernadero ubicados

perpendicular a lo largo del mismo, cada canal cuenta con las siguientes dimensiones 16.8 m de largo, 0.50 m de ancho y 0.40 m de altura (Figura 3.1). Los materiales utilizados para su construcción fueron los siguientes: madera, alambre galvanizado, clavos y plástico de polietileno de color negro (Figura 3.1).



Figura 3.1 Construcción de los canales para el establecimiento de la plantación.

Es importante que la nivelación y la inclinación que se le da a los canales sea la más exacta posible para evitar el estancamiento de agua a lo largo de los mismos, esto con el fin de evitar problemas en sistema radicular de la planta como pudriciones por exceso de humedad en el sustrato.

B. Sustrato utilizado

El material utilizado fue bagazo de caña (Figura 3.2) con previo proceso de degradación. Se realizó una mezcla relación sustrato-arena de 2 a 1. El llenado de canales se dio de la siguiente manera: una primera capa de arena de 10 cm para facilitar el movimiento del agua en el fondo del canal y la segunda formada por el sustrato.



Figura 3.2 Sustrato utilizado para el establecimiento de la plantación.

C. Establecimiento del sistema de riego

El sistema de riego es uno de los aspectos importantes que hay que considerar. Para ello es necesario contar con la fuente de agua y que esta sea de calidad para evitar problemas en la plantación. El sistema de riego utilizado fue el de goteo, por su eficiencia y por adaptarse a la forma en la que se establecerá la plantación. Los accesorios utilizados para la implementación del sistema de riego se describen en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.1 Accesorios necesarios para el establecimiento del sistema de riego por goteo.

Cantidad	Detalle
9	Tubos PVC 2 "
10	Tubos PVC 1 "
5	Tubos PVC 3/4 "
1	Te PVC 2 "
3	Te PVC 1"
2	Adaptadores macho PVC 2"
3	Reducidores de 1 " a 3/4 "
2	Codos PVC 2 "
2	Codos PVC 3/4 "
1	Filtro negro de PVC
124	Conectores plásticos iniciales con empaque
124	Conectores plásticos de ciega a goteo
30 m	Manguera ciega plástica
3	Llaves de paso de 3/4 "
1	Llave de paso de 2 "

El total de accesorios descritos fue necesario para establecer el sistema de riego en los tres invernaderos. En cada canal se colocó una manguera de polietileno (Figura 3.3), con goteros a cada 15 cm y un caudal de erogación del 2 L/hora.

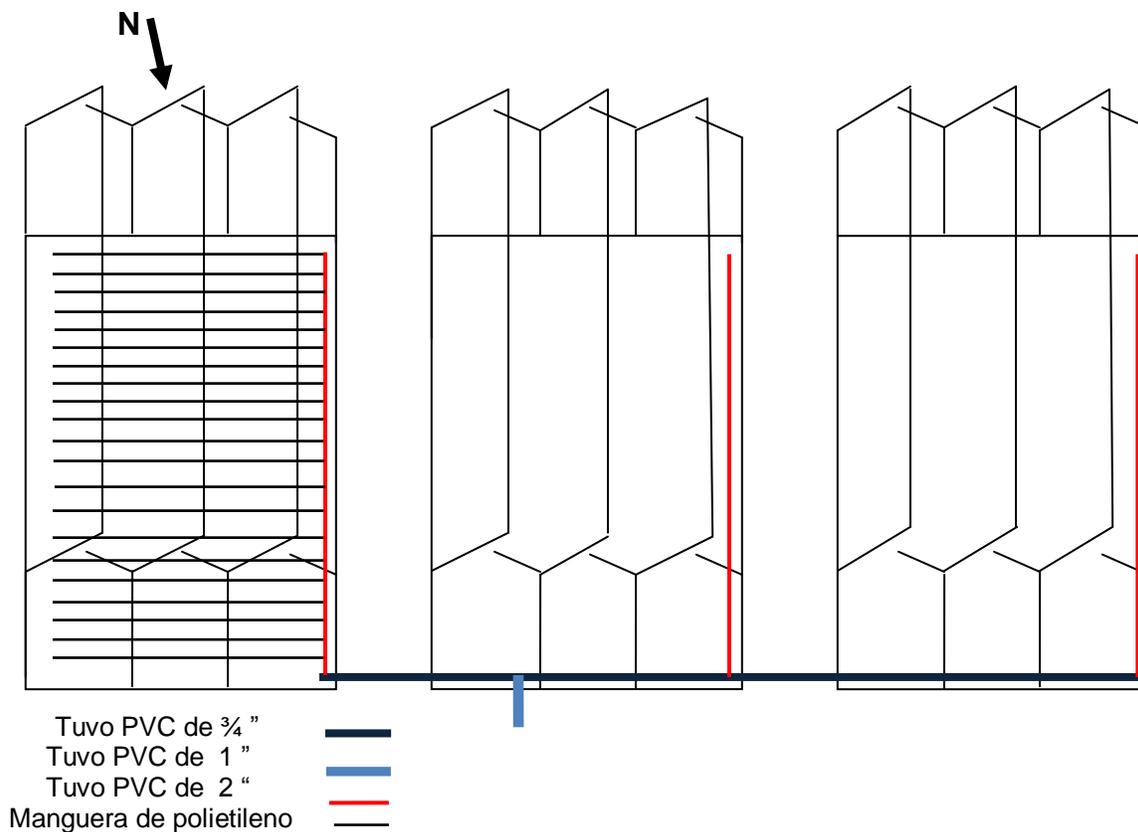


Figura 3.3 Croquis del sistema de riego por goteo instalado en los tres invernaderos.

D. Trasplante y densidad de siembra

La siembra se llevó a cabo en bandejas llenas de sustrato específico para la producción de pilones. El trasplante se llevó a cabo a los 35 días después de la siembra, cuando la plántula contó con 3 hojas verdaderas (unos 12 cm de altura) (Figura 3.4), para soportar las condiciones del campo definitivo.

La densidad utilizada es de 2 plantas/m², en cada canal se trasplantaron 55 plantas, colocadas al tresbolillo (Figura 3.4).



Figura 3.4 Trasplante y densidad de siembra utilizada para el cultivo de tomate.

E. Poda y entutorado

La planta de tomate de crecimiento indeterminado puede alcanzar longitudes que superan los 10 m, pero solo los 2 o 3 m terminales mantiene hojas, flores y frutos (3). La poda y entutorado da una mayor accesibilidad a los trabajadores a esta sección de la planta, para las actividades del cultivo.

Las plantas se manejaron a un solo tallo (Figura 3.5), para ello se eliminaron todos los brotes axilares del tallo principal, permitiendo el crecimiento indefinido de la guía principal hasta su despunte. Es importante que esta poda se realice cuando los brotes se encuentren poco desarrollados para evitar daños en el tallo y un exceso de material vegetal producto de la poda. Una de las ventajas de manejar la plantación a un solo tallo es permitir el mejor desarrollo de los frutos (3).

Otra poda que se realizó fue la de hojas bajas, en esta actividad se trata de eliminar las hojas viejas a través de un corte a ras de tallo y su objetivo es tener mejor ventilación en la parte baja de la planta y una mejor iluminación para los frutos. Se recomienda dejar de dos a tres racimos descubiertos para que tengan un buen desarrollo (Figura 3.5).

El entutorado en una plantación de tomate de crecimiento indeterminado es indispensable, esta actividad permite una mejor aireación del cultivo, facilita las actividades propias del mismo y evita la contaminación de frutos al no entrar en contacto con el suelo.

El entutorado se realizó haciendo uso de un hilo de rafia de polipropileno liado a la planta (Figura 3.5). Todo el entutorado se sustentó en un entramado de alambre galvanizado establecido en el interior de los invernaderos y sujetado a las anclas de los mismos.



Figura 3.5 Poda y entutorado de la plantación de tomate.

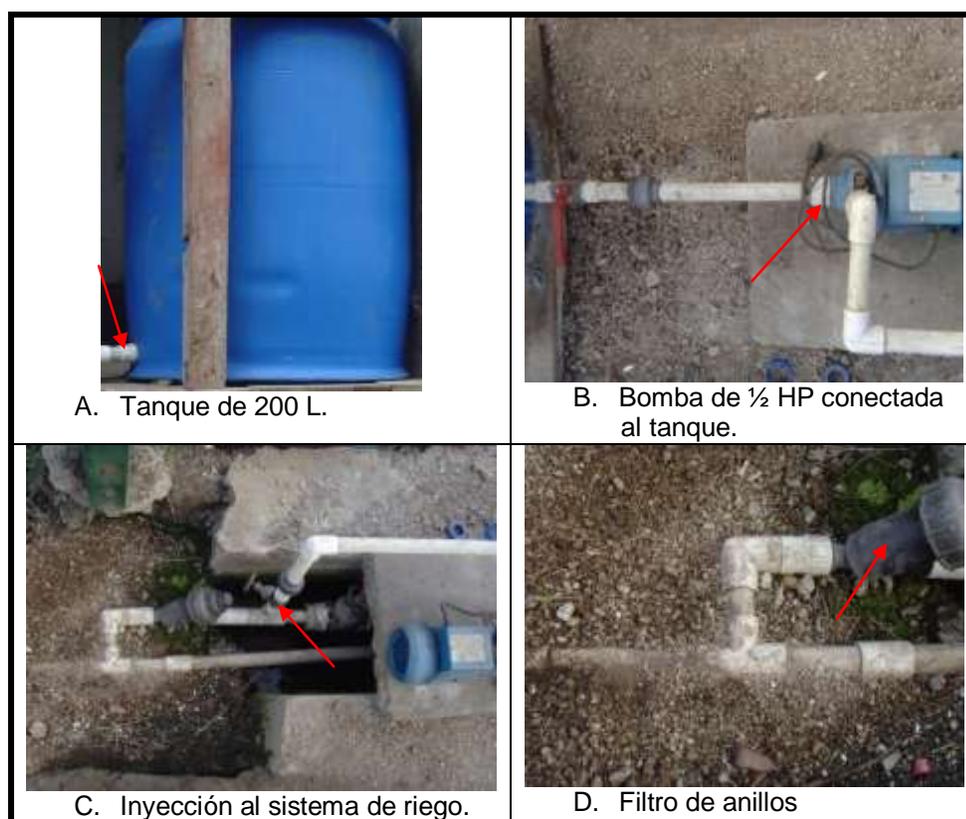
F. Fertilización

La fertilización se realizó a través del riego, la solución nutritiva utilizada se describe en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.2. Solución nutritiva utilizada para el cultivo de tomate.

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
Concentración ppm	119	30	140	100	24	32	2.5	0.25	0.25	0.025	0.01	0.005

La inyección del fertilizante en el sistema de riego se llevó a cabo por medio de una bomba de $\frac{1}{2}$ HP conectada a un tanque plástico de 200 litros (Figura 3.6) donde se realizaron las mezclas nutritivas. La bomba es la encargada de succionar la solución, hacerla pasar por un filtro y posteriormente inyectarla al sistema de riego.

**Figura 3.6** Partes del sistema de fertirriego utilizado en la evaluación.

Este sistema tiene la capacidad de fertilizar a un invernadero de 600 m^2 a la vez. Es una forma práctica y económica de fertirrigar.

E. Manejo fitosanitario

El éxito en el manejo de plagas dentro del invernadero es cumplir con las normas establecidas de una forma eficiente y constante.

a. Manejo de plagas insectiles

Para evitar la presencia de insectos en el interior de los invernaderos y saber que especies se encuentran presentes se establecieron en cada uno trampas amarillas (Figura 3.7).



Figura 3.7 Colocación de trampas amarillas en el interior de los invernaderos.

La aplicación de insecticidas se llevó a cabo de una forma alterna según el grupo toxicológico del producto para evitar la resistencia de las plagas presentes. Es importante recalcar que lo más importante en la aplicación de un plaguicida es saber la dosis y el tiempo adecuado de su aplicación para evitar complicaciones en la plantación, el cuadro 3.3 muestra el listado de insecticidas utilizados en el manejo de la plantación (2).

Cuadro 3.3 Listado de insecticidas utilizados durante la evaluación.

Ingrediente activo	Nombre comercial	Plaga
Metomilo	Lannate	<i>Spodoptera spp.</i> , <i>Liriomyza spp.</i>
Aceite Mineral	Ditex	<i>Bemisia tabaci</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Anastrepha spp.</i>
Neristoxina	Evisect	<i>Bemisia tabaci</i>
Piretroide	Baytroid	<i>Agrotis ipsilon</i>
Imidacloprid	Confidor	<i>Bemisia tabaci</i>
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Javelin	<i>Spodoptera spp.</i> <i>Spodoptera spp.</i>

b. Manejo de fitopatógenos

Para evitar la presencia de enfermedades en el interior de los invernaderos se establecieron medidas profilácticas y culturales. La desinfestación de las personas al ingresar a los invernaderos (Figura 3.8), la verificación del buen estado de las estructuras para evitar el ingreso de agua de lluvia, el uso exclusivo de herramientas (azadones, tijeras, navajas) para el trabajo de los invernaderos, el correcto control del riego para evitar la presencia de enfermedades del sistema radicular y un correcto programa de aplicación de fungicidas, fueron las medidas tomadas durante la evaluación.

**Figura 3.8** Punto de desinfestación en la entrada de cada invernadero.

La esponja presente en cada pediluvio evita que el suelo que se tiene en las botas haga perder el efecto desinfectante del amonio cuaternario al entrar en contacto con él.

Cuadro 3.4 Listado de fungicidas y bactericidas utilizados en la producción.

Ingrediente activo	Nombre comercial	Enfermedad
Cymoxanil y Mancozeb Metalaxil M. y Mancozeb	Curzate Ridomil Acrobat	<i>Phytophthora infestans</i> <i>Phytophthora infestans</i> <i>Phytophthora infestans</i>
Azufre	Kumulus	<i>Oidio sp.</i>
Clorhidrato oxitetraciclina	Cupremicina agrícola Arbac	Bacterianas Ayuda a fortalecer el sistema inmunológico de la planta.

Durante la evaluación se registraron precipitaciones que provocaron daños en los invernaderos. El canal que permite la evacuación del agua del techo del invernadero se aflojó y permitió el ingreso del agua al interior del invernadero, esto provocó que la humedad relativa aumentara arriba del 90%, ideal para el desarrollo de enfermedades fúngicas. En las hojas de tomate se presentó el hongo conocido como Tizón Tardío *Phytophthora infestans*, un signo era el apareamiento de una especie de algodoncito blanco en el envés de la hoja, conforme pasaron las horas este signo se presentó también en el tallo de la plantación.

Otro de los problemas presentes en la producción bajo invernaderos fue el mal drenaje que se tuvo en varios canales. Esto provocó pudriciones en el sistema radicular de las plantas y el marchitamiento de las mismas al dañar sus sistemas vasculares.

5.2.4 EVALUACIÓN

La evaluación del manejo agronómico del cultivo de tomate se realizó de la siguiente forma: en la construcción de canales para el establecimiento de la plantación se hizo supervisiones diarias para evitar cualquier contratiempo, a demás se observó la calidad de la madera, del alambre y del plástico utilizado para asegurar el buen funcionamiento de los mismos.

En la instalación del sistema de riego por goteo, se evaluó el estado de todos los componentes del sistema (tubos, mangueras, llaves). Se determinó el caudal del primer y último gotero para conocer la eficiencia del riego.

La evaluación de las actividades culturales de la plantación como la poda y entutorado se hicieron semanalmente, al finalizar la semana la plantación de los tres invernaderos debía estar podada y entutorado completamente.

Con respecto al manejo fitosanitario la evaluación se dio a través del monitoreo de trampas amarillas establecidas en el interior de los invernaderos y el muestreo de plantas para determinar la presencia de enfermedades.

5.3 SERVICIO 2: DIVULGACIÓN DE RESULTADOS GENERADOS EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

5.3.1 OBJETIVO

General

Divulgar la información generada en el proyecto de investigación a personas e instituciones interesadas.

5.3.2 METODOLOGÍA

La transferencia de la información, generada durante la evaluación, se realizó a través de capacitaciones dadas dentro y fuera del Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, lugar donde se realizó la investigación. Estas actividades fueron coordinadas por el grupo de investigadores, la Facultad de Agronomía y el Fondo Competitivo de Desarrollo Tecnológico Alimentario.

A. Visita de campo a los tres invernaderos evaluados

Por ser un proyecto apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y avalado por la Facultad de Agronomía, la información generada en esta evaluación se encontraba a disposición de toda persona interesada.

Durante todo el período de evaluación se tuvieron visitas de instituciones y de personas con interés en la producción de cultivos bajo protección. La información que se dio es la siguiente: características de las estructuras y de los cultivos evaluados, avances que se han obtenido durante la evaluación y recomendaciones basadas en la experiencia obtenida en la investigación, todo esto a través de recorridos en el interior de las estructuras en evaluadas.

B. Realización del curso “Diseño de riego por goteo y requerimientos hídricos de los cultivos bajo invernadero”

Este curso fue impartido en las aulas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos y contó con la presencia de expertos cubanos en el tema. La forma de desarrollar el curso fue por medio de exposiciones y clases magistrales. Se invitó a empresas y escuelas agrícolas, universidades, entes del gobierno y estudiantes de la universidad de San Carlos. La convocatoria al evento se llevó a cabo a través del internet, afiches y trífolios distribuidos en las instituciones antes mencionadas.

C. Presentación de resultados a agricultores de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa.

Por medio de la Asociación Guatemalteca de Exportadores y en coordinación con el investigador asociado Ing. Roberto Bran se llevó a cabo la presentación de los resultados de la investigación a un grupo de agricultores de los municipios de Nueva Santa Rosa y Casillas en el departamento de Santa Rosa.

El evento se realizó en el salón de usos múltiples de un hotel del municipio de Nueva Santa Rosa. Se tuvo el apoyo del Ing. Álvaro Hernández de la Facultad de Agronomía en el tema de Manejo Integrado de Plagas. Las exposiciones fueron presentadas a través de un proyector multimedia y de un pizarrón.

5.3.3 RESULTADOS

A. Visita de campo a los tres invernaderos evaluados

Desde el inicio de la evaluación se tuvieron varias visitas de instituciones, centros educativos, entes del gobierno, y empresas privadas interesadas en el avance de la investigación. La presencia más fuerte fue la de estudiantes de la Facultad de Agronomía (Figura 3.9), ya que las estructuras y las plantaciones evaluadas servían como apoyo docente en los cursos impartidos en la facultad.

Cuadro 3.5 Listado de instituciones que visitaron la evaluación en el Centro Experimental.

No.	Institución
1	Participantes del Congreso Internacional de Plasticultura 2008.
2	DISAGRO
3	AMANCO
4	ICTA de Quetzaltenango.
5	BAYER
6	Estudiantes y docentes de la Facultad de Agronomía.
7	Ing. Sadayoshi Takeuchi experto en extensión agrícola del Jica.

Es importante mencionar que durante toda la evaluación también se recibió la visita de agricultores particulares interesados en la producción bajo invernaderos, el manejo del cultivo del tomate, su programa nutricional y aspectos fitosanitarios del mismo.



Figura 3.9 Visitas recibidas en los tres invernaderos evaluados en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, USAC.

B. Organización y participación en el curso “Diseño de riego por goteo y requerimientos hídricos de los cultivos bajo invernadero”

El evento fue realizado en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, el cual fue impartido por el Dr. Lorenzo Camejo y el M.Sc. Leonel Duarte de la Universidad Ciego de Ávila de la República de Cuba (Figura 3.10).

El curso tuvo una duración de 16 horas académicas, además contó con la presencia de autoridades de la Facultad de Agronomía y del Fondo Competitivo de Desarrollo Tecnológico Agroalimentario.

Cuadro 3.6 Listado de instituciones participantes en el curso “Diseño de riego por goteo y requerimientos hídricos de los cultivos bajo invernadero”.

Institución	No. de participantes
AGRINCO	1
Durman Esquivel	1
Olefinas	1
INTECAP	2
Centro Universitario del Sur y Occidente	2
Escuela Nacional Central de Agricultura	1
DISAGRO	2
Asociación Nacional del Café	1
Fondo Nacional de Tierra	1
Instituto Ciencia y Tecnología Agrícola	1
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.	3
R&M	2
Facultad de Agronomía, USAC	38
PAUL-ECKE	3
FASAGUA	1
AGROCYT	2

Al finalizar el evento a cada participante se le entregó un diploma de participación avalado por la Universidad de San Carlos de Guatemala y por la Universidad Ciego de Ávila de la república de Cuba. También se otorgó un disco compacto con toda la información dada durante todo el curso.



Figura 3.10 Realización del curso "Diseño de riego por goteo y requerimientos hídricos de los cultivos bajo invernadero" en la Facultad de Agronomía, USAC.

C. Presentación de resultados a agricultores de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa.

En esta actividad se tuvo la oportunidad de presentar los avances obtenidos en la evaluación. Contó con la presencia de productores de tomate y chile pimiento bajo invernadero y casas mallas, de los municipios de Casillas y Nueva Santa Rosa (Figura 3.11). El evento se realizó el 28 de noviembre del año 2007, iniciando a las 8:00 horas y culminando a las 16:00 horas. El número total de participantes fue de 33 personas.



Figura 3.11 Presentación de resultados del proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004 a agricultores de Casillas y Nueva Santa Rosa, Santa Rosa.

5.3.4 EVALUACIÓN

A partir de la presentación de los resultados se recibieron invitaciones para participar en eventos nacionales (II Congreso para el Desarrollo y Aplicación de Plásticos en la Agricultura y Congreso Centroamericano de tomate) e internacionales (IV Curso internacional de Horticultura Protegida realizado en la Ciudad de Oaxaca México y el Congreso Latinoamericano de Plasticultura realizado en Venezuela).

Por otra parte se logró que agricultores tomaran los diseños evaluados y el sistema de producción de tomate utilizado, como ejemplo en otras partes de Guatemala como San Juan del Obispo y San Raymundo Sacatepéquez y Sololá (Figura 3.12).



Figura 3.12 Alcances obtenidos por el proyecto FAUSAC-AGROCYT 032-2004.

5.4 BIBLIOGRAFÍA

1. CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, ES). 2004. Invernaderos: la experiencia iberoamericana. Almería, España. 197 p.
2. FASAGUA (Federación de Asociaciones Agrícolas de Guatemala, GT). 2007. Manual técnico del cultivo de tomate en invernadero. Guatemala. 19 p. (Revista no. 18).
3. Nuez, F. 2001. El cultivo del tomate: anatomía y fisiología de la planta. Madrid, España, Mundi.Prensa. p. 63-84.
4. Yara international, DE. 2006. Plantmaster de tomate. Germany, The Worldwide Bussines Formula. 15 p.

