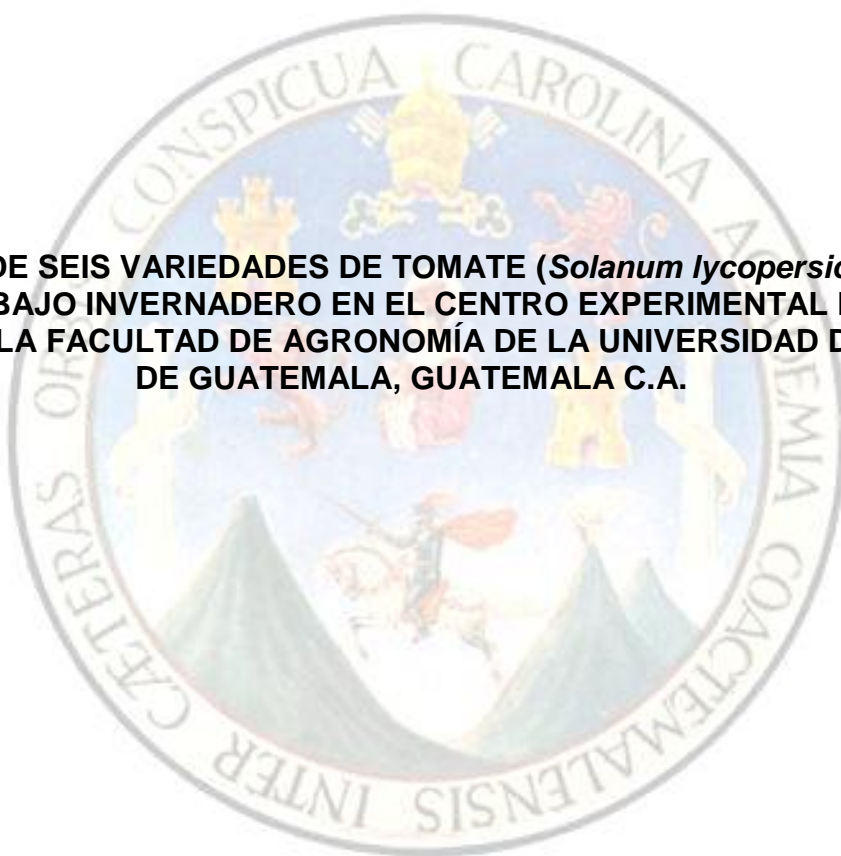


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**EVALUACIÓN DE SEIS VARIEDADES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum Dunal*) EN
HIDROPONÍA BAJO INVERNADERO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE
AGRONOMÍA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA, GUATEMALA C.A.**



AMILCAR GREGORIO TOLEDO ORTIZ

Guatemala, julio de 2012

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**EVALUACIÓN DE SEIS VARIEDADES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum Dunal*) EN
HIDROPONÍA BAJO INVERNADERO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE
AGRONOMÍA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**

TESIS

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

POR

AMILCAR GREGORIO TOLEDO ORTIZ
En el acto de investidura como
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

Guatemala, julio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNIFICO

Dr. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO:	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
SECRETARIO:	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverria Escobedo
VOCAL I:	Dr. Ariel Abderramán Ortíz López
VOCAL II:	Ing. Agr. MSc Marino Barrientos García
VOCAL III:	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL IV:	Bachiller Ana Izabel Fion Ruiz
VOCAL V:	Bachiller Luis Roberto Orellana López

Guatemala, julio de 2012

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

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado

**EVALUACIÓN DE SEIS VARIEDADES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* Dunal) EN
HIDROPONÍA BAJO INVERNADERO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE
AGRONOMÍA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente,



AMILCAR GREGORIO TOLEDO ORTIZ

ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS:** Gracias por darme vida, salud, fuerza, sabiduría bendiciones y por brindarme la oportunidad de alcanzar mis metas.
- MIS PADRES:** Gregorio Amilcar Toledo Cruz e Irma Raquel Ortiz de Toledo; gracias por todo su apoyo en los momentos más difíciles y confianza en mí y ante todo por su amor.
- MIS HERMANOS:** Luis Enrique y Jorge Miguel; gracias por su apoyo, comprensión y cariño, ya que siempre hemos estado juntos. Y que este triunfo les sirva de ejemplo para su superación.
- MIS ABUELOS:** A mis abuelos maternos Florentín Ortiz Q.E.D., María Leonor Martínez y a mis abuelos paternos Enrique de Jesús Toledo Morales, Dora Alvina Cruz de Toledo. Con cariño y admiración por sus sabios consejos.
- A MI NOVIA:** Paola Anaite Salas Trujillo, gracias por tu amor, apoyo y comprensión.
- MIS TIOS Y PRIMOS:** Gracias por estar presentes en cada momento importante de mi vida.
- MIS AMIGOS:** Gracias por su apoyo y amistad, especialmente a Tota, Paja loca, Tano, Wawa y Toly
- MIS CATEDRATICO:** Gracias por sus enseñanzas, consejos y por creer en mi, especialmente a: Dr. Ivan Dimitri Santos, Ing. Agr. Francisco Fajardo y Ing. Agr. Guillermo García

TESIS QUE DEDICO

A:

MATAQUESCUINTLA, JALAPA, GUATEMALA.

ESCUELA URBANA MIXTA, MATAQUESCUINTLA, JALAPA.

INSTITUTO MIXTO NOCTURNO DE EDUCACIÓN BÁSICA POR COOPERATIVA,
MATAQUESCUINTLA, JALAPA.

INSTITUTO DIVERSIFICADO PERITO CONTADOR, MATAQUESCUINTLA, JALAPA.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

FACULTAD DE AGRONOMÍA

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis agradecimientos a las personas que colaboraron de una u otra manera, en el desarrollo de la presente investigación.

MI ASESOR

Dr. Ivan Dimitri Santos

Por su apoyo y sus enseñanzas en el transcurso de la investigación.

A MIS CATEDRATICOS

Ing. Agr. Francisco Fajardo
Ing. Agr. Guillermo García

Por su apoyo y aportes en esta investigación

A MI FAMILIA

Por su apoyo, comprensión y sus sabios consejos

i. CONTENIDO GENERAL

TEMA	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1. MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1 Situación taxonómica.....	3
3.1.2 Descripción taxonómica	3
3.1.3 Importancia del mejoramiento genético del tomate	4
3.1.4 Condiciones climáticas	5
3.1.5 Influencia de las condiciones climáticas sobre el cultivo	7
3.1.6 Control climático invernaderos	8
3.1.7 Hidroponía	10
3.1.8 Producción Nacional	11
3.1.9 Producción regional	14
3.1.10 Comercio	14
3.1.11 Cosecha	15
3.1.12 Características pos cosecha.....	16
3.1.13 Empaque.....	17
3.1.14 Comercialización.....	17
3.1.15 Disposiciones relativas a la calidad según la FAO	19
3.1.16 Clasificación.....	20
3.1.17 Disposiciones relativas a la clasificación por calibres	22
3.1.18 Disposiciones relativas a la coloración	22
3.1.19 Disposiciones relativas a las tolerancias	23
3.1.20 Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas.	25
3.1.21 Buenas prácticas de manufactura	37
3.2. MARCO REFERENCIAL.....	51
3.2.1. Localización de la unidad.....	51
4. Objetivos	52
4.1. General	52
4.2. Específicos	52
5. Hipótesis	52
6. Metodología.....	53
6.1. Descripción del invernadero	53

6.2.	Material experimental	53
6.3.	Tratamientos evaluados	56
6.4.	Tamaño de la unidad experimental	56
6.5.	Diseño experimental	57
6.6.	Distribución del experimento en el invernadero	57
6.7.	Manejo agronómico.....	58
6.7.1.	Marco de plantación.....	58
6.7.2.	Trasplante.....	58
6.7.3.	Podas	59
6.7.4.	Despunte de inflorescencias y aclareo de frutos	59
6.7.5.	Tutorio.....	59
6.7.6.	Fertirrigación	60
6.7.7.	Control de maleza	61
6.7.8.	Polinización	61
6.7.9.	Control de plagas	61
6.7.10.	Cosecha	62
6.8.	Variables de repuestas.....	62
6.8.1.	Rendimiento total.....	62
6.8.2.	Rendimiento por categorías.....	62
6.8.3.	Diámetro de fruto.....	62
6.8.4.	Vida de anaquel.....	63
6.8.5.	Grados brix.....	63
6.9.	Análisis de la información	63
6.9.1.	Análisis estadístico.....	63
6.9.2.	Análisis económico	63
7.	RESULTADOS.....	65
7.1.	Rendimiento total.....	65
7.2.	Rendimiento por categorías.....	66
7.3.	Diámetro de fruto.....	68
7.4.	Vida de anaquel.....	70
7.5.	Grados brix.....	71
7.6.	Análisis económico	73
7.6.1.	Costo de construcción del invernadero	73
7.6.2.	Inversión para la producción de tomate	74
7.6.3.	Análisis de presupuestos parciales	75

7.6.4. Flujo neto de efectivo.....	76
7.6.5. Tiempo de recuperación	77
7.6.6. Valor actual neto.....	77
7.6.7. Tasa interna de retorno (TIR).....	77
7.6.8. Relación beneficio/costo (B/C).....	78
8. CONCLUSIONES.....	79
9. RECOMENDACIONES	80
10. BIBLIOGRAFÍA.....	81
11. ANEXOS.....	84
11.1. Índice de madurez para la recolección.....	84

ii. ÍNDICE DE CUADROS

PÁGINA

Cuadro 1. Requerimiento de temperatura para el cultivo de tomate.....	6
Cuadro 2. Comportamiento histórico de la producción de tomate a nivel nacional. Período 1984 – 2004 ...	12
Cuadro 3. Distribución porcentual de la producción de tomate a nivel nacional. Año agrícola 2002/2003. ...	12
Cuadro 4. Distribución porcentual de la producción de tomate del departamento de Jutiapa. Año Agrícola 2002/2003.....	13
Cuadro 5. Distribución porcentual de la producción de tomate del departamento de Baja Verapaz. Año agrícola 2002/2003.	13
Cuadro 6. Distribución porcentual de la producción de tomate del departamento de Chiquimula. Año agrícola 2002/2003.	13
Cuadro 7. Producción de tomate en Centroamérica (en miles de toneladas métricas).....	14
Cuadro 8. Exportaciones e importaciones de tomates frescos o refrigerados. Partida SAC 07020000 (toneladas métricas). Período 1995-2005.	15
Cuadro 9. Código de calibres y diámetro en milímetros.	22
Cuadro 10. Código de los calibres respecto al diámetro	22
Cuadro 11. Descripción de los tratamientos evaluados.....	56
Cuadro 12. Fertilizantes utilizados en la preparación de solución nutritiva con micro elementos.	61
Cuadro 13. Fertilizantes utilizados en la preparación de la solución nutritiva con macro elementos	61
Cuadro 14. Características utilizadas para la clasificación de frutos por calidad	62
Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable rendimiento total ($\text{Kg}^{-\text{ha}}$).....	65
Cuadro 16. Prueba de medias de Tukey al 5% para el rendimiento total ($\text{Kg}^{-\text{ha}}$).	65
Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable rendimiento de la categoría de primera.....	66
Cuadro 18. Prueba de medias de Tukey al 5% para la categoría de primera.....	67
Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable diámetro de fruto.....	68
Cuadro 20. Prueba de medias de Tukey al 5% para la variable diámetro de fruto	69
Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable vida de anaquel.....	70
Cuadro 22. Prueba de medias Tukey al 5% para la variable vida de anaquel.	70
Cuadro 23. Análisis de varianza de la variable grados Brix.....	71
Cuadro 24. Análisis de las medias de los grados brix	72
Cuadro 25. Inversión inicial para la producción de tomate bajo invernadero.	73
Cuadro 26. Costo de producción de tomate bajo invernadero (600 m^2)	74
Cuadro 27. Presupuestos parciales de las variedades evaluadas.....	75
Cuadro 28. Análisis de dominancia de las variedades evaluadas	75
Cuadro 29. Análisis de la tasa mínima de retorno	76
Cuadro 30. Flujo neto de efectivo para la producción de la variedad Charleston	76
Cuadro 31. Relación beneficio/costo.....	78

iii. ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Punto de corte para exportar.....	16
Figura 2. Empaque súper Guate	17
Figura 3. Empaque para Estados Unidos.....	167
Figura 4. Exportando de Guatemala a Estados Unidos.....	19
Figura 5. Unidad sanitaria para el lavado de manos.	33
Figura 6. Botiquín para procedimientos de emergencias.....	35
Figura 7. Ubicación geográfica de la ciudad universitaria.....	51
Figura 8. Fruto de growdina.	53
Figura 9. Fruto de Clermon	54
Figura 10. Frutos de la variedad lola	55
Figura 11. Fruto de la variedad Syta F1	55
Figura 12. Fruto de Cameron	56
Figura 13. Parcela bruta y parcela neta	57
Figura 14. Distribución del experimento en el invernadero.....	58
Figura 15. Prueba de tukey para la variable rendimientos totales (kg ^{-ha}).....	66
Figura 16. Prueba de Tukey para la variable rendimiento de la categoría de primera.	67
Figura 17. Categorías de segunda y tercera en cada tratamiento.	68
Figura 18. Prueba de tukey para la variable diámetro de fruto.	69
Figura 19. Prueba de tukey para la variable vida de anaquel.	71
Figura 20. Prueba de tukey para la variable grados brix.	72
Figura 21. Carta de color para madures del tomate	85
Figura 22. Estados de madurez del Tomate (madurez fisiológica).	85

RESUMEN

EVALUACIÓN DE SEIS VARIETADES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum D.*) EN HIDROPONÍA BAJO INVERNADERO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, GUATEMALA C.A.

EVALUATION OF SIX VARIETIES OF TOMATO (*Solanum lycopersicum D.*) IN HYDROPONIC GREEN HOUSE AT THE EXPERIMENTAL CENTER OF THE FACULTY OF AGRONOMY COLLEGE OF AGRICULTURE OF THE UNIVERSITY OF SAN CARLOS DE GUATEMALA, GUATEMALA C.A.

El objetivo principal de la presente investigación es el de evaluar la información sobre la producción de seis variedades de tomate bajo condiciones de invernadero en hidroponía, en cuanto al rendimiento, rendimiento por categoría y calidad de exportación (Diámetro de fruto, vida de anaquel y grados brix).

Para el desarrollo de la investigación, se montaron tres repeticiones por cada variedad evaluada: Charleston, Growdyna, Clermon, Lola, Syta y Cameron. La semilla se obtuvo de diferentes empresas comercializadoras, a continuación se envió a una empresa para hacer pilones ya que esta práctica asegura un manejo agronómico igual cada una de las seis.

Para la toma de datos se realizaron dos por semana durante el ciclo productivo del cultivo.

Finalmente al analizar la información obtenida durante el experimento se tiene que de las seis variedades el que ofrece el más alto rendimiento es Charleston con 593,311 kilogramos por hectárea, rendimiento que es muy superior al de los otros híbridos pues, los supera en más de 33,433 kilogramos. Con respecto a los rendimientos por categorías se realizaron dos análisis ya que la categoría de primera es más importante para el agricultor o exportador, la que presentó mejores resultados con respecto a esta variable fue Clermon con 90152,67 kilogramos por hectárea, y las categorías de segunda las que presentaron mejores rendimientos fue Syta y charlestón con 32 kilogramos por corte, y la categoría de tercer la que obtuvo mayor relevancia en comparación con las demás es Clermon con 22 kilogramos por corte. El diámetro del fruto, la variedad que destacó mejores resultados fueron Growdyna y Charleston con un promedio de 6.5mm. Con respecto a la vida de anaquel la que tuvo relevancia fueron Charleston, Cameron y Growdyna con un promedio de 20 días después del corte para poder consumirlos. Los grados brix la que tuvo mejores

resultados fue Charleston con 11.17 °Bx. Charleston fue la que obtuvo diferencia económica con respecto a las otras con una relación beneficio costo de Q 1.84.

1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum Dunal*) es una de las hortalizas de mayor importancia dentro de la exportación agrícola de Guatemala por tener una amplia demanda y ser una fuente de ingresos. En Guatemala se siembran alrededor de 6,860 hectáreas con una producción aproximada de 4,004.9 quintales (881,078 kg), generando así más de Q.8 millones de ingresos anuales (MAGA, 2008).

Los productores que quieren exportar por primera vez se encuentran con problemática como las normas más altas de calidad e inocuidad que exige el mercado, y también la falta de información sobre este tema.

Para la producción de tomate para su exportación se debe lograr un buen rendimiento y producir continuamente frutos de calidad. El secreto para lograr el éxito de un buen cultivo de tomate, ya sea a gran o pequeña escala, es comprender la fisiología del cultivo, desde la germinación hasta la cosecha comprender la fisiología del cultivo ayuda a maximizar el potencial de las plantas en cultivo bajo invernadero y las buenas prácticas agrícolas (BPA).

Actualmente para la exportación de productos no tradicionales se utilizan tecnologías como la hidroponía en ambientes controlados, ya que con éstas se obtienen excelentes resultados no solo en el rendimiento sino también en la calidad de los frutos.

En la presente investigación el objetivo fue evaluar la respuesta en rendimiento y calidad de exportación de seis variedades de tomate (*Solanum lycopersicum Dunal*) en hidroponía bajo condiciones de invernadero en el Centro Experimental Docente de Agronomía, de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos. El ensayo se llevó a cabo en las fechas del 13 de Diciembre de 2009 al 17 de Junio de 2010 con una duración de 6 meses.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En Guatemala la producción hortícola es una de las principales fuentes de trabajo y de importancia económica para las regiones del país que se dedican a ello, dentro de la producción hortícola nacional se reportan datos de 6,860 hectáreas sembradas con el cultivo de tomate, siendo éste el de mayor producción a nivel nacional. (MAGA, 2008)

Actualmente en Guatemala los productores que se dedican al cultivo de tomate para exportación, se enfrentan a diferentes inconvenientes tales como los rigurosos estándares de calidad y el volumen de producción que requiere el mercado internacional, alta inversión inicial para la construcción de las estructuras, principalmente invernaderos, en los cuales se manejan los cultivos; la proliferación de plagas de restricción cuarentenaria, las cuales hacen que el producto sea rigurosamente examinado para su ingreso a los diferentes mercados del mundo.

Otro de los inconvenientes son las casas productoras de semillas y las instituciones de investigación, que han desarrollado y evaluado nuevos materiales de tomate, que podrían presentar características que el mercado acepte. Sin embargo las semillas que se distribuyen en Guatemala son mejoradas en diferentes países (España, Israel, Holanda, etc.) y las cuales no están evaluadas para las condiciones climáticas de Guatemala. Por lo tanto, los resultados adaptados a nuestro medio no son totalmente satisfactorios.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Situación taxonómica

El tomate (*Solanum lycopersicum Dunal*) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia **solanáceas**. Los miembros de esta familia presentan haces bicolaterales y una estructura floral modelo K(5) [C(5) A(5)] G(2). Ésto es, sus flores son radiales y con cinco estambres. El ovario, súpero, bicarpelar, contiene numerosos primordios seminales, produciendo bayas plispermas. Los carpelos se presentan en posición oblicua con respecto al plano mediano de la flor. (Nuez, F. 2001)

Con la domesticación y cultivo es frecuente observar flores con mayor número de pétalos y sépalos, así como ovarios multiloculares. (Nuez, F. 2001)

Es una planta perenne de origen arbustivo que se cultiva como anual, puede desarrollarse de forma rastrera, se mi erecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas) (Fintrac.com. 2004).

3.1.2 Descripción taxonómica

- **Reino** *Plantae*
- **Sub-reino** *Embryobionta*
- **División** *Magnoliophyta*
- **Clase** *Magnoliopsida*
- **Sub-clase** *Asteridae*
- **Orden** *Solanales*
- **Familia** *Solanaceae*
- **Especie** *Solanum lycopersicum Dunal* (IPNI, 2005. NHM, 2012. Trópicos.org. 2012)
- **Nombre común** Tomate

3.1.3 Importancia del mejoramiento genético del tomate

Los cultivares de frutos grandes y carnosos, que portan resistencias a diferentes patógenos, en su mayoría han sido obtenidos en los últimos años en Europa y Estados Unidos para satisfacer las demandas de los mercados y condiciones de clima, suelo y manejo agronómico propio de aquellas regiones. Puede decirse que el 95% de la producción mundial de semilla de tomate está monopolizada por tres países: Estados Unidos, Francia y Holanda. En la mayoría de los casos, estas condiciones son diferentes a las de nuestros países. Debido a esto los objetivos de un programa local de mejoramiento de tomate van a depender de los problemas que afrontan el cultivo en cada lugar y el destino de producto. Los criterios que dominan en la producción de nuevas variedades son fundamentalmente (Depestre, T; Gómez, O. 1999).

- Alta productividad.
- Resistencia a enfermedades.
- Facilidad de cultivo.
- Precocidad.
- Aspectos externos: Forma, color, homogeneidad.
- Resistencia a la manipulación y al transporte.
- Cualidades gustativas.

Por lo tanto, el mejoramiento de plantas es una actividad que merece ser desarrollada en las condiciones de nuestros países, apoyándose con las distintas técnicas modernas, para que al obtener nuevos cultivares adaptados a las condiciones de cada país se aporte una alternativa de solución a los problemas de la seguridad alimentaria y una producción limpia, en armonía con el medio ambiente (Rodríguez, RR; Tabares R, JM; Medina San Juan, JA. 2001).

3.1.4 Condiciones climáticas

4.1.4.1 Temperatura óptima para la producción de tomate

Para la producción de tomate se recomienda mantener temperaturas menores que 30° C durante el día y mayores que 15° C durante la noche. Si la temperatura es mayor que 30° C las plantas gradualmente disminuyen la producción potencial por problemas en la polinización. Si la temperatura durante la noche disminuye por debajo de 15° C, el rendimiento disminuye gradualmente en función del descenso y horas de baja temperatura. Las plantas sufrirán daños irreversibles con temperaturas menores que 5 grados centígrados por más de dos horas (García Rodríguez, GR. 2008).

Los altos rendimientos en el cultivo de tomate dependerán de una buena floración y fructificación; para lo cual las plantas requieren ciertas condiciones climáticas favorables, como una humedad relativa de 60 a 80% y un rango óptimo de temperaturas nocturnas (14° -17° C) y diurna (19° - 30° C) (García Rodríguez, GR. 2008).

En esta primera etapa es importante que el crecimiento sea rápido y que las condiciones ambientales sean óptimas para lograr la floración en el primer racimo. En esta etapa, la mayoría de las plántulas recién han sido trasplantadas y la temperatura influirá sobre el número de flores en los primeros racimos (García Rodríguez, GR. 2008).

En condiciones de invierno con temperaturas de 12-14° C, aumentará el número de flores por racimo. Si las condiciones ambientales son más cálidas durante el desarrollo de la plántula (> 20° C), ésta produce más hojas antes que aparezca el primer racimo, el cual puede tener entre 5 a 8 flores (generalmente entre variedades de frutos más grandes) (García Rodríguez, GR. 2008).

Cuadro 1. Requerimiento de temperatura para el cultivo de tomate

Estado de crecimiento	T° mínima	T° óptima	T° máxima
Germinación.	11° C	18° - 25° C	34° C
Crecimiento.	18°	20° - 24°	32°
Floración y fructificación (noche).	10°	14° - 17°	20°
Floración y fructificación (día).	18°	19° - 24°	30°
Formación de polen.	20°		26°
Germinación del polen.	22°		27°
Crecimiento del tubo polínico.	22°		27°
Fijación del fruto.	18°		20°
Maduración del fruto.	24°		28°
Cese del crecimiento.		<10°	
Desarrollo de raíces.		23° - 25°	

Fuente: Gemeinder, 1997 (modificado).

4.1.4.2 Humedad relativa

La humedad relativa del aire es uno de los factores ambientales de mayor importancia en el manejo de invernaderos. Alta humedad del aire favorece el desarrollo de enfermedades y dificulta la polinización de las flores, generando frutos deformes o poco desarrollados. Para el cultivo de tomate la humedad del aire considerada ideal se encuentra en el rango de 50 y 70% (García Rodríguez, GR. 2008).

La humedad relativa también influye sobre el crecimiento de la planta de tomate. Con valores altos de humedad relativa (> 85%) las plantas producen tallos más largos, mayor distancia entre nudos y hojas largas, estrechas y delgadas, incluso, los márgenes de las hojas se enrollan hacia abajo y pueden presentar pudrición. Los cultivos que se producen en áreas tropicales cálidas y húmedas, frecuentemente desarrollan estos síntomas (García Rodríguez, GR. 2008).

4.1.4.3 Luminosidad o fotoperiodo

Investigaciones hechas con el cultivo del tomate, reportan que el tomate es indiferente al fotoperiodo; esto quiere decir que florece en cualquier época del año, independientemente de la longitud del día (García Rodríguez, GR. 2008).

El rendimiento es dependiente de la cantidad de luz disponible para la fotosíntesis; bajos niveles de luz, como ocurre en invierno, producen una menor tasa de fotosíntesis, traducido en menor producción de fotosintatos para alimentar los frutos en crecimiento. La densidad de plantas afecta la cantidad de luz disponible para la asimilación, por esta razón se recomienda densidades de 2–3 plantas/m². Bajo condiciones de alta luminosidad en verano, se pueden mantener hasta 3–4 plantas/m². La densidad estándar es de 2.5 plantas/m² ó 25,000 plantas/ha. Lo que permite el acceso a las plantas para las prácticas agrícolas, polinización, aspersión, cosecha y otras operaciones de mantenimiento. Los problemas con las enfermedades, como **Botrytis** y mildiu son menos comunes donde las plantas tienen un adecuado distanciamiento y un buen flujo de aire en las capas más bajas, mientras se maximiza la intercepción de la luz por las hojas (García Rodríguez, GR. 2008).

Las plantas jóvenes generalmente forman de 6 a 10 hojas después de la expansión de los cotiledones y antes del primer racimo. La mayoría de los tipos de tomate tienen tres hojas entre racimos durante el ciclo de vida de la planta. La producción inicial de las hojas es muy importante porque éstas, gracias a la fotosíntesis, producen fotosintatos que sirven para alimentar los frutos en crecimiento en los racimos. Como el número de hojas entre racimos es generalmente constante, la longitud del tallo o la distancia entre racimos puede variar considerablemente dependiendo de los factores ambientales, genéticos y nutricionales (García Rodríguez, GR. 2008).

3.1.5 Influencia de las condiciones climáticas sobre el cultivo

3.1.5.1. Influencia de temperaturas altas sobre las plantas

- Alto ritmo respiratorio.
- Crecimiento vegetativo exagerado (etiolado).
- Poca floración, caída de flores.
- Degeneración del polen (polen infértil); el daño ocurre en la etapa prematura de la flor.
- Alargamiento del estilo de la flor (principalmente en tomate).
- Poco cuaje de frutos.

- Maduración muy rápida de los frutos, formación de frutos pequeños.
- Rápido agotamiento de las plantas.
- Poca producción (García Rodríguez, GR. 2008).

3.1.5.2. Influencia de temperaturas bajas

- Poca producción de polen en los estambres y producción de polen infértil.
- Baja germinación del polen sobre el pistilo.
- Baja fertilidad de las flores, mal cuaje de frutos.
- Producción muy lenta y baja (García Rodríguez, GR. 2008).

4.1.5.1. Influencia de la humedad relativa

La influencia de la humedad relativa es uno de los problemas más complicados en invernadero, pues tiene influencia crítica en el cuaje de los frutos. En ambientes de alta humedad (mayor del 85%), el polen en los estambres se humedece y se convierte en una masa. Bajo esta situación no hay polinización. En condiciones de humedad muy baja (menos de 55%), el polen se seca encima del pistilo, antes de germinar; en ambas situaciones el resultado es mal cuaje de frutos y poca producción (García Rodríguez, GR. 2008).

3.1.6 Control climático invernaderos

3.1.6.1 Climatización de invernaderos durante períodos fríos

Existen distintos sistemas para calentar y mantener la temperatura en el interior de un invernadero, como son:

- Empleo adecuado de los materiales de cubierta.
- Hermetismo del invernadero, evitando pérdidas de calor.
- Empleo de pantallas térmicas, cuyo uso permite mantener entre 2 y 4^o C más en el interior del invernadero, con el consiguiente ahorro de energía. Dichas pantallas están justificadas en el caso de utilización de sistemas de calefacción.

- Condensación que evita la pérdida de radiación de longitud de onda larga, aunque tiene el inconveniente del goteo sobre la planta.
- Capas dobles de polietileno de 150 galgas o de polipropileno, que se pueden emplear como pantalla térmica, para evitar condensaciones sobre cubierta, con el inconveniente de pérdida de luminosidad en el interior. Se emplea mucho en invernaderos sin calefacción.
- Invernaderos más voluminosos que permiten mayor captación de la luz y al mismo tiempo mayor pérdida de calor por conducción. La mayor inercia térmica de volúmenes grandes, permite un mejor control del clima.
- Propio follaje de las plantas, ya que almacenan radiación.
- Sistemas de calefacción por agua caliente o por aire caliente (Infoagro.com. 2003).

3.1.6.2 Climatización de invernaderos en períodos cálidos

Durante la mayor parte del ciclo productivo, la temperatura del invernadero es excesiva tanto para el buen rendimiento del cultivo como para la salud de los trabajadores que realizan en pleno verano las labores culturales. El reducir la temperatura es uno de los mayores problemas de la horticultura protegida en climas cálidos, porque no es fácil refrigerar el invernadero sin invertir cantidades relativamente altas en instalaciones y equipos. Los cuatro factores fundamentales que permiten reducir la temperatura son:

- La reducción de la radiación solar que llega al cultivo (blanqueado, sombreado, etc.)
- La evapotranspiración del cultivo.
- La ventilación del invernadero.
- La refrigeración por evaporación de agua (nebulización, "cooling system", etc.) (Infoagro.com. 2003).

3.1.7 Hidroponía

3.1.7.1 Cultivos sin suelo

La hidroponía es parte de los sistemas de producción llamados Cultivos sin Suelo. En estos sistemas el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de diverso origen, orgánico o inorgánico, inertes o no inertes es decir con tasa variable de aportes a la nutrición mineral de las plantas. Podemos ir desde sustancias como perlita, vermiculita o lana de roca, materiales que son consideradas propiamente inertes y donde la nutrición de la planta es estrictamente externa, a medios orgánicos realizados con mezclas que incluyen turbas o materiales orgánicos como corteza de árboles picada, cáscara de arroz etc. que interfieren en la nutrición mineral de las plantas. Seguidamente se presenta una lista de materiales que pueden ser empleados como sustratos (Sylvia Burés 1997), (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY. 2007)

3.1.7.2 Los sustratos y el cultivo sin suelo del tomate

La utilización de invernaderos con cobertura plástica, sistemas sencillos de control climático, equipos de riego y fertilización automatizados, etc., se ha difundido ampliamente con el fin de mejorar el crecimiento y el desarrollo de la planta del tomate y consecuentemente, de aumentar la productividad e incrementar la calidad de los frutos (Rodríguez, et-al. 2001).

Unido a estos cambios tecnológicos, se viene produciendo una sustitución gradual del cultivo tradicional en el suelo por el cultivo en sustrato. La principal razón de esta sustitución ha sido la existencia de factores limitantes para la continuidad del cultivo intensivo del tomate en el suelo natural, particularmente salinización, enfermedades y agotamiento de los suelos agrícolas (Rodríguez, et-al. 2001).

Por otra parte debe señalarse que el cultivo de plantas en sustrato permite un control riguroso del medio ambiente radicular, particularmente de los aspectos relacionados con el suministro de agua y de nutrientes, facilitando así una fuerte intensificación del cultivo (Nuez, F. 2001).

Los sistemas de cultivo sin suelo del tomate más representativo, con los que se esta trabajando actualmente son:

- Cultivo en sacos de arena.
- Cultivo en sacos de perlita.
- Cultivo en tablas y tacos de lana de roca.
- Cultivo en otros sistemas y materiales (sistema hidropónico Quash, tierra volcánica, planchas de tuba, corteza de pino, fibra de madera, etc.). (Nuez, F. 2001)

3.1.7.3 Criterios para la elección de un sustrato

Las funciones más importantes de un sustrato de cultivo son proporcionar un medio ambiental ideal para el crecimiento de las raíces y constituir una base adecuada para el anclaje o soporte mecánico de las plantas. (Nuez, F. 2001)

Un elevado número de materiales pueden ser utilizados con éxito, bien separadamente o bien en mezcla, en la preparación de los medios de cultivo de la planta del tomate. La elección de material particular viene determinada usualmente por:

- Su suministro y homogeneidad.
- Su costo
- Sus propiedades.
- La experiencia local en su utilización (Nuez, F. 2001)

3.1.8 Producción Nacional

De acuerdo a la información generada por el Banco De Guatemala, se estima que en el año 2004 se lograron producir alrededor de 182 miles de toneladas métricas de tomate (MAGA, 2008).

Cuadro 2. Comportamiento histórico de la producción de tomate a nivel nacional. Período 1984 – 2004

Año	Area cosechada (ha)	Producción (tm).	Rendimiento (tm./ha)
1984	5,810	94,202	16
1985	5,880	95,400	16
1986	6,580	102,294	16
1987	6,020	105,937	18
1988	5,810	120,746	21
1989	6,020	131,723	22
1990	6,020	140,704	23
1991	5,740	134,758	23
1992	5,460	138,799	25
1993	5,740	144,347	25
1994	5,740	150,125	26
1995	5,810	150,638	26
1996	5,950	154,770	26
1997	5,880	150,593	26
1998	6,090	156,489	26
1999	6,370	166,468	26
2000	6,580	174,792	27
2001	6,860	183,533	27

Fuente: Banco de Guatemala, 2004

Cuadro 3. Distribución porcentual de la producción de tomate a nivel nacional. Año agrícola 2002/2003.

Departamento	Producción obtenida %	Departamento	Producción obtenida %
Jutiapa	20.24	Sacatepéquez	20.11
Baja Verapaz	19.59	Escuintla	1.98
Chiquimula	10.79	Chimaltenango	1.28
Guatemala	7.67	Huehuetenango	1.04
Zacapa	6.55	Suchitepéquez	0.91
El Progreso	5.83	Retalhuleu	0.76
Alta Verapaz	5.81	Sololá	0.73
Jalapa	5.45	San Marcos	0.44
Quiché	3.50	Totonicapán	0.25
Peten	2.64	Izabal	0.16
Santa Rosa	2.27	Quetzaltenango	0.10

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario, INE, 2003.

En lo que respecta a su dinamismo, se observa que durante el periodo analizado, 1984-2004, la producción presenta una Tasa Media Anual de Crecimiento (TMCA) de más o menos 3.18. Este dato es importante ya que al compararlo con otros indicadores tales como la Tasa Media Anual de Crecimiento y el Producto Interno Bruto, mantiene más o menos las mismas tendencias (MAGA, 2008).

Otro aspecto que se considera relevante en la producción de tomate es su productividad. En efecto, se toma como referencia el año 1984, el cual reporta una producción de 94,202 tm por hectárea, mientras que al revisar los rendimientos promedio obtenidos por hectárea en 2004, son de 26 tm (MAGA, 2008).

Una característica que posee este cultivo. En términos de la distribución de la producción, es que se cultiva en los 22 departamentos de Guatemala, sin embargo, el 83% del total se concentra en ocho departamentos: Jutiapa, Baja Verapaz, Chiquimula, Guatemala, Zacapa, El Progreso, Alta Verapaz y Jalapa (MAGA, 2008).

Cuadro 4. Distribución porcentual de la producción de tomate del departamento de Jutiapa. Año Agrícola 2002/2003.

Municipio	Producción Obtenida %	Municipio	Producción Obtenida %
El Progreso	51.14	Yupiltepeque	1.07
Santa Catarina Mita	24.94	Zapotitlan	1.01
Agua Blanca	8.26	Conguaco	0.57
Asunción Mita	5.46	Jalpatagua	0.13
Quesada	3.03	Moyuta	0.11
Jutiapa	2.46	Comapa	0.11
Atescatempa	1.73		

Fuente: IV Censo Nacional agropecuario, INE, 2003.

Cuadro 5. Distribución porcentual de la producción de tomate del departamento de Baja Verapaz. Año agrícola 2002/2003.

Municipio	Producción obtenida %	Municipio	Producción obtenida %
Salamá	60.41	Purulhá	3.00
San Jerónimo	22.46	Granados	0.73
San Miguel Chicaj	8.87	Rabinal	0.67
Cubulco	3.68	El Chol	0.18

Fuente: IV Censo Nacional agropecuario, INE, 2003.

Cuadro 6. Distribución porcentual de la producción de tomate del departamento de Chiquimula. Año agrícola 2002/2003.

Municipio	Producción obtenida %	Municipio	Producción obtenida %
Esquipulas	40.70	San Juan Ermita	1.57
Ipala	40.01	Quezaltepeque	1.33
Chiquimula	7.43	Concepción Las Minas	1.22
Olopa	3.35	Jocotán	0.97
Camotán	3.11	San José La Arada	0.31

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario, INE, 2003.

3.1.9 Producción regional

Según datos de La FAO, Centroamérica representa el 0.15% de la producción mundial de tomate para el 2006. Dentro de la Región podemos destacar que el mayor productor de Tomate en el 2006, fue Guatemala con 192,207.00 toneladas (44.6% de la producción regional), en segundo lugar Honduras con 153,252.00 toneladas (35.6%), en tercer lugar Costa Rica con 42,424.00 toneladas (9.8%), en cuarto lugar El Salvador con 35,886.00 toneladas (8.3%) y en último lugar Nicaragua con 7,300.00 toneladas, representando el 1.7% de la producción regional (Ministerio de Fomento, Industria y Comercio; NI, 2008).

Cuadro 7. Producción de tomate en Centroamérica (en miles de toneladas métricas).

Países	2003	2004	2005	2006
Guatemala	187.23	189.24	192.21	192.21
Honduras	87.66	120.50	153.25	153.25
Costa Rica	47.00	45.00	41.35	42.42
El Salvador	22.82	25.42	29.42	35.89
Nicaragua	6.80	7.00	7.30	7.30
Total CA	351.51	387.16	423.53	431.07

Fuente: FAOSTAT, División Estadística, 2007

3.1.10 Comercio

Al relacionar los volúmenes de las exportaciones se analizan versus las importaciones, este producto presenta tres escenarios que se consideran importantes. El primero de ellos se relaciona con el período 1995-1997, el cual se caracteriza por presentar cifras negativas en su saldo, es decir se importa más de lo que se exporta. El segundo escenario se refiere a un crecimiento acelerado de las exportaciones, que van de las 5,188 tm a 46,198 tmen en el 2001. El tercer escenario se caracteriza por un descenso en las exportaciones a partir del 2003 hasta alcanzar las 20,555 tm, en el año 2005. A partir de este año las importaciones empezaron a disminuir y las exportaciones fueron en aumento y solo en algunos años que no hubo aumento (MAGA, 2008).

Cuadro 8. Exportaciones e importaciones de tomates frescos o refrigerados. Partida SAC 07020000 (toneladas métricas). Período 1995-2005.

Año	Exportaciones	Importaciones	Saldo
1995	194.72	2,412.02	-2,217.30
1996	529.26	767.02	-237.76
1997	620.21	781.07	-160.86
1998	5,187.75	243.21	4,944.55
1999	30,483.91	43.17	30,440.74
2000	37,808.11	289.56	37,518.55
2001	46,197.22	405.76	45,791.96
2002	31,055.43	225.03	30,830.40
2003	22,692.11	151.30	22,540.81
2004	20,192.65	57.29	20,135.36
2005	20,555,258	331,256	20,224,002
2006	17,594,705	301,504	17,293,201
2007	20,116,057	88,106	20,027,951
2008	26,894,024	320,515	26,573,509
2009	9,793,043	2,908,150	6,884,893

Fuente: Banco de Guatemala

3.1.11 Cosecha

El momento de la cosecha es muy importante, para visualizar el período correcto, influencia además la presentación del producto en el mercado y el aspecto de los frutos en la comercialización. Para determinar el momento exacto de la cosecha, se debe saber de antemano el ciclo del cultivar (variedad o híbrido) (Centa.gob.sv. 2002)

El momento exacto de la cosecha es definido por factores fisiológicos muy influenciados por factores ambientales. La temperatura en el período de desarrollo y en la fase de la cosecha es quien establece la mejor influencia sobre la maduración de los frutos. Temperaturas muy bajas en el período de cosecha pueden atrasar la maduración y conferir al fruto una coloración amarillenta diferente al aspecto rojo intenso conocido.

En la práctica, los frutos demuestran estar maduros cuando presentan aspectos peculiares, definiendo características externas e internas que cuando son observadas por el productor, pueden determinar el momento exacto de la cosecha. Internamente el fruto de tomate, puede considerarse maduro cuando al ser

cortado transversalmente, presenta sus semillas intactas, o sea, ninguna semilla es cortada (García Rodríguez, GR. 2008).

Externamente, la coloración se altera de verde claro para amarillento, se ha observado que esta característica se expresa primeramente en el ápice del fruto. Se le llama estado de estrella rojiza, amarillenta o rosado. Esto se debe al diseño formado por los lóbulos del fruto, que en este estadio destaca al resto del fruto, formando la referida figura en el ápice (García Rodríguez, GR. 2008).

El inicio de la cosecha también estará en función del material genético utilizado (García Rodríguez, GR. 2008).



Figura 1. Punto de corte para exportar.
Fuente: García Rodríguez, GR. 2008

3.1.12 Características pos cosecha

Alta vida de anaquel (20 – 25 días), sin presentar aspectos de deterioro y ablandamiento, cuando son cosechados amarillentos. En general, presentar larga vida cuando es cosechado rojo y maduro, sin presentar ningún problema pos cosecha. Algunos cultivares poseen genes de resistencia específicos, por ello, presentan resistencia pos cosecha mayor, por lo que son llamados extra firmes o resistentes al ablandamiento (García Rodríguez, GR. 2008).

Otro aspecto que debe ser resaltado en la cosecha de los frutos del tomate es la posición de los frutos en el racimo. Cuando la planta inicia la formación de las flores en la inflorescencia. Esta característica determina que, en el mismo racimo, habrán diversas fases fisiológicas y desarrollo lo que diferencia en cada fruto

formado. En la práctica se observa que los frutos que se forman en la base del racimo, se desarrollan y maduran primero. El tiempo de desarrollo de cada fruto no se altera, a no ser que la fecundación del óvulo por el grano de polen, se efectúe en tiempo diferente (García Rodríguez, GR. 2008).

3.1.13 Empaque

Para definir el tipo de empaque, el productor debe consultar al mercado consumidor y así empaquetar de acuerdo a los estándares de ese mercado. Por lo tanto, antes de iniciar la cosecha el tipo de empaque debe ser establecido (García Rodríguez, GR. 2008).



Figura 2. Empaque súper Guate



Figura 3. Empaque para Estados Unidos

Fuente: García Rodríguez, GR. 2008

3.1.13.1 Estándares de Empaque

- Clasificación de los frutos según tamaño.
- Caja de plancha de fibra con tapadera, empaque suelto, 11 kg (25 lb); bandeja plana de plancha de fibra, empaque de exhibición de dos capas, 8-11 kg (18-25 lb); caja agujerada de plancha de fibra con tapadera, empaque de exhibición de 3 capas, 11-15 kg (24-33 lb) (IICA, NI. 2009).

3.1.14 Comercialización

En la actualidad el comercio internacional del tomate está localizado en dos áreas concretas con alto poder adquisitivo: La Unión Europea y Estados Unidos. Los países que suministran a la Unión Europea son:

España, Holanda (comercio intracomunitario) y Marruecos. En el caso de EEUU el tomate consumido proviene (al margen de la producción local) de Guatemala, México y Canadá (IICA, NI. 2009).

El factor determinante del precio de mercado, aunque se basa en la oferta y la demanda, en este sentido, el productor no tiene ningún control efectivo. El productor es el responsable por la oferta indiscriminada y no programada de sus productos, es el responsable total por la oscilación descontrolada de los precios (FAO, IT. 2003).

La producción bajo invernadero, viene a ofrecer al productor una forma de producir que le presenta condiciones de obtener racionalmente su producción de manera que el mercado desee. La tecnología genera condiciones para esto y el productor debe preparar el camino para un futuro mejor (FAO, IT. 2003).

Siempre se debe recordar que la comercialización es una relación constante que debe atender las necesidades de las partes involucradas. Sin considerar la oferta y la productividad, el productor solo tiene dos aspectos básicos a cuidar: la calidad y la propaganda localizada del producto. Identificando su producto con el empaque y presentando mercadería de buena calidad y precios accesibles, el consumidor lo identifica y forzar con esto al mercado a adquirirlo constantemente, creando una sociedad favorable con el consumidor y evitando que su producto sea sustituido por otro semejante (FAO, IT. 2003).

El empaque tiene diferentes funciones, que van desde el acondicionamiento y protección hasta la presentación e identificación de su producto en estantería (FAO, IT. 2003).

Cuando se habla del mercado consumidor, se debe pensar en cadenas de supermercados, donde el valor ofrecido por los productos es mayor por la proximidad con el consumidor final. Hoy en día, también existen tiendas especializadas en productos de primera línea, las llamadas boutique de frutas y hortalizas, que tienen buena aceptación de productos producidos bajo invernadero (García Rodríguez, GR. 2008).



Figura 4. Exportando de Guatemala a Estados Unidos.

3.1.15 Disposiciones relativas a la calidad según la FAO

a. Requisitos Mínimos

En todas las categorías, de conformidad con las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas, los tomates deberán: (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003)

- Estar enteros.
- Tener un aspecto fresco.
- Estar sanos, deberán excluirse los productos afectados por podredumbre o deterioro que haga que no sean aptos para el consumo.
- Estar limpios y prácticamente exentos de cualquier materia extraña visible.
- Estar exentos de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica.
- Estar prácticamente exentos de plagas que afecten al aspecto general del producto.
- Estar prácticamente exentos de daños causados por plagas.
- Estar exentos de cualquier olor y/o sabor extraños.

En el caso de los tomates en racimo, los tallos deben estar frescos, sanos, limpios y exentos de hojas y cualquier materia extraña visible (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

b. El desarrollo y condición de los tomates deberán ser tales que les permitan:

- Soportar el transporte y la manipulación.
- Llegar en estado satisfactorio al lugar de destino.

3.1.16 Clasificación

Los tomates se clasifican en tres categorías, según se definen a continuación: (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003)

a. Categoría “Extra”

Los tomates de esta categoría deberán ser de calidad superior. Deberán tener la pulpa firme, y su forma, aspecto y desarrollo deberán ser característicos de la variedad. Deberán ser uniformes en cuanto al tamaño. Su coloración, según el estado de madurez, deberá ser tal que les permita satisfacer los requisitos establecidos (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

Deberán estar exentos de dorso verde u otros defectos, salvo defectos superficiales muy leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

b. Categoría I

Los tomates de esta categoría deberán ser de buena calidad. Deberán tener la pulpa suficientemente firme, y su forma, aspecto y desarrollo deberán ser característicos de la variedad (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

Deberán ser uniformes en cuanto al tamaño. Deberán estar exentos de grietas y de dorso verde visible. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase:

- Un ligero defecto de forma y desarrollo.

- Un ligero defecto de coloración.
- Defectos leves de la piel.
- Magulladuras muy leves.

Además los tomates “asurcados” podrán presentar:

- Grietas cicatrizadas que no excedan de 1 cm de longitud.
- Protuberancias no excesivas.
- Un pequeño ombligo que no presente suberización.
- Suberización del estigma no superior a 1cm².
- Una cicatriz lineal cuya longitud no exceda de los dos tercios del diámetro máximo del fruto.

c. Categoría II

Esta categoría comprende los tomates que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero satisfacen los requisitos mínimos. (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

Los tomates deberán ser suficientemente firmes (pero podrán ser ligeramente menos firmes que los clasificados en la Categoría I) y no deberán presentar grietas sin cicatrizar (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

Podrán permitirse los siguientes defectos, siempre y cuando los tomates conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación y presentación: (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

- Defectos de forma, desarrollo y coloración.
- Defectos de la piel o magulladuras, a condición de que no afecten seriamente al fruto.
- Grietas cicatrizadas que no excedan de 3 cm de longitud para los tomates redondos, “asurcados” u oblongos.

Además, los tomates “asurcados” podrán presentar:

- Protuberancias más acusadas que las admitidas en la categoría I, pero sin llegar a la deformidad.
- Un ombligo.
- Suberización del estigma no superior a 2 cm².
- Una cicatriz pistilar fina de forma alargada (similar a una costura).

3.1.17 Disposiciones relativas a la clasificación por calibres

El calibre se determina por el diámetro máximo de la sección ecuatorial, de acuerdo con la siguiente tabla.

El calibre mínimo se establece en 15 mm para los tomates “cereza”, 35 mm para los tomates “redondos” y “asurcados” y 30 mm para los tomates “oblongos” (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, MX. 2004).

Cuadro 9. Código de calibres y diámetro en milímetros.

Código de calibre	Diámetro (mm)	
	Mínimo	Máximo
1	de 30	a 34
2	“ 35	“ 39
3	“ 40	“ 46
4	“ 47	“ 56
5	“ 57	“ 66
6	“ 67	“ 81
7	“ 82	“ 101
8	“ 102	En adelante

Cuadro 10. Código de los calibres respecto al diámetro

Código de tamaño	Diámetro (mm)	
	Min	Max
000	15	19
00	20	24
0	25	29

3.1.18 Disposiciones relativas a la coloración

En la especificación relativa a la declaración de la categoría, deberán utilizarse los siguientes términos, en la descripción del color como una indicación de la fase de madurez de cada lote de tomates maduros (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

- **Verde maduro:** cuando, en las zonas tropicales, los tomates presentan un color amarillo.
- **Verde:** cuando la superficie del tomate es completamente de color verde que varía de verde claro a oscuro.
- **Quebrante:** cuando hay un corte definido el color del verde al amarillo-oscuro, rosa o rojo en no más del 10% de la superficie.
- **Jaspeado:** cuando el amarillo, rosa o rojo se presentan en más del 10% pero menos del 30% del fruto.
- **Osa:** cuando el color rosa o rojo se presentan en más del 30% pero menos del 60% del fruto (no se incluye el amarillo).
- **Rojo:** cuando más del 60% pero menos del 90% del fruto es de color rosa o rojo.
- **Rojo maduro:** cuando más del 90% de la superficie del fruto muestra un color rojo.

3.1.19 Disposiciones relativas a las tolerancias

Se permitirán tolerancias de calidad y de calibre en cada envase para los productos que no satisfagan los requisitos de la categoría indicada (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

3.1.19.1 Tolerancia de calidad

a. Categoría “Extra”

El 5%, en número o en peso, de los tomates que no satisfagan los requisitos de esta categoría, pero satisfagan los de la Categoría I o, excepcionalmente, que no superen las tolerancias establecidas para esta última (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

b. Categoría I

El 10%, en número o en peso, de los tomates que no satisfagan los requisitos de esta categoría, pero satisfagan los de la Categoría II o, excepcionalmente, que no superen las tolerancias establecidas para esta última. (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

En el caso de los tomates en racimo, el 5% en número o en peso de los tomates separados del tallo (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

c. Categoría II

El 10%, en número o en peso, de los tomates que no satisfagan los requisitos de esta categoría ni los requisitos mínimos con excepción de los frutos afectados por podredumbre, magulladuras pronunciadas o cualquier otro tipo de deterioro que haga que no sean aptos para el consumo (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003)

En el caso de los tomates en racimo, el 10% en número o en peso de los tomates separados del tallo (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

3.1.19.2 Tolerancias de calibre

Para todas las consignaciones y categorías de calidad, se acepta un 10% de tomates que sean más pequeños que el diámetro mínimo estipulado, o más grandes que el diámetro máximo estipulado (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

Para todas las categorías, el 10% en número o en peso de los tomates que correspondan al calibre inmediatamente inferior y/o superior al indicado en el envase, con un mínimo de 33 mm para los tomates “redondos” o “asurcados” y de 28 mm para los tomates “oblongos” (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003).

3.1.19.3 Los tomates se pueden clasificar de acuerdo a la siguiente disposición de homogeneidad:

La diferencia máxima en diámetro entre los tomates en el mismo envase se limitará a:

- 10 mm, si el diámetro del fruto más pequeño (de acuerdo a como lo indique el envase) es inferior a 50 mm.

- 15 mm, si el diámetro del fruto más pequeño (de acuerdo a como lo indique el envase) es igual a 50 mm y superior a 70 mm.
- 20 mm si el diámetro del fruto más pequeño (de acuerdo a como lo indique el envase) es igual o superior a 70 mm pero inferior a 100 mm.
- Para los frutos de diámetro igual o superior a 100 mm no hay límites de diferencia en diámetro.

Los tomates se pueden clasificar por número de frutos, diámetro o peso, de acuerdo con las disposiciones de la legislación del país importador (Codexalimentarius.net. 2009, FAO, IT. 2003, Ec.europa.eu. 2007).

3.1.20 Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas.

3.1.20.1 Definición de las BPA

Las Buenas Prácticas Agrícolas son un conjunto de normas, principios y recomendaciones técnicas aplicadas a las diversas etapas de la producción agrícola, que incorporan el Manejo Integrado de Plagas (MIP) y el Manejo Integrado del Cultivo (MIC), cuyo objetivo es ofrecer un producto de elevada calidad e inocuidad con un mínimo impacto ambiental, con bienestar y seguridad para el consumidor y los trabajadores y que permita proporcionar un marco de agricultura sustentable, documentado y evaluable (IICA, CR. 2008).

En general, las BPA se basan en tres principios: la obtención de productos sanos que no representen riesgos para la salud de los consumidores, la protección del medio ambiente y el bienestar de los agricultores (FAO, IT. 2007).

3.1.20.2 Ventajas de la adopción de las BPA

- Mejorar las condiciones higiénicas del producto.
- Prevenir y minimizar el rechazo del producto en el mercado debido a residuos tóxicos o características inadecuadas en sabor o aspecto para el consumidor. Minimizar las fuentes de

contaminación de los productos, en la medida en que se implementen normas de higiene durante la producción y recolección de la cosecha.

- Abre posibilidades de exportar a mercados exigentes (mejores oportunidades y precios). En el futuro próximo, probablemente se transforme en una exigencia para acceder a dichos mercados.
- Obtención de nueva y mejor información de su propio negocio, merced a los sistemas de registros que se deben implementar (certificación) y que se pueden cruzar con información económica. De esta forma, el productor comprende mejor su negocio, lo cual lo habilita para tomar mejores decisiones.
- Mejora la gestión (administración y control de personal, insumos, instalaciones, etc.) de la finca (empresa) en términos productivos y económicos, y aumentar la competitividad de la empresa por reducción de costos (menores pérdidas de insumos, horas de trabajo, tiempos muertos, etc.).
- Se reduce la cadena comercial (menos intermediarios) al habilitar la entrada directa a supermercados, empresas exportadoras, etc.
- El personal de la empresa se compromete más con ella, porque aumenta la productividad gracias a la especialización y dignificación del trabajo agropecuario.
- Mejora la imagen del producto y de la empresa ante sus compradores (oportunidades de nuevos negocios) y, por agregación, mejora la imagen del propio país.
- Desde el punto de vista de las comunidades rurales locales, las BPA representan un recurso de inclusión en los mercados, tanto locales como regionales o internacionales. Así mismo, constituyen una excelente oportunidad para demostrarse a sí mismas y a otras comunidades semejantes que se pueden integrar con éxito, al tiempo que mejoran su calidad de vida y su autoestima, sin dejar de lado sus valores culturales (FAO, IT. 2007).

3.1.20.3 Filosofía de las BPA

El concepto de BPA implica:

- a. **Protección del ambiente:** se minimiza la aplicación de agroquímicos y su uso y manejo son adecuados, por tanto no se contaminan suelos y aguas y se cuida la biodiversidad.
- b. **Bienestar y seguridad de los trabajadores:** esto se logra mediante capacitación, cuidado de los aspectos laborales y de la salud (prevención de accidentes, de enfermedades gastrointestinales, higiene), y buenas condiciones en los lugares de trabajo.
- c. **Alimentos sanos:** los alimentos producidos le dan garantía al consumidor, porque son sanos y aptos para el consumo por estar libres de contaminantes (residuos de plaguicidas, metales pesados, tierra, piedras, hongos).
- d. **Organización y participación de la comunidad:** los procesos de gestión son participativos, ayudan al empoderamiento y a la construcción de tejido social y fortalecen el uso de los recursos en busca de procesos de sostenibilidad.
- e. **Comercio justo:** los productores organizados cuentan con poder de negociación, logran encadenamientos con productores de bienes y servicios, se fomenta la generación de valor agregado a los productos de origen agropecuario, y así el productor recibe una justa retribución por su participación en el proceso de producción (FAO, IT. 2007, IICA, CR. 2008).

3.1.20.4 Componentes básicos de las Buenas Prácticas Agrícolas

a. Semillas

Antes de hacer la selección de una variedad específica, se deben definir los elementos a considerar para hacer la elección. En primer lugar, se debe tener una ficha técnica del material, que incluye bajo qué condiciones se obtuvo la semilla, pruebas realizadas, condiciones de alimento, rendimientos esperados, características del fruto, porcentaje de germinación, certificado de origen, etc. En segundo lugar, la experiencia propia o regional con esa variedad; se requiere un material adaptado a las condiciones

agroecológicas del productor, y en tercer lugar, se debe fomentar el uso de variedades y especies comerciales resistentes o tolerantes a plagas limitantes desde el punto de vista económico, con vistas a un uso racional de agroquímicos e insumos.

Igualmente, se debe fomentar entre los productores una adecuada selección de semillas y utilizar especies adaptables a la zona de cultivo. Es importante que las semillas y especies utilizadas estén certificadas sanitariamente (FAO, IT. 2007).

a. Historia y manejo del establecimiento o lote

Se debe conocer la historia del terreno y su uso actual, al igual que de los terrenos vecinos, para identificar ventajas y riesgos para el cultivo. Es de gran valor establecer un sistema básico de planificación de la producción y un sistema de monitoreo y evaluación (FAO, IT. 2007).

Se debe contar con mapas de localización del terreno y áreas circundantes, incluir en la revisión una supervisión de los canales de riego y drenaje, evitar plantaciones donde existan riesgos de contaminación cercanos, como establos o desechos industriales, e impedir la entrada de animales domésticos o silvestres en las áreas de cultivo (FAO, IT. 2007).

Es importante conocer qué cultivos anteriores fueron sembrados, qué tipo de productos químicos se aplicaron y si hubo presencia de enfermedades que puedan limitar la producción. Cuando el cultivo anterior pudiera ocasionar problemas fitosanitarios, es necesario desinfectar los suelos por medios físicos o químicos y tratar de establecer una rotación de cultivos. Para asegurarse que la calidad del terreno es apta para la siembra, se deberá realizar análisis físico, químico y microbiológico de los suelos para determinar el estado nutricional del terreno, y la presencia de metales pesados o microorganismos (FAO, IT. 2007).

Por último, se recomienda realizar drenajes adecuados para evitar inundaciones, y desarrollar programas de compostaje para el manejo de los residuos de cosecha y demás residuos orgánicos generados en la finca (FAO, IT. 2007).

b. Manejo de suelos y sustratos

Las técnicas de cultivo más recomendadas, encaminadas a reducir la posibilidad de erosión y compactación del suelo, son la labranza mínima y la protección de pendientes. Arar y rastrillar el suelo para eliminar terrones, nivelar y formar camas o surcos para favorecer el drenaje y evitar inundaciones. Evitar el empleo de maquinaria pesada que compacte el suelo. Además, se debe mantener el suelo limpio de residuos no orgánicos. En cualquier caso, es recomendable utilizar distancias de siembra adecuadas con plantas sanas, y asegurarse de disponer de un análisis de suelos antes de proceder a establecer el cultivo.

Los cultivos se han de plantar donde haya más fertilidad y menos problemas de maleza (arvenses) o inundaciones. Pero también hay que fomentar la rotación de cultivos en la unidad productiva para evitar la esterilización y los desbalances químicos del suelo con sustancias.

En algunos casos, es recomendable la colocación de acolchados plásticos para el manejo de malezas, control de plagas y ahorro de agua (FAO, IT. 2007)

c. Uso de fertilizantes

Hay que asegurarse de que la aplicación de fertilizantes esté basada en los requerimientos nutricionales del cultivo con base en un análisis de suelo, para mantener su fertilidad por medio de un uso racional de los recursos y los insumos y evitar la contaminación de aguas y suelos. Para optimizar los beneficios y minimizar la pérdida de nutrientes, se debe determinar el momento de aplicación del fertilizante.

Hay que llevar un registro de la existencia de fertilizantes en la unidad productiva. Se debe verificar que éstos declaren su composición química (sobre el empaque o botella), y estén registrados oficialmente.

El almacenamiento de los fertilizantes debe cumplir con los criterios de seguridad: estar separados de los plaguicidas y, donde no sea posible, separarlos por un espacio de aire y etiquetados; que estén en un área cubierta limpia y seca, y aislados del piso para evitar que se humedezcan. No se deben mezclar en un

mismo espacio con alimentos, productos frescos o productos terminados, como tampoco se deben guardar en los sitios de residencia. Por último, se deben señalar las áreas de peligro y riesgos, con avisos sencillos y visibles a distancia.

En el caso de utilizar abonos orgánicos, se debe conocer la fuente de la materia orgánica, que estén totalmente compostados y seguros de su calidad, libres de contaminantes químicos o biológicos (Coemelcolina.com.mx. 2004.).

Todo el estiércol debería ser adecuadamente transformado en abono e incorporado al suelo no menos de 60 días antes de la cosecha (Código de Regulaciones de California, Título 14, Sección 7, y Título 27, Sección 2.) (FDA, US. 2008).

d. Protección de cultivos

Ante todo, utilizar herramientas desinfectadas para el manejo de las plantas. Se deben aplicar técnicas reconocidas de Manejo Integrado de Plagas —MIP— y usar productos selectivos que sean específicos para la maleza, la enfermedad o la plaga objetivo, los cuales tienen un mínimo efecto sobre los organismos benéficos, la vida acuática, la capa de ozono y los consumidores. Para la implementación del MIP es indispensable el reconocimiento de los tipos de plagas, enfermedades y malezas que existen en la zona, con el fin de elegir los cultivos que se adapten a esas condiciones y realizar los monitoreos y evaluaciones de plagas que permitan tomar decisiones que involucren diferentes alternativas para el respectivo examen, donde el control químico no sea la única opción viable de verificación (FAO, IT. 2007).

La elección de los productos fitosanitarios es de suma importancia en el proceso productivo, ya que este concepto involucra varios aspectos, a saber: justificación de la aplicación, mediante la verificación de la presencia de las plagas; categoría toxicológica del producto, ya que se debe fomentar el uso de plaguicidas registrados oficialmente y de baja toxicidad (categorías III y IV); dosificación mínima eficiente para el control; rotación de producto para evitar resistencia de las plagas a los agroquímicos, y competencia y

conocimiento en la materia de quien recomienda el producto (técnico debidamente calificado) (FAO, IT. 2007).

Antes de aplicar cualquier plaguicida, se deben conocer las características y modo de acción del producto que se va a utilizar; cada aplicación estará acompañada por instrucciones claras, detallando la labor, dosificación y técnica de aplicación requerida (FAO, IT. 2007).

Los trabajadores deben recibir entrenamiento en el manejo de equipos y la aplicación de plaguicidas, de igual forma, usar ropa de protección adecuada para disminuir los riesgos de salud y seguridad. Es vital asegurarse de que antes de realizar una aplicación, conozcan el producto que van a utilizar; no se deben hacer auto formulaciones. Cada aplicación está acompañada por instrucciones claras o símbolos donde se detalla la labor y la dosificación química y técnica requerida. El equipo de aplicación se debe mantener en buena condición realizando calibraciones y mantenimientos periódicos (FAO, IT. 2007).

La disposición de residuos sobrantes de productos fitosanitarios debe hacerse de acuerdo con los procedimientos reglamentados. El almacenamiento de plaguicidas deberá ser en un sitio diferente a la casa de acuerdo a las regulaciones locales, en ubicación apropiada, ventilada, segura, iluminada, lejos de otros materiales y resistente al fuego. En lo posible, evitar derrames, y en caso de ocurrir realizar las labores adecuadas para contrarrestarlos. Se debe contar con los elementos necesarios para la medición y mezcla de agroquímicos y los medios para manejar intoxicaciones; además, tener a mano los teléfonos de hospitales, policía y dirección local de salud para solución de emergencias. Los envases vacíos de agroquímicos deben disponerse de acuerdo con la legislación nacional para evitar la exposición de las personas y la reutilización de los mismos (FAO, IT. 2007).

Se deben llevar registros de todas las labores realizadas en el proceso productivo, incluyendo poscosecha y comercialización, de tal manera que se pueda trazar el producto (FAO, IT. 2007).

Se deben tener en cuenta los plazos de seguridad a fin de evitar riesgos de contaminación. Las personas responsables de dirigir la aplicación deben de tener en cuenta los períodos de carencia entre la

última aplicación y la cosecha, con el fin de minimizar riesgos de contaminación de los productos (FAO, IT. 2007).

Las aplicaciones de productos fitosanitarios deben realizarse siguiendo las recomendaciones del fabricante y con la asesoría de un profesional competente, teniendo especial cuidado de tener los equipos de aplicación calibrados y en buen estado, utensilios de medición o dosificación precisa del producto y aplicarlo en las horas de mayor efectividad. Se recomienda un instructivo o procedimiento para que sea conocido y aplicado por la persona encargada de la labor (FAO, IT. 2007).

No se deben dejar sobrantes del producto utilizado en el equipo ni en los envases. En caso de dejar sobrantes, utilícelos para preparar una nueva aplicación (FAO, IT. 2007).

Los plaguicidas se deben almacenar en un sitio diferente a la casa de acuerdo a las regulaciones locales, en ubicación adecuada, ventilada, segura, iluminada, lejos de otros materiales y resistente al fuego (FAO, IT. 2007).

Hay que almacenar los plaguicidas de manera que se eviten derrames y, en caso de ocurrir, realizar las labores adecuadas para ese fin.

Se debe disponer de elementos necesarios para la medición y mezcla de agroquímicos y de medios adecuados para manejar intoxicaciones y tener disponible un listado de teléfonos de los hospitales, policía y dirección local de salud en el caso de una emergencia.

Los envases vacíos de agroquímicos deben ser perforados para evitar su reutilización y ser lavados por lo menos tres veces con anterioridad.

Mantener registros de inventario de los agroquímicos que está empleando para la protección de cultivos (FAO, IT. 2007).

b. Recolección y manejo poscosecha

Se debe tener en cuenta el punto óptimo de cosecha de acuerdo con las exigencias del mercado. Además de organizar un sistema conveniente de manipulación, clasificación, empaque y transporte, y almacenar lo empacado en la parcela, campo o centro de acopio, de forma que se evite la contaminación por roedores, otras plagas o peligros físicos o químicos y se mantenga la vida útil adecuada. Es importante efectuar un análisis de los riesgos de higiene del sitio de manejo poscosecha, que será usado para establecer protocolos de higiene tanto para el personal como para los equipos. Los equipos deben ser lavados y desinfectados para asegurar que estén libres de material contaminante (Coemelcolina.com.mx. 2004.).

Los trabajadores deben tener acceso a unidades sanitarias adecuadas para el manejo de excretas y lavado de manos cerca a su sitio de trabajo (figura 5). Es de vital importancia capacitar a los trabajadores con instrucciones básicas de higiene y manipulación de alimentos frescos, y tomar precauciones como no fumar, comer o laborar con problemas respiratorios o de salud. Los alimentos no se deben tocar si se padece una enfermedad transmisible que inhabilite para manipular productos destinados al consumo humano. Por último, se debe garantizar el adecuado suministro de agua potable y evitar la contaminación por aguas residuales para las labores de poscosecha (Coemelcolina.com.mx. 2004.).

Se debe ilustrar de manera gráfica todas las operaciones que se realizan durante el manejo de la poscosecha del producto, mediante diagramas de flujos (Coemelcolina.com.mx. 2004.).



Figura 5. Unidad sanitaria para el lavado de manos.

c. Manejo de residuos y contaminantes

Todo tipo de residuo debe ser identificado, clasificado y dispuesto de tal manera que pueda ser reciclado o eliminado. Las instalaciones de la finca deben estar libres de basura y desechos y tener sitios adecuados para la eliminación de los mismos (FAO, IT. 2007).

Los productos contaminantes como agroquímicos, aceites, combustibles y efluentes de la casa, deben ser identificados y dispuestos adecuadamente para que no causen contaminación al medio ambiente, a las personas o a los animales (FAO, IT. 2007).

Se debe establecer un plan de manejo de los contaminantes tóxicos y determinar el sitio de disposición. Los residuos orgánicos se pueden compostar en sitios o en lugares acondicionados para su elaboración. En este sentido, se debe capacitar a los productores sobre técnicas y estrategias de reciclaje de los residuos orgánicos de la finca (FAO, IT. 2007).

d. Salud, seguridad y bienestar

Hay que fomentar condiciones de trabajo seguras y saludables para los trabajadores, implementando programas de capacitación sobre primeros auxilios, manejo del botiquín, normas de higiene, procedimientos para accidentes y emergencias y entrenamiento para los que operan equipamiento complejo o peligroso. En este sentido, se recomienda mantener un registro de entrenamiento para cada trabajador (FAO, IT. 2007).

Los trabajadores deben estar equipados con ropa protectora apropiada de acuerdo con las instrucciones de etiqueta sobre posibles riesgos de salud y seguridad. Aquellos que realizan aplicaciones de productos fitosanitarios en la parcela deben recibir controles anuales de salud, los cuales estarán de acuerdo con las pautas establecidas por los códigos de salud locales. Así mismo, conviene abrir espacios de participación en jornadas de salud realizadas por el hospital y el municipio para los trabajadores y sus hijos, para conocer su estado nutricional (FAO, IT. 2007).

Se debe garantizar que la persona contratada esté vinculada a algún régimen de salud, y respetar las edades para contratación de acuerdo con las disposiciones legales (FAO, IT. 2007).

Es aconsejable fomentar en las familias de los trabajadores acciones encaminadas al reconocimiento de los derechos y deberes de los niños, buen trato entre los miembros de la familia, buena manipulación y preparación de los alimentos, que corresponda con unos hábitos alimentarios adecuados, mantenimiento de una huerta casera que les permita mejorar la alimentación de la familia, y propiciar condiciones de estudio para los menores de edad, junto con programas de complementación alimentaria, crecimiento y desarrollo, control prenatal y sobre los beneficios de la lactancia materna (FAO, IT. 2007).



Figura 6. Botiquín para procedimientos de emergencias.

e. Agua

- Toda fuente de agua debe estar protegida: pozo artesanal, pozo mecánico, nacimiento.
- Se debe utilizar agua filtrada y anualmente se debe efectuar análisis de agua en un laboratorio, autorizado por PIPAA (Programa Integral de Protección agrícola y ambiental de Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación Guatemala)
- No utilizar los recipientes sucios para transportar el producto cosechado.
- De preferencia utilizar sistema de riego por goteo.
- No es permitido el uso de aguas servidas, de drenaje o estancadas para riego.
- El agua para aspersion de los plaguicidas debe ser filtrada.

El agua de mala calidad puede ser una fuente directa de contaminación y también un importante vehículo de diseminación de microorganismos en el lugar de producción. Cada vez que el agua entra en contacto directo con frutas y hortalizas, existe la posibilidad de contaminación del producto. Esto incluye el agua utilizada para la producción y el lavado del producto fresco, la utilizada en las empacadoras y durante el transporte. La gravedad del riesgo resultante de una mala calidad del agua dependerá del tipo y del número de microorganismos en el agua y de su capacidad para sobrevivir en el producto (Coemelcolina.com.mx. 2004.).

El agua destinada a la producción agrícola puede contaminarse fácilmente con heces humanas o animales. Es importante mantener a los animales y a los niños alejados de los campos y proporcionar a los trabajadores del campo baños bien construidos y mantenidos o baños portátiles. La contaminación del agua con material fecal puede ocurrir asimismo si los pozos y los sistemas acuosos no han sido construidos de manera correcta, si los sistemas de control séptico funcionan mal o tienen defectos de diseño y si existen filtraciones procedentes de plantas de depuración de aguas residuales (Coemelcolina.com.mx. 2004.).

Los animales salvajes, incluidos insectos, roedores, reptiles y pájaros, pueden transportar enfermedades. Dado que éstos se encuentran incluso en los entornos más puros, la protección absoluta del agua es difícil y el objetivo a alcanzar debería de ser la minimización de la contaminación potencial por parte de los animales salvajes (García Rodríguez, GR. 2008).

Para verificar si el agua utilizada en la producción agrícola está contaminada con material fecal, los análisis de laboratorios recomendados deberán determinar la presencia de bacterias coliformes fecales, en especial *E. coli* (García Rodríguez, GR. 2008) .

El grado máximo de contaminación del agua potable para la razón coliformes/*E.coli* es cero (U.S. EPA, 2001b). Si los pozos o las fuentes de agua están contaminados con estos organismos, las posibles

medidas de mejora incluyen la desinfección con cloro u otros desinfectantes o el filtrado del agua de la fuente (Coemelcolina.com.mx. 2004.).

3.1.21 Buenas prácticas de manufactura

Este apartado solo considera el manejo de frutas y hortalizas para venta en fresco, y trata sobre las actividades que se deben realizar para asegurar la inocuidad de los alimentos, haciendo énfasis en las condiciones adecuadas del manejo, selección, empaque, transporte, enfriado y embarque del producto.

El riesgo de contaminación del producto después de la cosecha es alto, ya que existe una gran manipulación por parte del personal, el producto tiene áreas expuestas al ataque de microorganismos patógenos por el corte, magulladuras y heridas, además de que las condiciones del área de empaque y los insumos utilizados pueden ser factor de riesgo (OIRSA, 2009).

3.1.21.1 Condiciones generales del área de empaque

a. Generalidades

El área de empaque debe estar en condiciones aceptables para evitar la contaminación del producto, considerando lo siguiente:

b. Instalaciones

- Debe estar libre de basura, maquinaria inutilizada, desechos de cosecha y/o desperdicios.
- Los insumos como combustibles, aditivos, fertilizantes, plaguicidas, entre otros, deben ser almacenados en un lugar independiente del área de empaque.
- Las instalaciones deben construirse con materiales que permitan su mantenimiento, limpieza y desinfección, y se evite el desprendimiento de partículas.
- Restringir la entrada de animales domésticos como perros y gatos al área de empaque, para evitar que el producto entre en contacto con estiércol o heces de animales.

- Evitar el acceso y anidamiento de plagas, así como mantener el pasto cortado para que no sirva de cobijo y alimento a roedores, reptiles, etc. Ver punto 7.3 sobre Control de Plagas.
- Se deberá reducir el polvo y otros contaminantes acarreados por el viento.
- Debe proporcionar el control en temperatura, humedad y otros factores que puedan afectar la vida de anaquel del producto.
- Evitar encharcamientos o escorrentías en el área de empaque, así como construir un desagüe de aguas residuales generadas durante el proceso.
- El agricultor debe proveer sanitarios, lavados y abastecimiento de agua para tomar en lugares debidamente situados y señalados, localizados en lugares apartados de las fuentes de agua de riego y ser limpiados regularmente (OIRSA, 2009).

c. Equipo

- El equipo que vaya a estar en contacto con los alimentos debe ser de acero inoxidable u otro material que pueda limpiarse, desinfectarse y mantenerse lo más higiénico posible.
- El equipo de recolección utilizado deberá mantenerse lo más limpio posible, además de ser desechado cuando termine su vida útil.
- El equipo empleado para mover basura, estiércol y otros desechos no debe utilizarse para transportar hortalizas y no debe estar en contacto con las cajas de cartón o las plataformas.
- El encargado debe mantenerse al tanto del uso que se le dá al equipo durante el día, para asegurarse que está funcionando correctamente y tomar las medidas necesarias para que se limpie cuando sea necesario, retirando los residuos del producto cosechado (OIRSA, 2009).

d. Recipientes contenedores

- Eliminar los recipientes y contenedores dañados o que no pueden ser limpiados, o cuando su vida útil haya terminado.

- Utilizar contenedores contruidos con materiales no tóxicos o envases de plaguicidas, y que permitan su limpieza y desinfección.
- Evitar el contacto de los contenedores con el suelo, lodo y heces fecales.
- Los recipientes deberán ser utilizados solamente para el acarreo del producto cosechado y no para llevar herramientas, combustible y otros productos (OIRSA, 2009).

e. Empaque

- Utilizar cajas o envases nuevos, limpios y que permitan las labores de empaqueo, conservación y estibamiento.
- Las cajas y envases deberán tener un espacio para colocar el código de la procedencia del producto, ya definido en la cosecha para su rastreabilidad.
- Las cajas o envases no deberán ser dañados en la carga y descarga del producto, ni presentar manchas o residuos (OIRSA, 2009).

3.1.21.2 Calidad del agua

La calidad del agua utilizada en el lavado o enfriado de hortalizas debe ser acorde con el uso que se pretenda hacer de la misma. El contacto entre el agua y las hortalizas durante las actividades de manufactura de éstas es generalmente extenso. Si bien el agua en sí misma es un medio útil para reducir la posibilidad de contaminación, también puede causarla de forma directa o indirecta. El reciclado del agua utilizada en la manufactura de hortalizas puede acumular microorganismos patógenos, y no solo de aquellos que proceden de los cultivos. Los operarios deben instituir prácticas que aseguren que la calidad del agua corresponda al uso que se planea hacer de ella (OIRSA, 2009).

Las buenas prácticas de manufactura relativas al agua utilizada para los alimentos, y las superficies que entran en contacto con los mismos en instalaciones de manufactura, deben realizar la documentación de la calidad del agua para determinar coliformes totales, coliformes fecales, E. coli y E. coli (H:0157).

a. Uso apropiado de los métodos de lavado.

En algunos casos se pueden eliminar riesgos a través de lavar las hortalizas en agua caliente o agua que contenga un agente surfactante o humectante, y luego volver a lavarlas o enjuagarlas con agua limpia.

Cuanto mayor contacto haya entre el agua y el producto, mayor será la posibilidad de contaminación. Los tratamientos de lavado por aspersión presentan menos probabilidades de diseminar la contaminación microbiana de un producto a otro, comparado con el tratamiento por inmersión, pero el lavado por aspersión también transmite microorganismos patógenos por aerosol o salpicado, o al estar depositados en otras superficies (como cepillos) que entran en contacto con los alimentos. Por otra parte, si el agua se contamina durante el lavado y luego se vuelve a usar puede convertirse en un medio de transmisión de contaminación. Sea cual sea el método de lavado que se use, se recomienda a los operarios que sigan buenas prácticas de manejo para mantener niveles apropiados de calidad en el agua (OIRSA, 2009).

b. Uso de agentes saneadores o antimicrobianos en el agua de lavado.

El uso de soluciones desinfectantes en el equipo de Manufactura de alimentos y otros artículos que entren en contacto con los alimentos incluye tres importantes grupos de compuestos clorados (cloro líquido, los hipocloritos y el dióxido de cloro) que exhiben diversos grados de actividad antimicrobiana. El cloro se usa normalmente en concentraciones de 50 a 200 partes por millón (ppm) de cloro total, con un período de contacto de 1 a 2 minutos. El pH de 6.0 a 7.5 es el más adecuado para lograr un saneamiento efectiva y causar el menor daño al equipo (OIRSA, 2009).

El dióxido de cloro puede resultar útil para lavar hortalizas, en concentraciones que no excedan 5 ppm. Su actividad antimicrobiana es menos afectada por el pH y la carga orgánica, que en el caso del cloro. La desventaja es que el dióxido de cloro es inestable y puede explotar si se encuentra concentrado (OIRSA, 2009).

El uso de agentes saneadores o antimicrobianos en el agua de lavado y otro tipo de manufactura puede ser de utilidad para reducir los microorganismos patógenos en la superficie de las hortalizas o la acumulación

de los mismos en el agua. La eficacia de un saneador depende de su naturaleza física o química, las condiciones del tratamiento (como la temperatura del agua, el pH y el tiempo de contacto), la resistencia de los microorganismos patógenos y la naturaleza de las superficies de las hortalizas. Comúnmente se usa cloro como agente antimicrobiano. También se ha investigado el uso de dióxido de cloro, fosfato trisódico y ozono como agentes antimicrobianos en el agua que se utiliza para lavar las hortalizas (OIRSA, 2009).

El tratamiento superficial con agentes antimicrobianos (mediante lavado, inmersión o aspersión) debe ir seguido de un enjuague con agua limpia para eliminar cualquier residuo.

Debe monitorearse la cantidad de cloro durante el lavado y otras operaciones, para asegurarse de que se mantenga a niveles efectivos. El nivel de cloro debe comprobarse y anotarse de forma sistemática, para lograr su desinfección (OIRSA, 2009).

El agua de lavado, incluso si contiene sustancias químicas antimicrobianas, puede reducir pero no necesariamente eliminar los microorganismos patógenos en la superficie de hortalizas. Dichos lavados generalmente reducen el nivel de microorganismos a una décima y una centésima parte, por lo que, a medida que aumenta la cantidad de materia orgánica y microbiana en el agua de lavado, se reduce el efecto de los agentes antimicrobianos. Los operarios deben adoptar prácticas que mantengan la eficacia de los tratamientos de lavado. Dichas prácticas pueden incluir un lavado inicial para eliminar la mayor parte de la tierra adherida a las hortalizas, un baño desinfectante rápido por inmersión seguido de un enjuague, y la práctica de añadir más desinfectante al agua utilizada en el proceso, a medida que este se agote (OIRSA, 2009).

La limpieza en seco (es decir mediante cepillos, raspado o soplado de aire) puede utilizarse con algunos productos que no toleren bien el agua, en cuyo caso es necesario limpiar y desinfectar periódicamente el equipo utilizado para ello, para prevenir la posibilidad de contaminación indirecta (OIRSA, 2009).

3.1.21.3 Control de plagas de almacén y del área de empaque

Todos los animales, incluyendo los mamíferos, pájaros, reptiles e insectos pueden convertirse en fuentes de contaminación de hortalizas, porque pueden tener o transmitir una variedad de organismos patógenos, como la *Salmonella*. Los problemas presentados por las plagas pueden reducirse al mínimo si se toman precauciones como las siguientes: (OIRSA, 2009)

a. Establecimiento del sistema de control de plagas.

Es esencial tener en todas las instalaciones un programa de lucha contra plagas para reducir el riesgo de contaminación por roedores y otros animales (OIRSA, 2009).

b. Condiciones del lugar de empaque

El lugar debe ser mantenido en buen estado. El terreno en las inmediaciones de todas las áreas de empaque debe mantenerse libre de desechos, desperdicios o basura que no esté debidamente almacenada. El pasto debe mantenerse cortado para que no sirva de cobijo y alimento a roedores, reptiles u otras plagas (OIRSA, 2009).

Deben retirarse todos los artículos que no sean necesarios, incluyendo el equipo que ya no se use, para evitar que aniden roedores y/o proliferen insectos plaga (OIRSA, 2009).

Debe limpiarse diariamente el lugar para retirar todos los restos del producto que puedan atraer a dichas plagas, tanto dentro como alrededor de las instalaciones de empaque y en cualquier otra instalación donde se manipule o guarde el producto (OIRSA, 2009).

Se deben mantener las superficies bien escurridas para que no haya lugares donde puedan multiplicarse las plagas (OIRSA, 2009).

c. Realización del monitoreo y registro del control de plagas

Debe realizarse un monitoreo y mantenimiento periódico de las instalaciones.

Se deben inspeccionar periódicamente todas las instalaciones para ver si hay indicios de plagas o contaminación por animales. Tratar de reducir la presencia de agua y alimentos para no atraer plagas (OIRSA, 2009).

Se deben retirar lo más rápidamente posible los pájaros, insectos, roedores, etc. que se maten o se atrapen para evitar que atraigan a otros animales (OIRSA, 2009).

Deben eliminarse todos los lugares donde puedan anidar o esconderse dichas plagas, de evitarse la entrada de plagas, bloqueando (mediante mallas, cortinas de aire y trampas) las rendijas en las paredes, puertas, suelo, etc., y las tomas de aire que puedan permitirles acceso a las instalaciones (OIRSA, 2009).

Se deben limpiar todas las superficies manchadas por los pájaros u otro tipo de fauna silvestre (OIRSA, 2009).

Se debe llevar un registro de control de plagas, para llevar un control de las fechas de inspección, los informes al respecto y los pasos que se tomen para eliminar cualquier problema (OIRSA, 2009).

3.1.21.4 Higiene y sanidad en empaque y transporte

Esta sección se centra en la forma en que los operarios pueden realizar medidas probadas de higiene y sanidad para reducir el riesgo de que las hortalizas se contaminen con microorganismos patógenos. Debido a que se pueden imponer distintos controles sanitarios en los diversos niveles de producción (el campo, las instalaciones de embalaje, etc.), esta discusión ha sido organizada por segmento de producción; es decir, se abordan las condiciones sobre el terreno, las instalaciones de empaque y las operaciones de transporte. También se incluye una discusión general del papel del trabajador agrícola en el mantenimiento de programas de sanidad. Es esencial adoptar buenas prácticas de

higiene y sanidad en cada etapa de la cadena alimentaria, del campo a la mesa, para reducir lo más posible el riesgo microbiano en las hortalizas (OIRSA, 2009).

a. Buenas prácticas de higiene de los trabajadores

Se deben aplicar prácticas higiénicas y sanitarias de los trabajadores durante la producción, empaqueo, embarque y transporte. Así mismo el responsable del rancho debe conocer y cumplir con las disposiciones aplicables a la Ley General de Salud (OIRSA, 2009).

- **Riesgo microbiano:** Debe considerarse que los empleados que padecen infecciones y trabajan con hortalizas aumentan el riesgo de transmisión de enfermedades por los alimentos. En el pasado los brotes de enfermedades transmitidos por hortalizas frescas han sido normalmente debido a que las mismas han sido contaminadas por materia fecal. Por lo tanto, los operarios deben considerar de alta prioridad asegurarse de emplear las prácticas agrícolas que reduzcan al mínimo la posibilidad de contacto directo o indirecto entre la materia fecal y dichos productos. Las enfermedades infecciosas, el malestar acompañado de diarrea, la presencia de lesiones abiertas (llagas o heridas infectadas) constituyen una fuente de contagio de organismos patógenos. Los trabajadores pueden infectar las hortalizas inadvertidamente, al suministro de agua y a otros trabajadores, y transmitir enfermedades, por los alimentos si no conocen y siguen principios sanitarios. Que a continuación se describen (OIRSA, 2009).
- **Salud e higiene personal:** Es importante asegurarse de que todo el personal, incluyendo el que participe directamente en operaciones de hortalizas (como los operarios de combate de plagas), sigan prácticas higiénicas establecidas, para lo que se deberá establecer un programa de capacitación.

Todos los empleados, incluyendo los supervisores, el personal temporal y los de tiempo parcial y tiempo completo, deben tener los principios básicos de higiene y sanidad. El nivel de conocimiento necesario depende de las operaciones y los trabajadores. Los agricultores o

empacadores tendrán que decidir cuál es la forma más efectiva de comunicar estos principios. En otros segmentos de la industria de la alimentación ha resultado efectivo llevar a cabo un programa de formal capacitación, junto con una evaluación periódica de las condiciones sanitarias por supervisores. Si el tipo de tarea del trabajador requiere, deben realizarse sesiones de capacitación o actualizaciones periódicas (OIRSA, 2009).

Familiarización con los signos y síntomas típicos de las enfermedades infecciosas.

Debido a lo virulentas (capacidad de producir enfermedades infecciosas) y altamente infecciosas (su capacidad de invadir y multiplicarse en el cuerpo humano) que son las especies de *Salmonella typhi* y *Shigella*, *E. coli* 0157H7 y el virus de la hepatitis A, todo trabajador diagnosticado con un caso activo de una enfermedad causada por cualquiera de estos microorganismos debe estar exento de participar en tareas que impliquen contacto con hortalizas desde la cosecha hasta el empaque o manufactura de las mismas. Los trabajadores con enfermedades de diarrea y síntomas de otras enfermedades deben así mismo abstenerse de trabajar con hortalizas, o con el equipo que se emplee para su manejo (OIRSA, 2009).

Debe proporcionarse atención a trabajadores con heridas. Toda herida que contenga pus o una herida que esté abierta o supurando y se encuentre situada en partes del cuerpo que puedan estar en contacto con el producto o el equipo, el trabajador no debe trabajar en contacto con uno u otro (OIRSA, 2009).

Deben considerarse otras buenas prácticas de higiene. Lavarse las manos es una de las prácticas importantes. También debe asegurarse que la gente que visite el campo o las instalaciones de empaque o transporte siga buenas prácticas higiénicas. Los operarios deben exigir que los inspectores de productos, los compradores y otros visitantes se atengan a las prácticas de higiene establecidas, cuando inspeccionen el producto (OIRSA, 2009).

b. Área de cosecha y empaque en campo

Se deben limpiar los recipientes o cubetas antes de utilizarlos para transportar el producto, así como limpiar y desinfectar los recipientes que contengan el producto listo para el consumo (como las fresas) (OIRSA, 2009).

Debe asegurarse de que el producto que se recolecte, lave, enfríe y empaque sobre el terreno no se contamine durante dichos procesos. El contacto con estiércol o desechos biológicos sólidos, agua de baja calidad, trabajadores poco limpios y cajas o materiales de embalaje en condiciones no sanitarias aumenta seriamente el riesgo de contaminación del producto por microorganismos patógenos (OIRSA, 2009).

Debe limpiarse el lodo y el polvo del producto en lo posible antes de que salga del campo. A veces, como cuando hay lodo en los campos, puede que no sea posible limpiar toda la tierra hasta que se pase a empacar el producto, pero es importante tratar de eliminar todas las posibles fuentes de contaminación microbiana durante la recolección y el empackado (OIRSA, 2009).

Los operarios de instalaciones de empackado al aire libre deben aplicar las medidas necesarias para evitar la contaminación por el aire proveniente de áreas cercanas de crianza de ganado y aves, e instalaciones de tratamiento y almacenamiento de estiércol (OIRSA, 2009).

Se deben limpiar las plataformas, recipientes y cubetas antes de usarlos para transportar hortalizas frescas. Los operarios pueden apartar un área del lugar de recepción de la fruta para tratar las plataformas y recipientes. Será necesario limpiar las plataformas y recipientes que se utilicen para hortalizas enteras que vayan a ser lavadas o peladas antes del consumo; y habrá que limpiara y desinfectar los envases que se usen para el producto que esté listo para el consumo, como las fresas. También se deberá tener cuidado al empackar el producto directamente en el campo, para no contaminar los recipientes por contacto con estiércol o tierra (OIRSA, 2009).

3.1.21.5 Transporte

El transporte adecuado para hortalizas frescas, desde la parcela o finca hasta el mercado, ayuda a reducir el riesgo de contaminación microbiana.

Los operarios deben prestar atención al transporte del producto entre la finca, la cámara refrigerante, las instalaciones de empaclado o manufactura y los centros de distribución y venta. Para asegurar el éxito de los programas destinados a entregar alimentos inocuos al consumidor es necesario mantenerse en contacto directo y continuo con el personal encargado del transporte (OIRSA, 2009).

a. Control de posibles riesgos en la carga y descarga

Es necesario evaluar las condiciones higiénicas siempre que se manipula o transporta el producto, y especialmente en los enlaces de la cadena de distribución. Para evitar la contaminación de las hortalizas frescas, estas deben separarse de otros alimentos y productos que puedan constituir una fuente de organismos patógenos.

Los trabajadores que participen en la carga y descarga de hortalizas durante su transporte, deben adoptar las buenas prácticas de higiene que se llevan a cabo en cada uno de los ranchos inscritos en el programa.

Los inspectores y compradores de hortalizas, así como otras personas que entren en contacto con las mismas, deben adoptar buenas prácticas de higiene antes de inspeccionar dichos alimentos.

b. Medidas de control en el transporte

Para reducir el riesgo de contaminación microbiana, los operarios deben asegurarse de que se han cumplido todos los requisitos de higiene en los camiones y otro tipo de transporte antes de cargar las hortalizas. Entre los aspectos que hay que tener en cuenta se encuentran los siguientes:

Antes de cargar el producto, inspeccionar los camiones o cajas de cartón para asegurarse que estén limpios, así como que no huelan y no se vea en ellos ninguna suciedad o desperdicio.

Se deben mantener limpios los vehículos de transporte para reducir el riesgo de contaminación microbiana de las hortalizas, ya sea de forma directa o indirecta.

Los operarios deben enterarse de qué se ha transportado en el vehículo anteriormente y tener dicha información en consideración al terminar el uso del mismo. Por ejemplo los camiones que han sido usados para transportar animales o productos de animales, incrementarán el riesgo de contaminación de las hortalizas. Por esta razón, se debe seleccionar a empresas transportistas que apoyen la inocuidad de las hortalizas que transportan.

Se deben mantener las temperaturas de almacenamiento apropiadas para preservar la inocuidad de las hortalizas frescas.

Se debe exigir que la carga del producto en camiones o cajas de cartón no reciba daño.

Las hortalizas frescas deben cargarse con cuidado en camiones o cajas de cartón, de forma que se reduzca al mínimo el daño que sufran y la posibilidad de contaminación durante el transporte (OIRSA, 2009).

3.1.21.6 Diagrama de flujo del proceso de empaque

El proceso de empaque puede presentar variantes de acuerdo a cada productor y empresa, además del tipo de cultivo y las exigencias del cliente, de tal manera que en este estudio sólo se expone un ejemplo de diagrama de flujo en tomate para venta en fresco, para ilustrar los Puntos de Control y Puntos Críticos de Control. Posteriormente los clientes del programa recibirán este servicio mediante la realización de un diagnóstico de su proceso en particular (OIRSA, 2009).

Los Puntos de Control correspondientes al diagrama de flujo son los siguientes:

- **Riesgo Físico en la selección y empaque:** Este riesgo es provocado por los objetos personales de los trabajadores, para lo cual se recomienda la capacitación para que periódicamente se realice el recordatorio de no introducir al área de trabajo anillos, aretes, medallas, etc. que puedan adherirse al producto. El registro se realiza en la bitácora 07.
- **Riesgo Químico en la selección y empaque:** Durante este proceso se debe evitar que el producto esté en contacto con aceite, grasa, residuos de agroquímicos, mediante la limpieza continua del lugar y la capacitación de los empleados, la cual se registrará en las bitácoras.
- **Riesgo Físico en el transporte:** Se refiere al control que el encargado debe tener sobre cualquier materia extraña como madera, espinas, metal, vidrio, piedras, etc. que se adhiera al producto cosechado durante el transporte. Se verificará que el camión esté limpio de materias extrañas antes de la carga y se registrará en la bitácora 09. El personal deberá estar consciente sobre el manejo apropiado del producto durante la carga y descarga para no dañarlo.
- **Riesgo físico en el enfriado y embarque:** El control de la temperatura es un requisito indispensable para que el producto alargue su vida de anaquel, por este motivo se recomienda revisar periódicamente la lectura del termómetro del almacén, de la unidad de refrigeración del transporte, que esté libre de olores, que los sellos cierren herméticamente y realizar el registro en la bitácora 10 (OIRSA, 2009).

Los puntos críticos de control se explican a continuación:

- **Riego microbiológico en la selección y empaque:** El proceso de selección y empaque requiere gran manipulación del producto por parte de los trabajadores, lo que puede representar un riesgo de contaminación por microorganismos patógenos. Se debe supervisar que las personas realicen prácticas adecuadas de higiene, que cuenten con las instalaciones sanitarias y el equipo adecuado, además de recibir capacitación al respecto. El registro se realizará mediante las Bitácoras 04, 05, 06

y 07 Anexos 5, 6, 7 y 8 respectivamente. También se debe cuidar que el material de empaque esté libre de polvo, lodo y excretas, registrándolo en la bitácora 08 (OIRSA, 2009).

- **Riesgo microbiológico en el transporte:** Los medios de transporte del producto no deben contener residuos de cosecha de viajes anteriores, material vegetal en estado de descomposición, tierra, lodo, humedad general y no haber transportado agroquímicos, que puedan ser fuente de microorganismos para la contaminación del producto cosechado. La inspección deberá realizarse constantemente y registrarse en la bitácora 08 (OIRSA, 2009).
- **Riesgo microbiológico en el enfriado:** Existen dos tipos de enfriado; Aire. En este punto es importante controlar el flujo de aire con los debidos filtros para evitar la contaminación del producto tanto por incrustación de materia extraña, como el generado por la entrada de aire sucio. Este tipo de enfriamiento se realiza con el fin de controlar la temperatura del campo que contiene el producto al momento de embarcarlo.

Hielo/agua fría. Consiste en controlar la sanidad del agua fría/hielo utilizados en el enfriamiento del producto así como cuidar la concentración de desinfectante para que no tenga efectos residuales y elimine los microorganismos patógenos.

Para el caso de enfriamiento por agua/hielo el registro se realizará en las bitácoras 09. Cuando el enfriamiento es por medio de aire, las Bitácoras se ajustarán a los requerimientos del procedimiento respectivo (OIRSA, 2009).

- **Riesgo microbiológico en el embarque:** El trailer o camión deberá estar listo y sin excesos de humedad, ya que algunos organismos patógenos se desarrollan a bajas temperaturas, afectando la inocuidad del producto y posiblemente representará un riesgo a la salud de los consumidores. Se deberá realizar la inspección correspondiente y se registrará en la bitácora 08 (OIRSA, 2009).

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. Localización de la unidad

Los campos del Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, están situados al sur de la capital de Guatemala y de la Ciudad Universitaria zona 12 y según el INSIVUMEH a una altitud Media de 1,502 msnm y se localiza geográficamente en las coordenadas: (Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959)

14°35'11" latitud Norte

90°35'58" longitud Oeste

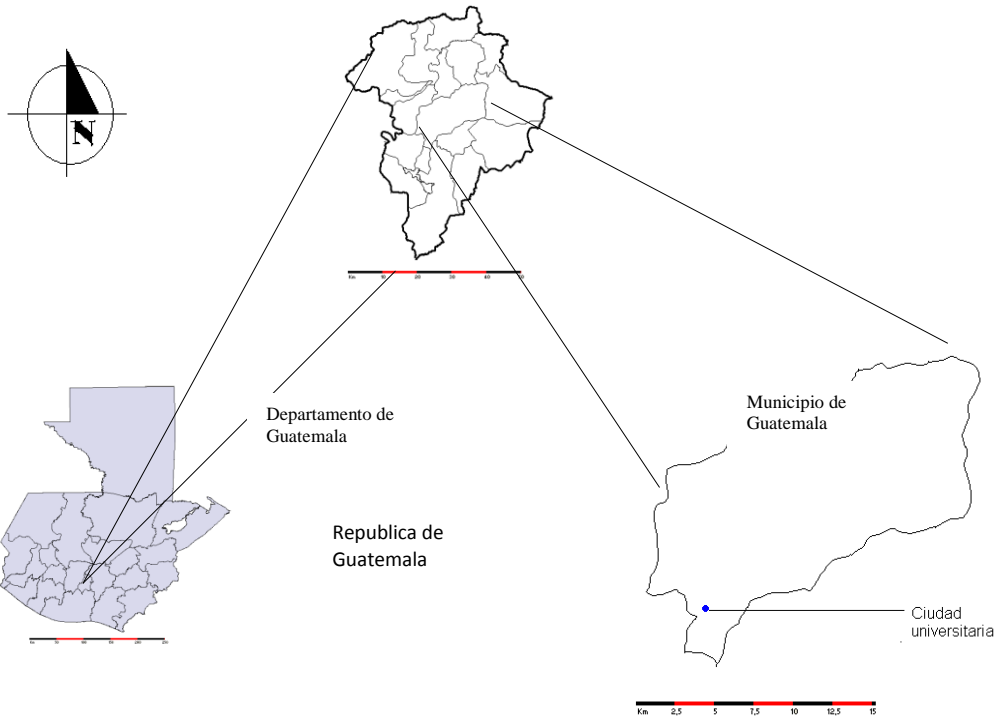


Figura 7. Ubicación geográfica de la ciudad universitaria.

Fuente: MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Gt). 2000. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000.Color 1 CD.

4. Objetivos

4.1. General

- Evaluar la respuesta en rendimiento y calidad de exportación de seis variedades de tomate (*Solanum lycopersicum Dunal*) en hidroponía bajo invernadero en el Centro Experimental Docente de Agronomía, de la Universidad de San Carlos.

4.2. Específicos

- Comparar el rendimiento, diámetro de frutos, vida de anaquel, la clasificación por categorías comerciales y grados brix entre las variedades evaluadas.
- Analizar económicamente las variedades evaluadas.

5. Hipótesis

- Al menos una de las variedades evaluadas presentará diferencia en: rendimientos, diámetros, vida de anaquel, clasificación por categorías comerciales y grados brix.
- Al menos una de las variedades evaluadas será más rentable.

6. Metodología

6.1. Descripción del invernadero

El diseño del invernadero es el de capilla a “dos aguas”, 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 antinsectos de 30 “mesh” (perforaciones por pulgada cuadrada) de polipropileno.

6.2. Material experimental

Se evaluaron las siguientes variedades de tomate en los invernaderos del CEDA. Estos cultivares se obtuvieron de las distribuidoras de semilla en Guatemala.

a. Charleston

Es una planta de crecimiento indeterminada con frutos globosos, extra firmes, pericarpio grueso y multilocular, con un peso de 230 gramos en promedio por fruto, el tiempo de cosecha es de 75 a 90 días después del trasplante, tiene resistencia a *Verticillium*, *Fusarium* (raza 1 y 2), virus del mosaico del tabaco (TMV) y nematodos (Syngenta, US. 2009).

b. Growdina

Esta variedad tiene frutos carnosos, brillantes y muy grandes, tiene resistencia a *Fusarium*, *Verticillium dahliae*, virus del mosaico del tomate (Syngenta, US; S&G and Rogers, US. 2005).



Figura 8. Fruto de growdina.

c. Clermon

Esta variedad es vigorosa con excelente equilibrio y un buen ajuste, es adaptable a días cortos, con frutos uniformemente de color rojo profundo, agradable partes verdes y buena vida útil, con un tamaño mediano y un peso de 140 gramos en promedio. Tiene resistencia a Fol1, 2, V, ToMV0-2, FF 1-5, A. (2)



Figura 9. Fruto de Clermon

d. Lola

Esta variedad de tomate ha sido mejorada con énfasis especial en la maduración, firmeza, conservación post-cosecha que permita el largo almacenaje y/o transporte, hasta el proceso de comercialización; con las siguientes características: para consumo fresco, buena firmeza y de larga vida, peso de 180 a 235 gramos, hombros verdes (U+).

En conclusión el tomate Lola es un híbrido con capacidad productiva, de frutos firmes apto para almacenaje que puede cultivarse hasta en condiciones salinas moderadas; con buen cuaje a temperaturas bajas (Medina, J. 2011).



Figura 10. Frutos de la variedad lola

e. Syta F1

Esta variedad es de crecimiento indeterminada con frutos redondos, calibres gruesos, frutos uniformes de aproximadamente 250 gramos en promedio, tiene resistencia a HR: ToMV/ V /Fol: 1-2/Ff: A, B, C, D, E/M (Hortalizas.com. 2009).



Figura 11. Fruto de la variedad Syta F1

f. Cameron

Esta variedad es de tipo estándar, alta precocidad en condiciones protegidas, el fruto tiene buena firmeza, buena vida de anaquel, tamaño mediano a grande Fol1, 2, V, ToMV0-2, Ff 1-5. (Syngenta, US; S&G and (Rogers, US. 2005).



Figura 12. Fruto de Cameron

6.3. Tratamientos evaluados

A continuación se presentan los tratamientos que se evaluaron:

Cuadro 11. Descripción de los tratamientos evaluados

TRATAMIENTOS	VARIEDADES
1	Clermon
2	Growdina
3	Cameron
4	Charleston
5	Syta
6	Lola

6.4. Tamaño de la unidad experimental

En este experimento fueron establecidas 18 unidades experimentales. Cada unidad constituyó un surco de 15 m de largo con 52 plantas cada surco. En la parcela neta se tomaron en cuenta solamente 48 plantas, se consideró el efecto de borde el cual fue de cuatro plantas.

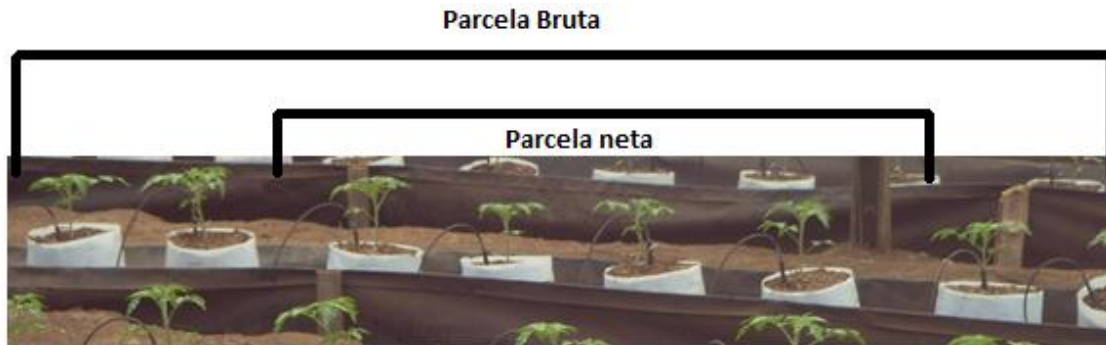


Figura 13. Parcela bruta y parcela neta

6.5. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el de completamente al azar en donde se evaluaron los seis tratamientos, con tres repeticiones de cada uno.

El modelo estadístico para el diseño completamente al azar es el siguiente:

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

Esto significa que la variable de respuesta Y_{ij} está en función de la media general (μ), del efecto del i -ésimo tratamiento (T_i) y del error experimental asociado a la i - j -ésima unidad experimental (E_{ij}).

6.6. Distribución del experimento en el invernadero

La distribución del experimento en el invernadero fue como se muestra en la figura 14:

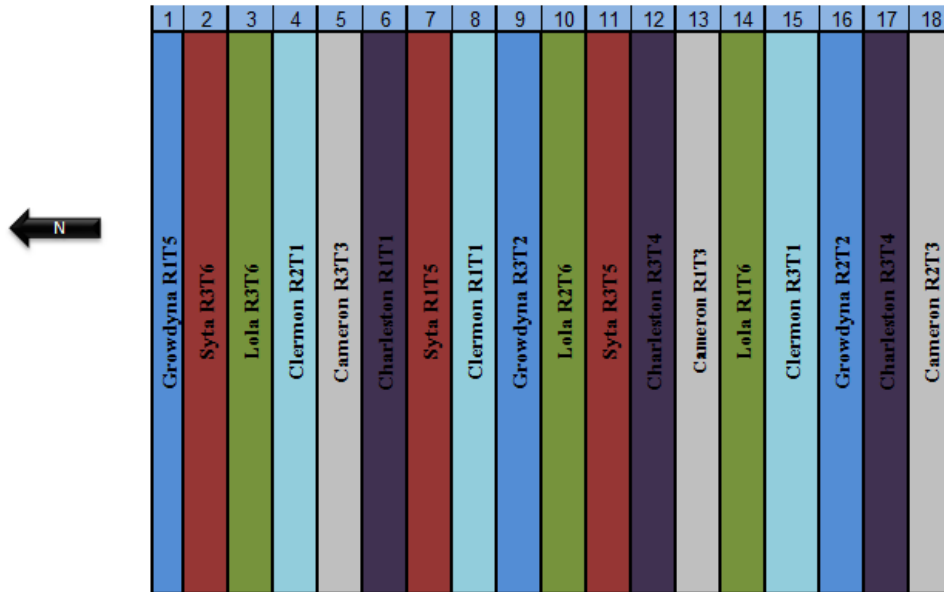


Figura 14. Distribución del experimento en el invernadero.

Como se observa en la figura 14 la distribución de los tratamientos en el invernadero fue al azar.

6.7. Manejo agronómico

A continuación se describe cual fue el manejo que se realizó durante toda la evaluación.

6.7.1. Marco de plantación

Los contenedores donde se colocaron las plantas están a un distanciamiento de 0.2 m entre plantas y 1 m entre surcos.

6.7.2. Trasplante

El trasplante se realizó 35 días después de que se hicieran los pilones ya que esta práctica se realiza para asegurar una planta sana y que tenga buenas características.

6.7.3. Podas

Es recomendable tanto en las hojas senescentes, con objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas, que deben sacarse inmediatamente del invernadero, eliminando así la fuente de inóculo.

El destallado o poda de hijos consiste en la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Debe realizarse con la mayor frecuencia posible (semanalmente en verano-otoño y cada 10-15 días en invierno) para evitar la pérdida de biomasa fotosintéticamente activa y la realización de heridas. Los cortes deben ser limpios para evitar la posible entrada de enfermedades. En épocas de riesgo es aconsejable realizar un tratamiento fitosanitario con algún fungicida-bactericida cicatrizante, como pueden ser los derivados del cobre.

Esta práctica se realizó durante todo el ciclo del cultivo.

6.7.4. Despunte de inflorescencias y aclareo de frutos

Ambas prácticas están adquiriendo cierta importancia desde hace unos años, con la introducción del tomate en racimo, y se realizan con el fin de homogeneizar y aumentar el tamaño de los frutos restantes, así como su calidad. De forma general podemos distinguir dos tipos de aclareo: el aclareo sistemático es una intervención que tiene lugar sobre los racimos, dejando un número de frutos fijo, eliminando los frutos inmaduros mal posicionados. El aclareo selectivo tiene lugar sobre frutos que reúnen determinadas condiciones independientemente de su posición en el racimo; como pueden ser: frutos dañados por insectos, deformes y aquellos que tienen un reducido calibre.

6.7.5. Tutoreo

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y sobre todo los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la

radiación y la realización de las labores culturales (destallado, recolección, etc.). Todo ello repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades.

La sujeción suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (liado, anudado o sujeto mediante anillas) y de otro a un alambre situado a determinada altura por encima de la planta (1,8-2,4 m sobre el suelo). Conforme la planta va creciendo se va liando o sujetando al hilo tutor mediante anillas, hasta que la planta alcance el alambre. A partir de este momento existen tres opciones:

- Bajar la planta descolgando el hilo, lo cual conlleva un coste adicional en mano de obra. Este sistema está empezando a introducirse con la utilización de un mecanismo de sujeción denominado “holandés” o “de perchas”, que consiste en colocar las perchas con hilo enrollado alrededor de ellas para ir dejándolo caer conforme la planta va creciendo, sujetándola al hilo mediante clips. De esta forma la planta siempre se desarrolla hacia arriba, recibiendo el máximo de luminosidad, por lo que incide en una mejora de la calidad del fruto y un incremento de la producción.
- Dejar que la planta crezca cayendo por propia gravedad.
- Dejar que la planta vaya creciendo horizontalmente sobre los alambres del emparrillado.

6.7.6. Fertirrigación

Se realizaron dos fertirrigaciones al principio del trasplante ya que en esta etapa la planta no requiere demasiados nutrientes. Y cuando inició la floración se procedió a hacer cinco fertirrigaciones durante el día. Para esto se utilizaron micro aspersores especiales que van colocados a un lado de cada planta. A continuación se presenta el plan de fertirrigación que se aplicó:

Cuadro 12. Fertilizantes utilizados en la preparación de solución nutritiva con micro elementos.

Nombre	Nutrientes principales	mL/L de solución
Quelato de hierro	5.0 % Fe, 3.0% S	0.03
Quelato de boro	10.0% B	0.005
Quelato de manganeso	5.0% Mn, 3.0%S	0.01
Quelato de zinc	7.0 % Zn, 3.0%S	0.0035
Quelato de cobre	5.0% Cu, 3.0% S	0.005 ml
Quelato de molibdeno	4.0%Mo	0.0025 ml

Cuadro 13. Fertilizantes utilizados en la preparación de la solución nutritiva con macro elementos

Nombre	Fórmula	Nutrientes Principales	g/l de solución
Nitrato de calcio	Ca(NO ₃) ₂	15.5%N, 18.57% Ca	0.807
Fosfato monopotásico	KH ₂ PO ₄	22.60%P, 28.33%K	0.221
Nitrato de Potasio	KNO ₃	13.0%N, 38.33%K	0.192
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	41.66%K, 17.0%S	0.036
Sulfato de magnesio	MgSO ₄ . 7H ₂ O	9.5%Mg, 13.0%S	0.338

6.7.7. Control de maleza

Se realizaron limpiezas semanales para mantener libre de maleza el invernadero y también a los alrededores. Ya que esta práctica tiene como objetivo eliminar plantas hospedantes de plagas que afectan al cultivo de tomate.

6.7.8. Polinización

Esta práctica se realizó manualmente solo dando un golpe a las líneas que sostienen las plantas para que las plantas se polinicen sin utilizar insectos polinizadores.

6.7.9. Control de plagas

Para realizar esta práctica se realizaron muestreos para determinar si era necesario la aplicación de algún plaguicida para control de plagas que afecte al cultivo. Para la aplicación de producto se utilizó el equipo necesario para la aplicación (guantes, botas, anteojos, capa).

6.7.10. Cosecha

Esta actividad se realizó recolectando manualmente los frutos en su punto de corte y almacenándolos en cajas de plástico. El punto de corte se da cuando el fruto comienza a adquirir una tonalidad rojiza en la epidermis. En total se hicieron 11 cortes, dos por cada semana. Después de recolectados.

6.8. Variables de repuestas

Para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos en estudio, se analizaron las siguientes variables.

6.8.1. Rendimiento total

Para determinar esta variable se identificaran 10 plantas representativas de la unidad experimental las cuales fueron seleccionadas al azar, y se pesaron los frutos recolectados. La variable del rendimiento fue medida en kilogramos por hectárea.

6.8.2. Rendimiento por categorías

Para determinar esta variable de las 10 plantas seleccionadas se colectaron los frutos y se clasificaron con forme al tamaño o por categorías (primera, segunda y tercera). Con las características que se muestran en la tabla siguiente:

Cuadro 14. Características utilizadas para la clasificación de frutos por calidad

Calidad	Diámetro (cm)
Primera	>8
Segunda	6.5 – 7.9
Tercera	5 – 6.4

Fuente: Mercado La Terminal y CENMA 2012.

6.8.3. Diámetro de fruto

Para determinar esta variable se tomó cada fruto de las 10 plantas seleccionadas y se midió el diámetro con la ayuda de un vernier.

6.8.4. Vida de anaquel

Para la realización de esta variable se tomaron 3 frutos de cada variedad evaluada, los frutos estaban en punto de corte y fueron colocados en un lugar a temperatura ambiente (23°C).

Esta variable se determinó cuando los frutos llegaron a un punto donde todavía fueran comestibles y el tiempo en que esto ocurre.

6.8.5. Grados brix

Esta variable se determinó con la ayuda de un refractómetro. Esto se realizó tomando tres frutos de cada variedad, se tomó una gota de jugo del fruto y se colocó en el refractómetro y se tomaron los datos obtenidos en el proceso.

6.9. Análisis de la información

6.9.1. Análisis estadístico

Se realizó el Análisis de Varianzas (ANDEVA) a cada una de las variables evaluadas para determinar la existencia de diferencias significativas en cada uno de los tratamientos. A una confiabilidad del 95%. Cada vez que se determinó diferencia significativa en los tratamientos a través del ANDEVA se utilizó la prueba de Tukey al 5% de confiabilidad.

6.9.2. Análisis económico

Y para la determinación, cual de las variedades evaluadas tuvo relevancia económica se utilizó el análisis de presupuestos parciales para analizar la información que se procesó durante todo el ensayo, este análisis se utiliza cuando solo existe un costo que varía y los demás son idénticos para el ensayo.

Tomando en consideración que la presente investigación, es un proyecto productivo, se le dió 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 los siguientes análisis:

- a.** Valor actual neto
- b.** Tasa Interna de Retorno
- c.** Relación Beneficio-Costo
- d.** Período de recuperación

7. RESULTADOS

7.1. Rendimiento total

A continuación, en el cuadro 15 se presentan los resultados del análisis de varianza obtenidos de las variedades evaluadas durante el experimento.

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable rendimiento total (Kg^{ha}).

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamientos	19826580124.50	5	3965316024.90	3.22	0.0451
Error	14782691368.00	12	1231890947.33		
Total	34609271492.50	17			

Como se observa en el cuadro 15, existe diferencia significativa, por lo cual se procedió a realizar un análisis de medias para comprobar que variedad presenta la mejor adaptabilidad al experimento. En el cuadro 16 se presenta el análisis de medias para determinar la diferencia entre ellas.

Cuadro 16. Prueba de medias de Tukey al 5% para el rendimiento total (Kg^{ha}).

Tratamiento	Medias		
Charleston T4	593311	A	
Syta T5	559878	A	B
Growdyna T2	537755,67	A	B
Lola T6	524449	A	B
Cameron T3	509312,67	A	B
Clermon T1	492346,67		B

Como se observa en el cuadro 16, el análisis de medias determina que la variedad que obtuvo diferencia en los resultados es la Charleston con 593.311 kilogramos por hectárea, la cual presenta los mejores rendimientos con base al manejo y condiciones que se les proporcionó a ellas bajo condiciones experimentales. Dentro de las condiciones que se le proporciona, está el tipo de sustrato, proporcionando pH apto para la planta, intercambio y humedad adecuada para el desarrollo de la planta. A continuación en la figura 15 se presenta el comportamiento de las medias.

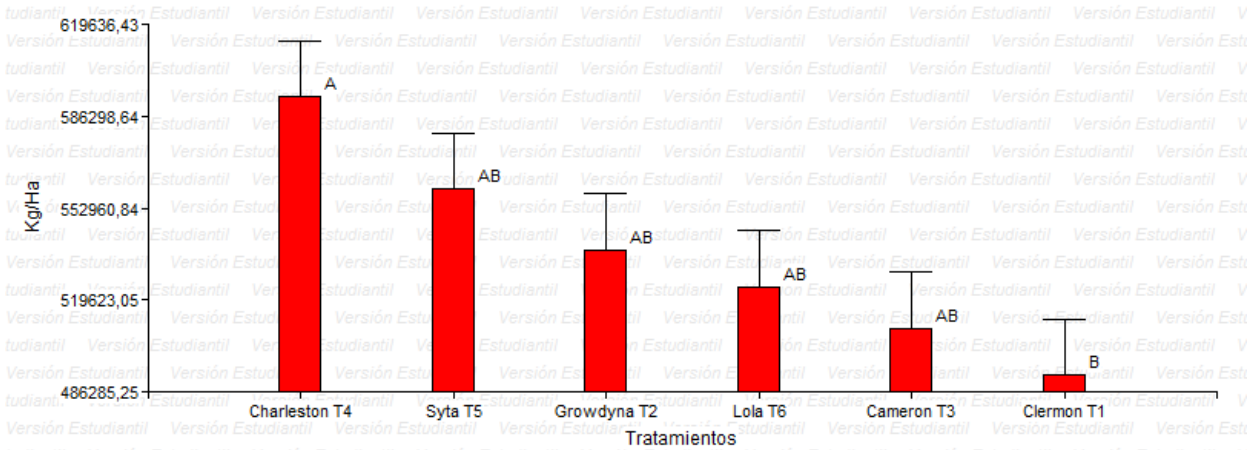


Figura 15. Prueba de tukey para la variable rendimientos totales (kg^{ha})

En la figura 15, se puede observar el comportamiento de la media y la variedad que obtuvo mejores resultados en comparación con las otras fue Charleston.

7.2. Rendimiento por categorías

En esta variable, se realizó análisis estadístico a la categoría de primera, ya que es importante para los productores y las categorías de segunda y tercera se realizó una comparación entre ambas.

A continuación en el cuadro 17, se presentan los resultados del análisis de varianza que se realizó a los datos que se obtuvieron de las variedades evaluadas durante el experimento.

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable rendimiento de la categoría de primera

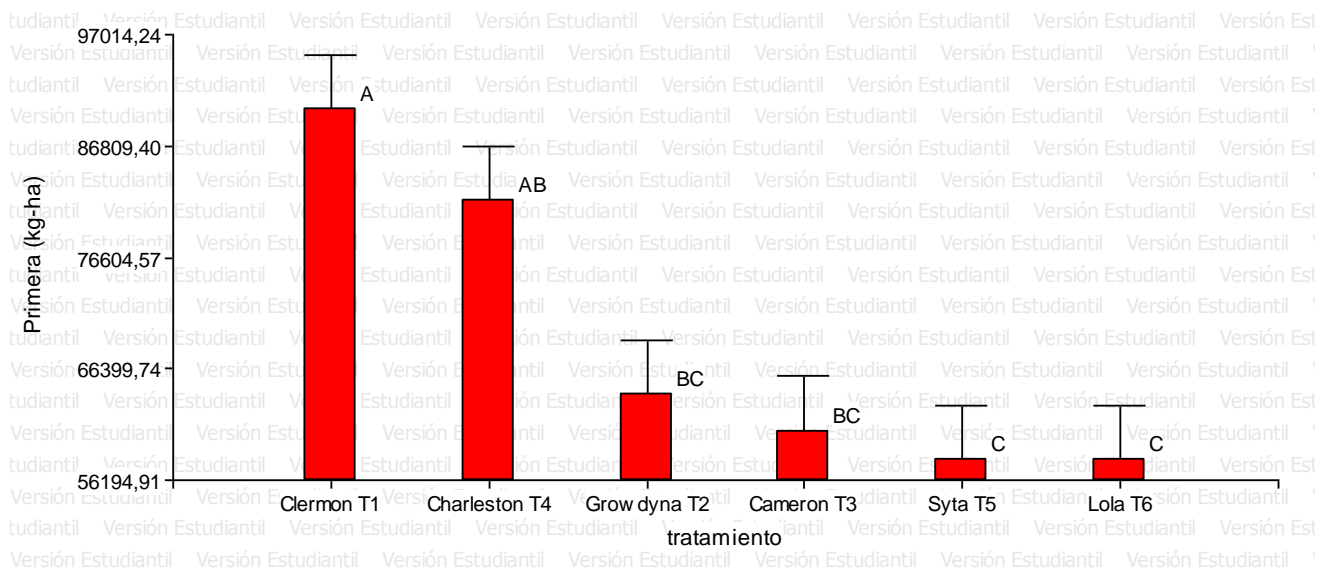
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamiento	2835236053	5	567047211	7.54	0.0021
Error	902213623	12	75184468.6		
Total	3737449676	17			

Como se observa en el cuadro 17, existe diferencia significativa en las variedades evaluadas, por lo que se procedió a realizar un análisis de medias para comprobar que variedad obtuvo la mejor adaptabilidad al ensayo. En el cuadro 17 se presenta el análisis de medias para determinar la diferencia entre las ellas.

Cuadro 18. Prueba de medias de Tukey al 5% para la categoría de primera

Tratamiento	Medias	N			
Clermon T1	90152,67	3	A		
Charleston T4	81836	3	A	B	
Growdyna T2	64038,33	3		B	C
Cameron T3	60711.67	3		B	C
Syta T5	58050.33	3			C
Lola T6	58050.33	3			C

Según el análisis de medias, la variedad Clermon mostró superioridad con respecto a las otras, con un peso promedio de 90152.67kilogramos por hectárea, pero los frutos obtenidos son de menor diámetro en comparación con los de las otras, Clermon, tuvo el mayor número de frutos pero su diámetro es menor al de las demas, ya que ellas tuvieron una adaptabilidad al de las condiciones que se les proporcionó para su desarrollo. El resultado de esta variable puede cambiar dependiendo del diámetro que el cliente o comprador requiera. En la figura 16 se presenta el comportamiento de las medias de cada variedad evaluada.

**Figura 16. Prueba de Tukey para la variable rendimiento de la categoría de primera.**

Como se observa en la figura anterior, la variedad que obtuvo un promedio de 97014 kilogramos de primero por hectárea, es Clermon la cual obtuvo una diferencia de 10 mil kilogramos con la variedad Charleston.

A continuación se presenta la comparación de las categorías de segunda y tercera, las cuales solo se realizó por kilogramos variedad:

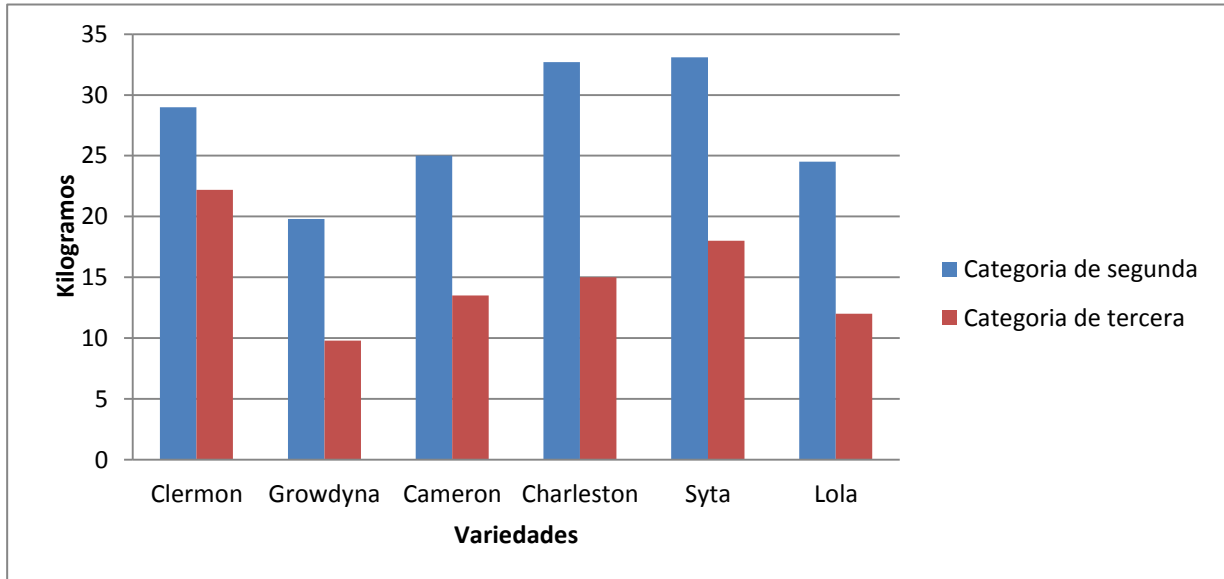


Figura 17. Categorías de segunda y tercera en cada tratamiento.

Como se muestra en la figura 17, las variedades que presentaron relevancia en la categoría de segunda son Syta y Charleston. Syta obtuvo 31 kilogramos de segunda en promedio y Charleston obtuvo 32 kilogramos de segunda en promedio y en la categoría de tercera, la que presenta los mejores resultados es Clermon con un promedio de 22 kilogramos.

7.3. Diámetro de fruto

En el cuadro 19, se observa el análisis de varianza de la variable diámetro de fruto que se realizó a los resultados obtenidos del muestreo de los tratamientos evaluados.

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable diámetro de fruto

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Variedad	1.54	5	0.31	3.31	0.0413
Error	1.11	12	0.09		
Total	2.65	17			

El cuadro 19, existe diferencia significativa entre los tratamientos por lo que se realizó una prueba de medias, como se observa en el cuadro 20.

Cuadro 20. Prueba de medias de Tukey al 5% para la variable diámetro de fruto

Variedad	Medias				
Growdyna T2	6.50	A			
Charleston T4	6.50	A			
Lola T6	6.33	A	B	C	
Cameron T3	6.10		B	C	D
Syta T5	5.90			C	D
Clermon T1	5.73				D

Como se muestra en el cuadro 19, las variedades Growdyna y Charleston presentan diferencia estadística con respecto al diámetro con una media de 6.5 cm, esta variable puede cambiar por las características que el comprador requiere.

En la Figura 18, se hace una comparación entre las medias que se obtuvieron del análisis de medias.

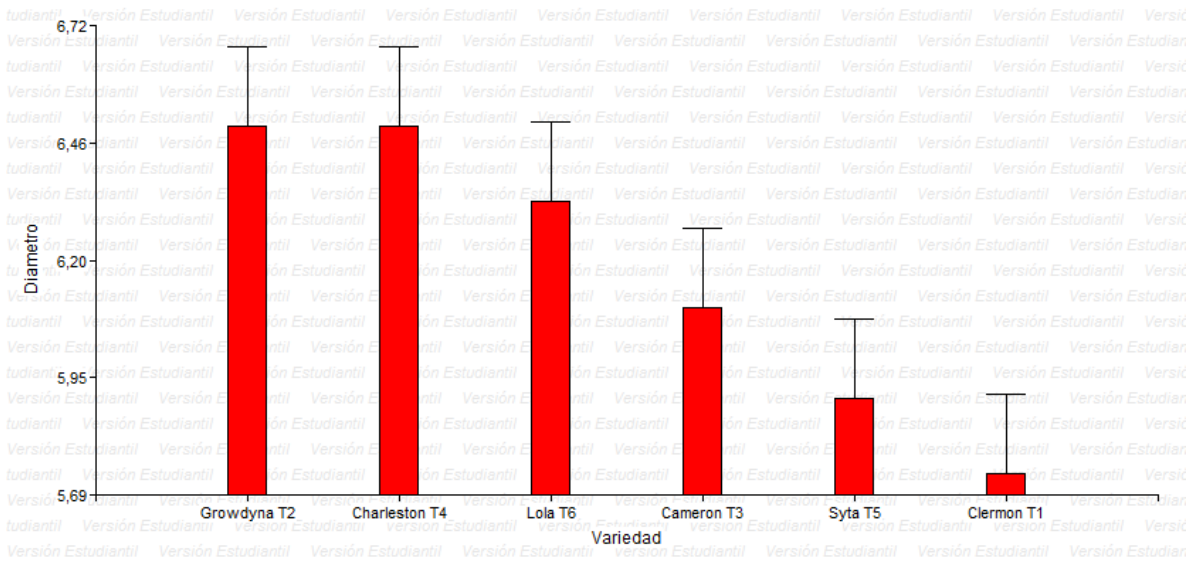


Figura 18. Prueba de tukey para la variable diámetro de fruto.

Como se observa en la figura 18, las variedades Growdyna y Charleston, presentan diferencia en el diámetro de los frutos con un promedio de 6,5 cm.

7.4. Vida de anaquel

A continuación, se presenta los resultados del análisis de varianza que se le realizó a las variedades evaluadas.

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable vida de anaquel.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Variedades	177.11	5	35.42	8.28	0.0014
Error	51.33	12	4.28		
Total	228.44	17			

Como se observa en el cuadro 21, se encontró diferencia significativa para lo cual es necesario efectuar una prueba de medias, para determinar cuál de los tratamientos tuvo diferencia estadística con respecto a la vida de anaquel.

Cuadro 22. Prueba de medias Tukey al 5% para la variable vida de anaquel.

Variedades	Medias	n		
Charleston T4	20.33	3	A	
Cameron T3	20.33	3	A	
Growdyna T2	20.00	3	A	
Syta T5	17.00	3	A	B
Lola T6	15.00	3	A	B
Clermon T1	12.00	3		B

El análisis de media reflejó que las variedades Charleston, Cameron y Growdyna son estadísticamente iguales con 20 días que la fruta se mantuvo viable para su consumo, En la figura 19 se presenta la comparación de las medias de los días que la fruta se mantuvo viable para su consumo.

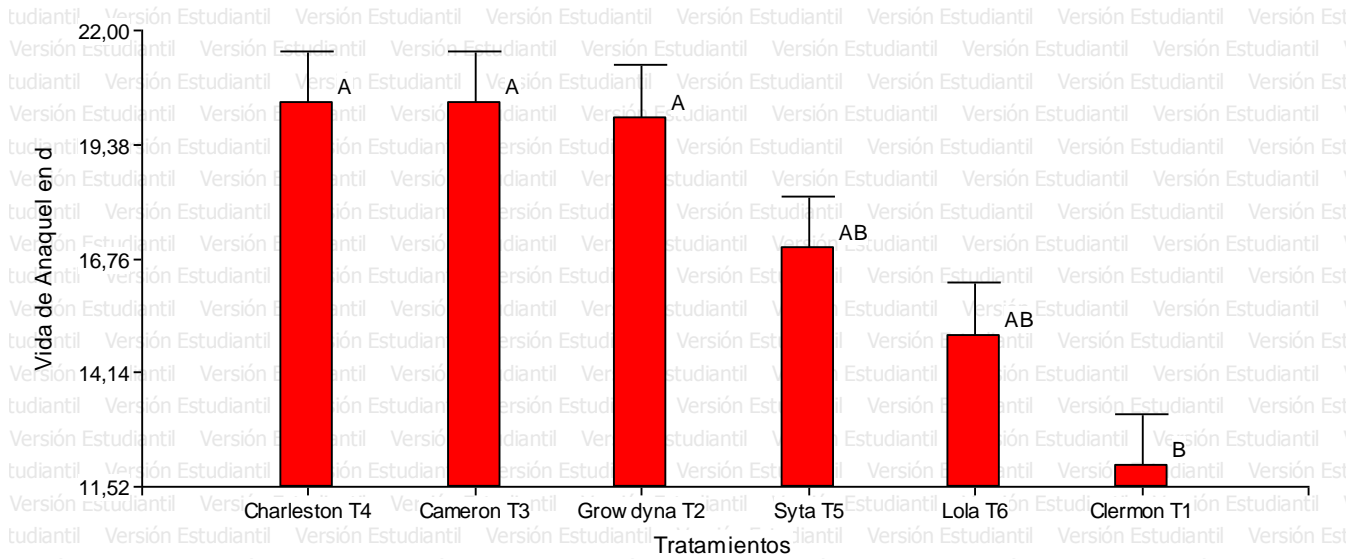


Figura 19. Prueba de tukey para la variable vida de anaquel.

Como se observa en la figura 19, la variedad que tuvo mejor comportamiento fue Charleston, Cameron y Growdyna, siendo estas tres que expresan estadísticamente mejor vida de vida de anaquel

7.5. Grados brix

A continuación en el cuadro 23 se presenta el análisis de varianza que se le realizó a los resultados obtenidos en los tratamientos evaluados. Para comprobar si existe diferencia estadística.

Cuadro 23. Análisis de varianza de la variable grados Brix

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamiento	5.22	5	1.04	3.32	0.0409
Error	3.77	12	0.31		
Total	8.99	17			

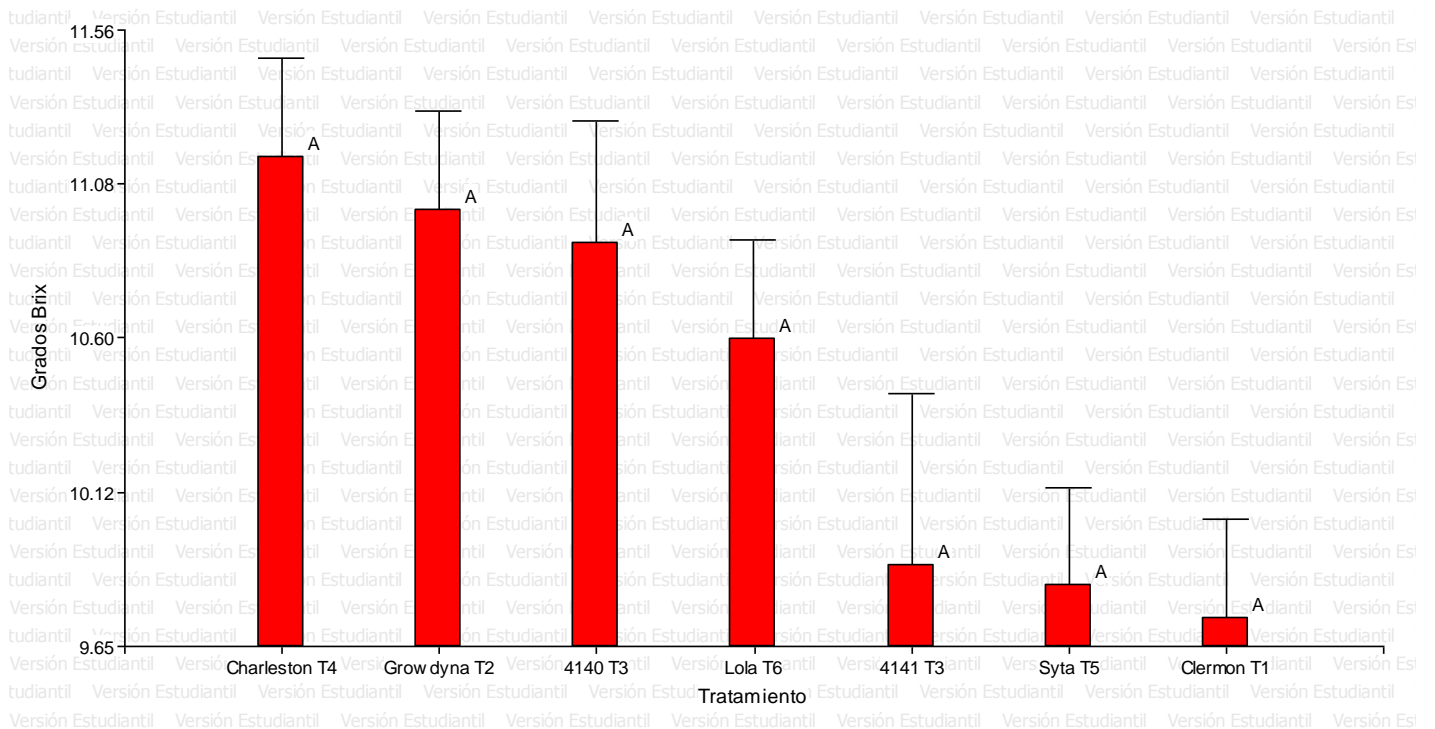
Como se observa en el cuadro 23, existe diferencia significativa para cual fue necesario realizar una prueba de medias para comprobar que variedad tuvo diferencia estadística con respecto a los grado brix. En el cuadro 24, se presenta el análisis de medias que se le realizó a los datos de grados brix de los tratamientos evaluados.

Cuadro 24. Análisis de las medias de los grados brix

Variedad	Medias	n			
Charleston T4	11.17	3	A		
Growdyna T2	11.00	3	A	B	
Lola T6	10.60	3	A	B	C
Camero T3	10.57	3	A	B	C
Syta T5	9.83	3	A	B	C
Clermon T1	9.73	3	A		C

El análisis de medias reflejó que la variedad Charleston obtuvo diferencia significativo con 11.17 grados brix, siendo estadísticamente la mejor.

A continuación en la figura 20 se presenta la comparación de las medias de los tratamientos evaluados.

**Figura 20. Prueba de tukey para la variable grados brix.**

Como se observa en la figura 20 la variedad que obtuvo diferencia con respecto con los grado brix fue Charleston en comparación con las demás.

7.6. Análisis económico

7.6.1. Costo de construcción del invernadero

A continuación, se presenta el costo de un invernadero de mediana tecnología el cual se utilizó durante el proyecto.

Cuadro 25. Inversión inicial para la producción de tomate bajo invernadero.

CANTIDAD	UNIDAD	CONCEPTO	Q/UNIDAD	SUBTOTAL	TOTAL
6	qq	alambre galvanizado No. 10	Q 440.00	Q 2,640.00	
6	lb	tornillos de 3"1/8	Q 12.00	Q 72.00	
30	lbs	clavo de 5"	Q 8.00	Q 240.00	
30	lb	clavo de 4"	Q 8.00	Q 240.00	
30	qq	cemento	Q 48.00	Q 1,440.00	
6	m ³	arena de río	Q 130.00	Q 780.00	
6	m ³	pedrin de 1/2"	Q 260.00	Q 1,560.00	
15	cajas	grapapas	Q 60.00	Q 900.00	
1	unidad	engrapadora	Q 450.00	Q 450.00	
6	galones	pintura latex blanca (agua)	Q 90.00	Q 540.00	
6	unidad	brochas	Q 15.00	Q 90.00	Q 8,952.00
TUTORES					
38	postes	Bambú	Q 22.00	Q 836.00	Q 836.00
PLÁSTICO					
2	Rollo	polietileno 150' * 90" * 6 mls	Q 700.00	Q 1,400.00	
2	Rollo	polietileno 150' * 75" * 6 mls	Q 570.00	Q 1,140.00	
2	Rollo	polietileno 300' * 46" * 6 mls	Q 700.00	Q 1,400.00	
8	Pie ²	malla anti-insecto 30 mesh	Q 1,440.00	Q 11,520.00	
6	Rollo	hilo de nylon 0.80 mm * 100 mt	Q 12.00	Q 72.00	
3	Rollo	polietileno 400' * 60" * 6 mil negro	Q 655.00	Q 1,965.00	Q17,497.00
COSTANERAS DE METAL					
66	Unidad	costaneras 1.2 mm de 2" * 3"	Q 110.00	Q 7,260.00	
11	Unidad	plano 1/8" * 1" * 20	Q 40.00	Q 440.00	
4	Unidad	plano 1/8" * 1.5" * 20	Q 65.00	Q 260.00	
8	Unidad	angular 3/16" * 1.5" * 20'	Q 140.00	Q 1,120.00	
17	Unidad	angular 1/8" * 1.5 mm	Q 98.00	Q 1,666.00	
28	Unidad	hierro corrugado 3/8 8.5 mm	Q 24.00	Q 672.00	Q11,418.00
COSTANERAS DE METAL					
58	Reglas	madera 2"*3"*14'	Q 48.00	Q 2,784.00	
102	Reglas	madera 2"*3"*18'	Q 42.00	Q 4,284.00	
87	Reglas	madera 2"*3"*10'	Q 36.00	Q 3,132.00	
50	Reglas	madera 1"*2"*14'	Q 18.00	Q 900.00	
50	Reglas	madera 1"*2"*12'	Q 16.00	Q 800.00	
10	Reglas	madera 2" * 2" * 12'	Q 36.00	Q 360.00	Q12,260.00
RIEGO POR GOTEÓ					
2	Rollos	manguera 16/8 mil, 0.15, 0.6 lp	Q 1,900.00	Q 3,800.00	Q 3,800.00
MANO DE OBRA					
600	m ²	construcción	Q 14.00	Q 8,400.00	Q 8,400.00
COSTO PARCIAL					Q63,163.00
5% sobre costos variables					Q 3,158.15
TOTAL DE INVERSIÓN					Q 66,321.15

Fuente: Santos D. 2009

Ya que la estructura estaba construida cuando se comenzó con la realización del proyecto no se toma en cuenta el costo de esta inversión.

7.6.2. Inversión para la producción de tomate

A continuación, se presenta la descripción de los gastos que se utilizaron para la el proyecto.

Cuadro 26. Costo de producción de tomate bajo invernadero (600 m²)

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL	TOTAL
COSTOS VARIABLES					Q 30,204.20
INSUMOS					
Semilla de tomate				Q 2,490.00	
Fertilizante				Q 9,300.00	
Fungicidas				Q 1,433.00	
Insecticidas				Q 5,579.00	
Herbicidas				Q 225.00	
Humectante, dispersante y/o adherente				Q 271.00	Q 19,298.00
INSUMOS					
Rafia	Rollo	5	Q 61.00	Q 305.00	
Trampas amarillas	Rollo	0.2	Q 590.00	Q 118.00	
Stikem special	Galón	1	Q 640.00	Q 640.00	Q 1,063.00
MANO DE OBRA					
Siembra y resiembra	Jornal	2	Q 75.00	Q 150.00	
Limpias	Jornal	50	Q 75.00	Q 3,750.00	
Aplicación de insumos	Jornal	20	Q 75.00	Q 1,500.00	
Fertilización	Jornal	28	Q 75.00	Q 2,100.00	
Riegos	Jornal	10	Q 75.00	Q 750.00	
Cosecha	Jornal	6	Q 75.00	Q 450.00	
Clasificación de frutos	Jornal	4	Q 75.00	Q 300.00	Q 9,000.00
RIEGO					
Costo del agua	m ³	76	Q 3.20	Q 243.20	
Accesorios de riego				Q 300.00	
Bomba de 1/4 hp	Unidad	1	Q 300.00	Q 300.00	Q 843.20
COSTOS FIJOS					
Renta de tierra				Q 2,000.00	
Depreciación de invernadero				Q 5,689.54	
Depreciación accesorios de riego				Q 189.88	Q 7,879.42
COSTOS TOTALES					Q 68,287.82

Lo que se observa en el cuadro 26 son los gastos que se realizaron durante el proyecto los cuales son para un invernadero de 600 m².

7.6.3. Análisis de presupuestos parciales

A continuación se presenta el análisis de presupuestos parciales para los costos que variaron durante la realización del proyecto

A continuación se presentan los datos obtenidos para realizar los presupuestos parciales.

Cuadro 27. Presupuestos parciales de las variedades evaluadas

Tratamientos	Costos totales	Costos totales puestas en el campo	Kilogramos por hectárea	Rendimiento ajustado	Costos de comercialización y cosecha	Precio por kg	Precio de campo
Clermon T1	Q 20.386,44	Q 20.418,44	403724	486515,0	Q 5.000,00	Q 6,60	Q 6,59
Growdyna T2	Q 19.878,44	Q 19.910,44	430205	447902,4	Q 5.000,00	Q 6,60	Q 6,59
Cameron T3	Q 20.466,44	Q 20.498,44	407450	430204,5	Q 5.000,00	Q 6,60	Q 6,59
Charleston T4	Q 19.854,44	Q 19.886,44	474649	419559,2	Q 5.000,00	Q 6,60	Q 6,59
Syta T5	Q 19.788,44	Q 19.820,44	447902	407450,1	Q 5.000,00	Q 6,60	Q 6,59
Lola T6	Q 19.794,44	Q 19.826,44	419559	393877,3	Q 5.000,00	Q 6,60	Q 6,59

En el cuadro 27 se determinó un precio de semilla puesto en el campo ya que este varía por los costos que se utilizarán para trasladarla, también se observa dos precios uno de comercialización y el de campo, esto es porque se descuenta el costo de transporte para llevar al lugar de la venta.

A continuación, se presenta el análisis de dominancia que se realizó a los tratamientos para determinar cuál de ellos es dominante o no dominante.

Cuadro 28. Análisis de dominancia de las variedades evaluadas

Tratamientos	Rendimiento	Beneficios brutos	Costos que varían	Beneficios netos	Conclusión de la observación
Syta T5	447.902,40	Q 2.952.155,84	Q 19.820	Q 2.932,335	No dominado
Lola T6	419.559,20	Q 2.765.090,72	Q 19.826	Q 2.745,264	Dominado
Charleston T4	474.648,80	Q 3.128.682,08	Q 19.886,44	Q 3.108,795.64	No dominado
Growdyna T2	430.204,54	Q 2.835.349,94	Q 19.910,44	Q 2.815,439.50	Dominado
Clermon T1	403.724,27	Q 2.660.480,18	Q 20.418,44	Q 2.640,061.74	Dominado
Cameron T3	407.450,14	Q 2.685.170,90	Q 20.498,44	Q 2.664,672.46	Dominado

En el cuadro 28 se observa, las variedades que no fueron dominadas y las que fueron dominadas, las variedades que no obtuvieron dominancia con respecto a las otras fue Syta y Charleston para comprobar cuál de estas tiene relevancia se realizó un análisis de tasa mínima de retorno en el cuadro 29.

Cuadro 29. Análisis de la tasa mínima de retorno

Tratamientos	Costos que varían	Beneficios netos	Beneficios netos	Costos que varían	TRM %
Syta T5	Q 19,820.44	Q 2,931,335.40			
Charleston T4	Q 19,886.44	Q 3,107,795.64	Q 176460.24	Q66.00	2674

Como se presenta en el cuadro 29, la variedad que es más rentable es la variedad Charleston después de hacer el análisis de tasa mínima de retorno.

7.6.4. Flujo neto de efectivo

A continuación se presenta el flujo neto de efectivo proyectado para tres años, este análisis permite ver cual es el saldo final después de cada período.

Cuadro 30. Flujo neto de efectivo para la producción de la variedad Charleston

	Flujo neto de efectivo						Total
	Semestres						
	0	1	2	3	4	5	
(+) Ingresos anuales		Q 1,703,735.68	Q 1,720,773.04	Q 1,737,980.77	Q 1,755,360.57	Q 1,772,914.18	Q 8,690,764.24
(-) Costos fijos		Q 200,000.00	Q 200,000.00	Q 200,000.00	Q 200,000.00	Q 200,000.00	Q 1,000,000.00
(-) Costos variables		Q 463,313.64	Q 463,313.64	Q 463,313.64	Q 463,313.64	Q 463,313.64	Q 2,316,568.20
(-) Depreciación		Q 94,070.70	Q 94,070.70	Q 94,070.70	Q 94,070.70	Q 94,070.70	Q 470,353.50
Costos totales		Q 757,384.34	Q 757,384.34	Q 757,384.34	Q 757,384.34	Q 757,384.34	Q 3,786,921.70
(=) Utilidad antes del impuesto		Q 946,351.34	Q 963,388.70	Q 980,596.43	Q 997,976.23	Q 1,015,529.84	Q 4,903,842.54
(-) Impuesto (5%)		Q 47,317.57	Q48,169.43	Q 49,029.82	Q 49,898.81	Q 50,776.49	Q 245,192.13
(=) Utilidad después del impuesto		Q 899,033.77	Q915,219.26	Q 931,566.61	Q 948,077.42	Q 964,753.35	Q 4,658,650.41
(+) Depreciaciones		Q 94,070.70	Q94,070.70	Q 94,070.70	Q 94,070.70	Q 94,070.70	Q 470,353.50
(-) Inversiones totales	Q -629,193.06						Q -629,193.06
(+) Valor residual							Q 0.00
Flujo de efectivo	Q -629,193.06	Q 993,104.47	Q 1,009,289.96	Q 1,025,637.31	Q 1,042,148.12	Q 1,058,824.05	Q 5,129,003.91
Flujo acumulado	Q -629,193.06	Q 363,911.41	Q 1,373,201.37	Q 2,398,838.68	Q 3,440,986.80	Q 4,499,810.85	Q 11,447,556.07

Como se muestra en el cuadro 30, se muestra los semestres ya que por año se realizan dos ciclos y en los tres años son seis ciclos, comenzando desde la inversión inicial el cual es el semestre cero.

7.6.5. Tiempo de recuperación

A continuación se muestra el tiempo de recuperación del capital invertido:

Tiempo de recuperación = $0 + (Q - 629,193.06 / Q 2,346,803.55) = 0.63$ años. Equivalente a 6 meses para la recuperación de la inversión, asumiendo que no se produce el primer año.

7.6.6. Valor actual neto

El Valor Actual Neto (VAN), se calculó utilizando la tasa de descuento con la siguiente ecuación:

$$VAN = F_0 + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

VAN: Q 6,669,302.48

7.6.7. 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 formula 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

➤ **TIR= 154%**

La Tasa Interna de Retorno indica que es la máxima tasa de interés que el proyecto puede pagar sin que se incurra en pérdidas.

7.6.8. Relación beneficio/costo (B/C)

A continuación se presenta la relación beneficio/costo proyectado para cinco semestres de la producción de tomate bajo condiciones de invernadero.

Cuadro 31. Relación beneficio/costo

AÑOS	0	1	2	3	4	5	SUMATORIA
Beneficios		Q1,703,735.68	Q1,720,773.04	Q1,737,980.77	Q1,755,360.57	Q1,772,914.18	
Costos	Q 629,193.06	Q 757,384.34	Q 757,384.34	Q 757,384.34	Q 757,384.34	Q 757,384.34	
Beneficios actualizados		Q1,490,582.40	Q1,317,137.55	Q1,163,874.83	Q1,028,445.82	Q 908,775.40	Q 5,908,816.00
Costos actualizados	Q 629,193.06	Q 662,628.47	Q 579,727.44	Q 507,198.11	Q 443,742.88	Q 388,226.49	Q 3,210,716.46
Relación beneficio/costo	Q 1.84						

La relación beneficio/costo (B/C) dio como resultado 1.84, lo cual indica que por cada quetzal (Q 1.00) que se invierta, existirá una ganancia de 0.84 quetzales, por lo cual se concluye que el proyecto es factible, debido a que el dinero invertido en él, generara ganancias posteriores.

8. CONCLUSIONES

1. La variedad Charleston presentó mayor relevancia con respecto a las variables de respuesta evaluadas (rendimiento, diámetro de frutos, vida de anaquel, la clasificación por categorías comerciales y grados brix) en comparación con las otras.
2. A la luz de los resultados del análisis económica, la variedad Charleston presenta diferencia significativa en comparación con las demás variedades que se evaluaron

9. RECOMENDACIONES

- Continuar con otras investigaciones donde se pueda realizar la evaluación de otros factores importantes (pH de los frutos, forma de los frutos, número de frutos por racimo, acidez titulable, etc.) los que influyen en la calidad del producto.
- Continuar con otras investigaciones donde se puede Analizar los costos para poder exportar no solo a los Estados Unidos si no a otros países de Europa o Asia.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Abad, M. 1991. Las turbas como material primario de los sustratos hortícolas: origen, propiedades y composición de las turbas naturales. España, Mundi Prensa. p. 716-722
2. Aherseeds.com. 2009. Productos: indeterminado tomate (en línea). US. Consultado 16 mar 2009. Disponible en http://www.ahernseeds.com/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=9&category_id=15&option=com_virtuemart&Itemid=1&lang=es
3. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2009a. Comercio exterior de Guatemala por inciso arancelario del SAC (a 8 dígitos) Sistema Arancelario Centroamericano, para el año 2009 (en línea). Guatemala. Consultado 23 mar 2009. Disponible en <http://www.banguat.gob.gt/estaeco/ceie/mensualnr.asp?kanio=2009&kfin=2&ktipo=CG>
4. _____. 2009b. Comercio exterior de Guatemala por inciso arancelario del SAC (a 8 dígitos) sistema arancelario centroamericano, para los años del 2008 para atrás (en línea). Guatemala. Consultado 23 mar 2009. Disponible en <http://www.banguat.gob.gt/estaeco/ceie/hist/indicenr.asp?ktipo=CG>
5. Bolaños, RM. 2008. Economía y exportaciones: tomate y chile se abren espacio en EE.UU. (en línea). Prensa Libre, Guatemala, Guatemala, set 26:1. Consultado 23 mar 2009. Disponible en: <http://www.prensalibre.com/pl/2008/septiembre/26/265961.html>
6. Centa.gob.sv. 2002. Guía técnica del cultivo del tomate (en línea). El Salvador. Consultado 12 feb 2012. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/documentos/guias/tomate.pdf>
7. Codexalimentarius.net. 2009. Normas de calidad: normas de CODEX para tomate (en línea). US. Consultado 17 mar 2009. Disponible en: www.codexalimentarius.net/download/standards/11013/CXS_293s.pdf
8. Coemelcolina.com.mx. 2004. Manual de buenas prácticas agrícolas (en línea). México. Consultado 21 feb 2010. Disponible en <http://www.coemelcolima.com.mx/nueva/normas/Manual-Buenas-Practicas-Agricolas.pdf>
9. Depestre, T; Gómez, O. 1999. Mejoramiento de tomate y chile pimienta. *In* Curso de mejoramiento de hortalizas (1999, GT). Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 45 p.
10. Ec.europa.eu. 2007. Proyecto de norma del codex para los tomates (en línea). Europa. Consultado 16 set 2009. Disponible en http://ec.europa.eu/food/fs/ifsi/eupositions/ccffv/archives/ccffv_2006-55partb_es.pdf
11. FAO, IT. 2003. Comité del codex sobre frutas y hortalizas frescas (en línea). Italia. Consultado 11 set 2009. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/meeting/008/j0695s/j0695s04.htm>
12. _____. 2007. Manual técnico buenas prácticas agrícolas –BPA- en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Italia. Consultado 11 oct 2009. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/010/a1374s/a1374s00.htm>
13. FASAGUA (Federación e Asociaciones Agrícolas de Guatemala, GT). 2006. Manual técnico de cultivo de tomate en campo abierto. *Nuestro Campo* no. 13:14.

14. FDA, US. 2008. Lineamientos de inocuidad de los alimentos específicos para tomate fresco en la cadena de suministro (en línea). US. Consultado 26 oct 2010. Disponible en <http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodSafety/Product-SpecificInformation/FruitsVegetablesJuices/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/UCM175991.pdf>
15. Fintrac.com. 2004. Manual del cultivo de tomate (en línea). El Salvador. Consultado 10 set 2009. Disponible en http://www.fintrac.com/docs/elsalvador/Manual_del_Cutivo_de_Tomate_WEB.pdf
16. García Rodríguez, GR. 2008. Encadenamiento empresarial: cultivo del tomate bajo invernadero. Guatemala, AGEXPORT. p. 11-14 y 35-40.
17. Hazera Seeds, US. 2008. Indeterminated tomato varieties seeds (en línea). US. Consultado 2 ago 2008. Disponible en <http://www.hazera.com/hsi/>
18. Hortalizas.com. 2009. Insumos: semillas (en línea). US. Consultado 14 nov 2009. Disponible en <http://www.hortalizas.com/aginputs/seeds/semilla.php?region=ca&op=showvariety&crop=Tomate>
19. IICA, CR. 2008. Buenas prácticas agrícolas, guía para pequeños y medianos agroempresarios (en línea). Consultado 16 feb 2010. Disponible en http://www.iica.int/Esp/Programas/agronegocios/Publicaciones%20de%20Comercio%20Agronegocios%20e%20Inocuidad/Cuaderno11_BPA.pdf
20. IICA, NI. 2009. Guía para la exportación a EE.UU tomate (en línea). Nicaragua. Consultado 14 mayo 2009. Disponible en http://www.iica.int.ni/GuiasTecnicas/Guia_Tomate.pdf
21. Infoagro.com. 2003. Control climático en invernaderos (en línea). España. Consultado 23 set 2011. Disponible en http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.htm
22. _____. 2003. El mercado global de tomate y la existencia de competencia intercontinental: factibilidad del aumento de las exportaciones españolas hacia los EEUU (en línea). España. Consultado 16 feb 2011. Disponible en: http://www.infoagro.com/hortalizas/mercado_tomate.htm
23. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2007. Hidroponía (en línea). Uruguay. Consultado 23 nov 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad_509.pdf
24. IPNI (International Plant Names Index; US). 2005. Plant names: *Solanum esculentum* Dunal (en línea). US. Consultado 30 ene 2012. Disponible en http://www.ipni.org/ipni/idPlantNameSearch.do;jsessionid=558A3ED54D67E85F5A2D09BA447C04BC?id=819142-1&back_page=%2Fipni%2FeditSimplePlantNameSearch.do%3Bjsessionid%3D558A3ED54D67E85F5A2D09BA447C04BC%3Ffind_wholeName%3DSolanum%2Besculentum%26output_format%3Dnormal
25. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Mapas temáticos digitales de la republica de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. Color. 1 CD.
26. _____. 2008. Cultivo del tomate: el tomate (en línea). Guatemala. Consultado 16 feb 2009. Disponible en http://portal.maga.gov.gt/portal/page/portal/uc_social/magactual
27. Medina, J. 2011. Variedad Lola (correo electronico). Guatemala, Regasa, Gerencia de Ventas.

28. Mendieta, D. 2012. Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes [*Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.] (correo electronico). Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Herbario.
29. MIFIC (Ministerio de Fomento, Industria y Comercio; NI). 2008. Ficha del tomate (en línea). Nicaragua. Consultado 19 mar 2009. Disponible en <http://www.mific.gob.ni/LinkClick.aspx?fileticket=NSC9Oafs3ss%3D&tabid=339&language=en-US>
30. MINECO (Ministerio de Economía, GT). 2006. Buenas prácticas agrícolas (en línea). Guatemala. Consultado 27 mar 2010. Disponible en <http://www.mineco.gob.gt/mineco/calidad/cinco.pdf>
31. NHM (National History Museum, UK). 2012. *Solanum esculentum* D. (en línea). Reino Unido. Consultado 2 feb 2012. Disponible en <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/solanaceaesource/taxonomy/list.jsp?prefRecsDisplayed=1000>
32. Nuez, F. 2001. El cultivo del tomate: anatomía y fisiología de la planta. Madrid, España, Mundi Prensa. 744 p.
33. OIRSA, GT. 2009. Manual practicas agrícolas para frutas y hortalizas (en línea). Guatemala. Consultado 15 abr 2012. Disponible en <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/ManualPracticasAgricolasparaFrutasHortalizas.pdf>
34. Poscosecha.com. 2009. El cultivo del tomate: labores postcosecha (en línea). España. Consultado 16 mar 2009. Disponible en: <http://www.poscosecha.com/article.php?sid=59077>
35. Rodríguez, RR; Tabares R, JM; Medina San Juan, JA. 2001. Cultivo moderno del tomate. Madrid, España, Mundi-Prensa. 255 p.
36. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
37. Soldetierra.blogspot.com. 2007. Etapas de maduración del tomate (en línea). México. Consultado 16 mar 2009. Disponible en <http://soldetierra.blogspot.com/2007/10/etapas-de-maduracin-del-jitomate.html>
38. Syngenta, US. 2009. Productos de hortalizas: tomate. US. Consultado 23 mar 2009. Disponible en http://www.syngentasemillas.com/content/productos/hortalizas/tomate_charleston.html
39. Syngenta, US; S&G and Rogers, US. 2005. Productos de hortalizas (en línea). US. Consultado 23 mar 2009. Disponible en <https://www.tomatoestoday.com/en/beef.aspx>
40. Trópicos.org. 2012. *Solanum esculentum* D. (en línea). US. Consultado 31 ene 2012. Disponible en <http://www.tropicos.org/Name/29603156>
41. UAAAN (Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", MX). 2004. Producción y normas para exportación de tomate en invernadero (en línea). México. Consultado 20 set 2010. Consultado en http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio3/Ponencia_07.pdf



30. Rolando Barrios

11. ANEXOS

11.1. Índice de madurez para la recolección

Los atributos externos del tomate pueden ser percibidos por la vista y el tacto y se denominan índices organolépticos. (Soldetierra.blogspot.com. 2007)

Para el color, se han desarrollado “cartas “, para realizar clasificaciones subjetivas del estado de maduración. Existen seis escalas, desde tomate verde hasta tomate rojo (Fintrac.com. 2004).

Otro índice de madurez es la firmeza o consistencia percibida al tacto. Este se clasifica en cinco estados, que van desde el muy duro hasta muy blando, pasando por duro, firme y blando. (Soldetierra.blogspot.com. 2007)

La madurez fisiológica del fruto se reconoce porque la parte inferior comienza a mostrar una coloración anaranjada, mientras que el resto del fruto permanece verde. (Soldetierra.blogspot.com. 2007)

En los tomates larga vida, la maduración del fruto es más uniforme y los cambios de color se producen al mismo tiempo en todo el fruto. (Soldetierra.blogspot.com. 2007)

El fruto del tomate es climatérico, es decir, continúa su proceso de maduración después de cosechado. Esta característica se debe tener en cuenta al momento de la cosecha. (Soldetierra.blogspot.com. 2007)

La realización de la cosecha debe tener presente los siguientes aspectos:

- Debe realizarse por la mañana, pues a estas horas los frutos tienen mayor peso y calidad.
- Se debe evitar el daño mecánico en los frutos, ya que a través de ellos ingresan los microorganismos causantes de las pudriciones, se incrementa la actividad respiratoria y la emisión de etileno, que a su vez acelera el proceso de maduración y la pérdida de agua.
- El fruto tiene dos puntos de abscisión naturales: uno entre el cáliz y el fruto y el otro en medio del pedúnculo que une el fruto con el tallo principal.

- La cosecha debe hacerse en forma manual y de manera que los frutos conserven el cáliz una vez han sido cosechados, principalmente en los tomates de larga vida.
- Las cajas que se utilicen para la cosecha deben contener algún material espumoso en el fondo y en las paredes, para prevenir daños en los frutos.
- Debe seleccionarse en la finca un sitio especial y adecuado previamente para el manejo, selección, lavado, clasificación y empaque de la cosecha, el cual debe estar protegido de los rayos solares.

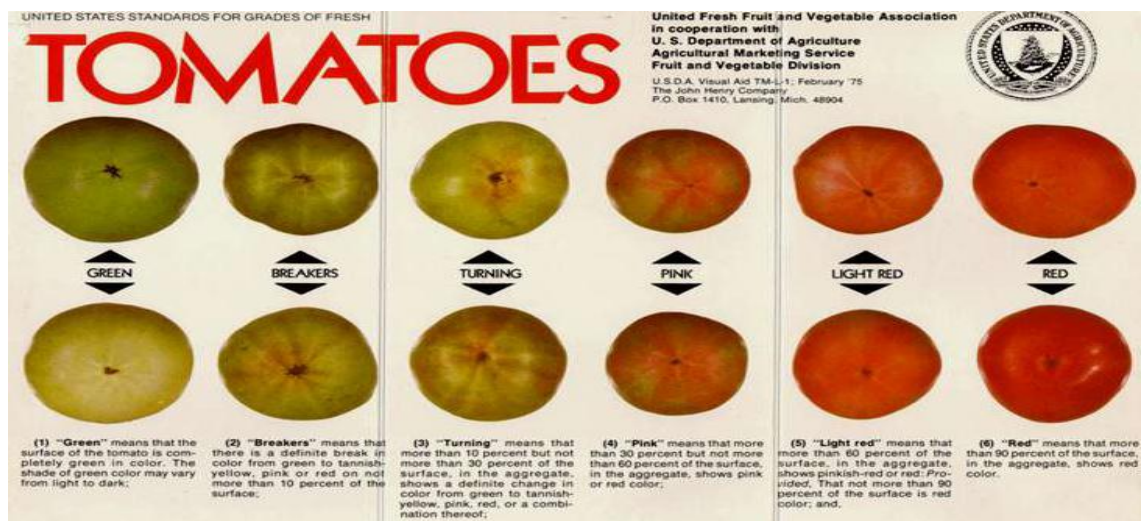


Figura 21. Carta de color para madures del tomate



Figura 22. Estados de madurez del Tomate (madurez fisiológica).



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
 Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 05/2012

LA TESIS TITULADA:

"EVALUACIÓN DE SIES VARIEDADES DE TOMATE (*Solanum esculentum* D.) EN HIDROPONÍA BAJO INVERNADERO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE:

AMILCAR TOLEDO ORTIZ

CARNE:

200410916

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES:

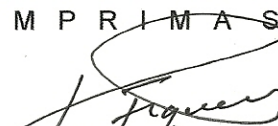
Ing. Agr. Efraín Mendoza
 Ing. Agr. Juan Herrera

El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


 Dr. Ivan Dimitri Santos
 ASESOR


 MSc. Manuel de Jesús Martínez Qvalle
 DIRECTOR DEL IIA
 DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS
 DIRECCION
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

IMPRIMASE


 Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
 DECANO



AGH/nm
 c.c. Archivo