



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE EN
SISTEMA MALLA SOMBRA

Tesis que para obtener el título de
LICENCIATURA EN BIÓLOGIA

PRESENTA:

MARTHA MÉNDEZ FLORES

DIRECTOR: DR. ROLANDO RUEDA LUNA



Abril, 2016

AGRADECIMIENTOS

Mi reconocimiento a las personas que hicieron posible la realización de esta Tesis:

Al Departamento de Investigación de Ciencias Agrícolas (DICA) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Al Dr. Rolando Rueda Luna, por aceptar ser director de esta Tesis, además de brindarme los conocimientos necesarios para mi preparación.

A mis revisores, Dr. David Martínez Moreno y al Biol. Eloy Herrera Vázquez por sus conocimientos y el tiempo dedicado a esta tesis.

Al Ing. Francisco García Sánchez por el apoyo y las facilidades prestadas para la realización de este proyecto en su sistema malla sombra.

A la Ing. Miriam Romero Hernández por su apoyo, enseñanzas, conocimientos y por su amistad.

A mis amigos y compañeros Biólogos Elizabeth, Fernando y Pablo que me han brindado una amistad sincera e incondicional.

A todas las personas que se han interesado por el desarrollo de esta Tesis, gracias.

DEDICATORIA

En la vida siempre estarán presentes los obstáculos, pero el reto es vencerlos y dejar tus miedos atrás para cumplir tus sueños.

A mis padres María Lidia y Paulino, por su presencia, apoyo, esfuerzo y por inculcarme el valor de la formación académica.

A mis abuelos por todas sus enseñanzas.

A mi tía Eusebia por estar a mi lado brindándome su apoyo.

A mis hermanas y hermano por ser una motivación en un camino compartido de buenos recuerdos.

A las personas que son parte de mi recuerdo, de mi presente y parte de mi alegría.

Gracias...

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Agricultura protegida.....	3
2.2. Fisiología de crecimiento y desarrollo de la planta.....	7
2.2.1. Clima y suelo.....	9
2.2.2. Densidad de población del tomate.....	9
2.3. Costos y valor de producción.....	11
2.4. Producción de tomate en el estado de Puebla.....	12
2.5. Preparación del suelo.....	13
2.6. Labores de cultivo.....	15
2.6.1. Poda.....	15
2.6.2. Decapitación.....	15
2.6.3. Entutorado.....	15
2.6.4. Riego.....	16
2.6.5. Técnicas de cuajado dirigido.....	16
2.6.6. Destallado o capado.....	17
2.6.7. Deshojado.....	17
2.6.8. Encalado.....	17
2.6.9. Combate de malezas.....	17
2.6.10. Cosecha de los frutos de tomate.....	18
2.6.11. Clasificación de frutos.....	21
2.6.12. Conservación de los frutos.....	22
2.7. Calidad físico-química del tomate.....	23
2.7.1. Color.....	23
2.7.2. Firmeza.....	24
2.7.3. Contenido de sólidos solubles o °Brix.....	24
2.7.4. pH.....	24
2.7.5. Acidez.....	24

2.7.6. Índice de madurez.....	25
2.7.7. Calidad sensorial.....	25
2.8. Nutrición de la planta de tomate.....	25
2.9. Importancia de las variedades y los cultivares de tomate.....	28
III. JUSTIFICACIÓN.....	32
IV. OBJETIVOS.....	33
4.1. Objetivo general.....	33
4.2. Objetivos particulares.....	33
V. HIPÓTESIS.....	34
VI. MATERIAL Y MÉTODOS.....	35
6.1. Zona de estudio.....	35
6.2. Extensión.....	35
6.3. Orografía.....	35
6.4. Hidrografía.....	36
6.5. Clima.....	36
6.6. Principales ecosistemas.....	36
6.7. Características generales del ensayo.....	36
6.7.1. Preparación del terreno.....	37
6.7.2. Acolchado.....	37
6.7.3. Riego.....	37
6.7.4. Entutorado.....	37
6.7.5. Cosecha.....	38
6.7.6. Densidad de población.....	38
6.8. Diseño experimental.....	38
6.8.1. Variables evaluadas.....	38
6.8.2. Producción comercial de los cultivares de tomate.....	38
6.8.3. Número de frutos por racimo.....	39
6.8.4. Altura y diámetro del tallo de la planta de tomate.....	39
6.8.5. Peso seco de la planta de tomate.....	39
6.8.6. Características organolépticas del fruto de tomate.....	40
6.8.7. Firmeza.....	40
6.8.8. Contenido de sólidos solubles o °Brix.....	40

6.8.9. pH de los frutos de tomate.....	40
6.8.10. Índice de madurez de los frutos tomate.....	41
6.9. Análisis estadístico.....	42
VII. RESULTADOS.....	43
7.1. Producción total y clasificación comercial.....	43
7.2. Longitud y diámetro de los frutos de clasificación comercial.....	51
7.3. Número de frutos por racimo de los cultivares.....	56
7.4. Altura de la planta de tomate.....	57
7.5. Diámetro del tallo de la planta de tomate.....	58
7.6. Peso seco de la planta de tomate.....	60
7.7. Características organolépticas del fruto de tomate.....	62
7.8. Firmeza de los frutos de tomate.....	68
7.9. Contenido de sólidos solubles o °Brix.....	70
7.10. pH de los frutos de tomate.....	71
7.11. Índice de madurez de los frutos de tomate.....	73
VIII. DISCUSIÓN.....	75
8.1. Producción total y clasificación comercial.....	75
8.2. Longitud y diámetro de los frutos de clasificación comercial.....	75
8.3. Número de frutos por racimo.....	76
8.4. Altura de la planta.....	76
8.5. Diámetro del tallo de la planta.....	76
8.6. Peso seco de la planta de tomate.....	76
8.7. Características organolépticas de los frutos de tomate.....	77
8.8. Firmeza.....	77
8.9. Contenido de sólidos solubles o °Brix.....	77
8.10. pH de los frutos de tomate.....	78
8.11. Índice de madurez de los frutos de tomate.....	78
IX. CONCLUSIONES.....	79
X. BIBLIOGRAFÍA.....	81

XI. ANEXOS.....	88
Anexo 1 Análisis foliar de los cultivares.....	88
Anexo 2 Principales estados productores de tomate a cielo abierto.....	90
Anexo 3 Costo de producción de tomate por hectárea.....	91
Anexo 4 Fotografías.....	92

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Producción nacional en sistema protegido.....	12
Cuadro 2	Producción de tomate a cielo abierto en el estado de Puebla.....	13
Cuadro 3	Desinfección del suelo.....	14
Cuadro 4	Criterios de calidad de los frutos de tomate.....	21
Cuadro 5	Elementos minerales esenciales.....	27
Cuadro 6	Características de los cultivares utilizadas en este trabajo.....	31
Cuadro 7	Producción total y clasificación comercial sobre datos acumulados 14 de julio de 2012.....	44
Cuadro 8	Producción total y clasificación comercial sobre datos acumulados 2 de agosto de 2012.....	46
Cuadro 9	Producción total y clasificación comercial sobre datos acumulados 27 de agosto de 2012.....	48
Cuadro 10	Producción total y clasificación comercial sobre datos acumulados 2 de septiembre de 2012.....	50
Cuadro 11	Longitud y Diámetro del Fruto de tomate de primera calidad.....	52
Cuadro 12	Longitud y Diámetro del Fruto de tomate de segunda calidad.....	53
Cuadro 13	Longitud y Diámetro del Fruto de tomate de tercera calidad.....	55
Cuadro 14	Número de frutos por racimo sobre datos acumulados 2012.....	56
Cuadro 15	Altura de la planta de tomate.....	58
Cuadro 16	Diámetro del tallo de la Planta de tomate.....	59
Cuadro 17	Peso seco de la planta de tomate sobre datos acumulados.....	60
Cuadro 18	Valoración sobre datos acumulados. 14 de julio de 2012.....	64
Cuadro 19	Valoración sobre datos acumulados. 2 de agosto de 2012.....	65
Cuadro 20	Valoración sobre datos acumulados. 27 de agosto de 2012.....	66
Cuadro 21	Valoración sobre datos acumulados. 2 de septiembre de 2012.....	67
Cuadro 22	Firmeza de los frutos de tomate sobre datos acumulados.....	68
Cuadro 23	Contenido de sólidos solubles o °Brix sobre datos acumulados.....	70
Cuadro 24	pH de los frutos de tomate sobre datos acumulados 2012.....	72
Cuadro 25	Índice de madurez de los frutos de tomate sobre datos acumulados 2012.....	73
Cuadro 26	Análisis foliar de los cultivares (%).....	89
Cuadro 27	Principales estados productores de tomate.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Etapas fenológicas del tomate.....	7
Figura 2	Grados de madurez del tomate.....	19
Figura 3	Localización de la zona de estudio.....	35
Figura 4	Clasificación comercial del tomate.....	38
Figura 5	Frutos por racimo.....	39
Figura 6	Vernier digital.....	39
Figura 7	Refractómetro analógico.....	40
Figura 8	Longitud y diámetro de los frutos de tomate de primera calidad.....	52
Figura 9	Longitud y diámetro de los frutos de tomate de segunda calidad.....	53
Figura 10	Longitud y diámetro de los frutos de tomate de tercera calidad.....	55
Figura 11	Número de frutos por racimo de los cultivares.....	57
Figura 12	Altura de la planta de tomate.....	58
Figura 13	Diámetro del tallo de los cultivares de tomate.....	59
Figura 14	Peso seco de la planta de tomate.....	61
Figura 15	Firmeza de los frutos de tomate.....	69
Figura 16	Contenido de sólidos solubles o °Brix de los frutos de tomate.....	71
Figura 17	pH de los frutos de tomate.....	72
Figura 18	Índice de madurez de los frutos de tomate.....	74
Figura 19	Análisis foliar de los cultivares.....	89
Figura 20	Invernadero malla sombra.....	92
Figura 21	Frutos de tomate maduros.....	92
Figura 22	Poda de las plantas de tomate.....	93
Figura 23	Identificación de los cultivares.....	93
Figura 24	Chalking radial en fruto de tomate del 'Reserva'.....	94
Figura 25	Frutos del '7705'.....	94
Figura 26	Frutos del 'Corazón'.....	95
Figura 27	Evaluación de las plantas de tomate.....	95
Figura 28	Cosecha de los frutos.....	96

RESUMEN

El ensayo se realizó en una casa sombra, ubicada en la comunidad de San Luis Ajajalpan, perteneciente al municipio de Tecali de Herrera, Puebla. Se evaluaron 6 cultivares de tomate de crecimiento indeterminado, el arreglo de los tratamientos consistió en un diseño monofactorial al azar con cuatro repeticiones cada uno. La siembra se realizó el 20 de diciembre de 2011 y el trasplante se llevó a cabo el 22 de enero de 2012, se utilizaron los 'Corazón', 'Reserva', '290', '1', '7705' y '360'. La conducción del cultivo fue en piso con acolchado y sistema de riego por goteo. Los parámetros evaluados fueron: producción total y clasificación comercial, número de frutos por racimo, diámetro del tallo y altura de la planta, peso seco de la planta de tomate, características organolépticas, firmeza, contenido de sólidos solubles (°Brix), pH del fruto e índice de madurez. Según los resultados obtenidos los '7705' y '360' presentaron la mayor producción total y mayor número de frutos clasificados de primera y segunda calidad, los '7705', '360' y 'Corazón' tuvieron mejor aceptación por el panel de catadores en las diferentes pruebas organolépticas. El 'Corazón' presentó mayor firmeza de los frutos y mejor índice de madurez de los frutos.

Palabras claves: cultivares, producción, características organolépticas.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate, conocido como jitomate en el centro y sur de México, es un producto con demanda para consumo en fresco, principalmente en ensaladas, cocido o frito, para la producción de salsas, purés, concentrados, conservas, como aderezo para la elaboración de determinados platillos y en menor escala como encurtido (Rojop, 2008). El procesamiento del tomate ha ocasionado gran demanda lo que ha obligado a buscar nuevas alternativas de producción en condiciones controladas como el uso de invernaderos o estructuras de cubiertas con malla para el abastecimiento de esta hortaliza (Villareal, 1980).

En los últimos cinco años la superficie sembrada de tomate rojo en México a cielo abierto no ha experimentado cambios notables, el SIAP (2013) reportó una superficie total cosechada en México de 55,374.91 ha, siendo el estado de Sinaloa, el que se ha consolidado como el principal productor de tomate en nuestro país, con el 29.22% de la producción nacional, en los valles de Culiacán, los Mochis y Guasave, con una extensión aproximada de 15,307.13 ha y con un volumen de producción de 867,832.04 t, lo que se traduce en un rendimiento de 56.69 t·ha⁻¹, significando una importante fuente de empleos y divisas para esta zona, seguido por los estados de Michoacán, Zacatecas y San Luis Potosí, en su conjunto representan el 50.99% de la producción nacional. El estado de Puebla ocupa el lugar 12 con una superficie sembrada de 611.69 ha, con una producción de 75,219.09 t y un rendimiento de 122.96 t·ha⁻¹ (SIAP, 2014).

Respecto a la superficie nacional sembrada de tomate rojo en sistema protegido se reportan 11,647.86 ha, con una producción de 1,534,912.53 t, obteniendo un rendimiento de 131.78 t·ha⁻¹. Particularmente la producción nacional de tomate tipo saladette para invernadero se reportó una superficie sembrada de 1,732.17 ha, con una producción de 223,523.89 t y un rendimiento de 129.04 t·ha⁻¹ y en malla sombra una superficie sembrada de 940.54 ha con una producción de 97,753.9 t, con un rendimiento de 103.93 t·ha⁻¹ (SIAP, 2013).

Referente a la calidad de los frutos de tomate rojo, un factor económico importante a tomar en cuenta es el peso medio total de los frutos (122.43 g), diámetro ecuatorial de 9.6 cm y un diámetro axial de 7.8 cm según Hernández (2013). Otros factores a considerar son las cualidades organolépticas como son tener un aroma y un sabor optimo que están relacionadas con la composición química. Para ello los tomates deben tener un contenido en sólidos solubles de entre 4 a 6 °Brix y un pH entre 4 y 5 (Aguayo y Artes, 2004). El color del tomate también es un factor importante en la calidad del fruto, sin olvidar que existen una gama de colores en los cultivares que van de rojo, rosado, verde, púrpura y amarillo (Garza y Molina, 2008). De acuerdo lo anterior, desde el punto de vista económico, el tomate es una de las especies hortícolas más importantes de nuestro país debido al valor de su producción y a la demanda de mano de obra que genera (Ortega, 2010).

II. ANTECEDENTES

2.1 agricultura protegida

La agricultura protegida en México se ha desarrollado como alternativa para recrear condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de los cultivos, por lo que el 08 de Julio del 2008, la Secretaría de Economía, por conducto de la Dirección General de Normas, publicó en el Diario Oficial de la Federación, la Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana NMX-E-255-CNCP-2008, Invernaderos-Diseño y Construcción-Especificaciones (*Greenhouses-Desing and Construction-Specifications*) para regular e indicar funcionalmente la manera en que debe crearse un diseño de invernadero bajo normas técnicas, por lo que esto representa un paso importante en materia de implementación de nuevas tecnologías para el desarrollo de la agricultura en México.

La SAGARPA (2012) define a la agricultura protegida como el cultivo bajo estructuras de invernadero de diversa tecnología.

Según la Norma Mexicana para el Diseño y Construcción de Invernaderos (2008) un invernadero es una construcción de estructura metálica, usada para el cultivo y/o protección de plantas, con cubierta de película plástica traslúcida que no permite el paso de la lluvia al interior y que tiene por objetivo reproducir o simular las condiciones climáticas más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas establecidas en su interior. Los invernaderos son clasificados en dos clases, los de clase A son estructuras de invernaderos unitarios o en batería y los de clase B son estructuras tipo casa-sombra y macro túneles. En ambos tipos el período mínimo de vida útil de la estructura es de 10 Años.

Nieves *et al.* (2011) citado por Ortega *et al.* (2014) mencionan que en los últimos años la horticultura protegida en México se encuentra en constante desarrollo y crecimiento. La información existente sobre agricultura protegida se encuentra incompleta y no siempre es fidedigna, estas discrepancias son el resultado del crecimiento acelerado de sistemas de cultivo protegido, la falta de un sistema de registro nacional y por la definición de horticultura o agricultura protegida.

El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), en 2007 reportó 12,540 ha cultivadas, mientras que la Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación (SAGARPA), en 2010 reportó 11,760 ha, por su parte, la Asociación Mexicana de Agricultura Protegida Asociación Civil (AMHPAC) censó 15,300 ha en el mismo año. La SAGARPA (2013) menciona que en México existen 19,985 unidades de cultivo protegido, 66 % corresponden a invernaderos, 11 % a macro túneles, 10 % a casa sombra, 5 % a micro túneles, 5 % techo sombra y 3 % pabellón.

El análisis del rendimiento de un cultivar implica el estudio de sus principales componentes, en el caso del tomate están fundamentados por el número y el peso medio de frutos. De tal forma que el rendimiento por planta, así como el rendimiento económico del cultivo, resulta de la combinación entre el número de frutos cosechados por unidad de área y sus tamaños individuales (Wereing y Patrick, 1975).

Zarate (2007) evaluó el crecimiento, desarrollo, producción y calidad de fruto de los cultivares Loreto y 7705 bajo condiciones de invernadero, obteniendo que el cultivar 7705 presentó mejores resultados en altura de la planta, grosor del tallo y variables de producción con un rendimiento de $5.83\ 42\ \text{kg}\cdot\text{planta}^{-1}$.

El cultivo del tomate requiere de cuidados extremos para obtener una producción de calidad y poder competir en el mercado nacional y en el extranjero, hoy en día las técnicas de cultivo se orientan hacia una producción eficaz y rentable. Por la importancia económica que tiene el tomate, su cultivo está orientado a buscar nuevas prácticas de cultivo que van desde invernaderos ligeros, recubiertos de polietileno, hasta el cultivo en sofisticados invernaderos de cristal dotados de mecanismos de regulación de los principales factores del clima (Maroto, 2012).

Ríos (2012) menciona que la mayor calidad en la producción de tomate se encuentra dentro de un ambiente protegido, ya que las condiciones favorecen la obtención de productos sanos, homogéneos en forma y tamaño, con madurez

uniforme, más agradables y con excelente presentación, características que estimulan sensiblemente el consumo.

El índice de madurez es un indicativo de calidad organoléptica por lo que Gaspar *et al.* (2012) evaluaron los componentes de la calidad del fruto de tomate en ocho cultivares tipo saladette, obteniendo valores de índice de madurez en un rango de 12 a 19.2, mientras que Hernández *et al.* (2008), reportaron un valor máximo de madurez de 12.1 en el 'Dunkan'.

Las exigencias en el mercado son cada vez más evidentes en cuanto a calidad de los productos hortícolas, por esta razón el invernadero es una opción para los productores que buscan mejorar su producción con mayor calidad y con mayores rendimientos por unidad de superficie (Ayala, 2002). Los beneficios que ofrece la agricultura protegida son los siguientes:

- Los cultivos están mayormente protegidos del impacto ambiental.
- Presenta mayor precocidad, ya que se mejoran las condiciones agroclimáticas óptimas para el cultivo.
- Debe haber un monitoreo constante del cultivo.
- La inversión es mayor, en este caso, depende el tipo de estructura a construir.
- Calidad y cantidad del producto cosechado.

Una alternativa más económica es el uso de la malla o casa sombra, que protege la planta (hoja y fruto) de una fuerte radiación solar directa, reduciendo con ello la temperatura y evitando el fruto quemado, además de un grado de luminosidad adecuado para que el cultivo tenga una respuesta máxima y se vea reflejado en una planta más vigorosa, con frutos de mayor calidad y mayores rendimientos (Ayala, 2002).

La malla sombra o casa sombra son estructuras metálicas construidas a base de tubo redondo galvanizado, anclados a base de varilla de hierro corrugado, trenzas y cordones de hierro, así como alambre para sujetar la malla anti-insectos. Son de

un material tejido y manufacturado con monofilamentos o filamentos planos de polietileno de alta densidad que tienen características de alta resistencia y durabilidad, para usarse en campos a cielo abierto, así como en invernaderos (Ayala, 2002). El sombreado permite que las plantas crezcan en mejores condiciones, mejorando así la calidad y rendimiento de los cultivos. Las mallas ofrecen protección contra insectos, viento, arena, granizo y heladas de baja intensidad, aumentando la probabilidad de mayores rendimientos y mejor calidad de frutos. Las mallas de 10 x 20 (50 mesh) presentan aberturas tan pequeñas que impiden el paso de los insectos, están tratadas contra rayos ultravioleta, propician temperaturas más bajas y porcentaje de sombreado constante (Matallana y Montero, 2001).

El uso de las mallas sombra en la producción agrícola se basa principalmente en la necesidad de una mayor área de ventilación. Esto supone una mayor área de intercambio de aire reduciendo los gradientes de temperatura y un nivel óptimo de dióxido de carbono (Ayala, 2002).

Los sistemas o estructuras para adaptar las mallas sombra en unidades integrales o casa sombra, han sido desarrolladas principalmente en los estados de Sinaloa, Nayarit, Colima, Chiapas y Tabasco y actualmente se están utilizando para la producción de trasplante y cultivos intensivos que requieren de una mayor ventilación. En estas regiones la casa sombra previene el efecto del viento, reducen la evaporación y la transpiración de las plantas y evitan el ingreso de los insectos, que muchas veces son portadores de peligrosas enfermedades.

Otra de las ventajas de la casa sombra es que con su instalación se reducen las aplicaciones de agroquímicos y se aprovecha mejor el espacio vertical para el crecimiento adecuado de las variedades indeterminadas (Ayala, 2002).

Los sistemas más productivos en el estado de Sinaloa son aquellos que utilizan malla sombra e invernadero. El 84% de los productores utiliza el sistema a campo abierto, 8% bajo invernadero, 4% con malla sombra y 4% combina los tres sistemas. Todos los productores utilizan riego por goteo y 96% utiliza acolchado

plástico. La productividad y el rendimiento están determinados por la tecnología utilizada (Cih *et al.*, 2011).

2.2 Fisiología de crecimiento y desarrollo de la planta

La planta de tomate tiene un amplio rango de cultivo, se puede sembrar en cualquier tipo de suelo, pero se prefieren suelos profundos, calizos con una débil proporción de arcilla, bien drenados y ligeramente ácidos, con un pH de 6.2 a 6.8 (Maroto, 2012).

Las plántulas emergen entre los 6 y 12 días después de la siembra, desde la emergencia hasta el trasplante transcurren de 30 a 70 días, dependiendo de la variedad y la técnica de cultivo. Las condiciones ambientales como la temperatura, la luz y la humedad juegan un papel importante en el proceso de “cuajado” del fruto para que se produzca de forma normal (Maroto, 2012).

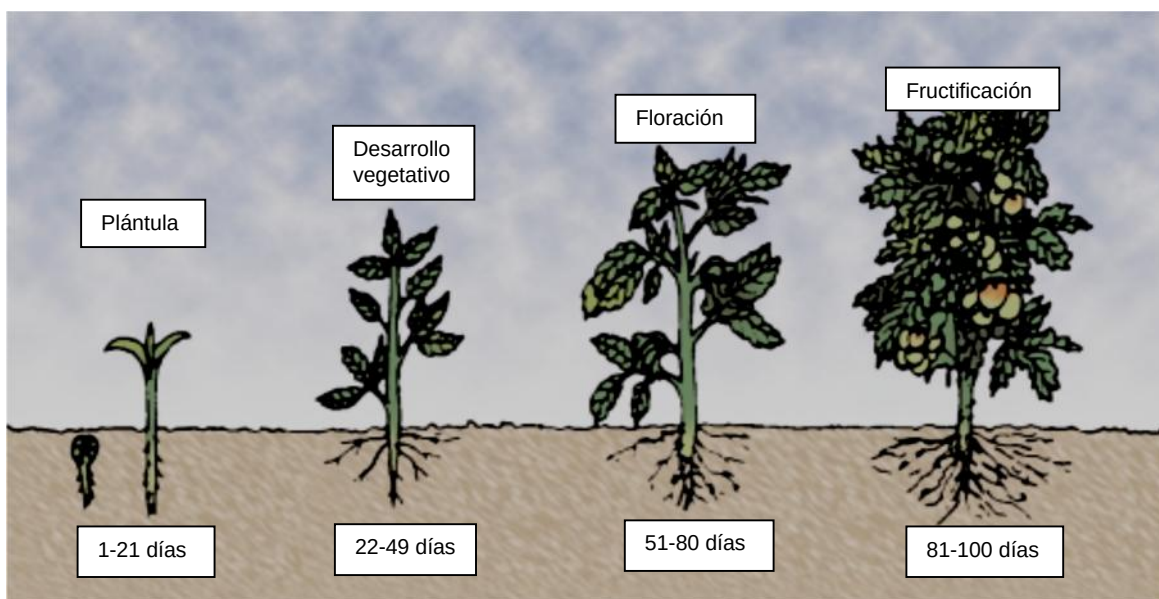


Figura 1. Etapas fenológicas del tomate (Pérez *et al.*, 2010).

El tomate es una especie neutra en cuanto a fotoperiodo por lo que florece a su debido tiempo de acuerdo con la edad y el desarrollo que presente (Maroto, 2012).

De acuerdo a Nuez (2001), cuando se presentan temperaturas altas durante 5 a 10 días antes de la antesis, se reduce el “amarre” de fruto debido a que se

destruyen los granos de polen por deshidratación, interrumpiendo así el proceso de gametogénesis (formación de óvulos y polen).

Una vez producido el mecanismo de gametogénesis por las flores autogamas del tomate se origina la dehiscencia de los sacos polínicos, la deposición de los granos de polen sobre el estigma receptivo, el crecimiento del tubo polínico y finalmente la fecundación. La fecundación ovular presenta una serie de modificaciones hormonales, producidas de forma natural, este proceso induce el crecimiento del ovario y su posterior transformación en fruto, evitando la absorción del pedúnculo floral. Los óvulos fecundados se convierten en semillas y estas son las que controlan el crecimiento del fruto después de la fecundación, este proceso se encuentra regulado por la actividad de hormonas sintetizadas en las semillas (Iwahori, 1967).

Los niveles de radiación diaria para que exista floración y cuajado oscilan alrededor de 0.85 MegaJoules por metro cuadrado. Los climas húmedos con temperaturas altas y humedad relativa superior al 75% son poco apropiados para este cultivo, debido a que favorece la aparición y severidad de enfermedades fungosas (SAGARPA, 2010).

Respecto a la cosecha, el primer corte de una variedad precoz se da aproximadamente entre los 65 y 100 días después del trasplante según la precocidad del cultivar (Maroto, 2012).

El primer signo más visible de la maduración de frutos de tomate es el cambio de coloración de verde a rojo, este cambio se debe a la descomposición de la clorofila y a la síntesis de licopeno y otros carotenoides. El segundo cambio característico es el ablandamiento del mesocarpo y endocarpo, estos procesos ocurren debido a la síntesis de la enzima poligalacturonasa, la cual es activa en la degradación de la pared celular y en el ablandamiento. La producción de esta enzima es iniciada por el etileno, importante en la maduración natural y artificial de los tomates (Garza y Molina, 2008).

2.2.1 Clima y suelo

La temperatura influye de manera directa e indirecta en las funciones vitales de la planta tales como: transpiración, fotosíntesis, germinación, etc. El tomate es una planta de clima cálido, la temperatura óptima según el ciclo de vida es de 17 °C durante la noche y una temperatura diurna de 23 °C (Maroto, 2012).

La importancia de la temperatura radica en el valor comercial, ya que cuando es mayor a 32 °C la coloración roja es inhibida y los frutos se tornan amarillos (Valadez, 1990).

El tomate puede producirse en suelos con un pH de 6.0 a 7.2. Los suelos arcillosos provocan un crecimiento lento pero uniforme, este tipo de suelo es apropiado para producción de tomates de mesa o de consumo fresco. Los suelos de textura arenosa, se adaptan más para la producción mecanizada de tomates para la industria, por inducir una maduración más uniforme y simultánea (Von Haeff, 1983).

La humedad del suelo influye en el crecimiento de los tejidos, transpiración, fecundación de las flores y desarrollo de las enfermedades, siendo preferibles humedades medias no superiores al 50% y suelos no encharcados, pues la humedad excesiva del suelo y de la planta disminuyen la consistencia del fruto y es una de las causas principales de enfermedades. La humedad relativa baja, dificulta la fijación del polen al estigma de la flor pudiendo interferir en la fecundación (Rodríguez *et al.*, 2001).

2.2.2 Densidad de población del tomate

La densidad de población, junto con otras técnicas de manejo de cultivo son prácticas importantes en un sistema de producción. La práctica de siembra y trasplante consiste en hacer germinar la semilla en pequeñas áreas conocidas como semilleros o almácigos, de donde se extraerán las plántulas para ser llevadas al lugar de establecimiento definitivo, donde habrán de crecer las plantas hasta la cosecha. Aunque inicialmente las plántulas muestran cierto marchitamiento y retraso en el crecimiento, estos síntomas son rápidamente

superados mostrando un desarrollo normal en el cultivo. La práctica de despunte reduce la altura, modifica el hábito de crecimiento de indeterminado a determinado y concentra la producción de frutos en menos racimos. La eliminación de brotes laterales reduce la competencia interna por agua y el entutorado ayuda al soporte de la planta. Una alta densidad de plantas aumenta la precocidad y reduce el ciclo vegetativo, pero los frutos producidos son de menor tamaño y mala calidad (Nuez, 2001).

Von Haeff (1983) citado por Nuez (2001) reporta que la ventaja en el sistema de trasplante se ve reflejada en la producción ya que su volumen puede ser mayor en un 5 a 20%, además de que el método de semilleros y trasplante requiere menos insumos, para el trasplante al terreno definitivo es recomendable tener los cuidados necesarios para no dañar la raíz y evitar la presencia de enfermedades.

Según Velasco *et al.* (2012) mencionan que el trasplante debe llevarse a cabo 28 días después de la puesta a germinación de las semillas, las plántulas deben ser uniformes y sanas, con una altura de 15 a 20 cm, con hojas y sistema radicular bien desarrollado y con una distancia de plantación entre plantas de 30 cm.

Después del trasplante debe regarse con cuidado para obtener un buen rendimiento de las plantas. Un riego excesivo durante el desarrollo inicial provoca un exuberante crecimiento vegetativo, a costa de la floración (Nuez, 2001).

Koning (1989) citado por Villegas *et al.* (2004) mencionan que en condiciones de invernadero y sin despunte las densidades comerciales fluctúan de 2 a 2.5 plantas/m², produciendo hasta 24.5 kg de materia fresca por planta, con un rendimiento de fruto de 20.6 kg·planta⁻¹, representando el 84% de crecimiento total.

En campo y con cultivares de crecimiento indeterminado, las densidades más usadas en México por los productores son de 3 a 4 plantas por metro lineal que equivalen a 2.22 plantas/m², con un rendimiento comercial de fruto de 4.54 a 5.11 kg (León y Arozamede, 1980).

En el sistema de producción en invernadero la máxima producción con calidad de exportación se obtiene con la densidad 6.8 plantas/m², con una producción de 202 frutos/m². Por el contrario en el sistema de producción en campo la densidad de 1.1 plantas/m² resulta la mejor alternativa al dar mayor rendimiento total de fruto 8.3 kg y con calidad de exportación (Villegas *et al.*, 2004).

2.3 Costos y valor de producción

Se entiende por costo, a la inversión requerida para producir un bien o prestar un servicio. El sistema de producción utilizado y los costos de los insumos determinan los costos de producción de la hortaliza, motivo por el cual es difícil precisar un estándar de costos de producción a nivel general. Los costos de producción agrícola son un instrumento para tomar decisiones, como tal deben proveer la mejor información posible con el fin de disminuir el riesgo.

El valor de producción del tomate en México en el año 2002 fue de \$ 6,216.53, en 2003 se observó un incremento de 9.1% con \$ 9,175.72, para el año 2004 hubo un incremento de \$ 14,374.88, en el año 2005 se observó una baja de \$ 9,914.27, para los años 2006 y 2007 el valor de incremento fue de \$ 12,314.41 y \$ 11,527.68 respectivamente (SIAP, 2009).

El valor de la producción depende de las condiciones de mercado en general, es decir, de los precios del producto en los mercados internos y externos, de la demanda de los diferentes destinos, costos de transportación, etc.

El SIAP (2013) menciona que el valor de producción nacional de tomate para la agricultura protegida fue de \$8, 977, 628. 42, datos que a continuación se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Producción nacional de tomate en sistema protegido.

Tomate	Superficie sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t·ha ⁻¹)	Valor de producción (Miles de Pesos)
Bola invernadero	1631.34	2,370.76	145.33	961,388.9
Bola malla sombra	1170.5	100,378.00	85.76	458,188.67
Cherry inv. Exp.	10	9.7	9.7	1,791.2
Cherry invernadero	42	1,596.00	38	32,622.44
Cherry malla sombra	26.5	1,813.00	68.42	25,858.16
Invernadero	3606.11	623,156.25	173.91	3,816,513.86
Invernadero exportación	578.3	75,483.66	130.53	622,995.17
Malla sombra	360.9	43,693.5	121.07	231,459.18
Malla sombra exportación	1545.5	130,081.33	84.17	1,228,209.18
Rio grande invernadero	4	260	65	1,040
Saladette invernadero	1732.17	223,523.89	129.05	1,040,840.48
Saladette malla sombra	940.54	97,753.9	103.93	556,721.18
Total	11647.86	1534912.53	1154.87	8,977,628.42

Fuente: (SIAP, 2013).

2.4 Producción de tomate en el estado de Puebla

El SIAP (2012) reporta que en la entidad poblana se siembra tomate en una superficie aproximada de 746 hectáreas distribuidas en 37 municipios, entre ellos San Salvador Huixcolotla, Tehuacán, Tepanco de López, Tlapanalá, Izúcar de Matamoros, San Gabriel Chilac, Tepeaca, Huaquechula, Tecamachalco, Atlixco, Santiago Miahuatlan, Tochtepec y Zinacatepec.

El volumen de cosecha de tomate rojo en la entidad se ha mantenido en los últimos años, lo que representa un avance en la agricultura, debido a estrategias que los productores han aplicado a sus cultivos, como la instalación de invernaderos que proporcionan condiciones controladas de producción de tomate, mejores injertos, menor aplicación en pesticidas y proyectos de agricultura protegida que dan como resultado la difusión del producto (SAGARPA, 2012).

Por otra parte, según indicadores del SIAP (2013), en Puebla la demanda de tomate rojo se enfoca al mercado local, al autoconsumo y a la exportación, la producción a cielo abierto se concentra principalmente en 7 municipios con un valor de \$494,235.96, los datos de producción se desglosan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Producción de tomate a cielo abierto en el estado de Puebla.

Municipio	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t·ha ⁻¹)	Valor de producción (miles de pesos)
Cholula	162.70	162.70	2,134.10	13.12	11,720.70
Izúcar de Matamoros	47.53	47.43	6,722.89	141.74	136,797.25
Libres	10.98	10.98	2,664.40	242.66	11,338.50
Tecamachalco	179.09	178.99	35,617.00	198.99	179,264.18
Tehuacán	161.50	161.50	2,347.00	14.53	22,705.25
Teziutlán	8.25	8.25	730.34	88.53	3,246.84
Zacatlán	101.24	82.50	17,907.50	217.06	129,163.25
Total	671.29	652.35	68,123.23	104.43	494,235.96

Fuente: (SIAP, 2013).

2.5 Preparación del suelo

Desde el punto de vista agrícola, el suelo ha sido considerado como un soporte físico sobre el que se desarrolla el cultivo. Su estructura debe ser adecuada para la germinación de las semillas o establecimiento de las plántulas, el crecimiento de las raíces deben presentar características que permitan el almacenamiento y suministro de agua y nutrientes (Alvarado, 2009).

Cada suelo y cada sistema de cultivo presentan problemas y soluciones específicas de laboreo. Los suelos arcillosos por ejemplo tienen un comportamiento muy diferente a los arenosos y los ciclos de hielo-deshielo o de humectación-desección modifican la cantidad de laboreo necesario (Garza y Molina, 2008).

La finalidad de la preparación del suelo es proporcionar a la planta un medio propicio para el desarrollo de la raíz mejorando la aireación y la estructura del suelo. Se recomienda que el suelo quede lo suficientemente suelto para favorecer las subsecuentes labores, como son la incorporación de materia orgánica, el riego, etc. (Alvarado, 2009).

Según Benavides *et al.* (2010) la preparación de suelo es de vital importancia en la producción de tomates, para poder obtener una cama para el trasplante con la mayor cantidad de tierra suelta se realizan actividades como:

Mojar el suelo, aflojar el subsuelo para tener un buen espacio poroso y dar dos a tres pasos de rastra para moler el suelo y tener suficiente suelo para una buena formación de camas.

Es importante desinfectar el suelo sobre todo cuando ya se ha cultivado con anterioridad, para evitar el ataque de microorganismos que pueden hacer que disminuya la producción o perder el cultivo. Los productos que se pueden utilizar ya sea a través del sistema de riego o inyectados en forma de gas se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Desinfección del suelo.

Producto	Dosis /1000 m ²	Campo de acción
Metam Sodio	30-70 L	<i>Fusarium, Phytophthora Pythium, Sclerotinia, Nematodos</i> y algunas semillas de malezas.
Metam Potasio	20-40 L	<i>Fusarium, Phytophthora Pythium, Sclerotinia, Nematodos</i> y algunas semillas de malezas.
TCMTB (tiocianometiltio benzotiazol)	1 L	<i>Fusarium, Phytophthora Pythium, Sclerotinia, Nematodos</i> y algunas semillas de malezas.
Bromuro de Metilo	40-80 kg	<i>Fusarium, Phytophthora Verticilium, Pythium, Nematodos</i> , algunas semillas de malezas, roedores e insectos.

Fuente: Benavides *et al.* (2010).

Para la preparación de camas es importante tomar en cuenta el marco de plantación, la densidad de población influye en el manejo de la planta y por lo tanto en el rendimiento y calidad, por lo que se necesita una cama con buen cuerpo de tierra para que la planta desarrolle un buen sistema radicular.

2.6 Labores de cultivo

2.6.1 Poda

Consiste en eliminar los brotes laterales con el fin de conservar el tallo principal. Sin poda, la planta se desarrolla como un arbusto con muchos tallos laterales y terciarios, que se forman a partir de las yemas axilares de las hojas. El tomate sin podar produce muchos frutos pero de poco valor comercial. Una planta de tomate de tipo indeterminado, dejada crecer libremente y se desarrolla en forma inadecuada. El tomate de tipo determinado no requiere poda porque es de floración apical. La poda debe efectuarse cada 15 días hasta el 7º u 8º racimo floral.

2.6.2 Decapitación

Esta práctica consiste en decapitar la planta sobre la segunda hoja después de la cuarta o quinta inflorescencia esto con el fin de anticipar la maduración y aumentar el tamaño del fruto.

2.6.3 Entutorado

Previene el contacto entre el fruto y el suelo, además de facilitar el control fitosanitario, facilitar la cosecha y obtener una producción continua. Este sistema requiere el uso de cultivares de tipo indeterminado. De acuerdo con las características del cultivar y según la poda o el guiado, se acomodan las distancias entre plantas a la densidad deseada.

El amarre debe asegurar la posición de la planta y conservar una buena distribución del follaje. El primer amarre se efectúa al momento de colocar los tutores y debe cuidarse de no estrangular la planta.

De acuerdo con la combinación de distancias, tipo de tutoraje y poda se hace de 2 a 10 amarres por planta. Se utilizan diferentes materiales, como el ixtle delgado y el hilo de algodón grueso (Von Haeff, 1983; Nuez, 2001). 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, 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.
- Permitir que la planta crezca cayendo por propia gravedad.
- Dejar que la planta vaya creciendo horizontalmente sobre los alambres del emparrillado

2.6.4 Riego

La suficiente agua en el cultivo se traduce fácilmente en un aumento del 25% del rendimiento. Una vez aplicado el riego de plantación debe dejarse transcurrir cierto tiempo para que las raíces profundicen. Una vez que la planta empieza a cuajar los primeros frutos, el riego se hace más frecuente evitando el exceso. El riego mediante aspersión en gota fina durante tiempos calurosos, puede bajar la temperatura de la planta en más de 5 °C, lo cual produce un aumento del rendimiento.

2.6.5 Técnicas de cuajado dirigido

Se utilizan sobre todo en cultivos de ciclos extra precoz y precoz, consisten en la aplicación de determinadas fitohormonas (auxinas, citoquininas, giberelinas, etc.) sobre las inflorescencias con dosis determinadas (Maroto, 2012).

2.6.6 Destallado o capado

Consiste en la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Debe realizarse con la mayor frecuencia posible para evitar la pérdida de biomasa fotosintéticamente activa. Los cortes deben de 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.

2.6.7 Deshojado

Es recomendable tanto en las hojas senescentes, para facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas, que deben retirarse inmediatamente del invernadero, eliminando así fuentes de infección.

2.6.8 Encalado

Es la adición al suelo de algún compuesto que contiene solo calcio, o calcio y magnesio. La cantidad de cal a aplicar dependerá de los resultados del análisis de suelo. El encalado mejora el contenido de calcio y magnesio, aumenta la disponibilidad de molibdeno en suelos ácidos, mejora la nitrificación, disponibilidad de los micronutrientes, fijación y aumento de la disponibilidad del nitrógeno e incremento de la descomposición de la materia orgánica.

2.6.9 Combate de malezas

Existen diversos mecanismos para combatir las malezas que afectan el cultivo del tomate. El método mecánico tradicional se hace mediante una cultivadora o de manera manual. Se recomienda que no profundice demasiado al cultivar debido a que incrementa la concentración de oxígeno y entrada de luz que son condiciones favorables para la germinación de semillas latentes.

Las malezas pueden ser controladas químicamente mediante el empleo de herbicidas específicos, complementándolos con el control mecánico. Estos productos o agentes activos se usan diluidos en formulaciones con el fin de modificar la solubilidad, volatilidad y toxicidad para las plantas. Su clasificación se basa en la estructura de los diferentes compuestos usados como herbicidas.

Ríos (2012) menciona que los herbicidas dentro de una familia química tienen propiedades similares y generalmente presentan el mismo modo de acción, algunos ejemplos de las principales familias químicas de herbicidas son: las triazinas, las dinitroanilinas, los fenoxiacéticos, las cloroacetamidas, las ciclohexanodionas, las sulfonilureas y los bipiridilos.

2.6.10. Cosecha de los frutos de tomate

La maduración de un fruto es un proceso fisiológico y bioquímico irreversible, que está bajo control genético y hormonal, comprendido entre las fases de crecimiento y senescencia, este proceso es acompañado por múltiples cambios a nivel celular que proporcionan las características óptimas para su consumo. La etapa de maduración requiere de la síntesis de nuevas proteínas y ARNm, así como de nuevos pigmentos y componentes del sabor, procesos anabólicos que requieren de energía y compuestos carbonados, los cuales son proporcionados mediante la respiración (Melgarejo *et al.*, 2004). Entre la apertura de las flores y la maduración de los frutos transcurren de 50 a 60 días en condiciones normales y entre el trasplante y la maduración de los primeros frutos pasan de 65 a 100 días (Maroto, 2012).

El grado de madurez es el índice más usado para la cosecha de frutos, pero debe diferenciarse la madurez fisiológica de la madurez comercial o de consumo. La primera es aquella que se alcanza una vez completado el desarrollo de los frutos u hortalizas, mientras que la segunda se refiere al estado en el cual el producto es requerido en el mercado (FAO, 2010).

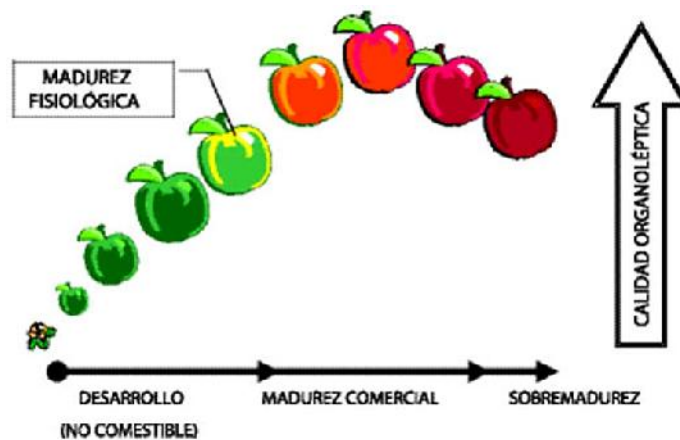


Figura 2. Grados de madurez del tomate.

Una vez que los frutos de tomate han adquirido su madurez fisiológica es necesario iniciar su recolección, para esto es imprescindible observar los 3 tonos de coloración: verde maduro, pintón y rojo maduro. El tono verde maduro está definido por una coloración verde blanquecina del fruto. El tono pintón lo adquiere el tomate cuando el fruto está virando al rojo, manifestando un color rosado; mientras que el tono rojo maduro lo adquiere el fruto cuando su coloración es intensamente roja. Algunos cultivares adquieren en su maduración otros colores como el amarillo, aunque no son de cultivo frecuente en la mayor parte de los países productores de tomates (Maroto, 2012).

La cosecha manual se utiliza principalmente para el consumo del tomate en fresco y generalmente en estado verde-maduro o pintón, en función de la distancia del mercado al que se va a distribuir y el tiempo de anaquel. Una vez cosechados los frutos de tomate, si estos se destinan al mercado en fresco, se seleccionan por tamaño, color, forma, etc. La recolección mecánica se utiliza casi exclusivamente para el tomate industrial, tiene como ventaja la rapidez y un menor costo por tonelada recolectada, pero al ser destructiva, sólo puede ser utilizada en cultivos de maduración concentrada, la recolección se efectúa cada dos o tres días según la temperatura y la velocidad de la maduración (Jaramillo *et al.*, 2007).

La cosecha involucra una serie de operaciones para la preparación de los frutos y su posterior venta, durante este proceso los frutos se ven afectados por lesiones

que afectan el producto, según FAO (2010) se identifican tres causas principales de lesiones:

1. Impacto: El fruto impacta contra una superficie dura en forma individual o entre sí al ser empacados. Este tipo de lesión es muy frecuente en las operaciones de cosecha y empaque.
2. Compresión: Debido a la deformación por presión o aplastamiento, este tipo de lesión es frecuente durante el almacenaje o transporte a granel y debido al peso que ejerce la masa transportada sobre las capas inferiores.
3. Abrasión: Se produce por el roce de los frutos entre sí o contra las paredes del envase. Es muy importante en aquellos productos de piel muy delicada. Este tipo de lesión se limita casi con exclusividad a la cáscara o piel.

El tomate puede cortarse junto con el cáliz y la base del pedúnculo, pero comúnmente se cosecha el fruto dejando el cáliz en la planta, esto hace una leve herida que seca rápidamente, así se evita que los pedúnculos dañen a otros frutos cuando estos sean empacados. En la recolección manual se requieren cestos o cajones para el transporte de la plantación hacia la sección de clasificación y empaque. La manera en que se efectúa la recolección influye sobre la calidad del producto. Esto está relacionado con la producción de daños mecánicos o manuales en los tomates. Los daños mecánicos producidos durante la carga son consecuencia de la energía cinética que llevan estos frutos al momento del impacto. La intensidad de los daños es variable y oscila desde simples grietas en la piel (frutos rajados) hasta lesiones que afectan a la cavidad carpelar (Ríos *et al.*, 2003).

Ramírez (2004) señala que la maduración de los frutos está ligada a procesos de transformación de los componentes de estos productos. Los productos vegetales, al ser recolectados, quedan separados de su fuente natural de nutrientes, pero sus tejidos todavía respiran y siguen activos. Los azúcares y otros componentes sufren importantes modificaciones, formándose anhídrido carbónico (CO₂) y agua.

Todos estos procesos tienen gran importancia porque influyen en los cambios que se producen durante el almacenamiento, transporte y comercialización de dichos productos, afectando también en cierta medida, su valor nutritivo.

2.6.11 Clasificación de frutos

La clasificación de los frutos se realiza por tamaño y color de la piel, según los estándares de calidad. Una selección general en cuanto al tamaño de los frutos consiste en lo siguiente:

- Tamaño chico, menos de 4 cm en su diámetro transversal.
- Tamaño mediano entre 4 cm y 7 cm en su diámetro transversal.
- Tamaño grande, más de 7 cm en su diámetro transversal.

La clasificación de los frutos depende de la región y las exigencias del mercado, de la calidad de exportación o grado elegido, calidad de primera o grado comercial y calidad nacional o grado económico. Para una clasificación según normas establecidas de calidad como criterios de selección, se toman en cuenta las siguientes características descritas en el cuadro 4.

Cuadro 4. Criterios de calidad de los frutos de tomate.

Criterios de clasificación	Características
Uniformidad	Se permite un limitado porcentaje de defectos.
Firmeza de los frutos	Puede ser consistente, esponjosa o flácida.
Limpieza	Los frutos deben de estar libres de polvo, tierra o residuos de pesticidas.
Forma de los frutos	Las hendiduras o deformaciones influyen en la calidad.
Sanidad	Este aspecto contempla la presencia de daños por plagas, enfermedades, heladas, excesiva exposición al sol, etc.

Fuente: (Von Haeff, 1983).

Ascrofi *et al.* (1993) citado por Santiago *et al.* (1998) reportan que el tamaño del fruto se ve afectado por factores fisiológicos, tales como maduración, despunte, defoliación, pero este carácter está controlado por factores genéticos, además de

que las altas temperaturas en campo pueden causar el ablandamiento del fruto y por esta razón se reduce la calidad durante la poscosecha y la comercialización.

Según Ponce (1995) la competencia se establece entre los frutos de un mismo racimo y esto tiende a disminuir el tamaño del fruto, siendo pequeños los del extremo y más en los últimos racimos de la planta. El número de racimos por planta se asocia a las partes morfológicas de estas, así el número depende en gran medida del número de inflorescencias que posean los cultivares, ya sean simples o compuestas.

2.6.12 Conservación de los frutos

En la actualidad, el objetivo de la producción de frutas y hortalizas es lograr productos de calidad de larga duración en el mercado y que puedan ser transportados a grandes distancias. Por esta razón se debe realizar un manejo poscosecha eficiente, conociendo las características del producto, del ambiente de conservación y del medio biótico. La interacción entre estos factores determina la calidad y la capacidad de conservación de los productos (Trejo, 2007).

La conservación de la calidad de un producto vegetal mediante diferentes prácticas de conservación es uno de los principales objetivos técnicos a los que se enfrentan los organismos dedicados a la comercialización de frutas y hortalizas. La conservación de hortalizas se basa principalmente en reducir la actividad metabólica de estos productos para lograr retrasar el proceso de solubilización de las pectinas (ablandamiento), degradación de ácidos, degradación de color y los desórdenes relacionados con la senescencia (Zoffoli, 2009).

Los métodos tradicionales de conservación destruyen o inactivan enzimas, actuando sobre los factores que afectan a su actividad tales como el pH (acidificación artificial o fermentación bajo control), la disponibilidad de agua (deshidratación y concentración por evaporación) y el potencial de óxido-reducción (aplicación de vacío, gases inertes y atmósferas controladas). La adición o exposición a sustancias inhibidoras y la aplicación de altas y bajas temperaturas (pasteurización, esterilización, refrigeración y congelación) son alternativas para

prolongar la vida comercial de los alimentos. También existe la posibilidad de utilizar métodos de conservación basados en más de uno de los principios anteriores, con lo cual se incrementa la vida útil de los productos (Casp, 2003).

La aplicación de parafina sobre la superficie del tomate tiene la propiedad de reducir las bacterias y hongos que pueden llevar a su deterioro (Artes, 2006; Abdulkadir y Aminu, 2007). La aplicación del encerado es recomendable debido a su bajo costo, en comparación con otros métodos de conservación. Hoy en día, los productores de tomates aplican cera en los frutos para aumentar el brillo, así como para evitar daños por frío y mantener la calidad del producto (Mejía *et al.*, 2009).

Según Barreiro y Sandoval. (2006) el método más común para prolongar la vida de frutas y hortalizas es el almacenamiento en condiciones de refrigeración, ya que las bajas temperaturas disminuyen la respiración y retardan la maduración y la senescencia. La refrigeración aplicada durante el transporte, el almacenamiento y la venta, permite conservar las características de calidad de los productos vegetales prácticamente intactas, ya que se disminuye la velocidad de ciertas reacciones físicas y químicas.

2.7 Calidad físico-química del tomate

Son parámetros que sirven para caracterizar el fruto de tomate. Los principales parámetros empleados para evaluar la calidad físico-química y la vida útil poscosecha del tomate se indican a continuación.

2.7.1 Color

Es la propiedad óptica más importante en los alimentos, junto con la transparencia y la opacidad, que están relacionadas con la cantidad de luz que el material deja pasar a través de él o que se refleja en él. Estas propiedades conforman mayoritariamente el aspecto visual de los alimentos (Durán, 1997). La medición del color se puede realizar de dos formas: por evaluación visual o por análisis instrumental. El uso de métodos instrumentales requiere de un equipo costoso con

un complejo mantenimiento, además de una interpretación correcta de los resultados. El análisis visual del color está incluido dentro del análisis sensorial.

2.7.2 Firmeza

Es un parámetro indicativo de la calidad de los tomates frescos y procesados, está relacionada con la estructura de la pared celular, los componentes de las paredes celulares que contribuyen con la firmeza son la hemicelulosa, la celulosa y la pectina. Lamúa (2000) menciona que la firmeza de las frutas y hortalizas depende de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células que conforman la pared celular, la presencia de tejidos de sostén o soporte y de la composición del fruto. García *et al.* (2009) determinaron la firmeza de los tomates saladette por encima de 800 gramos (g). Para su determinación se utiliza un penetrómetro y su medida se basa en la presión necesaria para insertar un puntal de tamaño específico en la superficie del fruto a determinada profundidad.

2.7.3 Contenido de sólidos solubles o °Brix

Corresponden al porcentaje de azúcares en una solución. De acuerdo con Durán (2006), el valor de este parámetro permite deducir el grado de madurez de un fruto.

2.7.4 pH

Constituye una medida de los protones cedidos al agua por parte de las especies con actividad ácida en la muestra. Está determinado por la fuerza de los ácidos presentes y su valor depende más del tipo de ácido que de la concentración (Arana *et al.*, 2007).

2.7.5 Acidez

Es uno de los principales parámetros de calidad comúnmente determinado en la materia prima vegetal, es cuantificable debido a la presencia de diversos ácidos orgánicos, principalmente: cítrico, málico, tartárico, oxálico, fórmico, entre otros, en proporciones variables. Calderón (1994) señala que la acidez está relacionada con el número de miligramos de hidróxido de sodio consumidos por una determinada cantidad de muestra al ser titulada.

2.7.6 Índice de madurez

Este parámetro expresa la relación entre el contenido total de sólidos solubles y la acidez titulable, $IM = \text{°Brix de pulpa} / \text{acidez titulable}$ (Navez *et al.*, 1999; Nielsen, 2003; Hernández *et al.*, 2008).

Su importancia radica en ser un indicativo para determinar la calidad organoléptica de frutos, es decir, conociendo su valor podemos estimar el sabor de un determinado fruto o como nos alejamos del mismo, además de conocer la evolución postcosecha de la calidad de frutos (Hernández *et al.*, 2008).

2.7.7 Calidad sensorial

Peynaud (1987) define el análisis sensorial como el “conjunto de métodos y técnicas que permiten percibir, identificar y apreciar mediante los órganos de los sentidos, cierto número de propiedades llamadas organolépticas de los alimentos”.

El análisis sensorial aporta información real, ya que la aceptación de un producto depende de la percepción del consumidor. Este tipo de análisis se realiza con un panel de catadores, quienes siguen algunos criterios de evaluación, aunque la principal desventaja es la subjetividad del panel. Los sentidos que intervienen en la cata son la vista, el olfato, el gusto y el tacto (Viera, 2005). Por medio de análisis sensoriales se puede determinar si los consumidores de un alimento lo aceptarán o rechazarán y de esta forma asegurarle al consumidor final un producto de buena calidad que goce de aceptabilidad (Alvis *et al.*, 2008).

2.8 Nutrición de la planta de tomate

En el suelo se encuentran todos los elementos nutricionales necesarios para el desarrollo de la planta, sin embargo no todos los tipos de suelo disponen de todos los elementos esenciales para la obtención de hortalizas sanas y con todas sus propiedades nutricionales. Cuando se presentan los problemas ya mencionados la fertilización puede variar según el tipo de suelo, el cultivo y la técnica de cultivo empleada. Las dosis de fertilizantes en cultivos bajo invernadero suelen reforzarse para obtener mayor producción, esto de acuerdo con el análisis de suelo y con los requerimientos nutricionales del cultivo de tomate, la fertilización en suelos con pH

menores de 5.5, de textura arcillosos puede realizarse aplicando fósforo en cantidades menores de 12 ppm (Ríos, 2012).

La extracción y acumulación de nutrientes por el cultivo de tomate aumenta conforme se incrementa el crecimiento de la planta desde el trasplante hasta la floración, la relación de fertilización de nitrógeno y potasio debe ser 1:1, cuando comienza el llenado de fruto se requiere una cantidad mayor de potasio, ya que este elemento contribuye con la maduración y el llenado de frutos, la relación de estos nutrientes debe ser 1:2 o 1:3. La absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio se incrementa a partir de la floración y hasta el inicio de la maduración de los frutos. La tasa máxima de acumulación de nutrientes se logra aproximadamente a los 90 días y es el potasio el elemento que toma la planta en mayor proporción, ya que aproximadamente el 73.8% lo absorbe en el proceso de fructificación (Jaramillo *et al.*, 2007).

Según Velasco *et al.* (2012) el número de elementos existentes en la naturaleza y reconocidos en la tabla periódica son 118; sin embargo en un análisis vegetal se encuentran alrededor de 55 elementos y de estos solo 15 son esenciales para la planta, es decir, tienen una función en específica y no pueden ser sustituidos por otros. En el cuadro 5 se describen los componentes orgánicos de los elementos minerales esenciales para la planta de tomate.

Cuadro 5. Elementos minerales esenciales.

Elemento	Componente orgánico
N	Constituyente de los aminoácidos, las aminas, las proteínas, los ácidos nucleicos, los nucleótidos, las coenzimas, las hexoseaminas y la clorofila.
P	Componente de los azúcares fosfatos, ácidos nucleicos, nucleótidos, coenzimas, fosfolípidos, además de ser componente de la energía química orgánica en forma de ATP.
K	Constituyente del protoplasma de las células como ion libre, es regulador osmótico celular, juega un papel importante en la apertura y cierre de estomas.
Ca	Constituyente de la lámina media de la pared celular en forma de capectato.
Mg	Requerido por una gran cantidad de enzimas involucradas en la transferencia del fosfato. Es un constituyente de la molécula de clorofila.
S	Componente de las moléculas de cisteína, cistina, metionina y de algunas proteínas.
Cl	Forma parte de la enzima OEC (complejo productor de oxígeno) que realiza la fotosíntesis en el lumen del tilacoide.
Fe	Constituyente de los fitocromos que tiene como función la transferencia de electrones.
Mn	Participa en la actividad de algunas enzimas tales como deshidrogenasas, descarboxilasas, kinasas, oxidasas, peroxidasas. Forma parte de la enzima que realiza la fotólisis en el lumen del tilacoide.
Cu	Componente esencial del ácido ascórbico oxidasa, tirosina, lacasa, monoamina, oxidasa, uricase, citocromo, oxidasa y galactosa oxidasa.
Zn	Constituyente esencial del alcohol deshidrogenasa, deshidrogenasa láctica, fosfatasa alcalina y otras enzimas.
B	Participa en el transporte de carbohidratos. Con deficiencia de boro el tomate rojo, manifiesta un decremento en el contenido de RNA.
Mo	Esencial para la fijación de N ₂ .
Co	Esencial para microorganismos que tienen como función fijar el N ₂ y la simbiosis de las leguminosas y otras especies.
Si	Al parecer la función del sílice está en los componentes estructurales de los diátomos.

Fuente: Velasco *et al.* (2012).

2.9 Importancia de las variedades y los cultivares de tomate

La agroterminología presenta abundantes errores, que dificultan la comunicación oral y escrita, el uso incorrecto de terminología perjudica la interpretación y la traducción de los trabajos escritos en otras lenguas (Camargo y Arévalo, 1992).

El termino variedad, vocablo clásico del latín *varietate*, variedad, fue publicado por primera vez por Linneaus (1751) en su libro *Philosophia Botanica*, donde dice que la variedad es una adaptación de la especie provocada por cambios en su hábitat originado por causas accidentales, como cambios climáticos, de suelo, presencia de plagas, etc. El diccionario Aurelio (1995) define variedad en el área de Biología, como subdivisión de la especie, fundada en leves diferencias entre individuos de la misma especie. Actualmente las variedades desaparecieron de los campos comerciales y son usadas para el mejoramiento genético.

Camargo y Arévalo (1992) definen el termino cultivar como un neologismo artificial originado de la lengua inglesa, por la aglutinación de parte de las expresiones *cultivated variety* -culti-var=cultivar. Para esclarecer sobre el uso correcto de los términos, el Código Internacional de Nomenclatura de Plantas Cultivadas (1962) definió el termino cultivar, para ser utilizado en plantas obtenidas por selección genética. Cultivar es aquello que el hombre selecciona y variedad es aquella que la naturaleza selecciona.

Arévalo *et al.* (2006) concluyen que variedad y cultivar representan organismos distintos, variedad es seleccionada por la naturaleza en respuesta a cambios de factores ambientales, cultivar es seleccionado por el hombre, por técnicas de mejoramiento genético, las variedades son actualmente cultivadas en bancos de germoplasma y comercialmente los cultivares son cultivados.

Las especies silvestres han dado grandes beneficios para la agricultura, suministrando a los mejoradores de plantas una amplia reserva de genes potencialmente útiles. Los genes por excelencia más utilizados han sido los de resistencia a enfermedades, sobre todo los dominantes. La diversificación de cultivares de tomate con demanda en el exterior abre posibilidades para la

expansión en la producción de tomate y el crecimiento de la rentabilidad del cultivo. Los nuevos cultivares son generalmente seleccionadas por su mayor producción, calidad y resistencia a ciertos problemas fitosanitarios (Navarro, 2011).

La biodiversidad cultivada, formada por las diferentes variedades locales o tradicionales, constituyen los recursos fitogenéticos que utilizan los productores y mejoradores de plantas para cultivar o desarrollar nuevos cultivares vegetales. Estas variedades están adaptadas a las condiciones locales donde se han desarrollado, algunas proceden del lugar de origen de la especie cultivada, mientras que otras fueron introducidas de otros centros de origen, dando con el paso de los años cultivares igualmente locales y únicos.

Navarro (2011) menciona que las variedades suponen una herencia cultural de anteriores generaciones de agricultores y pueden ofrecer sabores, aromas, formas o colores distintos a los estándares actuales. Una calidad organoléptica cada vez valorada más positivamente, sobre todo en frutas y hortalizas. Así hoy asistimos a un crecimiento de las denominaciones de origen y de los establecimientos especializados en productos de calidad.

Dentro de un ambiente protegido, las condiciones de producción favorecen la obtención de productos sanos, similares en forma y tamaño, con madurez uniforme y con excelente presentación, características que estimulan sensiblemente el consumo. La producción de tomate bajo coberturas se basa principalmente en la siembra de cultivares híbridos, estas semillas son desarrolladas por mejoradores genéticos especialistas y vendidas por compañías comerciales. Las ventajas de las semillas híbridas son su alto vigor, buena uniformidad, alta producción y calidad y la resistencia a enfermedades. El productor debe comprar semillas certificadas, producidas por compañías acreditadas y apropiadamente empacadas. Además de que deben ser evaluadas con relación a su rendimiento y productividad en las condiciones agroecológicas donde se va a sembrar. La elección de un híbrido o una cultivar depende de las necesidades del productor, del comercializador y del consumidor (Navarro, 2011).

Por su origen, áreas de adaptación, cultivo y forma de evolución, el germoplasma mexicano ofrece grandes oportunidades para su aprovechamiento en el desarrollo de variedades adecuadas para su cultivo con menos demanda de insumos y contaminantes. En las poblaciones nativas cultivadas se muestra una amplia variación en morfología, respuestas fisiológicas y fenología de planta, tamaños y formas de fruto, distribución de la producción, vida y calidad de anaquel, así como un amplio potencial para mejorar el color, sabor y textura de las actuales variedades mejoradas de tomate. Un programa de mejoramiento de esta naturaleza resulta particularmente importante dada la gran dependencia nacional de semilla, cuya producción está en manos de compañías internacionales (Ramos, 2006).

Hernández (2000) reporta que los recursos fitogenéticos juegan un papel fundamental, dentro de sus características que engloba la variabilidad genética podemos encontrar las siguientes:

- a. Es la base del desarrollo de los cultivares mejorados que aseguren cantidades estables y suficientes de alimentos.
- b. Fuente de nuevas opciones de cultivos y de resistencia a factores adversos.
- c. Ayuda a mantener el equilibrio del ecosistema basándose en la selección o reintroducción de especies apropiadas.
- d. Es un elemento importante para la agricultura sostenible.
- e. Elemento estratégico en tratados de intercambio comercial entre países.
- f. En ocasiones es la opción segura para ampliar la frontera agrícola.
- g. Es un legado de seguridad para la alimentación y bienestar de las generaciones futuras.

En el cuadro 6 se muestran las casas comerciales donde se comercializan los cultivares evaluados en este trabajo, así como las características que presentan las plantas de tomate.

Cuadro 6. Características de los cultivares utilizados en este trabajo.

Cultivares	Casa comercial	Características
‘Corazón’	Semillas agrienter	Fruto de gran tamaño y forma de corazón, de excelente sabor, carnosos, acuoso y de textura blanda.
‘Reserva’	Gowan semillas	De crecimiento indeterminado. Sus frutos son grandes y redondos de color rojo intenso, con excelente firmeza.
‘290’	Nunhems	Plantas vigorosas y altas con características de amarre y producción. Los frutos tienen piel resistente y de gran firmeza.
‘1’	Semillas huerto	Plantas de crecimiento indeterminado, frutos de gran tamaño y excelente sabor.
‘7705’	Nunhems	Planta de buen vigor y amplia resistencia, de producción intermedia, su fruto va de grande a extragrande, de forma cuadrada, ideal para invernaderos y casa sombra.
‘360’	Solagro semillas	Fruto de color rojo y piel gruesa, se recomienda para preparar conservas y salsas.

Fuente: Recopilación personal.

III. JUSTIFICACIÓN

El incremento anual en la producción de tomate se debe principalmente al aumento en el rendimiento, a la superficie cultivada y a la demanda de los consumidores, lo anterior ha llevado a los investigadores a mejorar las condiciones de cultivo y buscar la adaptación de nuevos cultivares con el objetivo de obtener mayor producción y calidad de frutos que lleven a satisfacer la demanda y competitividad del mercado nacional y extranjero, sin descuidar las normas de calidad que exige el mercado. La tecnología de producción de tomate en ambiente controlado abre amplios horizontes para la economía de los horticultores, por ello, en este ensayo se evaluó 6 cultivares de tomate rojo tipo saladette en sistema malla sombra con la finalidad de conocer que cultivares presentan mayor producción, mayor rendimiento y mejor calidad de frutos.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar el rendimiento y la calidad de los 'Corazón', '290', '1', '7705', 'Reserva' y '360' de tomate rojo tipo saladette en sistema malla sombra.

4.2 Objetivos particulares

- o Evaluar la producción comercial de los frutos de tomate.
- o Evaluar el número de frutos por racimo.
- o Evaluar el diámetro del tallo y la altura de la planta.
- o Evaluar el peso seco de la planta de tomate.
- o Valorar las características organolépticas del fruto de tomate.
- o Valorar la firmeza y el contenido de sólidos solubles de los frutos.
- o Valorar el pH de los frutos de tomate.
- o Evaluar el índice de madurez de los frutos de tomate.

V. HIPÓTESIS

Bajo las condiciones en que se desarrollaron los ensayos al menos un cultivar de tomate presentará mayor producción y mejor calidad de frutos en un sistema de malla sombra.

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Zona de estudio

El presente estudio se realizó en la comunidad de San Luis Ajajalpan, perteneciente al municipio de Tecali de Herrera, Puebla. La localidad se encuentra a una altura de 2,161 msnm, sus coordenadas geográficas son los paralelos 18° 48' 24" y 18° 57' 54" de longitud occidental (INEGI, 2013).



Figura 3. Localización de la zona de estudio.

6.2 Extensión

Tiene una superficie de 185 kilómetros cuadrados por lo cual se ubica en el lugar 69 con respecto a los demás municipios del estado.

6.3 Orografía

La mayor parte del territorio se ubica en el extremo suroeste del Valle de Tepeaca, que se caracteriza por su suelo calizo y por sus yacimientos de mármol. Al sur cruza la depresión de Valsequillo, depresión que se abre al norte de la *Sierra* del Tentzo y sirve de cauce al río Atoyac. Al norte, se identifican las últimas estribaciones meridionales de la Sierra de Amozoc.

6.4 Hidrografía

El municipio pertenece a la cuenca del río Atoyac, al noroeste y al sur es atravesado por el Atoyac, que recorre el fondo de la depresión de Valsequillo, al oriente el canal principal atraviesa su territorio, uno de los más importantes canales de riego del valle de Tepeaca. El Atoyac y el Canal Principal en su recorrido por el municipio, reciben numerosos afluentes temporales provenientes del interior que forman gran cantidad de barrancas destacando la de Tlaximaloyan y la Trasquila.

6.5 Clima

El municipio se ubica en la zona de climas templados del valle de Tepeaca y Puebla, se identifica el clima templado subhúmedo con lluvias en verano que se presenta en todo el centro y poniente.

6.6 Principales ecosistemas

Al occidente, en la ribera del Atoyac se presentan bosques de encino y al sur matorral desértico, así como pequeñas áreas con selva baja caducifolia. El resto del territorio está cubierto por pastizal inducido y por áreas incorporadas al cultivo temporal, donde se cultiva maíz, frijol, trigo y haba.

6.7 Características generales del ensayo

El ensayo del cultivo de tomate se llevó a cabo en el ciclo primavera-verano en la comunidad de San Luis Ajajalpan, Puebla, en una casa sombra de 10,000 m² con malla de color blanco con el 40% de sombreado.

La siembra se realizó el 20 de diciembre de 2011 y el trasplante se llevó a cabo el día 22 de enero de 2012. Se utilizaron los 'Corazón', '290', '1', '7705', 'Reserva' y '360'. Para el ensayo de cultivo se siguieron las prácticas culturales que normalmente realiza el productor que se describen en el epígrafe 6.7.1 de manera general.

Los almácigos se establecieron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, rellenas de peat moss, esta etapa duró 70 días que es cuando las plantas alcanzan una altura de 15 cm y de 4 a 5 hojas verdaderas.

6.7.1 Preparación del terreno

- Nivelación del terreno: práctica cultural indispensable para facilitar el riego, fertilización y control del drenaje.
- Aflojar el subsuelo: se realizó un subsoleo a una profundidad de 50 cm para facilitar la aireación del suelo y facilitar el desarrollo radicular de las plantas.
- Barbecho y paso de rastra: práctica para mullir la tierra a una profundidad de 30 cm y posterior trazado de las camas de cultivo.
- Trazo y preparación de la cama: las camas de cultivo se realizaron a una distancia de 1.10 m de ancho por 50 m de largo con altura de 40 cm.

6.7.2 Acolchado

El acolchado se realizó con plástico bicolor calibre de 400 galgas negro por la parte interior y plateado por la parte superior de 1.50 m de ancho, con la finalidad de evitar la evaporación del agua y disminuir la incidencia de malezas. Este plástico se caracteriza por presentar una opacidad del 60%.

6.7.3 Riego

Para la conducción del cultivo se utilizó cinta de riego con goteros de 2 L/h, con separación de goteros de 30 cm. Por cada cama de cultivo se pusieron dos líneas de riego.

6.7.4 Entutorado

Para el entutorado se utilizó rafia de polipropileno de color blanco contra UV. La finalidad de este sistema es sujetar a la planta desde la base del tallo hasta llegar al cable sujetado por la estructura de la casa sombra con la finalidad de mantener la planta a una altura constante de aproximadamente 2 m del nivel del suelo.

6.7.5 Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual cuando el fruto presentaba una coloración rosada, que es cuando el fruto se encontraba maduro comercialmente. Los cortes se realizaron durante los meses de julio, agosto y septiembre de 2012.

6.7.6 Densidad de población

Previo al trasplante se realizó el perforado del plástico donde se colocaron las plantas. El trasplante se realizó a doble hilera en tresbolillo a distancias de 23 cm entre plantas y 1.58 m entre hileras con separación de camas de 87 cm dando un total de 23, 000 plantas ha⁻¹.

6.8 Diseño experimental

Se utilizó un diseño monofactorial con arreglo al azar con cuatro repeticiones cada uno para los 'Corazón', '290', '1', '7705', 'Reserva' y '360'. Cada Unidad de Repetición (U.R.) constó de 16 plantas de las cuales solo se evaluaron 4 plantas por U. R. con el fin de eliminar el efecto de bordo estadísticamente.

6.8.1 Variables evaluadas

6.8.2 Producción comercial de los cultivares de tomate

Los frutos se separaron dentro de tres categorías de calidad de acuerdo a su peso, diámetro y longitud.

- Primera calidad: frutos que presentaban un peso de más de 100 g, extra grande (EXL).
- Segunda calidad: frutos con peso de 80 a 90 g, grande (L).
- Tercera calidad: frutos con peso de 60 a 80 g, mediano (M).



Figura 4. Clasificación comercial del tomate.

Se pesaron los frutos cosechados de los cultivares, con ayuda de una báscula digital modelo L-EQ 5/10, los datos se registraron en kg/U.R.

6.8.3 Número de frutos por racimo

El número de frutos está determinado por la capacidad del genotipo para cuajar y desarrollar frutos en cada uno de sus ramilletes. A las plantas seleccionadas de cada cultivar se le conto el número de frutos por racimo, solo tomando en cuenta los frutos desarrollados.



Figura 5. Frutos por racimo.

6.8.4 Altura y diámetro del tallo de la planta de tomate

La medición de altura se realizó por medio de un flexometro de 5 m, la altura se empezó a medir cuando la planta alcanzó los 60 cm de altura. En el caso del diámetro del tallo se realizó con un vernier digital marca truper, reportando los valores en cm.



Figura 6. Vernier digital.

6.8.5 Peso seco de la planta de tomate

Se obtuvo el peso seco de la planta en gramos, utilizando una estufa tipo lumistell, donde las muestras se mantuvieron a una temperatura constante de 70 °C hasta que alcanzaron un peso constante.

6.8.6 Características organolépticas del fruto de tomate

Se llevó a cabo una valoración subjetiva de los frutos con un panel de catadores no profesionales formado por 4 individuos, manteniendo los mismos catadores a lo largo del ensayo. Se asignaron valores de 1 a 5 (1: muy malo, 2: malo, 3: regular, 4: bueno, 5: excelente). Los parámetros evaluados fueron: aspecto, color, defectos, condición de la superficie, sabor, jugosidad, textura, dureza, carnosidad, granulosidad, astringencia y aroma.

6.8.7 Firmeza

Se seleccionaron 5 frutos de primera calidad por cada cv. La firmeza se midió con un penetrómetro manual, Fruit Pressure tester modelo FT327, puntale diameter 11.3 mm (Ring nut), con el cual se realizaron 5 punciones en la parte ecuatorial del fruto, expresando la medida en gramos (g).

6.8.8 Contenido de solidos solubles o °Brix

Con ayuda de un refractómetro analógico marca LEICA BRUX 35 HP, se obtuvo el % de solidos solubles a través de un índice refractómetro (IR, °Brix). El contenido de solidos solubles se obtuvo por medio de dos procedimientos, en el primer procedimiento el jugo se obtuvo de la región central del fruto, depositando 2 gotas en la ventana del refractómetro y en el segundo caso el fruto fue molido hasta obtener una papilla.



Figura 7. Refractómetro analógico.

6.8.9 pH de los frutos de tomate

Para la determinación del pH se molieron los frutos de tomate con ayuda de una licuadora manual y obtener una papilla, posteriormente se tomó una muestra de 10 g y se llevaron a 150 mL con agua destilada en un vaso de precipitado y mediante el uso de un potenciómetro se midió el pH inicial de la muestra, para posteriormente realizar la titulación con NaOH 0.1N hasta obtener un pH de 8.2.

6.8.10 Índice de madurez de los frutos de tomate

El índice de madurez está relacionado directamente con la dulzura y el sabor de los frutos, lo cual indica que el incremento en sólidos solubles o la reducción de la acidez titulable provoca aumento en el índice de madurez.

Para determinar el índice de madurez de los frutos se utilizó la relación $IM = \frac{^{\circ}\text{Brix}}{\text{acidez titulable}}$. Ejemplo: $IM = \frac{4^{\circ}\text{Brix}}{.6016} = 6.66$.

6.9 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de la medias con ayuda del programa estadístico “STATGRAPHICS Centurion XVI”.

VII. RESULTADOS

7.1 Producción total y clasificación comercial

En los cuadros 7 al 10 se presentan los resultados obtenidos del análisis de varianza sobre datos acumulados de producción total y clasificación comercial de los seis cultivares evaluados.

En el cuadro 7 se muestran los resultados obtenidos para la producción total y la clasificación comercial que corresponden al primer corte realizado el 14 de julio de 2012.

En la producción total el '7705' y '360' presentaron mayor producción total, mayor número de frutos y mayor peso medio de los frutos con respecto al resto de cultivares con diferencias estadísticamente significativas (e.s.) ($p \leq 0.05$).

Respecto a la clasificación comercial de frutos el '360' presentó mayor producción de frutos clasificados de primera categoría, el mismo comportamiento se mantuvo para el número de frutos y el peso medio con respecto al resto de cultivares estudiados con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$).

Referente a la clasificación comercial de segunda categoría no se encontraron diferencias estadísticas. No obstante, se observó que el mayor número de frutos y mayor producción clasificada de segunda se presentó en el '290', por el contrario, el '360' y el '7705' presentaron menor producción en esta categoría, sin que se hayan presentado diferencias estadísticas.

Cuadro 7. Producción total y clasificación comercial sobre datos acumulados. 14 de julio de 2012.

Cultivares	Producción total (g/U.R.)	No. total de frutos	Peso medio (g)	Frutos de primera			Frutos de segunda			Frutos de tercera		
				Peso de frutos (g/U.R.)	No. de frutos	Peso medio (g)	Peso de frutos (g/U.R.)	No. de frutos	Peso medio (g)	Peso de frutos (g/U.R.)	No. de frutos	Peso medio (g)
'Corazón'	214.87 ab	2.25 ab	98.3 -	158.87 bc	1.5 abc	106.77 -	42.25 -	0.5 -	42.5 -	13.75 -	0.25 -	13.5 -
'Reserva'	174.25 ab	1.75 ab	110.3 -	131.85 bc	1.25 bc	112.13 -	42.4 -	0.5 -	42.4 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -
'290'	217.1 ab	2.25 ab	101.7 -	149.32 bc	1.5 abc	103.74 -	67.77 -	0.75 -	46.2 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -
'1'	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -
'7705'	299.7 a	2.75 a	107.9 -	260.87 ab	2.25 b	113.77 -	38.82 -	0.5 -	38.8 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -
'360'	379.35 a	3.25 a	117.45 -	356.25 a	3.0 a	119.38 -	23.1 -	0.25 -	23.1 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-no significativo.

-U.R.: 4 plantas/unidad de repetición.

En el cuadro 8 se muestran los resultados de producción total y clasificación comercial sobre datos acumulados del 2 de agosto de 2012 de los cultivares evaluados.

En la producción total el '7705' y el '360' presentaron mayor producción total, mayor número de frutos y mejor peso medio de frutos totales con respecto al resto de los cvs en estudio con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$).

Respecto a los frutos clasificados de primera categoría se encontró mayor peso, mayor número y mejor peso medio de frutos en los '7705' y el '360' respecto a los demás cvs con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$).

Referente a los frutos clasificados de segunda y tercera categoría, no se encontraron diferencias estadísticas. Sin embargo, se observó que el mayor número de frutos y el mayor peso medio se registraron en el 'Corazón'.

Cuadro 8. Producción total y clasificación comercial sobre datos acumulados. 2 de agosto de 2012.

Cultivares	Producción total (g/U.R.)	No. total de frutos	Peso medio (g)	Frutos de primera			Frutos de segunda			Frutos de tercera		
				Peso de frutos (g/U.R.)	No. de frutos	Peso medio (g)	Peso de frutos (g/U.R.)	No. de frutos	Peso medio (g)	Peso de frutos (g/U.R.)	No. de frutos	Peso medio (g)
'Corazón'	2912.2 ab	28.7 ab	91.83 b	1160.9 bc	8.5 bc	136.6 ab	1022.3 -	11.0 a	90.12 -	416.6 -	5.75 -	69.04 -
'Reserva'	2462.1 abc	24.7 ab	99.53 ab	1328.7 bc	11.0 abc	121.71 b	880.62 -	8.5 ab	106.76 -	216.1 -	3.75 -	59.08 -
'290'	1323.0 bc	12.7 bc	100.9 ab	803.5 c	6.0 c	131.6 ab	351.95 -	3.7 ab	88.97 -	129.5 -	1.5 -	39.91 -
'1'	1087.4 c	8.5 c	102.7 ab	814.9 c	5.75 c	141.5 ab	223.5 -	3.0 b	83.17 -	49.7 -	0.75 -	49.07 -
'7705'	3376.6 a	31.5 a	120.4 a	2237.4 ab	16.5 ab	137.2 ab	539.6 -	6.0 ab	91.96 -	326.8 -	5.5 -	61.27 -
'360'	3729.4 a	32.0 a	120.2 a	2711.5 a	18.0 a	151.7 a	699.65 -	6.75 ab	100.04 -	295.1 -	5.0 -	57.81 -

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-no significativo.

-U.R.: 4 plantas/unidad de repetición.

En el cuadro 9 se observan los resultados de la producción total y clasificación comercial sobre datos acumulados del 27 de agosto de 2012 de los cultivares evaluados.

Los resultados del cuadro 9 muestran que el '7705' y el '360' presentaron mayor producción total y mayor número total de frutos y mejor peso medio de frutos con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto al resto de los cultivares en estudio.

El '360' presentó mayor producción de frutos de primera categoría, seguido del '7705' con respecto a los 'Corazón', 'Reserva' y '290' con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$).

Referente a los frutos clasificados de segunda y tercera categoría el '7705' presentó el mayor número de frutos y peso medio en la categoría antes mencionada con respecto al resto de cvs en estudio con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$).

Cuadro 9. Producción total y clasificación comercial sobre datos acumulados. 27 de agosto de 2012.

Cultivares	Producción total (g/U.R.)	No. total de frutos	Peso medio (g)	Frutos de primera			Frutos de segunda			Frutos de tercera		
				Peso de frutos (g/U.R.)	No. de frutos	Peso medio (g)	Peso de frutos (g/U.R.)	No. de frutos	Peso medio (g)	Peso de frutos (g/U.R.)	No. de frutos	Peso medio (g)
'Corazón'	8907.5 b	96.0 b	91.90 bc	4338.4 b	30.75 b	140.8 ab	2891.9 bc	31.7 bc	90.4 -	1249.7 bc	20.75 bc	60.4 -
'Reserva'	9669.13 b	102.0 b	94.13 bc	4499.4 b	37.75 b	125.8 b	3486.1 ab	36.7 ab	94.8 -	1304.9 b	21.0 b	61.9 -
'290'	10381.5 b	96.5 b	107.8 abc	6816.3 b	49.0 b	138.8 ab	2364.5 bc	25.2 bc	94.4 -	963.1 bc	15.0 bc	63.6 -
'1'	9208.7 b	76.0 b	86.11 c	7083.2 b	48.5 b	145.0 ab	1575.2 c	16.5 c	94.9 -	411.42 c	7.0 c	58.8 -
'7705'	15090.2 a	174.0 a	121.7 a	7153.0 b	55.5 ab	129.09 b	5096.4 a	55.0 a	92.4 -	2439.6 a	41.0 a	59.6 -
'360'	16503.2 a	145.0 a	113.61 ab	13240.3 a	84.25 a	155.8 a	3368.3 abc	36.0 abc	94.3 -	1195.3 bc	19.75 bc	60.4 -

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-no significativo.

-U.R.: 4 plantas/unidad de repetición.

En el cuadro 10 se observan los datos de producción total y clasificación comercial sobre datos acumulados del 2 de septiembre de 2012.

Para la producción total el '360' presentó mayor número de frutos totales y mayor peso medio de frutos, seguido del '290' con respecto a los demás cvs con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$).

Para la clasificación comercial de primera calidad el '360' obtuvo más frutos y mejor peso medio con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cultivares.

Respecto a la clasificación de frutos considerados de segunda y tercera calidad no se registraron diferencias estadísticas, sin embargo, numéricamente se observó que el '7705' presentó mayor número y peso medio de frutos clasificados de segunda categoría y en el caso del '290' presentó la misma tendencia pero para frutos clasificados de tercera calidad.

Cuadro 10. Producción total y clasificación comercial sobre datos acumulados. 2 de septiembre de 2012.

Cultivares	Producción total (g/U.R.)	No. total de frutos	Peso medio (g)	Frutos de primera			Frutos de segunda			Frutos de tercera		
				Peso de frutos (g/U.R.)	No. de frutos	Peso medio (g)	Peso de frutos (g/U.R.)	No. de frutos	Peso medio (g)	Peso de frutos (g/U.R.)	No. de frutos	Peso medio (g)
'Corazón'	13302.6 b	178.75 ab	73.85 c	5177.32 b	37.25 b	139.18 ab	3917.19 -	42.75 -	91.12 -	2333.7 -	37.5 -	62.46 ab
'Reserva'	11990.0 b	154.25 b	77.25 bc	4557.78 b	36.25 b	125.80 b	4312.5 -	47.0 -	91.98 -	2250.8 -	38.7 -	58.0 b
'290'	16398.8 ab	180.25 ab	90.67 ab	8726.75 b	64.25 ab	135.60 ab	3925.67 -	41.5 -	94.69 -	2606.0 -	39.7 -	65.16 a
'1'	19762.5 ab	218.25 ab	90.52 ab	10522.1 ab	76.25 ab	136.82 ab	4884.0 -	48.0 -	100.46 -	2674.9 -	41.5 -	64.09 ab
'7705'	15410.6 b	180.5 ab	85.09 bc	7153.08 b	55.5 b	129.09 b	5938.92 -	68.75 -	100.46 -	2558.3 -	43.5 -	59.46 ab
'360'	23588.7 a	231.25 a	101.65 a	16083.1 a	104.25 a	153.31 a	5213.05 -	56.25 -	92.60 -	2674.6 -	43.0 -	62.13 ab

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-no significativo.

-U.R.: 4 plantas/unidad de repetición.

7.2 Longitud y diámetro de los frutos de clasificación comercial

En los cuadros 11 al 13 se muestran los resultados del análisis de varianza sobre datos acumulados para la longitud y el diámetro de los frutos de las diferentes categorías comerciales.

En el cuadro 11 se observan los datos de longitud y diámetro de los frutos de tomate para la clasificación de primera calidad evaluados en los meses de julio agosto y septiembre de 2012.

En la primera evaluación correspondiente al 14 de julio no se encontraron diferencias estadísticas. No obstante, numéricamente se observó que el '7705' y el '360' presentaron mayor longitud y diámetro de fruto pero sin que se hayan presentado diferencias estadísticas. Asimismo, el '290' obtuvo el menor diámetro y la menor longitud de frutos.

La evaluación realizada el 2 de agosto el '7705' y el '360' presentaron mayor diámetro y longitud de frutos con respecto a los cvs en estudio con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). En la tercera fecha de corte no se encontraron diferencias estadísticas. Sin embargo, la tendencia fue la misma respecto al '7705' y el '360'.

Por ultimo en la cuarta fecha del corte el '360' volvió a sobresalir sobre el resto de los cvs al presentar el mayor diámetro y longitud de frutos, con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). Gráficamente se observa el mismo efecto en la figura 8.

Cuadro 11. Longitud y diámetro del fruto de tomate de primera calidad.

Cultivares	14-jul-12		2-ago-12		27-ago-12		2-sep-12	
	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
'Corazón'	6.80 -	5.04 -	6.36 abc	4.96 abc	7.16 -	6.16 -	4.74 ab	4.08 ab
'Reserva'	6.37 -	5.23 -	6.95 ab	5.42 ab	5.65 -	4.58 -	3.61 b	4.26 ab
'290'	5.18 -	3.79 -	4.14 c	3.18 bc	6.72 -	5.67 -	5.88 ab	5.09 ab
'1'	0.0 -	0.0 -	4.11 bc	3.65 bc	5.92 -	4.87 -	6.79 a	5.82 a
'7705'	6.85 -	5.25 -	7.55 a	5.58 ab	7.18 -	5.72 -	3.45 b	2.82 b
'360'	7.09 -	5.40 -	7.73 a	5.89 a	7.42 -	6.04 -	7.25 a	6.01 a

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-no significativo.

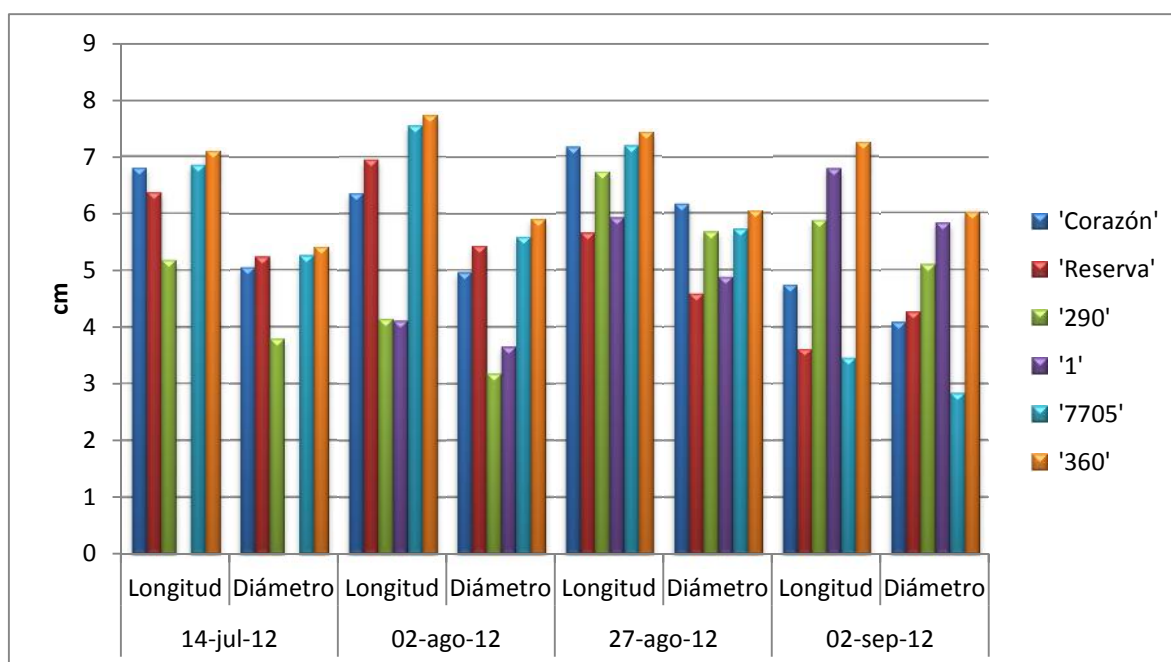


Figura 8. Longitud y diámetro de los frutos de tomate de primera calidad.

En el cuadro 12 se muestran los resultados obtenidos sobre datos acumulados de longitud y diámetro de los frutos clasificados de segunda calidad.

Para las evaluaciones de diámetro y longitud de los frutos de segunda calidad de los meses de julio, agosto y septiembre no se encontraron diferencias estadísticas de los cultivares en estudio. Gráficamente se observan en la figura 9.

Cuadro 12. Longitud y diámetro del fruto de tomate de segunda calidad.

Cultivares	14-jul-12		2-ago-12		27-ago-12		2-sep-12	
	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
'Corazón'	1.47 -	2.52 -	5.50 -	4.57 -	5.74 -	4.75 -	6.05 -	4.96 -
'Reserva'	2.67 -	2.30 -	5.33 -	4.43 -	6.21 -	4.99 -	5.43 -	4.32 -
'290'	4.34 -	3.74 -	3.58 -	2.97 -	4.63 -	3.95 -	5.07 -	4.29 -
'1'	0.0 -	0.0 -	3.36 -	2.65 -	3.25 -	2.61 -	5.89 -	4.93 -
'7705'	3.20 -	2.17 -	5.04 -	3.79 -	6.18 -	4.91 -	6.40 -	4.90 -
'360'	1.69 -	1.99 -	5.56 -	4.06 -	4.60 -	3.67 -	5.48 -	4.36 -

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-no significativo.

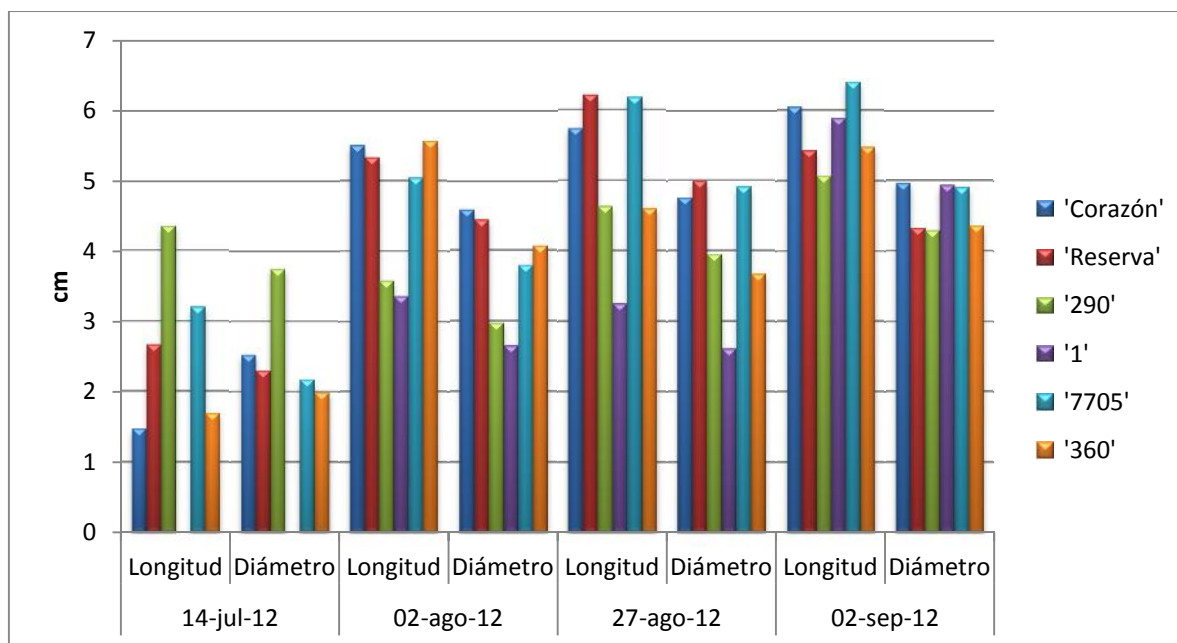


Figura 9. Longitud y diámetro de los frutos de tomate de segunda calidad.

En el cuadro 13 se observan los resultados obtenidos sobre datos acumulados de longitud y diámetro de los frutos de tercera calidad.

En la evaluación del 14 de julio no se observaron diferencias estadísticas de los frutos de tercera calidad. Para el 2 de agosto los frutos del 'Corazón' alcanzaron el mayor diámetro y longitud con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto al resto de los cvs.

En la tercera evaluación los frutos del 'Corazón' alcanzaron el mayor diámetro y la mayor longitud con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cultivares en estudio.

En la última fecha no se encontraron diferencias estadísticas de los frutos tercera calidad de los cultivares evaluados. Los resultados anteriores se observan gráficamente en la figura 10.

Cuadro 13. Longitud y diámetro del fruto de tomate de tercera calidad.

Cultivares	14-jul-12		2-ago-12		27-ago-12		2-sep-12	
	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
'Corazón'	1.29 -	1.07 -	4.40 a	3.38 a	5.05 a	4.04 a	4.57 -	3.64 -
'Reserva'	0.0 -	0.0 -	2.39 abc	1.92 ab	4.16 a	3.33 a	5.22 -	4.08 -
'290'	0.0 -	0.0 -	1.57 bc	1.21 ab	4.08 a	3.51 a	3.09 -	2.70 -
'1'	0.0 -	0.0 -	1.31 c	1.07 b	1.62 b	1.38 b	3.32 -	2.83 -
'7705'	0.0 -	0.0 -	2.89 abc	2.24 ab	5.19 a	4.12 a	5.55 -	4.04 -
'360'	0.0 -	0.0 -	4.15 ab	3.05 ab	3.41 ab	2.70 ab	5.14 -	4.17 -

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-no significativo.

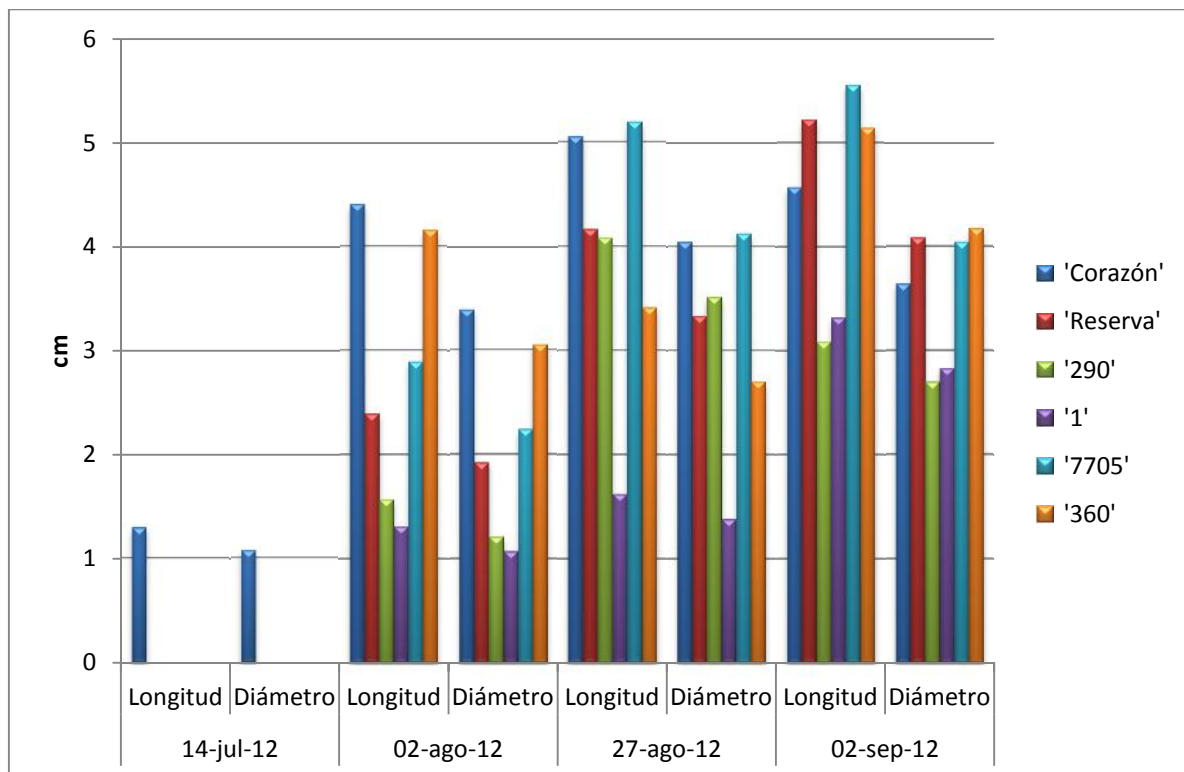


Figura 10. Longitud y diámetro de los frutos de tomate de tercera calidad.

7.3 Número de frutos por racimo de los cultivares

En el cuadro 14 se muestran los resultados sobre datos acumulados de los frutos por racimo de las evaluaciones de julio, agosto y septiembre de 2012.

En el racimo 1 el '1' presentó el mayor número de frutos con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cultivares. En los racimos 2 y 3 el '290' y el '360' presentaron más frutos con diferencia e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cvs en estudio.

En el racimo 4 el '360' presentó más frutos de tomate con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cultivares evaluados. En el racimo 5 el '290' presentó mayor cantidad de frutos con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto al resto de los cvs en estudio. En el racimo 6 el '1' obtuvo mayor número de frutos, con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto al resto de los cultivares.

Con respecto al número total de frutos el '290' y el '360' obtuvieron mayor frutos en los racimos con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con los demás cultivares. En la figura 11 se observa gráficamente el número de frutos por racimo de los cultivares.

Cuadro 14. Número de frutos por racimo de cada cultivar sobre datos acumulados 2012.

Cultivares	Racimo 1	Racimo 2	Racimo 3	Racimo 4	Racimo 5	Racimo 6	Racimo 7	No. total de frutos
'Corazón'	16.75 b	21.25 c	19.75 c	19.0 bc	13.2 c	14.7 b	16.75 -	121.5 b
'Reserva'	23.5 ab	25.7 ab	18.7 abc	18.2 abc	18.5 bc	19.0 ab	18.25 -	142.0 b
'290'	20.5 ab	33.0 a	30.25 a	26.7 b	37.7 a	28.0 a	29.5 -	205.7 a
'1'	25.5 a	23.25 c	25.2 b	24.2 bc	30.2 abc	30.5 a	30.0 -	183.0 a
'7705'	16.5 b	23.25 c	25.0 ab	29.0 ab	33.0 ab	29.5 a	26.75 -	189.0 a
'360'	22.75 ab	30.25 b	29.5 a	34.0 a	34.0 ab	27.25 a	29.5 -	205.2 a

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-no significativo.

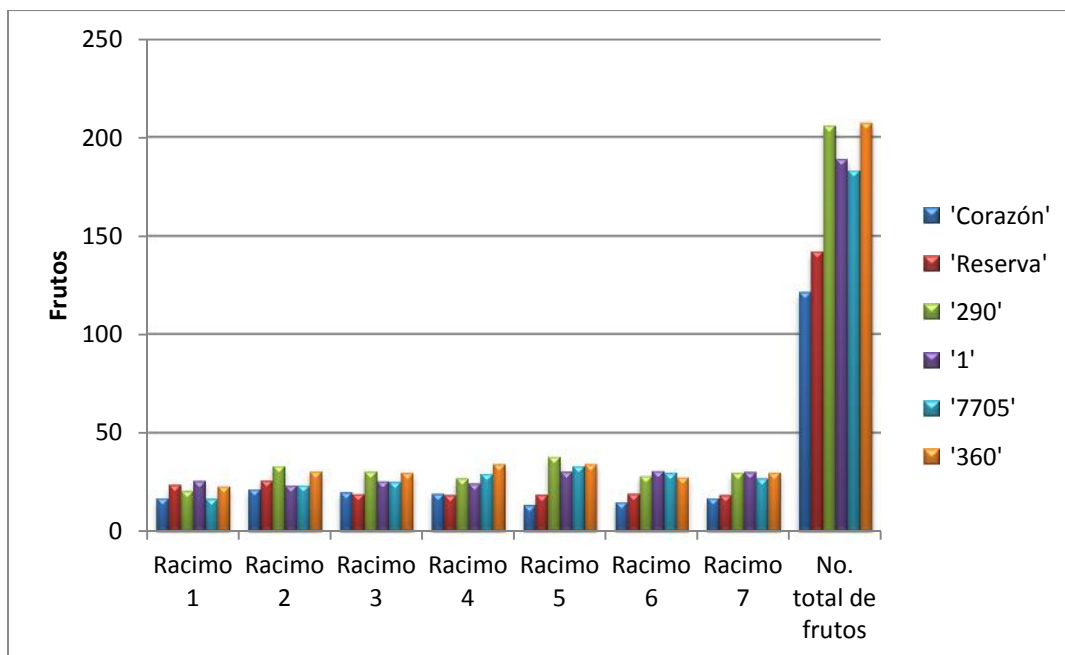


Figura 11. Número de frutos por racimo de los cultivares.

7.4 Altura de la planta de tomate

En el cuadro 15 se observan los resultados de la altura de la planta de tomate sobre de los meses de julio, agosto y septiembre de 2012.

En la primera evaluación del mes de julio las plantas del 'Corazón' alcanzaron la mayor altura con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cvs en estudio.

En las evaluaciones de agosto el 'Corazón' presentó la misma tendencia con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cultivares. En la última evaluación el 'Corazón' obtuvo la mayor altura con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto al resto de los cvs. Asimismo en la figura 12 se observa gráficamente el mismo efecto de los cultivares.

Cuadro 15. Altura de la planta de tomate.

Cultivares	14-jul-12 (m)	2-ago-12 (m)	27-ago-12 (m)	2-sep-12 (m)
'Corazón'	99.06 a	1.1331 a	1.8256 a	2.0025 a
'Réserve'	76.43 d	87.93 c	1.185 c	1.575 b
'290'	82.18 bc	94.56 bc	1.4756 b	1.6162 b
'1'	58.81 c	71.31 d	1.0081 d	1.3606 c
'7705'	86.43 b	99.93 b	1.5137 b	1.685 b
'360'	79.87 cd	95.68 b	1.5318 b	1.6812 b

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-no significativo.

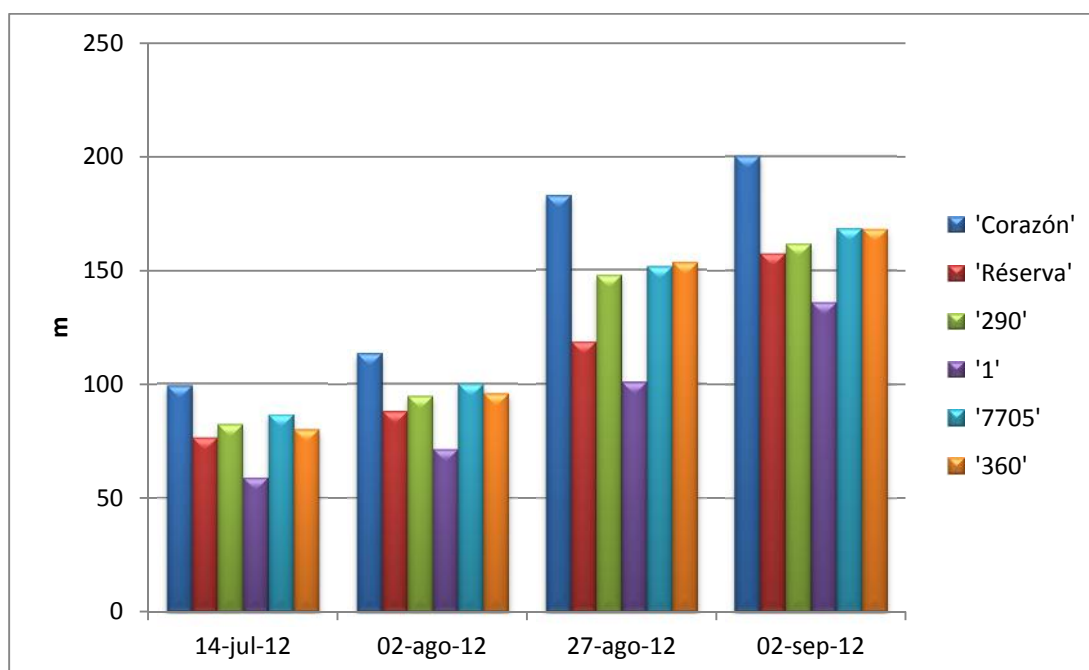


Figura 12. Altura de la planta de tomate.

7.5 Diámetro del tallo de la planta de tomate

En el cuadro 16 se observan los resultados del diámetro del tallo de la planta de tomate.

El diámetro del tallo fue evaluado durante tres meses. En las evaluaciones de julio y agosto no se encontraron diferencias estadísticas.

En la evaluación del 27 de agosto el 'Corazón' presentó mayor diámetro de tallo con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cvs en estudio.

Referente a la última evaluación el 'Corazón' presentó el mayor de tallo con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los cultivares en estudio. Gráficamente se observa el mismo efecto en la figura 13.

Cuadro 16. Diámetro del tallo de la planta de tomate.

Cultivares	14-jul-12 (cm)	2-ago-12 (cm)	27-ago-12 (cm)	2-sep-12 (cm)
'Corazón'	.312 -	.4545 -	1 a	1.59 a
'Reserva'	.287 -	.4474 -	.79 bc	1.31 b
'290'	.340 -	.5353 -	.83 bc	1.32 ab
'1'	.298 -	.4823 -	.84 b	1.43 ab
'7705'	.304 -	.4531 -	.71 c	1.23 b
'360'	.305 -	.5996 -	.78 bc	1.14 b

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-no significativo.

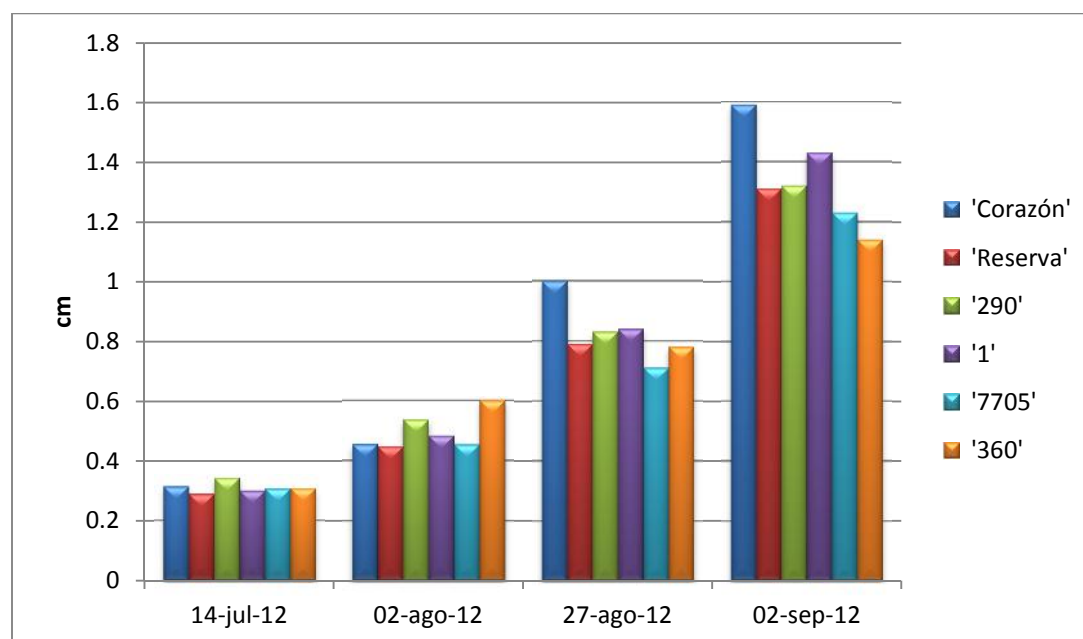


Figura 13. Diámetro del tallo de los cultivares de tomate.

7.6 Peso seco de la planta de tomate

En el cuadro 17 se observan los resultados del peso seco de la planta de tomate.

En el mes de julio no se presentaron diferencias estadísticas, sin embargo numéricamente el '360' presentó el mayor peso seco, con respecto al resto de los cultivares.

En los meses de agosto y septiembre no se encontraron diferencias estadísticas en el peso seco de los cultivares en estudio, sin embargo se puede observar que en septiembre los cultivares presentaron el mayor peso seco de sus plantas con respecto a julio y agosto. Gráficamente se observa lo anterior en la figura 14.

Cuadro 17. Peso seco de la planta de tomate sobre datos acumulados.

Cultivares	Julio	Agosto	Septiembre
	Peso seco (kg)	Peso seco (kg)	Peso seco (kg)
'Corazón'	36.43 -	38.4 -	143.31 -
'Reserva'	50.6 -	41.77 -	127.1 -
'290'	41.6 -	46.32 -	154.47 -
'1'	58.25 -	41.62 -	147.55 -
'7705'	53.82 -	39.4 -	128.60 -
'360'	63.13 -	46.8 -	136.91 -

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-no significativo.

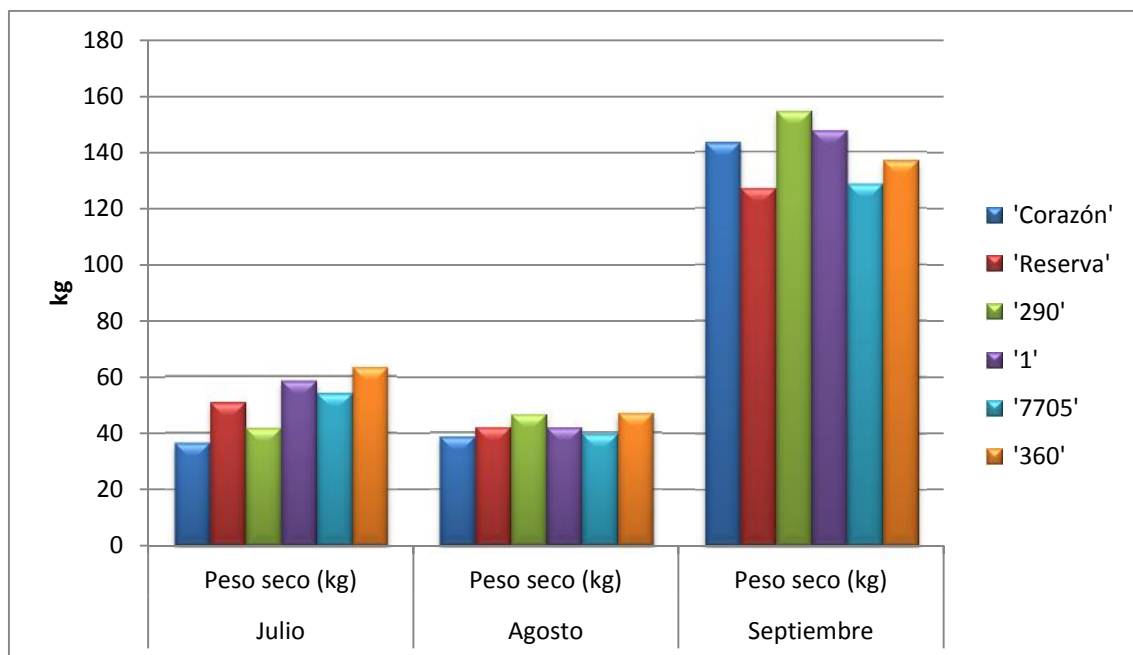


Figura 14. Peso seco de la planta de tomate.

7.7 Características organolépticas del fruto de tomate

En los cuadros 18 al 21 se muestran los resultados obtenidos sobre datos acumulados de las características organolépticas de los frutos de tomate.

Cuadro 18: se muestran los resultados de la evaluación del 14 de julio de 2012, que corresponden a las características organolépticas de los cultivares estudiados.

Los frutos del '7705' y el '360' presentaron los mejores resultados en cada uno de los aspectos evaluados (color, defectos, condición de la superficie, sabor, jugosidad, dureza, carnosidad, granulosidad, astringencia y aroma), con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cultivares. Sin embargo numéricamente los frutos del 'Corazón' y el 'Reserva' precedieron a los cultivares antes mencionados, presentando valores óptimos en la evaluación.

Cuadro 19: se muestran los resultados del 2 de agosto del 2012 sobre datos acumulados de características organolépticas. Los frutos de los cvs evaluados no mostraron diferencias estadísticas en las categorías para características organolépticas, sin embargo numéricamente los frutos del '7705' mostraron mejores características.

Cuadro 20: se muestran los datos obtenidos de las características organolépticas sobre datos acumulados del 27 de septiembre del 2012.

Los frutos del '290' y el '7705' presentaron mejor coloración y menores defectos del fruto con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$), sin embargo no presentaron diferencias estadísticas en las categorías restantes.

Los frutos del 'Corazón' presentaron mayor carnosidad en sus paredes con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cvs evaluados.

Con respecto a las categorías de condición de la superficie, sabor, jugosidad, dureza, granulosidad y aroma, los cultivares no mostraron diferencias estadísticas.

Cuadro 21: se muestran los resultados de la evaluación de características organolépticas sobre datos acumulados del 2 de septiembre de 2012.

El '360' presentó los mejores resultados en defectos, condición de la superficie y dureza con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto al resto de los cultivares.

Los frutos del 'Corazón' mostraron mejor sabor, más granulosidad y mejor aroma con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cultivares en estudio.

En la categoría de carnosidad los frutos del '290' mostraron diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto al resto de los cultivares.

Cuadro 18. Valoración sobre datos acumulados. 14 de julio de 2012.

Cultivares	Color	Defectos	Condición de la superficie	Sabor	Jugosidad	Dureza	Carnosidad	Granulosidad	Astringencia	Aroma
'Corazón'	2.25 a	2.05 ab	2.15 a	1.95 ab	2.15 a	2.25 ab	2.15 ab	1.95 ab	1.85 ab	1.9 ab
'Reserva'	1.55 ab	1.35 ab	1.35 ab	1.15 ab	1.45 ab	1.75 ab	1.7 ab	1.4 ab	1.15 ab	1.55 ab
'290'	1.95 ab	1.7 ab	1.9 ab	1.9 ab	2.15 a	2.25 ab	2.25 ab	1.9 ab	1.8 ab	2.05 a
'1'	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -	0.0 -
'7705'	2.6 a	2.4 a	2.25 a	2.5 a	2.65 a	2.7 a	2.7 a	2.4 a	2.1 a	2.5 a
'360'	2.6 a	2.45 a	2.7 a	2.4 a	2.7 a	3.25 a	3.2 a	2.2 a	2.25 a	2.4 a

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
 -no significativo.

Cuadro 19. Valoración sobre datos acumulados. 2 de agosto de 2012.

Cultivares	Color	Defectos	Condición de la superficie	Sabor	Jugosidad	Dureza	Carnosidad	Granulosidad	Astringencia	Aroma
'Corazón'	3.15 -	3.05 -	3.05 -	2.85 -	3.3 -	3.7 -	3.4 -	2.9 -	3.0 -	2.75 -
'Reserva'	4.9 -	4.55 -	4.35 -	4.7 -	4.95 -	4.75 -	4.85 -	4.25 -	4.15 -	4.85 -
'290'	3.2 -	3.25 -	3.15 -	2.95 -	3.35 -	3.6 -	3.2 -	2.8 -	2.65 -	2.7 -
'1'	4.3 -	4.25 -	4.05 -	4.35 -	4.5 -	4.75 -	4.35 -	4.0 -	3.85 -	3.4 -
'7705'	5.0 -	4.9 -	4.9 -	4.35 -	4.9 -	4.9 -	4.95 -	3.4 -	3.75 -	4.7 -
'360'	4.1 -	4.4 -	4.65 -	4.0 -	4.5 -	4.9 -	4.8 -	2.85 -	3.85 -	4.1 -

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
 -no significativo.

Cuadro 20. Valoración sobre datos acumulados. 27 agosto de 2012.

Cultivares	Color	Defectos	Condición de la superficie	Sabor	Jugosidad	Dureza	Carnosidad	Granulosidad	Astringencia	Aroma
'Corazón'	4.4 ab	4.0 ab	4.26 -	4.4 -	4.93 -	4.0 -	4.4 a	2.26 -	1.66 c	2.93 -
'Reserva'	3.46 bc	5.0 a	4.0 -	2.46 -	4.73 -	4.0 -	3.2 ab	2.66 -	3.53 a	3.0 -
'290'	4.73 a	4.46 a	4.53 -	4.0 -	5.0 -	4.0 -	3.93 ab	2.73 -	3.13 ab	3.13 -
'1'	4.66 a	4.0 ab	4.26 -	4.0 -	4.86 -	4.0 -	4.2 ab	1.73 -	2.46 bc	2.6 -
'7705'	4.73 a	4.33 a	3.6 -	3.46 -	4.6 -	3.66 -	3.0 b	2.86 -	2.93 ab	2.8 -
'360'	3.0 c	3.0 b	4.2 -	2.4 -	4.13 -	3.73 -	2.93 b	2.66 -	3.4 a	2.86 -

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-no significativo.

Cuadro 21. Valoración sobre datos acumulados. 2 de septiembre de 2012.

Cultivares	Color	Defectos	Condición de la superficie	Sabor	Jugosidad	Dureza	Carnosidad	Granulosidad	Astringencia	Aroma
'Corazón'	4.0 a	4.0 ab	3.8a	4.4 a	4.86 a	4.0 a	4.46 a	4.0 a	2.06 ab	3.46 a
'Reserva'	2.66 ab	3.8 ab	2.8 ab	2.73 ab	4.2 a	3.8 ab	2.66 ab	2.46 ab	2.6 a	2.8 ab
'290'	4.46 a	3.93 ab	3.93 a	4.33 a	5.0 a	3.73 ab	4.93 a	3.73 a	2.2 ab	3.86 a
'1'	4.2 a	3.93 ab	3.8 a	4.13 a	5.0 a	3.93 a	4.86 a	3.26 ab	2.06 ab	3.13 ab
'7705'	0.86 b	1.46 b	1.06 b	0.93 b	0.93 b	1.26 b	1.06 b	1.06 b	0.73 b	1.06 b
'360'	3.86 a	4.83 a	4.03 a	3.8 a	4.73 a	4.66 a	4.26 a	3.46 ab	2.8 a	3.13 ab

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-no significativo.

7.8 Firmeza de los frutos de tomate

En el cuadro 22 se muestran los resultados de firmeza de los frutos de primera calidad sobre datos acumulados.

En la evaluación del mes de julio los cultivares no presentaron diferencias estadísticas. Sin embargo numéricamente el '360' presentó la mayor firmeza en sus frutos.

Para la segunda fecha los frutos del 'Corazón' mostraron la mayor firmeza con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto al resto de los cvs en estudio.

Los resultados del 27 de agosto mostraron que el '290' presentó diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cultivares. En la última evaluación los frutos del 'Corazón' presentaron mayor firmeza con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cultivares en estudio. Los resultados se observan gráficamente en la figura 15.

Cuadro 22. Firmeza de los frutos de tomate sobre datos acumulados.

Cultivares	14-jul-12 (g)	2-ago-12 (g)	27-ago-12 (g)	2-sep-12 (g)
'Corazón'	597.7 -	572.83 a	427.82 ab	429.03 a
'Reserva'	615.75 -	427.78 ab	398.23 bc	129.73 c
'290'	651.16 -	315.99 b	469.30 a	391.13 ab
'1'	0.0 -	383.61 ab	445.89 a	363.32 b
'7705'	507.91 -	417.70 ab	458.52 a	120.23 c
'360'	690.0 -	446.86 ab	370.12 c	127.42 c

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-no significativo.

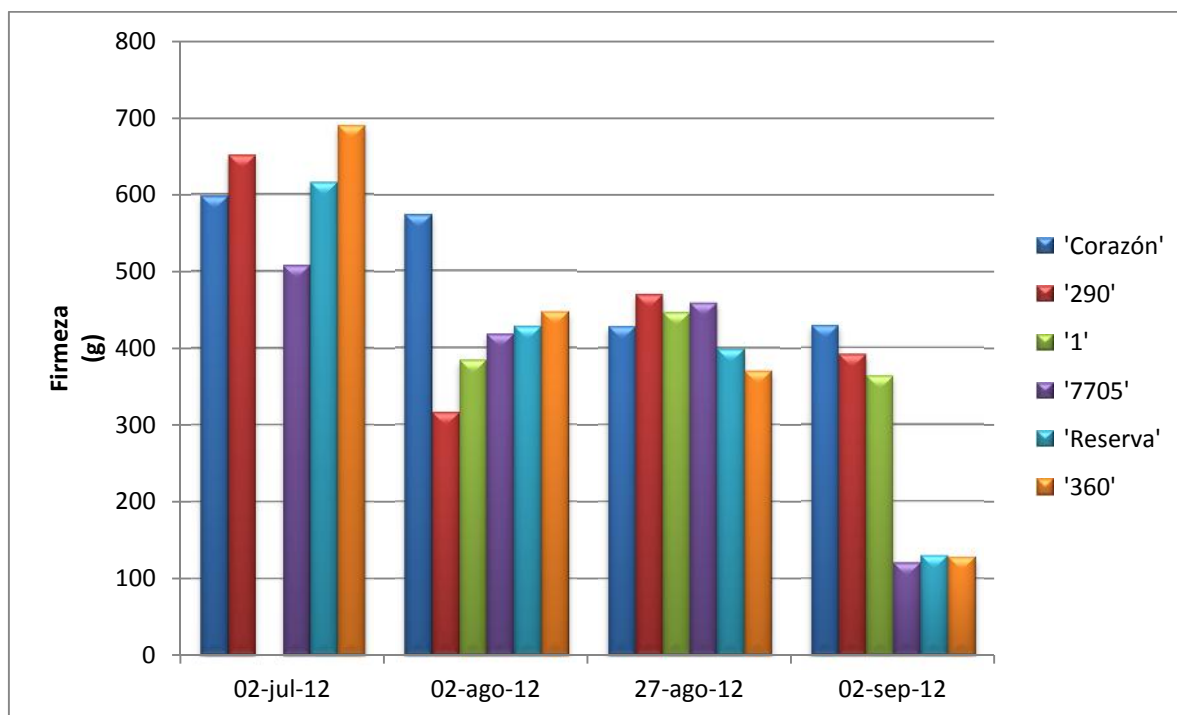


Figura 15. Firmeza de los frutos de tomate.

7.9 Contenido de solidos solubles o °Brix

En el cuadro 23 se observan los resultados sobre datos acumulados del contenido de solidos solubles de los cultivares evaluados.

La primera evaluación mostró que el '290' presentó mayor contenido de sólidos en papilla con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto al resto de los cvs en estudio. En la evaluación del 2 de agosto las muestras de papilla no mostraron diferencias estadísticas, por el contrario en las muestras de jugo el '7705' mostró diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cultivares.

Para la tercera y última evaluación el '290' presentó el índice más alto en el contenido de sólidos en jugo con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con el resto de los cultivares. Gráficamente se observa en la figura 16.

Cuadro 23. Contenido de solidos solubles o °Brix sobre datos acumulados.

Cultivares	14-jul-12		2-ago-12		27-ago-12		2-sep-12	
	Papilla	Jugo	Papilla	Jugo	Papilla	Jugo	Papilla	Jugo
'Corazón'	3.97 ab	4.92 -	3.37 -	4.78 a	4.57 a	5.07 ab	4.2 a	5.29 bc
'Reserva'	3.17 b	4.42 -	3.5 -	4.19 b	3.43 b	4.26 b	3.07 b	4.15 c
'290'	4.00 a	4.99 -	3.97 -	5.0 a	4.5 a	5.38 a	4.23 a	5.44 a
'1'	0.0 -	0.0 -	3.47 -	4.81 a	4.73 a	5.02 ab	3.8 ab	5.01 bc
'7705'	3.67 ab	5.11 -	4.03 -	5.02 a	4.63 a	5.21 ab	4.0 ab	4.90 bc
'360'	3.6 ab	4.36 -	3.77 -	4.6 ab	3.93 ab	4.28 b	3.9 ab	4.75 b

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).

-no significativo.

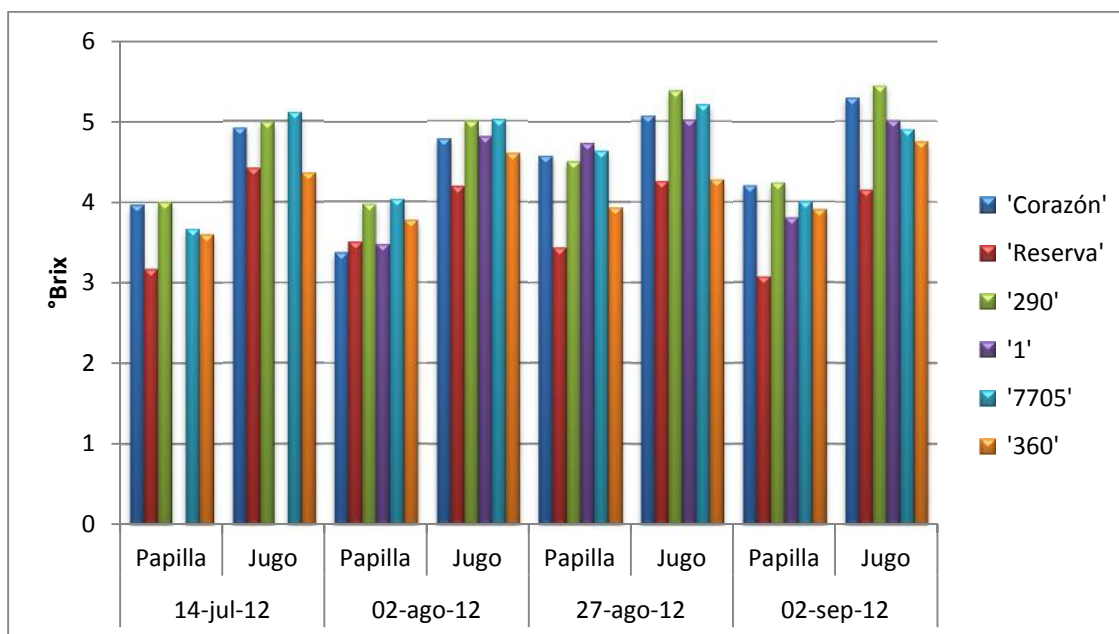


Figura 16. Contenido de solidos solubles o °Brix de los frutos de tomate.

7.10 pH de los frutos de tomate

En el cuadro 24 se presentan los resultados correspondientes al pH del tomate sobre datos acumulados.

En la evaluación del mes de julio los cultivares no mostraron diferencias estadísticas. Para del 2 de agosto el 'Reserva' y '7705' presentaron mayor pH inicial con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cultivares en estudio.

Para la evaluación del 27 de agosto el 'Corazón' presentó mayor pH inicial de sus frutos observándose diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cultivares. En la última evaluación el '7705' mostró diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto al resto de los cultivares. Gráficamente se observa el mismo efecto en la figura 17.

Cuadro 24. pH de los frutos de tomate sobre datos acumulados 2012.

Cultivares	14-jul-12	2-ago-12	27-ago-12	2-sep-12
'Corazón'	5.2 -	4.9 ab	5.6 a	4.4 c
'Réserve'	5.0 -	5.0 a	3.8 b	4.7 b
'290'	5.0 -	4.8 bc	3.9 b	4.3 c
'1'	0.0 -	4.8 abc	4.0 b	4.3 c
'7705'	4.9 -	5.0 a	4.1 b	4.9 a
'360'	4.9 -	4.6 c	4.1 b	4.8 ab

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-no significativo.

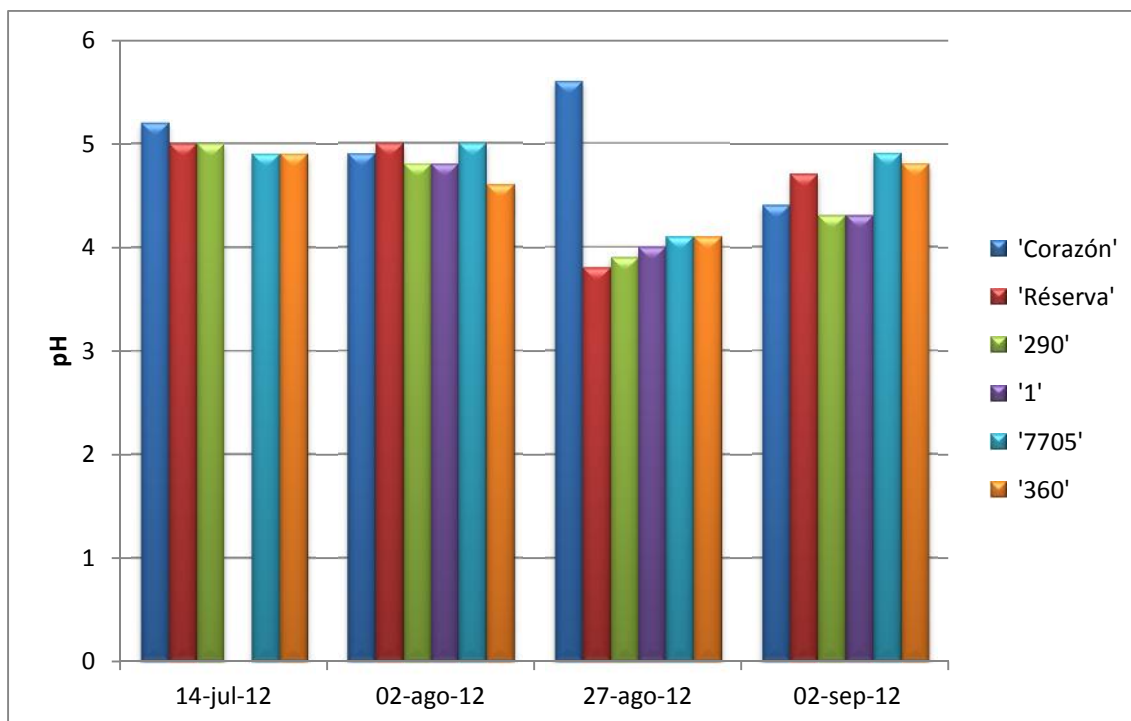


Figura 17. pH de los frutos de tomate.

7.11 Índice de madurez de los frutos de tomate

En el cuadro 25 se muestran los resultados sobre datos acumulados del índice de madurez de los frutos de los cultivares estudiados.

En las evaluaciones de julio y agosto los cultivares no presentaron diferencias estadísticas. Por el contrario en la tercera fecha el '7705' y el '360' mostraron diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás cultivares en estudio.

En la evaluación de septiembre el '7705' presentó diferencias e.s. ($p \leq 0.05$) con respecto al 'Corazón'. Gráficamente se observa en la figura 18.

Cuadro 25. Índice de madurez de los frutos de tomate sobre datos acumulados 2012.

Cultivares	14-jul-12	2-ago-12	27-ago-12	2-sep-12
'Corazón'	15.132 -	16.987 -	19.137 a	20.167 a
'Reserva'	13.32 -	15.705 -	16.232 ab	16.172 abc
'290'	14.925 -	16.28 -	16.457 ab	17.692 b
'1'	0.0 -	17.332 -	15.597 ab	15.842 abc
'7705'	15.227 -	15.74 -	12.17 b	10.017 c
'360'	13.98 -	16.387 -	14.095 b	12.485 bc

-Letras distintas (mayúsculas/minúsculas) en una misma columna indica diferencia estadísticamente significativa (99% y 95% respectivamente según la prueba de Tukey).
-no significativo.

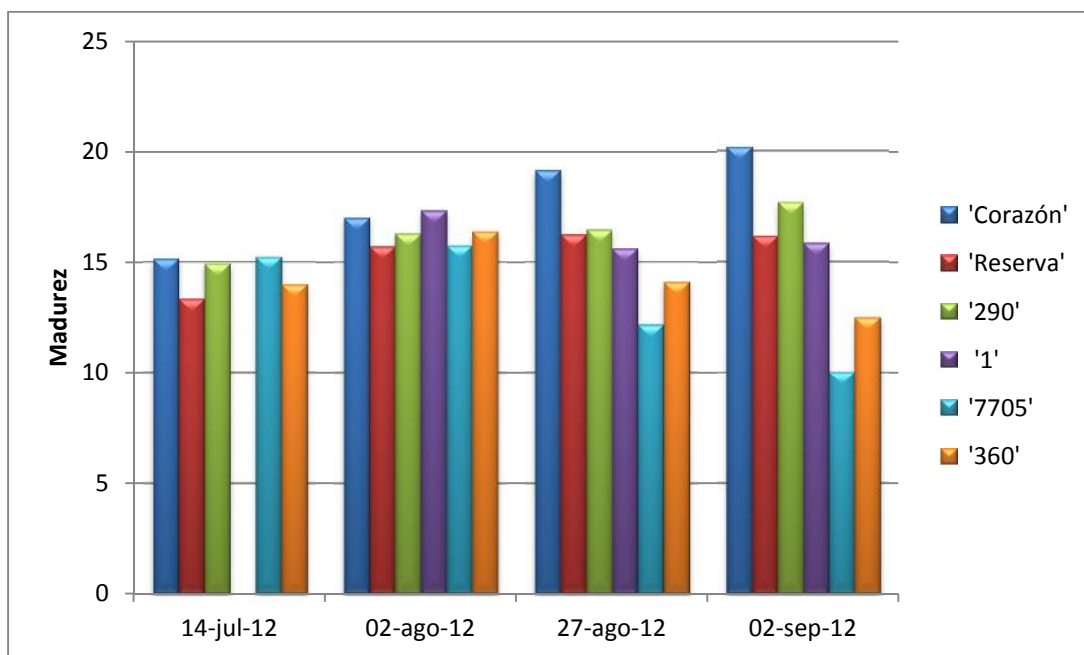


Figura 18. Índice de madurez de los frutos de tomate.

VIII. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del análisis de varianza de los cultivares estudiados indican que los cultivares presentaron diferentes comportamientos vegetativos a lo largo de su desarrollo, ya que se presentaron diferencias estadísticamente significativas en las variables evaluadas.

8.1 Producción total y clasificación comercial

El tamaño de los frutos es un factor económico importante debido a que los precios de venta son más altos en el caso de tomates de mayor tamaño. En el ciclo de cultivo el peso medio total se encontró en el rango reportado por Hernández (2013).

La densidad de población y el trasplante a doble hilera en tresbolillo provocaron que el '7705' y el '360' obtuvieran la mayor producción total y mayor número de frutos clasificados en la categoría de primera calidad, por lo que los resultados concuerdan con lo obtenido por Zarate (2007) quien reporta que el '7705' presenta un rendimiento de 5.83 42 kg·planta⁻¹.

8.2 Longitud y diámetro de los frutos de clasificación comercial

Los resultados obtenidos muestran que para la clasificación de los frutos de primera calidad el '7705' y el '360' mostraron la mayor longitud y el mayor diámetro de frutos, valores que concuerdan con lo reportado por Zarate (2007), quien determinó una longitud de 7.43 cm del '7705'.

En relación a los frutos de segunda calidad no se mostraron diferencias estadísticas entre los cultivares evaluados.

Para los frutos clasificados de tercera calidad el 'Corazón' mostró el mayor diámetro y la mayor longitud con respecto a los demás cultivares. Según Ponce (1995) estas medidas pueden variar debido a la competencia que se establece entre los frutos de un mismo racimo y esto tiende a disminuir el tamaño del fruto, siendo más pequeños en los extremos y en los últimos racimos de la planta.

8.3 Número de frutos por racimo

Los resultados que corresponden al número de frutos por racimo difieren con los obtenidos por Zarate (2007), quien encontró que el '7705' registró la mayor producción total obteniendo un número de frutos por racimo de 41.4 g, mientras que en el presente ensayo el '290' y el '360' presentaron mayor número de frutos totales de sus racimos, esto debido a las características de amarre y producción que presentan las plantas de tomate de estos cultivares.

8.4 Altura de la planta

El 'Corazón' alcanzo la mayor altura de las plantas de tomate, estos resultados se encuentran dentro de la altura máxima reportada por Zarate (2007) quien obtuvo en su ensayo una altura máxima de 2.89 m de las plantas de tomate. Sin embargo, este parámetro vegetativo se encuentra condicionado al desarrollo de la planta, a los procesos fisiológicos de crecimiento, a las condiciones de clima, suelo y de las características genéticas del cultivar.

8.5 Diámetro del tallo de la planta

Las condiciones de densidad de plantación influyen en el desarrollo del tallo, ya que a mayor densidad menor diámetro del tallo, por lo que el diámetro del tallo fue evaluado durante tres meses, observándose que el 'Corazón' presentó un incremento notable en el grosor del tallo conforme su desarrollo vegetativo. Los resultados contrastan con Rodríguez *et al.* (2001), quien reporta un diámetro de 2.5 cm.

8.6 Peso seco de la planta de tomate

El crecimiento vegetativo de las plantas de tomate mostró diferencias en el desarrollo de las plantas, observándose un mejor desarrollo foliar al principio del ciclo de la planta y al final de este.

Debido a que las muestras se sometieron a una temperatura constante para su deshidratación las plantas de los cultivares no presentaron diferencias con respecto al peso seco. Sin embargo, numéricamente el '290' presentó mayor peso seco en agosto y septiembre.

8.7 Características organolépticas de los frutos de tomate

De manera general en la evaluación de características organolépticas tres cultivares sobresalieron en las categorías de color, condición de la superficie, defectos, carnosidad, granulosidad, dureza y aroma. Los frutos de tomate del '7705', '360' y 'Corazón' obtuvieron los mejores resultados en las categorías antes mencionadas, probablemente debido a que las plantas de estos cultivares se adaptan mejor a las condiciones de malla sombra.

Cabe mencionar que en la evaluación del 2 de agosto no se presentaron diferencias estadísticas de los cultivares.

8.8 Firmeza

La mayor firmeza de los frutos se presentó en los meses de julio y agosto. El cultivar que obtuvo los mejores resultados de firmeza fue el 'Corazón', ya que mantuvo valores por encima de los 400 gramos, lo anterior dio como resultado que los frutos del 'Corazón' presentaran mejor consistencia en sus frutos y mayor resistencia en sus paredes carpelares. Los datos de firmeza obtenidos son inferiores a los encontrados por García *et al.* (2009), ya que reportó valores por encima de los 800 (g) en tomate saladette.

8.9 Contenido de sólidos solubles o °Brix

Con respecto al contenido de sólidos solubles o °Brix, los frutos del '290' y el '7705' mostraron un mayor contenido de sólidos, con un promedio de 4.5 a 5.5 °Brix. Por lo que los frutos de estos cultivares contienen un mayor porcentaje de azúcares y son aptos para la elaboración de conservas, salsas y purés.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Aguayo y Artes (2004) quienes consideran que el valor óptimo en el contenido de sólidos solubles de los frutos de tomate debe estar entre 4 y 6 °Brix.

8.10 pH de los frutos de tomate

En la primera evaluación no se presentó diferencias estadísticas, sin embargo numéricamente el 'Corazón' mostro un mayor pH en sus frutos. En las fechas posteriores los 'Corazón', 'Reserva' y '7705' mostraron mayor pH de los frutos de tomate con respecto a los demás cultivares en estudio, la razón de esto es porque este parámetro se ve afectado por diversos factores especialmente el manejo agronómico y las condiciones climáticas.

8.11 Índice de madurez de los frutos de tomate

Los frutos de los cultivares fueron cosechados en la etapa de madurez comercial, por lo que el índice de madurez no mostró diferencias estadísticas en la evaluación de julio, sin embargo numéricamente el '7705' presentó mayor índice de madurez, la evaluación que corresponde a principios del mes de agosto indicó que numéricamente el '1' obtuvo mayor índice sin que se hayan presentado diferencias estadísticas.

Para las dos últimas fechas evaluadas el 'Corazón' presentó un índice de madurez mayor con respecto a los demás cultivares estudiados, los valores de índice de madurez corresponden al rango reportado por Gaspar *et al.* (2012).

IX. CONCLUSIONES

Con base a la evaluación y a los resultados obtenidos de los 6 cultivares de tomate conducidos en piso con sistema malla sombra, se concluye lo siguiente:

1. El mayor rendimiento de tomate se obtuvo con los '360' y '7705', asimismo, sobresalieron respecto al resto de cultivares estudiados al presentar mayor producción total, mejor peso de frutos, mayor diámetro y longitud de frutos clasificados de primera calidad.
2. Los '290', '360' y '7705' registraron mayor producción total de frutos por racimo con respecto a los demás cultivares.
3. Las plantas del 'Corazón' presentaron mayor altura de la planta y mayor diámetro de tallo.
4. Se presentó mayor biomasa de la planta en los '360' y '290', no obstante, no se encontraron diferencias en el peso seco de las plantas entre los diferentes cvs en estudio.
5. Los frutos de los 'Corazón', '7705' y '360' presentaron mejores características organolépticas, por tanto, mejor aceptación por el panel de catadores.
6. Los frutos del 'Corazón' mostraron mayor consistencia de las paredes carpelares en todas las fechas de corte, al presentar los valores más altos de firmeza de los frutos, y por tanto, mayor tiempo de vida de anaquel.
7. Los '290' y '7705' presentaron mayor contenido de sólidos solubles o °Brix, dentro de los estándares de calidad de frutos de tomate.
8. Los frutos de los 'Corazón', 'Reserva' y '7705' registraron valores de pH entre 4 y 6, rango óptimo según literatura revisada, parámetro que se le relaciona con el sabor del fruto.

9. Los frutos que presentaron mejor índice de madurez fueron '7705', '1' y 'Corazón'.
10. Finalmente, y en base a los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se desarrolló el experimento los '7705' y '360' son los que presentaron mayor ventaja productiva y mejores características organolépticas propias para el mercado regional. Por tanto, se acepta la hipótesis propuesta en este trabajo, debido a que más de un cultivar presentó características favorables en el ciclo de producción conducido en sistema malla sombra.

X. BIBLIOGRAFÍA

Abdulkadir, M. y Aminu, B. (2007). Antibacterial and antifungal effect of high pH and paraffin wax application on tomatoes, oranges and peppers. *African Journal of Biotechnology*, 6: 720-722.

Alvarado, P. (2009). Manual de Cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.

Alvis, A., Villada, H. S., Villada, D. C. (2008). Efecto de la temperatura y tiempo de fritura sobre las características sensoriales del ñame (*Dioscorea alata*). *Información Tecnológica*, 19: 19-26.

Aguayo, E. y Artes, F. (2004). Elaboración del tomate mínimamente procesado en fresco. *Compendios de Horticultura*. 15 Ediciones de Horticultura S.L. Reus (España).

Arana, I., Jarén, C., Arazuri, S., García-Gembe, M.J., Ursua, A. y Riga, P. (2007). Calidad del tomate fresco: técnica de cultivo y variedad, <http://www.horticom.com/pd/imagenes/67/359/67359.pdf>.

Arévalo, R. A. *et al* (2006). Los términos cultivar o variedad de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

Artes, F. (2006). El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 7: 61-85.

Ascrofl, W., Gurban, R., Wares, C. y Nick, H. (1993). Arcadia and Goulbum: Determinate fresh market tomatoes for arid production areas. *HortiScience* 28, (8): 854-857.

Aurelio, B. H. F. (1995). *Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa*. Sao Paulo. Folha Sao Paulo. Nova Fronteira. 687 p.

Ayala, T. F. (2002). Aplicación de mallas sombra en la producción de hortalizas. Hortalizas, Frutas y Flores. Editorial Agro Síntesis S.A. de C.V.

Barreiro, J. y Sandoval, A. (2006). Operaciones de Conservación de Alimentos por Bajas Temperaturas. Equinoccio, Valle de Sartenejas, Baruta, Venezuela.

Benavides, A., Robledo V., Ramírez H. Y Sandoval A. (2010). Producción de Tomate en el Norte de México. Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Calderón, D. (1994). Primer congreso nacional del pisco, <http://www.prompex.gob.pe/prompex/inf-sectorial/AGRO/Quebranta.pdf>.

Camargo, P. N., Arevalo, R. A. (1992). Agroterminología. Simposium Internacional de Manejo de malezas. Chapingo, Mexico.

Casp, A. (2003). Procesos de Conservación de Alimentos. Mundi-Prensa, Madrid, España.

Cih, D. I. et al. (2011). Caracterización de los Sistemas de Producción de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) En el Estado de Jalisco, México, Tropical and Subtropical Agroecosystem, 2 (14): 501- 512.

Díez, N. M. J. (2008). Los recursos fitogenéticos en la horticultura. Seminario sobre recursos fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura.

Durán, L. (1997). Propiedades Físicas II. Ópticas y Color. Temas en Tecnología de Alimentos. Acribia, México, D.F., 261-288.

Durán, F. (2006). Manual del Ingeniero de Alimentos. Grupo Latino Ltda., Cartagena, Colombia.

FAO. (2002-2006). Fichas Técnicas. Productos Frescos y Procesados. Tomate. http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/TOMATE.HTM.

FAO. (2007). Manual para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas. <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y483S/y4893s04.htm>.

FAO. (2010). Manual Técnico para las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de Tomate bajo Condiciones Protegidas.

García, S. M. L. et al. (2009). Acción de oligosacáridos en el rendimiento y calidad de tomate. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 32 (4): 295-301.

Garza, A. M y Molina, V. M. (2008). Manual para la producción de tomate en invernadero en el estado de Nuevo León, SAGARPA.

Gaspar, P. P, Carrillo, R. J. C, Chávez, S. J. L, Vera, G. A. M, Pérez, L. I. (2012). Variación de caracteres agronómicos y licopeno en líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista internacional de botánica experimental international journal of experimental botany.

Hernández, C. J. M. (2000). Recursos Fitogenéticos. INIPAF (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), México.

Hernández, S. M. E, Rodríguez. R, and Díaz. R.C. (2008). Chemical composition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) from Tenerife, the Canary Islands. Food Chemistry 106:1046–1056.

Hernández, Y. J. N. (2013). "Caracterización físico-química y microbiológica del Tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) y evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-ensado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente". Córdoba

INEGI. (2007). Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática.

INEGI. (2013). Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática.

Iwahori, S. (1967). Auxin of tomato fruit at different stages of its development with a special reference to high temperature injuries. Plant & Cell Physiol 8., p.15-22.

Jaramillo, J., Rodríguez, V.P., Guzmán M. y Zapata M. (2007). Guía técnica del cultivo de tomate bajo invernadero. Centro de Investigación La Selva Rio negro. Antioquia, Colombia.

Koning, A. N. M. (1989). Development and growth of a commercially grown tomato crop. *Acta Hort.* (260): 268-273.

Lamúa, M. (2000). Aplicación del Frío a los Alimentos. Mundi-Prensa. Madrid, España.

León, G. H. y Arozamed, D. M. (1980). El cultivo de tomate para consumo fresco en el valle de Culiacán, Sinaloa. SARH-INIA-CAEVACU., p125.

Linneaus, C. (1751). *Philosophia Botanica. Terminorum.* Stockholm, Acad. Imperial. Monspel. Berol. Tolos. Upsala. p 67.

Macías, M. A. (2003). Enclaves agrícolas modernos. El caso del jitomate mexicano en los mercados internacionales. *Región y Sociedad.* Vol. 15. (26):114-120.

Matallana, G. A. y Montero J.I.C. (2001). Invernaderos: diseño, construcción y climatización. 2ª Edición. Mundi-Prensa. México., p 209.

Maroto, B. J. V. (212). *Horticultura Herbácea especial.* 3ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. España., pp 335-371.

Mejía, S., Vega, M., Valverde, J., López, J. y Caro, J. (2009). Effect of wax application on the quality, lycopene content and chilling injury of tomato fruit. *J. Food Qual*, 32: 735–746.

Melgarejo, L. M., Hernández, M.S., Barrera, J.A. y Barradales, X. (2004). Caracterización y Usos Potenciales del Banco de Germoplasma de Ají Amazónico. Instituto Amazónico de Investigación Científica Sinchi, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Navarro, L. P. (2011). Caracterización y evaluación de variedades tradicionales de tomate en invernadero ecológico.

Navez, S., Letard, M., Graselly, D. and Jost, M. (1999). Les critères de qualité de la tomate. Infors-Ctifl 115: 41-47.

Nielsen, S. (2003). Food analysis (3rd ed.). New York: Kluwer Academic.

Nieves, G., et al. (2011). Mexican protected horticulture. Production and market of Mexican protected horticulture described and analysed Wageningen UR Greenhouse Horticulture. Landbouw Economisch Instituut. The Hague. Ministry of Economic Affairs. Rapport GTB 1., p 126.

Norma Mexicana para el Diseño y Construcción de Invernaderos 2008. (NMX-E-255-CNCP-2008)

Nuez, F. (2001). El Cultivo de Tomate, 1ª Edición 1995, Reimpresión 2001, Ediciones Mundi-Prensa. España, Barcelona: 15-41,45-87,95-128,191-203.229-239,254-308,313-348, 627-659, 663-673, 743-766.

Ortega, M. (2010). Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Ra Ximhai, 6 (3): 339-346.

Ortega, M. L. D., et al. (2014). Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan. Puebla, México. Revista Bio Ciencias 2(4): 261-270.

Paván, M. A. (1995). Interpretación de los análisis químicos del suelo y recomendaciones de encalado y fertilizantes. PROCAFÉ/IRI/USAID. Nueva San Salvador, El Salvador, C.A.

Ponce, O. (1995). Evaluación de diferentes densidades de plantación y niveles de despunte en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponía. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.

Pérez et al. (2010). Guía técnica de cultivo de tomate. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. El Salvador.

Peynaud, E. (1987). El Gusto del Vino. Mundi-Prensa, Madrid, España.

Ramírez, L. (2004). Maduración de las frutas. <http://frutas.consumer.es/documentos/conozcamos/maduracion.php>.

Ramos, M. (2006). Uso y conservación de recursos filogenéticos para la agricultura y la alimentación. Cultivar Local.

Ríos, D., Santos, B., Díaz, D. y García, N. (2003). Ensayos de cultivares de tomate de exportación en Tenerife. Comportamiento en postcosecha. Agrícola Vergel: Fruticultura, Horticultura, Floricultura, 262: 504-511.

Ríos, P. J. E. (2012). Guía Ilustrada de Plagas Y Enfermedades Asociadas al Cultivo de Tomate en México.

Rodríguez, et al. (2001). Cultivo Moderno del Tomate, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.

Rojop, B. A. (2008). Control in Vitro con extractos vegetales de patógenos que afectan al cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill)". Tesis de Especialidad en Ingeniería de Invernaderos, UAQ-Amazcala. México.

SAGARPA. (2003-2013). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. México.

Santiago, et al. (1998). Evaluación de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en Invernadero. Criterios Fenológicos y Fisiológicos. Agronomía mesoamericana, 9 (1): 59-65.

SIAP. (2009-2014). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la Producción Agrícola por Cultivo "Modalidad riego + temporal". SAGARPA, D.F., México.

SIACON. (2002-2009). Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. SAGARPA, D.F., México.

Trejo, E. (2007). Manejo poscosecha y prevención de pérdidas de alimentos.

Valadez, L. A. (1990). Producción de Hortalizas. LIMUSA. México., p 298.

Velasco, H. E. *et al.* (2012). Cultivo de tomate en hidroponía e invernadero. Biblioteca básica de agricultura. Ediciones Mundi-Prensa, México.

Viera, J. (2005). Estabilidad del aceite de fritura de chifles. http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_45_18_6_11_301.pdf.

Villareal, R. L. (1980). Tomato in The Tropics. Westviw Press, Inc. Colorado.,p 4-18.

Villegas *et al.* (2004). Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a densidades de población en dos sistemas de producción. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 27 (4): 333-338.

Von, H. J. M. N. (1983). Manual de tomate para la educación agropecuaria. Producción Vegetal. 1ª Edición, Editorial Trillas, D.F., México, 16: 9-53.

Wereing, P. y Patrick, J. (1975). Source-sink relations and partition of assimilates. In J. P. Cooper Celd, photosynthesis and productivity in differents environments. Cambridge Univ. Press., p 481-499.

Went, H. (1997). The physiology of vegetable crops. CAB International, London, UK., p 65.

Zarate, N. B. H. (2007). Producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo invernadero. Tesis profesional. Instituto Politécnico Nacional.

Zoffoli, J. (2009). Una novedosa alternativa para prolongar la conservación de frutas: inhibidores de la acción del etileno.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Análisis foliar de los cultivares

Para determinar los elementos nutritivos presentes en la planta de tomate se secaron las hojas en una estufa durante 24 horas, una vez secas se molieron hasta obtener una muestra fina.

Una vez molidas las muestras se pesó 1 g en crisoles y se colocaron en una mufla para su calcinación a una temperatura de 550 °C durante dos horas aproximadamente. Pasado este tiempo la mufla se dejó enfriar bajando la temperatura poco a poco hasta llegar a 100 °C, para así poder ser apagada la mufla y así dejar las muestras hasta el día siguiente para ser pesadas nuevamente.

Posteriormente se realizaron diluciones de cada muestra, utilizando 5 mL de ácido clorhídrico para enjuagar las cenizas resultantes y poder realizar un filtrado de las mismas y aforar a 100 mL con agua destilada, con estas disoluciones se procedió a determinar Ca, Mg, Na, K, y P. Para la determinación de los nitratos se pesó 0.5 g, de las muestras molidas las cuales se colocaron en matraces con 50 mL de agua destilada y se dejaron hervir durante media hora a 28° C. Por último se dejaron enfriar para ser filtradas y aforadas a 50 mL con agua destilada y guardadas en frascos de plástico.

El 'Corazón' obtuvo un mayor % de Ca, en comparación con el '360' quien presentó menor porcentaje de este nutriente. En % de Mg, Na y K el '7705' obtuvo mayores porcentajes de estos nutrientes. Para el porcentaje de P, los cultivares presentaron un mínimo de diferencia en contenido de este elemento. En el cuadro 26 se observan los resultados de la determinación de nutrientes esenciales de la planta de tomate. Gráficamente se observa en la figura 19.

Cuadro 26. Análisis foliar de los cultivares (%).

Cultivares	Ca %	Mg %	Na %	K %	P %	ugN03/g
'Corazón'	7.52	0.19	0.11	0.22	0.005	0.838
'Reserva'	6.02	1.12	0.09	0.26	0.006	0.339
'290'	6.96	0.37	0.09	0.26	0.003	0.701
'1'	2.65	0.25	0.10	0.19	0.004	0.582
'7705'	6.38	0.95	0.16	0.33	0.005	0.312
'360'	1.11	0.10	0.08	0.24	0.004	0.516

Las características físicas, químicas y la fertilización del suelo influyen de manera directa en los porcentajes de nutrientes, pero según los resultados obtenidos del análisis foliar los porcentajes se encuentran dentro del rango óptimo de nutrientes en tomate reportados por Paván (1995).

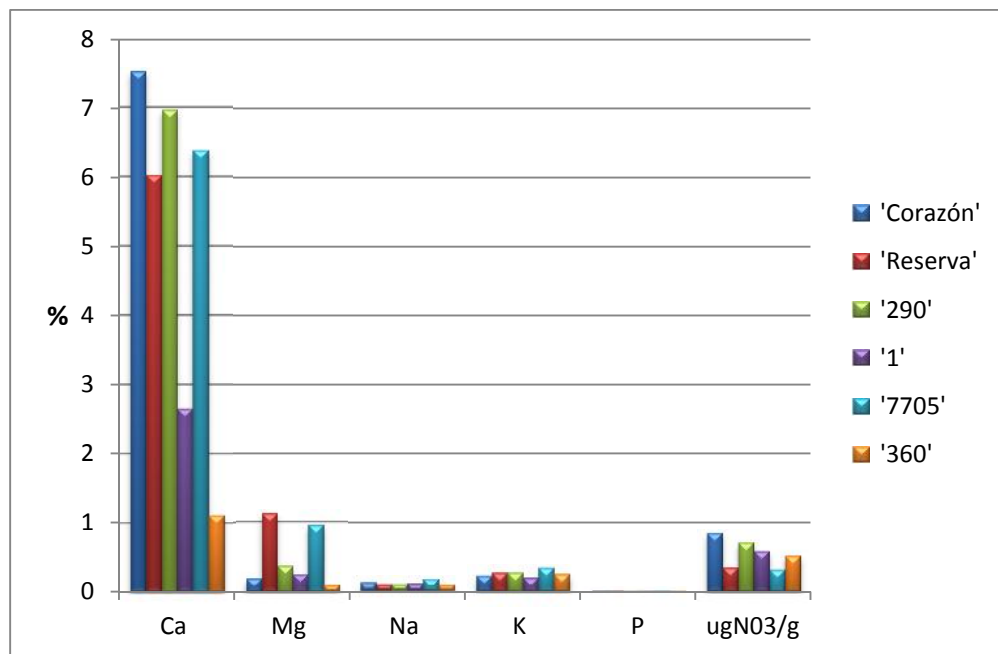


Figura 19. Análisis foliar de los cultivares.

Anexo 2. Principales estados productores de tomate a cielo abierto

El SIAP reporta que hasta julio de 2014 destacan 22 estados productores de tomate en sistema abierto, en el siguiente cuadro se enlistan de acuerdo a su productividad.

Cuadro 27. Principales estados productores de tomate

ESTADO	PRODUCTIVIDAD t·ha⁻¹
Querétaro	2.87.795
Oaxaca	147.025
Coahuila	146.569
Morelos	113.169
Baja California	75.900
Puebla	74.950
Guanajuato	72.412
Jalisco	69.311
México	58.855
Baja California Sur	51.350
Sinaloa	40.893
Colima	33.160
San Luis Potosí	31.787
Chiapas	30.701
Aguascalientes	26.00
Nayarit	25.966
Michoacán	22.501
Campeche	21.521
Guerrero	17.438
Quintana Roo	16.955
Hidalgo	16.802
Nuevo León	14.336

Fuente: (SIAP, 2014).

Anexo 3. Costo de producción de tomate por hectárea.

Semilla se utilizaron 23 mil * .50 centavos = 11,500.00

Germinación: se emplean 115 charolas de 200 cavidades cada una con un precio de 50 pesos nos da como resultado una inversión de 5,750.00

Preparación del terreno:

- Subsuelo: 600.00
- Barbecho: 850.00
- Rastra: 800.00
- Cama: 1,000.00

Fertilización de fondo: 8,000.00 y enmienda de estiércol 7,000.00. = 15,000.00

Riego: el precio del rollo de cintilla es de 2,350, se utilizaron 6 rollos lo que nos da una inversión de 13,800.00 su instalación tiene un costo de 5,000.00.

Acolchado: 6300 metros lineales/ 950 metros por rollo, se utilizaron 7 rollos con un precio cada uno de 1,300.00 lo que nos da un resultado de 9,100.00 y su instalación 1,000.00

Trasplante: los gastos dependen del personal que se contrate suponiendo que sean 10 jornales con una paga de 130.00 nos da un costo de 1,300.00.

Desinfección * trasplante es de 2,000.00 el gasto de trasplante a la cosecha por protección (fungicidas, insecticidas, manejo, nutrición, etc.) es de 30,000.00.

Cosecha se contrataron 40 personas, para realizar un corte cada 10 días teniendo un total de cuatro cortes es igual a: 160 personas * 150.00= 24,000.00

Inversión total: 121,700.00 por hectárea.

Anexo 4. Fotografías



Figura 20. Invernadero malla sombra.



Figura 21. Frutos de tomate maduros.



Figura 22. Poda de las plantas de tomate.



Figura 23. Identificación de los cultivares.



Figura 24. Ckaking radial en fruto de tomate del 'Reserva'.



Figura 25. Frutos del '7705'.



Figura 26. Frutos del 'Corazón'.



Figura 27. Evaluación de las plantas de tomate.



Figura 28. Cosecha de los frutos.