



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**PODA DE RACIMO Y EMPAQUE: INFLUENCIA
SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO
DE TOMATE**

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

YANET ELIZARRARAZ RÍOS

DIRECTOR:

DR. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

Chapingo, México, Junio, 2015.



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
CENTRO DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES



Tesis realizaba por **Yanet Elizarraraz Ríos**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

COMITÉ ASESOR

DIRECTOR



Dr. Jaime Sahagún Castellanos

ASESOR



Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez

ASESOR



Dra. María Teresa Martínez Damián

Chapingo, México, Junio de 2015

DATOS BIOGRÁFICOS

Yanet Elizarraraz Ríos nació en Abasolo, Guanajuato el 11 de agosto de 1988; vivió en el rancho “El Varal de Cabrera” donde cursó la primaria. Posteriormente ingresó a la secundaria la estudió en la Escuela Secundaria Técnica No. 9 en Pénjamo, Gto.

En 2003 inició sus estudios en la Universidad Autónoma Chapingo donde cursó la Preparatoria Agrícola y una vez concluida ingresó al Departamento de Fitotecnia. Realizó su estancia preprofesional en Acámbaro, Gto., periodo en que se desempeñó como encargada del área de siembra de plántulas y del área de inocuidad del invernadero y empaque en la comercialización de tomate en racimo en la empresa ‘Agronatural express’.

En 2011 obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia. El título de la tesis fue: “Producción de tomate para la comercialización en racimo”.

En 2013 fue aceptada para cursar los estudios correspondientes a la Maestría en Ciencias en Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Como requisito para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Horticultura defendió la presente investigación.

DEDICATORIA

“Con todo mi cariño y amor para las personas que me han apoyado para lograr mis sueños y mis metas. A ustedes por siempre mi amor y mi corazón”.

Mis padres.

“Por tu paciencia y comprensión, por sostener mi mano en cada momento para que hoy pudiera terminar con otro ciclo de mi vida. A ti con todo mi amor”.

Mi esposo. Angel.

“Con todo el amor y cariño. Para ti que haz iluminado mi vida y la haz cambiado de la mejor manera y que cada día la llenas con tus sonrisas”.

Mi hijo. Javier.

“A ustedes que siempre han estado a mi lado y me han brindado todo su apoyo. Con todo cariño”.

Mis hermanos. Rocio y J. Javier.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme cerrar otro ciclo como persona y ser cada día una persona mejor.

A Conacyt por brindarme la oportunidad para mejorar como estudiante y como persona.

Al Dr. Jaime Sahagún Castellanos quien me enseñó cómo ser una mejor estudiante y una persona más responsable. Gracias por su paciencia y apoyo durante estos dos años.

Al Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez por su apoyo, comprensión y paciencia para la realización de este trabajo.

A la Dra. María Teresa Martínez Damián Pérez por su apoyo, comprensión y paciencia para la realización de este trabajo.

Al M.C. Lucas Hernández por su apoyo dentro y fuera de la escuela, por su paciencia al ayudarme a terminar la maestría y por su gran amistad.

Al Ing. Cecilio quien me enseñó las técnicas del laboratorio para la realización de este proyecto.

A Miguel López quien me apoyó y me brindó la herramienta indispensable para la realización de este trabajo.

A David Márquez mi amigo de toda la vida y durante este periodo, mi disco duro que guardaba y respaldaba toda información.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. HIPÓTESIS	2
IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
4.1. Importancia del tomate en México	3
4.2. Poda de racimos.....	3
4.3. Calidad Poscosecha.....	5
4.4. Empaque de fruto	5
4.5. Madurez del fruto	7
4.6. Forma	8
4.7. Color.....	9
4.8. Sabor	9

4.10. Firmeza.....	10
4.11. Sólidos solubles.....	11
4.12. Fenoles.....	11
4.13. Carotenos y capacidad antioxidante	12
4.14. Vitamina C.....	14
V. MATERIALES Y MÉTODOS	15
5.1. Ubicación.....	15
5.2. Factores de estudio	15
5.2.1. Genotipos.....	15
5.2.2. Poda de racimos	16
5.2.3. Tipos de empaque	16
5.3. Diseño de tratamientos y diseño experimental.....	17
5.3.1. Caracteres evaluados	18
Evaluación en invernadero.....	18
Evaluación de caracteres de calidad poscosecha	20
5.4. Manejo agronómico	24
5.5. Análisis Estadístico	26
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
VII. CONCLUSIONES	51
VIII. LITERATURA CITADA.....	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de las líneas e híbridos de tomate evaluados en Chapingo. Chapingo, Méx., 2014.....	16
Cuadro 2. Concentraciones de macroelementos (meqL^{-1}) y microelementos (ppm) para el cultivo de tomate (Cadahia, 2000).	25
Cuadro 3. Cuadrados medios, estadísticos y niveles de significancia para variables de rendimiento, fruto y planta.....	28
Cuadro 4. Comparación de las medias de los genotipos para las variables de rendimiento y de planta.	31
Cuadro 5. Comparación de medias de los componentes de rendimiento, obtenidas con tres tipos de poda.....	32
Cuadro 6. Comparación de las medias obtenidas con las 27 combinaciones de 9 genotipos de tomate y 3 tipos de poda en el porcentaje de frutos comerciales.....	34
Cuadro 7. Contrastes de genotipos de tomate con frutos tipo ‘bola’ vs ‘saladette’ en 10 variables.	35
Cuadro 8. Correlaciones posibles entre las variables morfológicas, de rendimiento y físico-químicas.	37
Cuadro 9. Cuadrados medios, estadísticos y niveles de significancia de los 5 genotipos tipo bola evaluados en tres tipos de podas y dos empaques (clamshell y cajas de cartón).....	40

Cuadro 10. Comparación de medias de 5 genotipos de tomate de tipo bola para los 9 caracteres de calidad poscosecha.	43
Cuadro 11. Comparación de medias de dos tipos de empaque en los caracteres de calidad poscosecha.	44
Cuadro 12. Cuadrados medios, estadísticos y niveles de significancia para 4 genotipos de tomate con frutos tipo saladette manejados con 3 tipos poda. El empaque sólo se hizo en cajas de cartón.....	45
Cuadro 13. Comparación de medias de 4 genotipos de tomate tipo Saladette empacadas en cajas de cartón.....	46
Cuadro 14. Comparación de medias del efecto de podas en los genotipos de Saladette en cajas.....	47
Cuadro 15. Comparación de medias de peso de fruto de las 12 combinaciones de 4 genotipos tipo saladette y 3 tipos de poda.....	48
Cuadro 16. Cuadrados medios, estadísticos y niveles de significancia para licopeno y β -caroteno de nueve genotipos de tomate.....	49
Cuadro 17. Comparación de medias de las concentraciones de Licopeno y β -Caroteno en los genotipos.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura A 1. Tabla de clasificación de color (USDA, 1997).....	63
---	----

PODA DE RACIMO Y EMPAQUE: INFLUENCIA SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE TOMATE

PRUNING OF CLUSTER AND PACKAGING: INFLUENCE ON YIELD AND QUALITY OF TOMATO FRUIT

Yanet Elizarraraz Ríos¹; Jaime Sahagún Castellanos²

RESUMEN

Las podas, genotipos y empaques son factores que inciden indiscutiblemente en la productividad y vida poscosecha del fruto de tomate. Por ello, el objetivo de este estudio consistió en evaluar en siete variedades experimentales y dos comerciales, los efectos de tres niveles de poda en racimo y dos empaques sobre el rendimiento y las características de calidad poscosecha de fruto (color, firmeza, apariencia y caracteres fisicoquímicos). Los genotipos experimentales expresaron rendimientos semejantes a los comerciales. Con la poda sistemática aumentó el porcentaje del rendimiento comercial (4 %). El tipo de empaque para el caso de los frutos tipo bola no afectó la firmeza, capacidad antioxidante y contenido de vitamina C.

Palabras clave: Licopeno, β -caroteno, *Solanum lycopersicum* L., empaques.

ABSTRACT

Pruning, genotypes and packaging are factors that affect productivity and postharvest life of tomato fruit. Therefore, the objective of this study was to evaluate seven experimental materials and two commercial ones, the effects of three levels of cluster pruning and two packaging on yield, and fruit postharvest quality characteristics (color, firmness appearance and physicochemical characters). Experimental and commercial genotypes expressed similar yield. With systematic pruning the percentage of commercial yield increased (4 %). The type of packaging for ball tomato did not affect fruit firmness, antioxidant capacity neither vitamin C content.

Keywords: Lycopene, β -carotene, *Solanum lycopersicum* L., packaging.

¹Tesista de Maestría en Ciencias en Horticultura.

²Director de Tesis. Profesor-Investigador.

I. INTRODUCCIÓN

En México, la producción de hortalizas es de las actividades agropecuarias más redituables debido a la alta demanda que tiene en el mercado, nacional e internacional. En particular, destaca el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) del que se sembraron 48,234 ha en el año 2013, con valor de la producción de 15, 045,508,000 pesos (SIAP, 2015). Su trascendencia en el contexto económico del país reside en su aportación de divisas y en la generación de empleos en todas y cada una de las fases de su cadena productiva.

Dentro del manejo del cultivo existen factores que pueden afectar tanto al rendimiento de fruto comercial como sus componentes y a la calidad poscosecha; ejemplo de éstos son la poda de racimos y el tipo de empaque empleado durante su conservación. Esta información es primordial sobre todo en variedades experimentales, líneas o híbridos con posibilidades de registro como variedades comerciales. El empaque además de ser una presentación para el consumidor, tiene como finalidad reducir los daños físicos y conservar la calidad los frutos hasta su comercialización ya que esta calidad debe responder a necesidades y requerimientos del mercado. Estos caracteres son de gran importancia y deben ser considerados para la solución de nuevos cultivares dentro del mejoramiento genético.

II. OBJETIVOS

En este trabajo se estudiaron siete materiales experimentales de tomate (cinco líneas y dos híbridos) y dos híbridos comerciales. Además de la evaluación de estos materiales, los objetivos fueron evaluar los efectos de varios niveles de dos factores que tienen que ver con el manejo agronómico y la calidad poscosecha:

- a) Tres tipos de poda en racimo.
- b) Dos tipos de empaque

III. HIPÓTESIS

Debido al avance genético de los materiales evaluados y a la información que se conoce sobre podas y empaques, se espera identificar genotipos que tengan características sobresalientes en producción y calidad poscosecha.

IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. Importancia del tomate en México

En el 2013, en México los tipos de tomate más importantes producidos en agricultura protegida son: Bola (237,076 toneladas), Saladette (223,523 toneladas), y lo que se denomina especialidades, constituidas por los tipo Cherry (1,596 toneladas). Los principales estados productores son Sinaloa (983,288 toneladas) y Baja California [(196,452 toneladas) (SIAP, 2015)].

Para analizar el rendimiento de una planta es necesario el estudio de sus componentes directos. En el caso del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) son: densidad de plantación, número de frutos por planta, número de frutos por racimo, peso de fruto, diámetro polar y ecuatorial del fruto (Ho y Hewitt, 1986; Santiago *et al.*, 1998; Rashidi *et al.*, 2009).

Peil *et al.* (2004) señalan que el rendimiento económico del cultivo es el resultado de la combinación entre el número de frutos cosechados por unidad de área y sus tamaños individuales. El tamaño del fruto es un factor importante y debe ser lo más uniforme durante todo el ciclo de producción; esto se puede lograr con el raleo de racimos dejando un número fijo de frutos.

4.2. Poda de racimos

En tomate, la variedad y el número de frutos por racimo afectan el peso del fruto. La poda de frutos por racimo puede ayudar a disminuir la competencia y aumentar el peso del fruto (Hanna, 2009).

Se pueden distinguir dos tipos de poda: el raleo sistemático que conserva un número fijo de frutos y elimina los inmaduros mal posicionados (racimo en forma de espina de pescado). El segundo tipo es el aclareo selectivo realizado sobre frutos específicos, dañados por insectos, deformes y los de tamaño pequeño (Rodríguez *et al.*, 2006).

En variedades con frutos tipo 'Bola', con 4, 6 u 8 frutos por racimo se obtienen ventajas y desventajas de cualquiera de éstos. En este caso es recomendable valorar los requerimientos del mercado. Con 4 y 6 frutos se obtiene excelente calidad (primera) en los racimos formados, mientras que con 8 frutos se obtiene mayor rendimiento pero frutos con menor tamaño [principalmente de segunda calidad] (Saglam y Yazgan, 1999).

Varios informes confirman los beneficios de la poda en el rendimiento de tomate. Papadopoulos (1991) recomienda el raleo de los dos primeros racimos a tres frutos y cuatro para los siguientes. Snyder (2001) recomienda mantener de tres a cinco, eliminando aquellos de menor tamaño. Maboko *et al.* (2011) obtuvieron los mejores frutos comerciales en plantas que no sufrieron poda y que produjeron 6 frutos por racimo. Aunque con 4 y 6 se obtienen mejores rendimientos.

Si la variedad tiene la capacidad de producir altos rendimientos de frutos grandes, y esto es el objetivo del productor, se recomienda dejar de tres a cuatro frutos. La poda de racimos se debe realizar una vez por semana. De esta manera se selecciona los frutos que se desea y los que se van a quitar (Hochmuth, 1991). El principal beneficio de la poda es un tamaño de fruto más grande y para algunas variedades un aumento en el rendimiento total.

4.3. Calidad Poscosecha

La calidad poscosecha de un producto se define por su vida de anaquel, sus cualidades organolépticas y nutraceuticas, y su apariencia en el momento de la compra (Dorais y Papadopoulos, 2001).

La calidad de tomate fresco depende de la apariencia, el color, textura y el sabor. La calidad óptima se logra conforme la madurez se alcanza. Los tomates son consumidos generalmente en máxima calidad organoléptica, que tiene lugar cuando alcanzan un color rojo, antes de un ablandamiento excesivo (Radzevicius *et al.*, 2008). Pero los tomates maduros son perecederos y muy lábiles a daños de transporte que acelera la pérdida de calidad.

La calidad depende de la variedad, las condiciones del cultivo y la posición de los frutos en el racimo, pero los datos disponibles son limitados para apoyar estas afirmaciones, particularmente si la producción ocurre en invernadero (Sahlin *et al.*, 2004).

4.4. Empaque de fruto

Los envases para la conservación del fruto desde su cosecha hasta su venta al consumidor pueden estar fabricados con diferentes materiales: madera, cartón y plásticos diversos, y también con una amplia gama de tamaños y modelos: cajas, bandejas, cestas, platonos, etc. (Riquelme, 2001).

Nasrin *et al.* (2008) señalan que debido a la falta de información sobre los tratamientos adecuados durante poscosecha, los frutos pierden sus atributos de calidad, debido a que los esfuerzos de investigación han contribuido a aumentar la producción, sin considerar la reducción de los daños para mejorar la vida de anaquel y lograr los mayores beneficios.

El factor más importante en el mantenimiento de los indicadores de la calidad, particularmente de la vida útil de frutas y hortalizas después de la cosecha, es la temperatura, ya que influye directamente en el metabolismo e indirectamente en la estructura celular (Saltviet, 2005 y Tano *et al.*, 2007). Otros componentes que determinan la calidad de la fruta son el color, textura, tamaño y propiedades organolépticas (Saltviet, 2005).

Muchas frutas y verduras se pueden mantener varias semanas o incluso meses en almacenamiento refrigerado. Sin embargo, la extensión de la vida útil se logra reduciendo la velocidad de maduración utilizando empaques, ya que una fruta cosechada continúa respirando, madurando en algunos casos e iniciando los procesos de senescencia, por lo tanto los niveles de dióxido de carbono y oxígeno dentro del empaque cambian con el tiempo debido a la respiración de la fruta y a la permeabilidad de la película (Ali y Thompson, 1998).

La formación y mantenimiento del ambiente óptimo para lograr este beneficio se basa en envases con películas de plástico conocidos como empaques en atmósfera modificada.

El empaque puede crear atmósferas de gas modificadas alrededor del producto que disminuyen su respiración, y de esta manera prolonga la vida de anaquel al reducir también los procesos metabólicos asociados con la maduración o senescencia (Kader *et al.*, 1989). La pérdida de peso se puede reducir significativamente y los frutos son más firmes que los tomates no empacados. La fiabilidad del empaque en atmósfera modificada depende del control riguroso de la temperatura (Tano *et al.*, 2007).

4.5. Madurez del fruto

La producción de etileno y maduración se inicia en tomates en estado 'verde maduro' (se presenta una ruptura del color verde a un amarillo o rosado en un 10 % en la base del fruto), lo que genera la degradación del tejido. A partir de ahí la maduración ocurre desde placenta a la columnela, con el primer signo visible de color (Elhadi y Brecht, 2012).

Durante la maduración del fruto ocurre una serie de cambios fisiológicos y bioquímicos altamente ordenados. Los cambios bioquímicos, tales como un aumento en la respiración, la degradación de la clorofila, la biosíntesis de carotenoides, la degradación de almidón y el aumento en la actividad enzimática que degradan la pared celular produce cambios en el color, la firmeza y el desarrollo de aromas y sabores (Grierson y Kader, 1986).

Los frutos cosechados en madurez fisiológica requieren de pocos días a un par de semanas, dependiendo de la temperatura de almacenamiento y el manejo poscosecha, para alcanzar una madurez comercial. La calidad y el sabor son características importantes y alcanzan sus niveles altos en los frutos que maduran en la planta (Zambrano *et al.*, 1995).

La madurez del tomate puede ser relacionada con parámetros cuantificables que reflejen los cambios bioquímicos durante la maduración. Por ejemplo, la firmeza está altamente asociada con el color de la superficie y ambos caracteres son importantes para el consumidor al momento de elegir el producto (Ali y Thompson, 1998). El tomate es cosechado normalmente en diferentes estados de madurez, como el verde maduro, media maduración y el rojo maduro (Castilla, 2001 y Moneruzzaman *et al.*, 2009). Frutos con madurez avanzada se envían a los mercados locales y los frutos menos maduros a mercados más distantes (Salviet, 2005).

4.6. Forma

La forma es un criterio que a menudo distingue cultivares particulares de los frutos. Estos pueden ser redondos, achatados o alargados. Además de estos términos la relación de los diámetros ecuatorial y polar puede ser usada como un índice de la forma (Kader, 1984; Castilla, 2001; Elhadi y Brecht, 2012).

4.7. Color

Es un proceso gradual, que inicia con la degradación de la clorofila y la acumulación de licopeno durante el desarrollo (Azcon y Talón, 2000; Saltviet, 2005).

El color es un indicador importante en la determinación de la calidad (Saltviet, 2005). Sin embargo, el color varía entre cultivares, incluso en la misma etapa de madurez (Grierson y Kader, 1986).

En la comercialización del tomate, excluyendo el tamaño de los frutos, el factor más importante en la aceptación es el color (Riquelme, 2001).

4.8. Sabor

El sabor es muy importante como un componente de calidad. Es la percepción de muchos constituyentes de sabor y aroma, y se ve afectado por varios factores (Elhadi y Brecht, 2012).

El sabor característico en los frutos comestibles es el resultado de la producción de compuestos volátiles durante la maduración y la maceración (Grierson y Alexander, 2002).

Una relación en equilibrio entre el ácido y el azúcar son necesarios para un mejor sabor (Elhadi y Brecht, 2012). Los niveles altos de acidez y niveles bajos de azúcares producirán tomates agrios, y bajos niveles de ácidos y altos niveles de azúcares resultarán en frutos con un sabor dulce. Mientras que con bajos niveles de ácidos y azúcares los tomates serán insípidos (Zambrano *et al.*, 1995 y Nuez, 2001).

4.10. Firmeza

Un factor adicional de aceptación por el consumidor, que está ligado a la evolución de la maduración, es la consistencia de los frutos, que se percibe por el tacto entre los dedos y durante la masticación (Riquelme, 2001).

Los cambios en la firmeza están altamente asociados con características de la apariencia superficial de los tomates (Yang y Chinnan, 1988). Además de que puede variar entre cultivares; son más blandos, en general, los multiloculares que los biloculares. La firmeza está, obviamente, influida por el estado de madurez y por las condiciones del cultivo (Castilla, 2001). La preferencia en el mercado es que los frutos sean firmes y que no pierdan tanto jugo al ser rebanados (Elhadi y Brecht, 2012).

La reducción de la consistencia en los frutos es consecuencia de la actividad de la enzima poligalacturonasa sobre las pectinas y las paredes celulares provoca cambios en las características de los tejidos que conducen al ablandamiento (Riquelme, 2001).

Una medición objetiva de la firmeza es cuando se mide la resistencia a la fuerza de penetración (Barret *et al.*, 1998). Batu (2004) define dos posibles límites mínimos de firmeza 1.45 N mm^{-1} para comercialización y 1.28 N mm^{-1} para el consumo directo.

Existen genes mutantes que afectan la velocidad de ablandamiento. El gen Nr (alelo dominante) la actividad de PG es bajo, por lo tanto, se mantienen firmes durante más tiempo.

Los mutantes recesivos, el gen *rin* (localizado en el cromosoma 5) y el gen *nor* (localizado en el cromosoma 10) afectan la síntesis de carotenoides, la vida de anaquel y el ablandamiento. Debido a que la actividad de la poligalacturonasa se encuentra a bajas concentraciones los frutos se mantienen firmes durante periodos más prolongados (Chamarro, 2001).

4.11. Sólidos solubles

Los sólidos solubles están compuestos principalmente por azúcares y ácidos solubles en agua presentes en los jugos de las células de una fruta (Tanksley y Hewitt, 1988).

Los azúcares principales en el tomate son glucosa y fructosa. Representan alrededor del 65 % de los sólidos solubles totales del fruto maduro (Chamarro, 2001).

4.12. Fenoles

Los fenoles son compuestos orgánicos aromáticos que contienen el grupo hidroxilo como su grupo funcional. La mayor parte de los compuestos fenólicos de las plantas derivan de la fenilalanina por la eliminación de una molécula de amonio para formar ácido cinámico (Taiz, 1998).

La biosíntesis de las estructuras fenólicas se efectúa por dos rutas metabólicas, la del ácido shikimico y la de los policétidos. La primera, mayoritaria en las plantas superiores, parte de la eritrosa-4-fosfato y del ácido fosfoenolpirúvico y conduce vía el ácido shikimico a la formación de los aminoácidos aromáticos y los derivados del fenilpropanoides. En la ruta de los policétidos, la condensación de unidades de acetato forma cadenas policéticas que, posteriormente, por ciclación, dan origen a una diversidad de compuestos aromáticos (Azcon y Talón, 2000).

Existen los componentes principales del tomate, se encuentran los flavonoides. Éstos han sido confirmados como un grupo de polifenoles que confiere beneficios antioxidantes (Luthria *et al.*, 2006).

4.13. Carotenos y capacidad antioxidante

La biosíntesis de carotenoides y su regulación durante el desarrollo y maduración del fruto del tomate es un proceso complejo que se produce junto con la diferenciación de cloroplastos en cromoplastos y los cambios en las propiedades organolépticas del fruto (Bramley, 2002).

El proceso de maduración en los frutos de tomate va acompañado por un rápido aumento en el contenido de caroteno, y con una disminución aproximada de 10 veces el nivel de xantófilas sobre el contenido total de carotenoides, debido principalmente a la acumulación de licopeno (Fraser *et al.*, 1994). La estructura interna de los tilacoides se altera cuando comienza la maduración del fruto, los niveles de proteínas cloroplásticas descienden y se reemplazan por nuevas proteínas, formando el cromoplasto. Cuando los carotenoides se acumulan, el fruto toma primero una coloración naranja y, posteriormente, roja con la deposición del licopeno (Azcon y Talón, 2000).

Los carotenoides también están presentes en los frutos antes de la maduración. Su síntesis continúa durante la maduración del tomate (Azcon y Talón, 2000). Los niveles de carotenoides en los frutos y en los productos a base de tomate dependen de una serie de factores como el genotipo, el grado de madurez, el clima, las condiciones del cultivo, tipo de procesamiento, etc. (Borghesi *et al.*, 2011).

Los antioxidantes son sustancias que actúan protegiendo al cuerpo humano de la acción de radicales libres (Hong *et al.*, 1996; Gutiérrez *et al.*, 2007). La mayor parte de la capacidad antioxidante en tomate se la proporciona el contenido de vitamina E, C y carotenos, así como diferentes polifenoles (Hong *et al.*, 1996).

Los flavonoides han sido confirmados como un grupo de polifenoles importantes en conferir beneficios antioxidantes (Stewart *et al.*, 2000).

Leonardi (2000) y Zora *et al.* (2011) mencionan que el contenido de antioxidantes en el tomate depende de muchos factores, sobre todo de la variedad, el grado de madurez y las condiciones del cultivo. Estos antioxidantes existen en la naturaleza en combinación, y en combinación es como cooperan sobre la actividad antioxidante total.

Los principales antioxidantes en el tomate son el licopeno y el β -caroteno (Zora *et al.*, 2011).

En licopeno, la biosíntesis tiene lugar en el interior de los plastidios. La estructura química de los carotenoides es un factor determinante de sus propiedades biológicas (Periago *et al.*, 2001). Durante la maduración del fruto hay un aumento de la síntesis de licopeno así como la formación de pequeñas cantidades de β -caroteno a expensas de licopeno (Ronen *et al.*, 2000). Los efectos benéficos del licopeno se derivan de la capacidad de secuestrar radicales libres, siendo además este efecto superior al detectado en otros carotenoides (Periago *et al.*, 2001).

4.14. Vitamina C

El contenido de vitamina C en tomate puede ser influenciado por varios factores como diferencias genotípicas, condiciones climáticas en precosecha y prácticas culturales, métodos de madurez y cosecha, y procedimientos de manejo poscosecha (Abdulnabi *et al.*, 1997; Lee y Kader, 2000).

Berger *et al.* (1996) indicaron que el alto nivel del contenido de vitamina C es heredable y puede ser transferido a variedades de tomate. Sin embargo se tienen resultados en cultivares con altas concentraciones y bajos rendimientos así también se ha observado que entre más grande sea el fruto, menor es el contenido (Dumas *et al.*, 2003). En tomate la vitamina C aumenta conforme se va dando la maduración (Salviet, 2005).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación

La presente investigación se llevó a cabo en el proyecto de Mejoramiento Genético de Jitomate para Invernadero del Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) durante los años 2013 y 2014.

El invernadero, tipo “full vent”, de 1,000 m² de superficie de planta, con tecnología de producción intermedia, semi automatizado, cubierto con polietileno calibre 600, 60 % de transmisión de luz, ventilas frontales, laterales y superiores protegidas con malla antiáfido 25x40. El sistema de producción fue en hidroponía con espuma volcánica (tezontle rojo) como sustrato, con partículas menores a 3 mm de diámetro. Se usaron bolsas de polietileno negro con capacidad de 15 litros.

5.2. Factores de estudio

5.2.1. Genotipos

Se establecieron 5 líneas experimentales (76 H, 51, 52, 3 y 47) y dos híbridos experimentales (60x9 y 1x3); así como dos híbridos comerciales (El Cid F₁ y Cedral F₁).

Las características de los genotipos evaluados aparecen en el Cuadro 1; con el fin de incrementar semilla durante el 2013 se establecieron en invernadero las 5 líneas y los progenitores de los híbridos 60x9 y 1x3. Fueron realizadas las cruzas para la obtención de híbridos y se incrementó la semilla de las líneas.

Las semillas se obtuvieron mediante extracción y fermentación en jugo del fruto durante 3 días; posteriormente fue lavada y secada al ambiente.

Cuadro 1. Características de las líneas e híbridos de tomate evaluados en Chapingo. Chapingo, Méx., 2014.

Genotipos	Tipo	Hábito	Fruto
76 H	Línea experimental	Indeterminado	Bola
52	Línea experimental	Determinado	Bola
51	Línea experimental	Determinado	Bola
47	Línea experimental	Indeterminado	Saladette
3	Línea experimental	Indeterminado	Saladette
1X3	Híbrido experimental	Indeterminado	Saladette
60X9	Híbrido experimental	Indeterminado	Bola
Cid	Híbrido comercial	Indeterminado	Saladette
Cedral	Híbrido comercial	Indeterminado	Bola

5.2.2. Poda de racimos

Entre 30 y 35 días después del trasplante se realizaron dos tipos de poda y la ausencia de esta práctica a los racimos de cada genotipo: 1) sistemática, utilizada para dejar 6 frutos para los de tipo saladette y 4 para los tipo bola, consistió en dejar los frutos con tamaño uniforme o en forma descendente y con madurez gradual 2) selectiva, que consistió en quitar el fruto dañado o mal posicionado. Las podas de racimos se estuvieron realizando cada 8 días.

5.2.3. Tipos de empaque

Se evaluaron dos tipos de empaque para el fruto de tomates tipo 'bola' (Clamshell y cajas de cartón). En el caso de fruto tipo 'saladette' sólo se consideraron cajas de cartón.

5.3. Diseño de tratamientos y diseño experimental

De marzo a septiembre de 2014 se evaluaron 27 tratamientos, producto de las combinaciones de los niveles de los factores genotipos (9) y podas (3). La parcela experimental ocupó 8.4 m² y consistió de 14 macetas, con dos plantas por maceta, lo cual correspondió a una densidad de plantación fue de 3.3 plantas por metro cuadrado. En este factorial no se incluyó el factor 'empaquetado' porque sus dos niveles sólo se aplicaron a las variedades tipo bola y este factor fue considerado después de la cosecha del fruto.

En el caso de las variedades de tomate tipo 'bola' exclusivamente, los datos se analizaron según un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones con arreglo en parcelas subdivididas. En las parcelas grandes se asignaron los nueve genotipos; en las parcelas medianas los tres tipos de poda, en las parcelas chicas los dos tipos de empaque. Esto hizo un total de 30 combinaciones de niveles.

En el caso de las variedades tipo 'Saladette' el diseño experimental fue un bloques completos al azar con tres repeticiones y con arreglo en parcelas divididas. En las parcelas grandes se asignaron los genotipos y en las parcelas chicas los tipos de poda. Esto dio un total de 12 combinaciones de niveles.

Para la evaluación de licopeno y β -caroteno el diseño experimental considerado fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. Sólo se hizo un tipo de poda, la sistemática.

Los caracteres evaluados en laboratorio, pH, color, firmeza, sólidos solubles, vitamina C, capacidad antioxidante, fenoles, licopeno y β -caroteno se registraron a partir de una muestra de tres frutos de la unidad experimental.

5.3.1. Caracteres evaluados

Evaluación en invernadero

Los caracteres evaluados se registraron en los primeros cinco racimos a partir de frutos cosechados en grado “Quebrante” (Significa que hay una interrupción distinta en el color de verde hasta amarillo, rosado o rojo en no más del 10 % de la piel) y “rojo” (Más del 90 % de la superficie del fruto muestra una coloración roja) (Figura A1).

Altura al primer racimo (APR, en cm). Promedio de 5 plantas, medida desde la base del sustrato hasta la inserción del primer racimo.

Número de frutos comerciales por metro cuadrado (NFC). De acuerdo a la norma la norma oficial de productos alimenticios no industrializados para el consumo humano (NMX-FF-031-1997-SCFI) son frutos enteros, sanos (sin podredumbre o deterioro), limpios y sin material extraño; prácticamente exentos de plagas y daños causados por las mismas.

Peso de frutos comerciales (PFC, en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$). Frutos con las características antes mencionadas. Con un peso ≥ 100 g para frutos de tipo ‘bola’ y ≥ 70 g para los frutos de tipo ‘saladette’.

Número de frutos no comerciales por metro cuadrado (NFNC). Frutos que no cumplieron con los requisitos mínimos anteriormente descritos.

Peso de frutos no comerciales (PFNC, en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$).

Rendimiento comercial (RC, en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$). Peso total de frutos comerciales.

Número total de frutos comerciales por metro cuadrado (NTFC). Número total de frutos comerciales.

Rendimiento total (RT, en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$). Total de peso de frutos comerciales y no comerciales.

Número total de frutos por metro cuadrado (NTF). Número total de frutos comerciales y no comerciales.

Porcentaje del rendimiento comercial (PRC). Respecto al rendimiento total.

Porcentaje de frutos comerciales (PFC). Respecto al Número total de frutos.

Diámetro polar y ecuatorial del fruto (DP y DE, en cm). Promedio de tres frutos. Se determinaron con un vernier.

Índice de Redondez (IR). De acuerdo con la norma oficial de productos alimenticios no industrializados para el consumo humano (NMX-FF-031-1997-SCFI), la forma se determinó con el índice obtenido de dividir el diámetro polar entre el diámetro ecuatorial.

Diámetro de tallo (DT, en cm). Promedio de los diámetros de 5 plantas.

Número de entrenudos (NE, por metro lineal). Promedio de entrenudos de 5 plantas.

Evaluación de caracteres de calidad poscosecha

Los frutos del segundo racimo se cosecharon manualmente en grado de madurez dos 'Quebrante' (Figura A1) para la evaluación poscosecha a partir de los 80 días después del trasplante.

Se muestrearon 3 frutos por unidad experimental (parcela chica). Los frutos de los cinco genotipos tipo bola se colocaron en cajas de cartón y clamshell, mientras que los de tipo saladette sólo en cajas de cartón. Una vez alcanzado el índice de madurez 'Rojo' o etapa 6 (Figura A1) se realizaron evaluaciones en las siguientes variables:

Color (L^* , C^* y h^*). Se les determinó el color con un espectrofotómetro de esfera (X-Rite modelo SP62) en 3 frutos y se registraron los valores L^* (describe la luminosidad), C^* (describe la pureza o saturación de hue) y h^* (forma en la que se percibe el color 'rojo, naranja, verde, azul, etc.).

Peso de fruto (PF, en gramos). Se registró el peso promedio de 3 frutos.

Firmeza (FIR, en $N \cdot mm^{-1}$). Se utilizó un penetrómetro (Marca Chatillon, modelo DFE). Para realizar la lectura de la firmeza, al fruto se le introdujo el puntal del penetrómetro. Cuando el émbolo alcanzó una profundidad determinada marcada por una incisión en el puntal, se observó el valor.

Sólidos solubles (SS, °Brix). Se midió con un refractómetro digital (marca ATAGO modelo PAL-1), con una escala de °Brix (0 a 53 %). La medición se hizo en unas gotas de jugo de cada fruto.

Acidez titulable (ACI, en %). Se determinó de acuerdo con la metodología propuesta por la AOAC (1980) con modificaciones. De cada fruto se tomaron 10 gramos y se les agregó 50 ml de agua destilada, se licuó y se midió el volumen final.

Posteriormente, se tomaron 10 ml y se le agregaron 2 gotas de azul de timol como indicador y se tituló con Hidróxido de sodio 0.1 N. Los resultados fueron expresados en porcentaje de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de acidez respecto al ácido cítrico} = \frac{ml \text{ NaOH} * N * Meq * V * 100}{\text{peso de la muestra} * \text{alícuota}}$$

Donde:

N= Normalidad de NaOH

V= Volumen total (ml del extracto)

Meq= 0.064

$$Meq = \frac{PM \text{ ácido cítrico}}{Valencia \text{ del ácido} * 1000}$$

Donde:

PM= Peso molar del ácido cítrico= 192.1 y Valencia= 3

pH: Se determinó con un potenciómetro (marca Conductronic modelo PC 45).

Vitamina C (VIT, en mg de ácido ascórbico·100 g⁻¹ de peso fresco). Se evaluó con el método de Jagota y Dani (1982) con modificaciones. Se homogenizó 5 g de tomate en 5 ml de ácido tricloracético, y se mantuvo en hielo por 5 minutos. Posteriormente se centrifugaron en una ultracentrífuga refrigerada (marca Dupont instruments, modelo Sorvall rc-5b) a 1600 rpm durante 20 minutos.

Se utilizó una alícuota de 600 µl diluida en 3.4 ml de agua bidestilada y 400 µl de folín ya diluido 10 veces, después se dejó reposar durante 10 minutos y finalmente se determinó su concentración por espectrofotometría en un espectrofotómetro (marca Thermo Scientific, modelo Genesys 10uv) a 760 nm. Se realizó una curva estándar para obtener la ecuación ajustada por regresión $y = -0.0481x - 0.0537$ con $r^2 = 0.99$. Donde: Y= Absorbancia de la muestra y X= Concentración conocida del ácido ascórbico.

Capacidad antioxidante (CAP, en mg.100 g⁻¹ de peso fresco). Se determinó con el Método modificado 2,2-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS). Se pesó 1 g de muestra y se agregó 5 ml de alcohol etílico, después se homogenizó en un homogenizador (marca IKA, modelo T25) y se refrigeró durante 12 horas.

En tubos de fondo plano se colocaron 100 µl de muestra y 3.9 ml de buffer acetato, posteriormente se dejó reposar durante dos horas en la oscuridad y se determinó su concentración por espectrofotometría en un espectrofotómetro (marca Thermo Scientific, modelo Genesys 10uv) a 734 nm.

Después se realizó una curva estándar para obtener la ecuación por regresión $y = -0.1574x + 0.7814$ y $r^2 = 0.95$. Donde: Y= Absorbancia de la muestra y X= Concentración conocida del ácido ascórbico.

Fenoles (FEN, en mg.100 g⁻¹ de peso fresco). Con el Método de Folin y Ciocalteu con modificaciones, se pesó 1 g de muestra y se agregaron 5 mL de alcohol etílico, después se homogenizó en un homogenizador (marca ICA, modelo T25) y se refrigeró durante 12 horas. Posteriormente se aforó a 10 ml con 500 µl de muestra, agua destilada 7.5 ml, 500 µl de folin y 1.5 ml de carbonato. Se determinó su concentración por espectrofotometría en un espectrofotómetro (marca Thermo Scientific, modelo Genesys 10uv) a 760 nm. Después se realizó una curva estándar para obtener la ecuación por regresión $y=0.1551x-0.1955$ y $r^2= 0.99$. Donde: Y= Absorbancia de la muestra y X= Concentración conocida del ácido tánico.

Vida de anaquel (VID, días). Se evaluó a partir del grado de madurez 2 ‘Quebrante’ (Figura A1). Se determinó la duración (días) de los frutos en cajas de cartón y clamshell en condiciones de firmeza y apariencia adecuada para la comercialización. Los frutos estuvieron bajo condiciones de temperatura ambiente hasta que obtuvieron el grado de madurez 6 ‘Rojo’ (Figura A1).

Licopeno y β-carotenos (LIC y β-CAR, mg·100 g⁻¹ de peso fresco). Se determinaron por el método de Sadler *et al.* (1990) con modificaciones. Se pesaron 20 g de fruto de tomate. Se molió con agua destilada en una licuadora para formar una pasta; posteriormente se secó dentro de una estufa a 60 °C envuelta en papel aluminio para proteger de la luz.

Se pesó 0.1 g y se colocó en tubos envueltos en papel aluminio con 30 ml de una mezcla solvente polar y no polar para la separación del pigmento en la proporción 50:25:25 de hexano, etanol y acetona. Después se agitaron durante 10 minutos y se le adicionó 18 ml de agua destilada y se volvió a agitar durante 5 minutos. Finalmente, se separaron en 2 fases (acuosa y orgánica), se tomó la fase orgánica que contiene el licopeno y el β -caroteno y se midió el volumen. Se determinó su concentración por espectrofotometría en un espectrofotómetro (Thermo Scientific, modelo Genesys 10uv) con longitud de onda de 470 nm para licopeno y 450 para β -carotenos.

La concentración de licopeno y β -caroteno se calculó mediante la fórmula (Inbaraj y Chen, 2008):

$$\mu g \text{ de caroteno } / g = \frac{Abs. * V * 10^6}{E_{1\text{ cm}}^{1\%} * 100 * W}$$

Donde:

V= Volumen de la fase orgánica que tiene el licopeno o β -caroteno.

$E_{1\text{ cm}}^{1\%}$ = Coeficiente de extinción molar; Licopeno= 3450 y β -caroteno= 2580.

W= Peso seco de la muestra (0.1g).

5.4. Manejo agronómico

La siembra de las líneas e híbridos se realizó el 22 de Febrero del 2014 en charolas de poliuretano de 200 cavidades con peat-moss como sustrato.

Desde la siembra de las semillas hasta la emergencia de las plántulas se regó sólo con agua. En la segunda semana se regó con la solución nutritiva propuesta por Cadahia (2000) (Cuadro 2) a un 50 % de su concentración. El trasplante se realizó a los 35 días después de la siembra (29 de Marzo) en macetas con tezontle como sustrato. Se comenzaron a regar con el 100 % de la concentración de la solución nutritiva.

Se utilizó un sistema de riego de goteo en un sistema hidropónico abierto. El volumen de agua aplicado se ajustó al requerimiento de las plantas según las condiciones ambientales y etapa fenológica del cultivo, con un drenaje de alrededor del 10 % para evitar acumulación de sales.

Cuadro 2. Concentraciones de macroelementos (meqL^{-1}) y microelementos (ppm) para el cultivo de tomate (Cadahia, 2000).

Cationes	Aniones			
	NO_3	H_2PO_4	SO_4	Total
K^+	5	2	2	9
Ca^{++}	10	0	0	10
Mg^{++}	0	0	3	3
Total	15	2	5	22

Concentración de microelementos: 2 ppm de Fe, 1 ppm de Mn, 0.1 ppm de Cu, 0.1 ppm de Zn, 0.5 ppm de B y 0.05 ppm de Mo. pH: 5.7 y C.E. $3.0 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$

El tutorado de plantas se realizó a los 10 días después del trasplante. Las plantas se condujeron a un solo tallo mediante la poda de brotes laterales.

La polinización fue realizada diariamente antes del mediodía a partir de los 25 días. Se agitaban las plantas con ayuda de una sopladora con la finalidad de aumentar el porcentaje de flores polinizadas y por consiguiente un mayor número de frutos cuajados por racimo

Control de plagas

Se presentaron plagas con baja incidencia como el gusano del fruto, gusano trozador, mosquita blanca, trips y otros chupadores. Para el control se colocaron trampas de color amarillo con resina, además de control químico.

Control de enfermedades

Se presentaron enfermedades como el tizón tardío (*Phytophthora infestans*), moho gris (*Botritis cinerea*), tizón temprano (*Alternaria solani*), cenicilla (*Leveillula taurica*) y mancha de la hoja (*Septoria lycopersici*). Se utilizó un control químico.

5.5. Análisis Estadístico

Se hicieron los análisis de varianza y las comparaciones de medias correspondientes (Tukey $\alpha=0.05$). Además, para cada par de variables se determinó la significancia estadística de su correlación de Pearson. Todo se hizo con el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0. Para las variables de invernadero se compararon genotipos de tipo saladette (1X3, 3, 47 y Cid) vs tipo bola (60X9, 52, 51, 76H y Cedral) mediante la técnica de contrastes.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Variables morfológicas y de rendimiento.

Los análisis de varianza (Cuadro 3) detectaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre medias de genotipos en rendimiento comercial, número total de frutos comerciales, rendimiento total, número total de frutos, porcentaje del rendimiento comercial, porcentaje de frutos comerciales, altura al primer racimo, diámetro polar, diámetro ecuatorial del fruto y diámetro del tallo. Esto implica que hay variabilidad genética en las variables de planta y de producción. Respecto a las podas, sólo se encontró significancia estadística en el número de frutos comerciales, el porcentaje de rendimiento comercial, el porcentaje de frutos comerciales y el diámetro polar del fruto. Finalmente, la interacción genotipo x poda fue significativa solamente en el porcentaje de frutos comerciales.

Los coeficientes de variación correspondientes al error de parcela grande (genotipos) para las variables morfológicas y de rendimiento oscilan entre 4.7 y 16.2 % y de 11.1 a 27.3 %, respectivamente. Para el error de parcela chica (poda) los coeficientes varían de 4 a 8.4 % y de 3.9 a 18.3 %, respectivamente. Los coeficientes de variación más altos son los de parcela grande, y respecto a variables es en el rendimiento donde estos coeficientes de variación son mayores, como sucede comúnmente con esta variable.

Cuadro 3. Cuadrados medios, estadísticos y niveles de significancia para variables de rendimiento, fruto y planta.

FV	GL	APR	RC	NTFC	RT	NTF	PRC	PFC	DE	DP	DT	IR	NE
BLOQUE	2	16.8 *	4.7	98	9.2	265	3.4	19.0	0.1	0.4	0.05 *	0.001	0.4
GEN	8	251.4 **	90.1 **	2644 **	80.2 **	5624 **	411.5 **	831.2 **	37.6 **	2.9 **	0.20 **	0.831 **	12.5 **
ERROR (A)	16	3.0	8.2 *	197 *	7.4	100	963.2 **	175.3 **	0.6 **	0.3 **	0.05 **	0.003	3.0 **
PODA	2	7.4	0.2	201	3.1	2008 **	149.4 **	484.1 **	0.0	0.3 *	0.01	0.01	1.3
GENXPOD	16	3.9	1.9	81	2.7	213	24.9	49.3 **	0.1	0.1	0.002	0.004	0.9
ERROR (B)	36	3.4	3.7	84	4.1	116	15.8	9.3	0.1	0.1	0.01	0.001	0.7
TOTAL	80												
MEDIA		36.8	10.5	61.9	11.9	80.3	87.9	79.0	7.2	6.6	1.4	1	13.8
CV(A)		4.7	27.3	23	22.9	12	11.1	16.7	10.9	7.6	16.20	5.5	12.5
CV(B)		5.0	18.3	14.8	17.0	13.4	4.6	3.9	4.5	4.0	8.4	4.2	6.2

**, *: Significativo con $p \leq 0.01$, Significativo con $p \leq 0.05$; FV: Fuentes de variación; GL: Grados de libertad; APR, Altura al primer racimo; RC, Rendimiento comercial; NTFC, Número total de frutos comerciales; RT, Rendimiento total; NTF, Número total de frutos; PRC, Porcentaje del rendimiento comercial; PFC, Porcentaje de frutos comerciales; DE, Diámetro ecuatorial; DP, Diámetro polar; DT, Diámetro de tallo; IR, Índice de redondez; NE; Número de entrenudos.

En el Cuadro 4 se muestran las comparaciones de medias para el factor genotipo de los caracteres evaluados. Todas las variables tuvieron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). Es notable, sin embargo, que en los caracteres estudiados, las medias de los genotipos 60x9, 52 y 51 fueron estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$), excepto que la media del número de frutos del híbrido experimental 60x9 difirió de la de la línea 52. En el número de entrenudos hubo tres diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) que son las del híbrido 1X3 respecto a la línea 47 y los híbridos comerciales Cid y Cedral. Sin embargo, aun con un bajo número de entrenudos el número total de frutos fue superior a los de los demás genotipos excepto por Cid. También se observaron diferencias ($p \leq 0.05$) entre los genotipos de frutos del tipo saladette y los de tipo bola; los primeros produjeron más de 40 frutos. Los del tipo bola, en cambio, siempre fueron superiores en el diámetro ecuatorial ($p \leq 0.05$); se observaron diferencias de hasta 3 cm.

En relación a la producción, las medias de dos variables muy importantes, el rendimiento total (RT) y el rendimiento comercial (RC), tuvieron exactamente el mismo comportamiento estadístico respecto a sus valores relativos a través de los nueve genotipos, lo que refleja su alta correlación. Es también destacable que las medias de RC y RT de los híbridos comerciales Cid y Cedral no superaron estadísticamente ($p \leq 0.05$) a cinco de los siete materiales experimentales.

Respecto al tipo de poda (Cuadro 5), la sistemática fue la que tuvo el menor número de frutos totales (71 por metro cuadrado, $p \leq 0.05$); sin embargo, sus porcentajes de rendimiento comercial (89 %) y frutos comerciales (83 %) superaron a los de poda selectiva y sin poda. Para los 9 genotipos el tipo de poda no influyó en el rendimiento total que está entre 11.5 y 12.2 kg·m⁻², siendo un valor alto con respecto a la media nacional para el año 2013 de 14.53 kg·m⁻² del tipo 'bola' y 12.9 kg·m⁻² del tipo 'saladette' (SIAP, 2015).

Cuadro 4. Comparación de las medias de los genotipos para las variables de rendimiento y de planta.

GENOTIPO	TIPO	APR (cm)	RC (kg·m ⁻²)				RT (kg·m ⁻²)				PRC (%)				PFC (%)				DE (cm)		DP (cm)		DT (cm)		IR		NE (nudo.m ⁻¹)	
1X3	S	32.4	D [†]	5.5	C	68	ABC	7.5	C	113	A	73.2	C	61.3	C	4.5	C	5.9	C	1.2	B	1.3	AB	16.1	A			
3	S	34.1	D	5.7	C	65	BCD	7.3	C	99	A	75.9	BC	65.2	BC	4.8	C	6.2	BC	1.3	AB	1.3	B	15.3	AB			
47	S	43.5	B	9.6	BC	82	AB	10.7	BC	101	A	90.1	ABC	81.7	ABC	5.6	C	7.8	A	1.4	AB	1.4	A	12.5	B			
CID	S	39.0	C	9.9	ABC	91	A	10.8	ABC	108	A	91.8	AB	85.0	AB	5.4	C	6.9	B	1.2	B	1.3	B	13.1	B			
60X9	B	31.9	D	14.5	A	65	BCD	15.3	A	72	B	94.2	A	91.1	A	8.3	B	6.8	BC	1.4	AB	0.8	C	13.4	AB			
52	B	33.9	D	11.8	AB	45	DC	13.2	AB	55	C	89.2	ABC	82.4	ABC	8.6	AB	6.9	B	1.6	AB	0.8	C	13.7	AB			
51	B	32.6	D	11.7	AB	45	DC	13.3	AB	57	BC	87.8	ABC	78.5	ABC	8.4	B	6.7	BC	1.7	A	0.8	C	13.2	AB			
76H	B	37.6	C	13.4	AB	42	D	14.9	AB	51	C	89.0	ABC	82.7	ABC	9.7	A	6.4	BC	1.5	AB	0.7	D	14.0	AB			
CEDRAL	B	46.6	A	12.3	AB	54	DC	13.7	AB	65	BC	90.7	ABC	83.4	ABC	9.2	AB	6.2	BC	1.5	AB	0.7	D	12.8	B			
DMSH		2.9		4.8		23.53		4.6		16.76		17.7		22.2		1.3		0.8		0.4		0.09		2.9				

[†]Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). S, Saladette; B, Bola; APR, Altura al primer racimo; RC, Rendimiento comercial; NTFC, Número total de frutos comerciales; RT, Rendimiento total; NFT, Número total de frutos; PRC, Porcentaje del rendimiento comercial; PFC, Porcentaje de frutos comerciales; DE, Diámetro ecuatorial; DP, Diámetro polar; DT, Diámetro de tallo; IR, Índice de redondez; NE, número de entrenudos; DMSH, Diferencia mínima significativa honesta.

Cuadro 5. Comparación de medias de los componentes de rendimiento, obtenidas con tres tipos de poda.

PODA	APR (cm)		RC (kg·m ⁻²)		NTFC		RT (kg·m ⁻²)		NTF		PRC (%)		PFC (%)		DE (cm)		DP (cm)		DT (cm)		IR		NE (nudo·m ⁻¹)	
Sistemática	37.2	A ^t	10.5	A	59	A	11.5	A	71	B	89.9	A	83.9	A	7.2	A	6.7	A	1.4	A	1.0	A	13.9	A
Selectiva	36.2	A	10.4	A	62	A	11.9	A	83	A	85.6	B	77.0	B	7.2	A	6.5	B	1.4	A	1.0	B	13.5	A
Sin poda	37.1	A	10.6	A	64	A	12.2	A	87	A	85.1	B	76.2	B	7.2	A	6.7	AB	1.4	A	1.0	AB	14.0	A
DMSH	1.2		1.3		6.1		1.3		7.2		1.7		2.0		0.2		0.2		0.1		0.3		0.6	

^tMedias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). APR, Altura al primer racimo; RC, Rendimiento comercial; NTFC, Número total de frutos comerciales; RT, Rendimiento total; NTF, Número total de frutos; PRC, Porcentaje del rendimiento comercial; PFC, Porcentaje de frutos comerciales; DE, Diámetro ecuatorial; DP, Diámetro polar; DT, Diámetro de tallo; IR, Índice de redondez; NE; número de entrenudos DMSH, Diferencia mínima significativa honesta.

En la interacción de genotipo x poda (Cuadro 6), a pesar de haberse detectado significancia en el análisis de varianza, para PFC, en la comparación de medias correspondiente, no se observó dicha interacción ya que los tres tipos de poda en cada genotipo, no modificaron ($p \leq 0.05$) este porcentaje. Sin embargo, se observó un aumento porcentual de frutos comerciales con poda sistemática (4 frutos para los de tipo bola y 6 para saladette) en los híbridos 1x3 (19.9 %) y Cid (10.2 %), además de la línea 3(11 %) respecto a sin poda.

Los contrastes entre genotipos de fruto saladette vs bola (Cuadro 7) indicaron que los primeros superaron ($p \leq 0.05$) en 26 frutos comerciales y 45 frutos totales. También fueron mayor en el DP e IR. Sin embargo, los genotipos con frutos tipo 'bola' fueron superiores ($p \leq 0.05$) en el rendimiento comercial (en $5.1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$) y total (en $7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$), en el porcentaje del rendimiento comercial (7 %); en el tamaño de fruto (diámetro ecuatorial 3.75 cm) y grosor de tallo (0.22 cm). Es decir, con las variedades del tipo saladette se obtuvo un mayor número de frutos pero con las variedades del tipo bola tuvieron un mayor promedio de rendimiento por metro cuadrado.

Cuadro 6. Comparación de las medias obtenidas con las 27 combinaciones de 9 genotipos de tomate y 3 tipos de poda en el porcentaje de frutos comerciales.

GEN	PODA	PFC (%)	
1X3	Sistemática	74.4	ABC ^t
1X3	Selectiva	55.0	C
1X3	Sin poda	54.5	C
3	Sistemática	72.6	ABC
3	Selectiva	61.2	ABC
3	Sin poda	61.6	ABC
47	Sistemática	87.8	ABC
47	Selectiva	81.4	ABC
47	Sin poda	76.0	ABC
60x9	Sistemática	94.2	A
60x9	Selectiva	89.1	ABC
60x9	Sin poda	89.9	ABC
52	Sistemática	81.6	ABC
52	Selectiva	83.1	ABC
52	Sin poda	82.4	ABC
51	Sistemática	81.6	ABC
51	Selectiva	77.1	ABC
51	Sin poda	76.8	ABC
76H	Sistemática	84.5	ABC
76H	Selectiva	80.5	ABC
76H	Sin poda	83.1	ABC
CID	Sistemática	93.0	AB
CID	Selectiva	79.1	ABC
CID	Sin poda	82.8	ABC
CEDRAL	Sistemática	85.3	ABC
CEDRAL	Selectiva	86.1	ABC
CEDRAL	Sin poda	78.7	ABC
DMSH		36.7	

^tMedias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). PFC, Porcentaje de frutos comerciales. DMSH, Diferencia mínima significativa honesta.

Cuadro 7. Contrastes de genotipos de tomate con frutos tipo 'bola' vs 'saladette' en 10 variables.

TIPO DE FRUTO	RC (kg·m ⁻²)		NTFC		RT (kg·m ⁻²)		NTF		PRC (%)		PFC (%)		DE (cm)		DP (cm)		DT (cm)		IR	
Bola	12.7	A ^t	50.2	B	14.1	A	60.1	B	90.3	A	83.6	A	8.9	A	6.6	B	1.5	A	0.8	B
Saladette	7.7	B	76.4	A	7.3	B	105.5	A	83.3	B	73.3	B	5.1	B	6.7	A	1.3	B	1.3	A

^tMedias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). RC, Rendimiento comercial; NTFC, Número total de frutos comerciales; RT, Rendimiento total; NTF, Número total de frutos; PRC, Porcentaje del rendimiento comercial; PFC, Porcentaje de frutos comerciales; DE, Diámetro ecuatorial; DP, Diámetro polar; DT, Diámetro de tallo; IR, Índice de redondez.

A partir de las correlaciones del Cuadro 8 ($p \leq 0.05$), se deduce que con frutos de tamaño grande del tipo 'bola' se obtuvieron aumentos en el rendimiento comercial y total, en el porcentaje de rendimiento comercial y de frutos comerciales, el diámetro ecuatorial y peso del fruto. Bertin (2003) y Radzevicius *et al.* (2008) mencionan que el tamaño y el número de frutos determinan el rendimiento. Sin embargo, el índice de redondez, el licopeno y los sólidos solubles disminuyeron.

En los frutos del tipo 'saladette' se encontraron un mayor número de frutos totales y comerciales, una mejor concentración de licopeno y sólidos solubles. Los frutos con altos contenidos de sólidos solubles tienden a ser más pequeños (Beckles, 2012). Por último, fueron frutos con menor peso respecto a los frutos del tipo 'bola'.

El licopeno y el β -caroteno son los principales carotenoides presentes en el tomate. La relación entre sus valores es que a medida que aumenta el licopeno, el β -caroteno también aumenta aunque no en igual proporción. La cantidad de β -caroteno presente en el tomate es de aproximadamente una décima parte de licopeno (Lennuci *et al.*, 2006; Inbaraj y Chen, 2008).

En relación al color se muestra una correlación positiva de L^* (luminosidad) respecto a C^* (Chroma) y h^* (Hue), es decir, que a medida que aumentó la luminosidad también lo hicieron chroma y hue.

Cuadro 8. Correlaciones posibles entre las variables morfológicas, de rendimiento y físico-químicas.

	RC (kg·m ⁻²)	NTFC	RT (kg·m ⁻²)	NTF	PRC (%)	PFC (%)	DE (cm)	DP (cm)	DT (cm)	IR	NE (nudo·m ⁻¹)	LIC (mg·100g ⁻¹)
APR (cm)	0.14	0.21	0.11	0.04	0.27 *	0.24 *	0.11	0.23 *	-0.03	0.01	-0.42 **	0.03
RC (kg·m ⁻²)		-0.06	0.98 **	-0.42 **	0.69 **	0.66 **	0.75 **	0.22 **	0.28 *	-0.67 **	-0.49 **	-0.62 **
NTFC			-0.11	0.83 **	0.13	0.09	-0.61 **	0.28 *	-0.48 **	0.69 **	-0.14	0.15
RT (kg·m ⁻²)				-0.38 **	0.58 **	0.53 **	0.75 **	0.14	0.31 **	-0.70 **	-0.43 **	-0.64 **
NTF					-0.37 **	-0.47 **	-0.82 **	-0.02	-0.52 **	0.80 **	0.22	0.33
PRC (%)						0.91 **	0.48 **	0.45 **	0.13	-0.34 **	-0.63 **	-0.39 *
PFC (%)							0.50 **	0.46 **	0.10	-0.36 **	-0.60 **	-0.40 *
DE (cm)								0.06	0.52 **	-0.95 **	-0.32 **	-0.55 **
DP (cm)									0.16	0.23 *	-0.43 **	-0.11
DT (cm)										-0.49 **	-0.16	-0.17
IR											0.20	0.50 **
NE (nudo·m ⁻¹)												0.30

**, *: Significativo con $p \leq 0.01$, Significativo con $p \leq 0.05$; APR, Altura al primer racimo; RC, Rendimiento comercial; NTFC, Número total de frutos comerciales; RT, Rendimiento total; NTF, Número total de frutos; PRC, Porcentaje del rendimiento comercial; PFC, Porcentaje de frutos comerciales; DE, Diámetro ecuatorial; DP, Diámetro polar; DT, Diámetro de tallo; IR, Índice de redondez; NE; Número de entrenudos.

Continuación. Cuadro 8.

	β -CAR (mg·100g ⁻¹)	VID (Días)	L*	C*	h*	FIR (N·mm ⁻¹)	SS	PF (g)	pH	ACI (%)	VIT (mg·100g ⁻¹)	FEN (mg·100g ⁻¹)	CAP (mg·100g ⁻¹)
APR (cm)	0.00	-0.19	-0.32 **	-0.28 *	-0.45 **	0.25 *	0.18	0.00	-0.13	0.44 **	0.29 **	0.01	0.19
RC (kg·m ⁻²)	-0.51 **	0.13	0.02	0.03	0.06	-0.52 **	-0.54 **	0.67 **	0.06	0.20	0.01	-0.13	0.29 *
NTFC	0.08	-0.47 **	-0.36 **	-0.14	-0.26 *	0.37 **	0.41 **	-0.67 **	-0.09	0.11	0.03	0.04	-0.06
RT (kg·m ⁻²)	-0.52 **	0.15	0.02	0.02	0.08	-0.54 **	-0.56 **	0.70 **	0.06	0.16	-0.03	-0.11	0.26 *
NTF	0.25	-0.42 **	-0.33 **	-0.14	-0.23 *	0.42 **	0.52 **	-0.81 **	-0.06	-0.08	-0.05	0.21	-0.25 *
PRC (%)	-0.38	-0.05	0.00	-0.04	-0.02	-0.20	-0.26 *	0.37 **	-0.03	0.30 **	0.09	-0.18	0.21
PFC (%)	-0.38 *	0.00	0.01	-0.01	0.00	-0.19	-0.29 **	0.38 **	-0.03	0.30 **	0.11	-0.28 *	0.27 *
DE (cm)	-0.46 *	0.34 **	0.14	0.02	0.14	-0.54 **	-0.62 **	0.90 **	0.06	0.19	0.13	-0.13	0.31 **
DP (cm)	-0.13	-0.22	0.19	0.38 **	-0.03	-0.17	0.01	-0.02	-0.09	0.27 *	0.06	-0.15	0.34 **
DT (cm)	-0.16	0.41 **	0.23 *	0.27 *	0.13	-0.38 **	-0.31 **	0.59 **	0.00	0.10	0.11	0.04	0.40 **
IR	0.41 *	-0.44 **	-0.10	0.06	-0.17	0.48 **	0.65 **	-0.90 **	-0.09	-0.09	-0.08	0.10	-0.22
NE (nudo·m ⁻¹)	0.24	-0.01	0.03	-0.03	0.16	0.07	0.22	-0.28 *	0.03	-0.25 *	-0.16	0.24 *	-0.24 *
LIC (mg·100g ⁻¹)	0.95 **	-0.11	-0.15	0.05	-0.38	0.15	0.53 **	-0.59 **	0.03	-0.19	0.43 *	0.24	0.09
β -CAR (mg·100g ⁻¹)		-0.12	-0.07	0.11	-0.37	0.06	0.50 **	-0.48 *	0.09	-0.17	0.42 *	0.21	0.14
VID (Días)			0.26 *	0.34 **	0.48 **	-0.12	-0.34 **	0.40 **	0.15	-0.28 *	0.24 *	0.07	0.25 *

**, *: Significativo con $p \leq 0.01$, Significativo con $p \leq 0.05$ APR, Altura al primer racimo; RC, Rendimiento comercial; NTFC, Número total de frutos comerciales; RT, Rendimiento total; NTF, Número total de frutos; PRC, Porcentaje del rendimiento comercial; PFC, Porcentaje de frutos comerciales; DE, Diámetro ecuatorial; DP, Diámetro polar; DT, Diámetro de tallo; IR, Índice de redondez; NE, Número de entrenudos; LIC, Licopeno; β -CAR, β -Caroteno; VID, Vida de anaquel; L*, Luminosidad; C*, Chroma; h*, ángulo de Hue; FIR, Firmeza; SS, Sólidos solubles; PF, Peso del fruto; ACI, Acidez titulable; VIT, Vitamina C; FEN, Fenoles; CAP, Capacidad antioxidante.

Continuación. Cuadro 8.

	β-CAR (mg·100g ⁻¹)	VID (Días)	L*	C*	h*	FIR (N·mm ⁻¹)	SS	PF (g)	pH	ACI (%)	VIT (mg·100g ⁻¹)	FEN (mg·100g ⁻¹)	CAP (mg·100g ⁻¹)							
L*				0.72	**	0.60	**	-0.16	-0.24	*	0.35	**	0.13	-0.32	**	-0.28	*	-0.25	*	0.03
C*						0.41	**	-0.32	**	-0.15	0.16		0.13	-0.34	**	-0.07		-0.09		0.18
h*								-0.06	-0.30	**	0.30	**	0.10	-0.35	**	-0.18		-0.11		-0.03
FIR (N·mm ⁻¹)								0.38	**	-0.47	**	-0.13	0.05		0.12		0.04			-0.16
SS										-0.66	**	0.01	-0.08		0.16		0.21			-0.13
PF (g)												0.12	0.09		-0.03		-0.24	*	0.25	*
pH													-0.16		0.06		-0.05			-0.13
ACI (%)															0.11		-0.13			0.15
VIT (mg·100g ⁻¹)																	0.25		0.46	**
FEN (mg·100g ⁻¹)																				0.08

**, *: Significativo con $p \leq 0.01$, Significativo con $p \leq 0.05$; β -CAR, β -Caroteno; VID, Vida de anaquel; L*, Luminosidad; C*, Chroma; h*, ángulo de Hue; FIR, Firmeza; SS, Sólidos solubles; PF, Peso del fruto; ACI, Acidez titulable; VIT, Vitamina C; FEN, Fenoles; CAP, Capacidad antioxidante.

b) Variables físico-químicas

Mediante el análisis de varianza (Cuadro 9) se detectaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre los genotipos en vida de anaquel, color (L^* , C^* y h^*), firmeza, sólidos solubles, peso de fruto y vitamina C. Respecto a los empaques hubo diferencias ($p \leq 0.05$) en vida de anaquel, color (L^* , C^* y h^*), sólidos solubles y pH. La interacción genotipo x empaque sólo fue significativa en C^* (Chroma) afectando la pureza del color. Finalmente, la interacción poda x empaque fue significativa en sólidos solubles.

Cuadro 9. Cuadrados medios, estadísticos y niveles de significancia de los 5 genotipos tipo bola evaluados en tres tipos de podas y dos empaques (clamshell y cajas de cartón).

FV	GL	VID	L*	C*	h*	FIR	SS	PF
BLO	2	0.5	0.064	1.708	0.587	0.001	0.03	6213.8 *
GEN	4	115.6 **	104.96 **	159.37 **	128.4 **	0.620 **	0.27 **	27792.5 **
ERROR (A)	8	2.0	2.366	2.991	9.215	0.029 **	0.05	3225.8
POD	2	0.3	5.582	1.258	1.042	0.006	0.03	557.6
GEN*POD	8	1.1	4.685	5.499	6.115	0.013	0.07	3714.2
ERROR (B)	20	0.8	7.042	2.864	7.408	0.010	0.07	1986.7
EMP	1	51.8 **	282.79 **	135.98 **	81.561 **	0.004	3.16 **	6169.9
GEN*EMP	4	1.8	9.922	10.84 *	17.405	0.021	0.10	1550.2
POD*EMP	2	0.3	0.744	1.459	6.531	0.007	0.27 *	2761.5
GEN*POD*EMP	8	1.1	3.07	7.011	5.332	0.016	0.03	2318.8
ERROR (C)	28	1.2	4.606	3.293	8.443	0.008	0.06	1748.8
TOTAL	87							
MEDIA		13.0	43.4	41.0	51.0	1.0	3.5	305.2
CV(A)		10.8	3.5	4.22	6.0	17.8	6.6	18.6
CV(B)		6.8	6.1	4.1	5.3	10.8	7.7	14.6
CV (C)		8.3	4.9	4.4	5.7	9.7	6.9	13.7

**, *: Significativo con $p \leq 0.01$, Significativo con $p \leq 0.05$; GL: Grados de libertad; VID, Vida de anaquel; L^* , Luminosidad; C^* , Chroma; h^* , ángulo de Hue; FIR, Firmeza; SS, Sólidos solubles; PF, Peso de fruto.

Continuación. Cuadro 9.

FV	GL	pH	ACI	VIT	FEN	CAP		
BLO	2	0.01	0.002	0.05	0.2	2.27		
GEN	4	0.03	0.002	0.23	**	0.4	*	3.29
ERROR (A)	8	0.06	0.001	0.12	**	0.3		1.64
POD	2	0.03	0.001	0.06		0.1		10.58
GEN*POD	8	0.04	0.0009	0.03		0.2		0.95
ERROR (B)	20	0.06	0.001	0.04		0.2		2.95
EMP	1	0.20	**	0.0008	0.10	0.1		6.43
GEN*EMP	4	0.05	0.0006	0.05		0.2		1.78
POD*EMP	2	0.02	0.0009	0.01		0.1		0.01
GEN*POD*EMP	8	0.04	0.0005	0.03		0.3		2.92
ERROR (C)	29	0.03	0.001	0.03		4.6		94.72
TOTAL	88							
MEDIA		4.3	0.3	1.0		3.2		14.0
CV(A)		5.7	12.5	33.4		16.7		9.2
CV(B)		5.9	11.0	19.8		4.8		12.3
CV (C)		4.4	10.9	16.8		12.4		12.9

**, *: Significativo con $p \leq 0.01$, Significativo con $p \leq 0.05$; GL: Grados de libertad; ACI, Acidez titulable; VIT, Vitamina C; FEN, Fenoles; CAP, Capacidad antioxidante.

La vida de anaquel consideró los días transcurridos que mostró un fruto desde su cosecha en estado 2 'Quebrante' hasta su madurez comercial en estado 6 'Rojo maduro'. La línea 76 H fue la de menor vida de anaquel, y fue superada ($p \leq 0.05$) por los cuatro genotipos de fruto tipo 'bola'; estos últimos no mostraron diferencias estadísticas entre ellos; es decir las líneas 51, 52 y el híbrido 60x9 tuvieron la misma vida de anaquel que el híbrido comercial Cedral, periodo que fue de alrededor de 14 días (Cuadro 10).

En cuanto a color, sólo la línea 52 mostró una tonalidad de un rojo más claro en cuanto a luminosidad, chroma y el ángulo de hue con respecto a los demás genotipos. Es decir, que los 4 genotipos presentaron una coloración conveniente para su comercialización. Según Cantwell (2000), citado por Saltviet (2005), todos los genotipos muestran una coloración de 'rojo-anaranjado' con valores aproximados a $L^*=46.2$, $C^*=36.3$ y $hue=47.9$. López y Gómez (2004) mencionan que el chroma no es un buen indicador de color ya que solo mide la pureza o saturación del mismo pudiéndose obtener el mismo valor con diferente estado de maduración. Por lo tanto, todos los frutos presentaron una coloración roja. Finalmente, destaca que la línea 76 H tuvo la mayor intensidad coloración respecto al ángulo de hue. En cuanto a firmeza, Cedral presentó la más alta con $1.25 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ ($p \leq 0.05$). En tanto que la línea 76 H fue superada ($p \leq 0.05$) por las medias de todos los demás. Finalmente, en sólidos solubles sólo se observaron dos diferencias ($p \leq 0.05$) de Cedral y 76 H (0.29 %) respecto a la línea 52. Con respecto a PF todos los materiales evaluados tuvieron pesos adecuados (mayores a 100 g) para su comercialización a granel (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de medias de 5 genotipos de tomate de tipo bola para los 9 caracteres de calidad poscosecha.

GENOTIPO	VID (Días)	L*	C*	h*	FIR (N·mm ⁻¹)	SS (°Brix)	PF (g)	VIT (mg·100g ⁻¹)	FEN (mg·100g ⁻¹)
60X9	13.8 A [†]	41.81 CD	40.67 BC	51.37 B	0.83 BC	3.5 AB	241.7 B	1.04 A	3.4 A
52	14.3 A	47.25 A	45.56 A	55.15 A	0.98 B	3.4 B	344.1 A	0.96 A	3.0 A
51	14.1 A	44.55 B	41.86 BC	50.74 B	0.98 B	3.5 AB	320.0 A	0.96 A	3.1 A
76H	8.4 B	42.64 C	39.06 CD	48.05 B	0.76 C	3.6 A	322.1 A	0.93 A	3.1 A
CEDRAL	14.5 A	40.84 D	37.52 D	49.32 B	1.25 A	3.6 A	299.2 AB	1.23 A	3.4 A
DMSH	1.6	1.79	2.01	3.53	0.2	0.3	66.2	0.39	0.6

[†]Medias con la misma letra dentro de una columna no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). VID, Vida de anaquel; L*, Luminosidad; C*, Chroma; h*, ángulo de Hue; FIR, Firmeza; SS, Sólidos solubles; PF, Peso de fruto; VIT, Vitamina C; DMSH, Diferencia mínima significativa honesta.

El envase (Cuadro 11) en cajas de cartón retarda ($p \leq 0.05$) la llegada al grado 6 de maduración (1 día) y los frutos son menos ácidos (0.4 °brix). Las cantidades de sólidos solubles presentes en el fruto son de 4.64 a 4.78 °brix (Leonardi *et al.*, 2000); lo que indica que la acumulación de SS se vio afectada en ambos tipos de empaque. Akbudak *et al.* (2007) mencionan que los sólidos solubles muestran cambios en función de la temperatura de almacenamiento y la etapa de madurez de la fruta. Además, en este empaque se obtuvo un pH más alto (4.3). Saltviet (2005) y Henriques *et al.* (2008) señalan que los tomates maduros son ácidos y que hay una gran variación de pH entre los genotipos de tomate oscilando de 4.1 a 4.8. Finalmente en color L*. C* y h*), los frutos en clamshell obtuvieron una mayor luminosidad ($p \leq 0.05$), mientras que aquellos que fueron puestos en cajas de cartón presentaron una coloración roja más intensa respecto al ángulo de hue (49.98).

Cuadro 11. Comparación de medias de dos tipos de empaque en los caracteres de calidad poscosecha.

EMPAQUE	VID (Días)	L*	C*	h*	SS (°Brix)	pH
CAJA	13.8	A ^t 41.61	B 39.65	B 49.98	B 3.7	A 4.2
CLAMSHELL	12.2	B 45.35	A 42.34	A 51.97	A 3.3	B 4.3
DMSH	0.5	0.93	0.79	1.26	0.1	0.08

^tMedias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). VID, Vida de anaquel; L*, Luminosidad; C*, Chroma; h*, ángulo de Hue; FIR, Firmeza; SS, Sólidos solubles; DMSH, Diferencia mínima significativa honesta.

En el Cuadro 12 se observa que el genotipo influye sobre las variables más importantes para el consumidor: el color, la firmeza y el peso del fruto, además de la vida de anaquel, y el porcentaje de acidez (Tukey, $p \leq 0.05$). Por su parte, el factor poda solo obtuvo diferencias entre medias ($p \leq 0.05$) en luminosidad (L*), firmeza y sólidos solubles. Por último, la interacción genotipo x poda fue significativa en el peso de frutos.

Cuadro 12. Cuadrados medios, estadísticos y niveles de significancia para 4 genotipos de tomate con frutos tipo saladette manejados con 3 tipos poda. El empaque sólo se hizo en cajas de cartón.

FV	GL	VID	L*	C*	h*	FIR	SS	PF	pH	ACI	VIT	FEN	CAP
BLOQUE	2	0	0.174	2.456	15.284 *	0.01	0.05	610.3 *	0.014	0.0002	0.06	0.02	2.2
GEN	3	108 **	3.964 **	43.788 **	35.393 **	0.10	**	1961.7 **	0.017	0.009 **	0.05	0.25	6.4
ERROR (A)	6	0	0.527	1.222	3.769	0.01	0.05	219.6	0.005	0.0006	0.04	0.38	3.0
PODA	2	0	3.687 **	1.858	8.939	0.05	**	22.2	0.009	0.00005	0.03	0.01	1.8
GENXPOD	6	0	0.374	1.169	6.436	0.03	0.07	447.6 **	0.005	0.0002	0.03	0.14	2.7
ERROR (P)	16	0	0.696	1.827	3.782	0.01	0.09	128.4	0.011	0.001	0.02	0.20	2.2
TOTAL	35												
MEDIA			42.3	40.3	49.1	1.2	4.0	106.1	4.2	0.3	1.0	3.3	13.2
CV(A)		0	17.2	2.7	4.0	7.8	5.7	14.0	1.7	8.3	19.8	18.6	13.2
CV(B)		0	2.0	3.4	4.0	8.7	7.5	10.7	2.5	11.5	15.1	13.4	11.1

**, *: Altamente significativo con $p \leq 0.01$, Significativo con $p \leq 0.05$; FV: Fuentes de variación; GL: Grados de libertad; VID, Vida de anaquel; L*, Luminosidad; C*, Chroma; h*, ángulo de Hue; FIR, Firmeza; SS, Sólidos solubles; PF, Peso de fruto; ACI, Acidez titulable; VIT, Vitamina C; FEN, Fenoles; CAP, Capacidad antioxidante.

En los frutos del tipo 'saladette' (Cuadro 13), los 3 genotipos experimentales presentan mayor luminosidad que Cid ($p \leq 0.05$); sin embargo el híbrido 1x3 y la línea 3 fueron los que presentaron una coloración más clara ($p \leq 0.05$) respecto al ángulo de hue. Al igual que los frutos del tipo 'bola', todos los genotipos son firmes para su comercialización. La línea 47 es la que presentó la firmeza más baja ($0.2 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$) 1x3 y Cid ($p \leq 0.05$). Finalmente, la línea 3 y el híbrido 1x3 son los genotipos que presentan una acidez menor ($p \leq 0.05$) que según Cantwell (2000), citado por Saltviet (2005) corresponde a tomates en estado verde maduro (0.28 %). Además de ser los menos pesados (28 g aproximadamente); sin embargo, todos los genotipos evaluados tuvieron pesos considerables para su comercialización.

Cuadro 13. Comparación de medias de 4 genotipos de tomate tipo Saladette empacadas en cajas de cartón.

GENOTIPO	L*		C*		h*		FIR ($\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$)		PF (g)		ACI (%)	
1X3	42.75	A ^t	38.87	B	51.37	A	1.25	A	92.9	B	0.27	B
3	42.62	A	41.81	A	50.17	AB	1.13	AB	94.1	B	0.26	B
47	42.59	A	42.55	A	47.8	B	1.05	B	121.3	A	0.30	A
CID	41.34	B	38.02	B	47.14	B	1.8	A	116.3	A	0.33	A
DMSH	1.2		1.8		3.16		0.15		24.2		0.04	

^tMedias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). L*, Luminosidad; C*, Chroma; h*, ángulo de Hue; FIR, Firmeza; PF, Peso de fruto; ACI, Acidez titulable.

En el Cuadro 14 se muestra la comparación de medias del tipo de poda ($p \leq 0.05$). Se observa que la poda selectiva reduce la concentración de sólidos solubles (0.3 °brix) y mantiene una buena firmeza ($1.17 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$) al igual que la poda sistemática ($1.25 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$). Esta poda favorece la formación de frutos con una mejor luminosidad (42.97). Por otra parte, sin podar se promueve la acumulación de sólidos solubles (4.2 °brix).

Cuadro 14. Comparación de medias del efecto de podas en los genotipos de Saladette en cajas.

PODA	L*		FIR		SS (°Brix)	
Sistemática	42.97	A ^t	1.25	A	4.1	A
Selectiva	42.03	B	1.17	AB	3.8	B
Sin poda	41.99	B	1.11	B	4.2	A
DMSH	0.87		0.2		0.3	

^tMedias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). L*, Luminosidad; FIR, Firmeza; SS, Sólidos solubles. DMSH; Diferencia mínima significativa honesta.

La comparación de las medias del peso del fruto de las 12 combinaciones (Cuadro 15) de genotipos (4) y podas (3). Se observó que a pesar de haberse detectado diferencias ($p \leq 0.05$) en el análisis de varianza para el peso de fruto, en la comparación de medias no se observó dichas diferencias, ya que los tipos de poda no modificaron el peso de los frutos ($p \leq 0.05$). Numéricamente, es en el híbrido comercial Cid que la poda sistemática aumentó el peso (11 g) respecto a no realizar raleo.

Hanna (2009) menciona que el genotipo y el número por frutos pueden afectar el peso del fruto. Un aumento en el número de frutos disminuye el peso promedio del fruto (Tabasi *et al.*, 2011).

La poda se utiliza para limitar el número de frutos y reducir la competencia. En todos los genotipos realizar poda o no, no influye sobre el peso de los frutos.

Cuadro 15. Comparación de medias de peso de fruto de las 12 combinaciones de 4 genotipos tipo saladette y 3 tipos de poda.

SALADETTE	PODA	PESO DEL FRUTO (g)	
1X3	Sistemática	98.4	ABC ^t
1X3	Selectiva	92.3	ABC
1X3	Sin poda	87.9	BC
3	Sistemática	76.7	C
3	Selectiva	102.9	ABC
3	Sin poda	102.6	ABC
47	Sistemática	114.9	ABC
47	Selectiva	127.4	AB
47	Sin poda	121.6	AB
Cid	Sistemática	128.6	A
Cid	Selectiva	103.1	ABC
Cid	Sin poda	117.2	AB
	DMSH	40.1	

^tMedias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). DMSH; Diferencia mínima significativa honesta.

c) Licopeno y β -caroteno

Los contenidos de licopeno y β -caroteno son influenciados significativamente ($p \leq 0.05$) por el genotipo (Cuadro 16).

Cuadro 16. Cuadrados medios, estadísticos y niveles de significancia para licopeno y β -caroteno de nueve genotipos de tomate.

FV	GL	LIC		β -CAR	
BLOQUE	2	45.9	**	32.9	
GENOTIPO	8	44.8	**	33.9	**
ERROR	70	4.8		6.0	
TOTAL	80				
MEDIA		7.4		7.3	
CV		29.5		33.5	

**, *: Significativo con $p \leq 0.01$, Significativo con $p \leq 0.05$; FV: Fuentes de variación; GL: Grados de libertad; LIC, Licopeno; β -CAR, β -Caroteno.

Omitiendo las medias de la línea 3 y la línea 52 (Cuadro 17), las medias de los genotipos restantes son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$) en la concentración de licopeno. Las medias de los genotipos con frutos del tipo 'bola' no difieren de la del híbrido comercial 'Cedral' ($p \leq 0.05$). Kuti y Konuro (2005) reportan que en los frutos tipo 'bola' el contenido de licopeno puede variar de 0.43 a 3.15 mg·100 g⁻¹, concentración por debajo de la del híbrido 60X9 que es el genotipo evaluado con menor cantidad de licopeno. Todos los genotipos reportaron concentraciones similares a las obtenidas por Lugasi (2006). Similarmente, excluyendo las líneas 3 y 76H y el híbrido comercial Cid, las medias de las concentraciones del β -caroteno fueron estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$) y sólo la media de la línea 3 es diferente al resto de los materiales. Los frutos del tipo 'bola' no mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la concentración de β -caroteno (5 a 7.9 mg·100 g⁻¹). Se observaron valores por arriba de los encontrados por Leonardi *et al.* (2000); Elhadi y Brecht (2012).

Cuadro 17. Comparación de medias de las concentraciones de Licopeno y β -Caroteno en los genotipos.

GENOTIPO	TIPO	LICOPENO (mg·100g ⁻¹)		β -CAROTENO (mg·100g ⁻¹)	
1X3	Saladette	8.0	BC ^t	7.6	B
3	Saladette	12.3	A	11.6	A
47	Saladette	8.4	B	7.9	B
CID	Saladette	8.3	B	8.0	AB
60X9	Bola	5.1	BC	5.0	B
52	Bola	4.9	C	5.8	B
51	Bola	6.3	BC	6.1	B
76 H	Bola	6.9	BC	7.9	AB
CEDRAL	Bola	6.6	BC	6.3	B
DMSH		3.3		3.7	

^tMedias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$). DMSH; Diferencia mínima significativa honesta.

El estado de madurez en el cual fueron cortados ('Quebrante') no afectó la acumulación de licopeno. Zambrano *et al.* (1995) y Bramley (2002) indican que la habilidad del fruto para sintetizar β -caroteno y licopeno es similar si el fruto se cosecha en verde maduro o si la maduración tiene lugar en la planta.

VII. CONCLUSIONES

Los genotipos experimentales tienen rendimientos con la capacidad de competir con híbridos comerciales ya que las variedades de fruto tipo saladette y bola no tuvieron diferencias significativas en cuanto a los híbridos comerciales 'Cid' y 'Cedral', respectivamente.

La poda sistemática (4 frutos para bola y 6 para saladette) incrementó significativamente el porcentaje de rendimiento comercial (4 %), mientras que sin podar y con poda selectiva se obtuvo mayor número de frutos con un porcentaje de rendimiento menor.

El tipo de empaque para el caso de los frutos tipo bola no afectó la firmeza, capacidad antioxidante y contenido de vitamina C. En cajas, los frutos fueron más rojos, la concentración de sólidos solubles es mayor y la vida de anaquel es un día más que en clamshell.

VIII. LITERATURA CITADA

- Ali, B. & Thompson, A. K. 1998. Effects of Modified Atmosphere Packing on Post Harvest Qualities of Pink Tomatoes. Tr. J. of Agriculture and Forestry 22: 365-372.
- Abdulnabi, A. A.; Emhemed, A. H.; Hussein, G. D. & Biacs, P. A. 1996. Determination of antioxidant in tomatoes. Food Chemistry, 608 (2) 207-212.
- Akbudak, B.; Akbudak, N; Seniz, V. & Eris, A. 2007. Sequential treatments of hot water and modified atmosphere packaging in cherry tomatoes. J. Food Quality. 30: 896-910.
- AOAC. 1980. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. E.U.A pp:145- 944.
- Arias, R.; Lee, T. C.; Logendra, L. & Janes, H. 2000. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of hidroponic tomato and relationship of maturity with color and lycopene content. J. Agric. Food. Chem. 48: 1697-1702.
- Azcón-Bieto, J. & M. Talón. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill/Interamericana. España. pp: 250-251.
- Barret, D. M., García, E. & Wayne, J. E. 1988. Textural modification of processing tomatoes. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 38(3):173-258.

- Batu, A. 2004. Determination of acceptable firmness and color values of tomatoes. *Journal of Engineering* 61: 471-475.
- Beckles, D. M. 2012. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest biology and technology*. 63: 129-140.
- Berger, S.; Chmielewski, T. & Gronowska-Senger A. 1996. Studies on the inheritance of high ascorbic acid level in tomatoes. *Plant Foods Hum. Nutr.* 13: 214-218.
- Bertin, N.; Génard, M. & Fishman, S. A model for an early stage of tomato fruit development: cell multiplication and cessation of the cell proliferative activity. *Annals of Botany*. 99: 65-75.
- Bramley M., P. 2002. Regulation of carotenoid formation during tomato fruit ripening and development. *Journal of Experimental Botany*. 53 (377) 2107-2113.
- Borguesi, E.; González, M. L.; Escudero, G. M. L.; Malorgio, E.; Heredia, F. J. & Meléndez, M, A. J. 2011. Effects of salinity stress on carotenoids, anthocyanins, and color diverse tomato genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59,11676-11682.
- Cadahia, L. C. 2000. *Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales*. Mundi-Prensa. España. 475 p.
- Cantwell, M. 2000. Optimum procedures for ripening tomatoes. In: *Management of Fruit Ripening*. Postharvest Horticultural Series No. 9, University of California, Davis, pp: 80-88.

- Castilla, N. 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo. In El cultivo del tomate. Tercera Edición. F. Nuez (Ed.) Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. pp. 191-220.
- Chamarro L., J. 2001. Anatomía y Fisiología de la planta. In: El cultivo del tomate. Tercera Edición. F. Nuez (ed.) Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. pp: 44-91.
- Dorais, M. & Papadopoulos, A. P. 2001. Greenhouse Tomato Fruit Quality. Horticultural Reviews. Volume 26. Edited by Jules Janick. ISBN 0-471-38789-4. pp: 239-349.
- Dumas, Y.; Dadomo, M; DiLucca, G & Grolier, P. 2003. Review: Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. J. Sci. Food. Agric. 83: 369-382.
- Elhadi, M. Y. & Brecht, J. K. 2012. Tomatoes. In. Crop Post-Harvest: Science and Technology. Debbie Rees, Graham Farrell y John Orchard. Editorial Wiley-Blackwell. pp: 5-25
- Fraser, D. P.; Truesdale R., M.; Bird R. M.; Wolfgang, S. and Bramley M., P. 1994. Carotenoid Biosynthesis during tomato fruit development. Plant Physiol. 105:405-413.
- Grierson, D. & Alexander L. 2002. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. Journal of Experimental Botany. 53 (377): 2039-2055.

- Grierson, D. & Kader A., A. 1986. Fruit ripening and quality. In Tomato crop. A scientific basis for improvement. J. G. Atherton y Rudich. Editorial Chapman and Hall. pp: 241-275.
- Gutiérrez, Z. A.; Ledesma, R. L.; García, G. I. & Grajales, C. O. 2007. Capacidad antioxidante total en alimentos convencionales y regionales de Chiapas, Mexico. Rev. Cubana Salud Pública. 33 (1) 1-7.
- Hanna, Y. H. 2009. Influence of Cultivar, Growing Media, and Cluster Pruning on Greenhouse Tomato Yield and Fruit Quality. HortTechnology. 19 (2): 395-399.
- Henriques, D. D. J.; Barbosa, A. F.; Brunele, C. F. R.; Castro, A. A. & Patel, V. B. 2008. Tomatoes: Origen, cultivation techniques and germoplasm resources. In Tomato and tomato products. Nutricional, medical and therapeutic properties. Ed. Preedy, V. R. y Watson R. R. Science Publishers, Tucson, Arizona. 17 p.
- Ho, L. C. y Hewitt J. D. 1986. Fruit development. In Tomato crop. A scientific basis for improvement. J. G. Atherton y Rudich. Editorial Chapman and Hall. pp: 201-239.
- Hong, W.; Guohua, C. & Ronald, L. P. 1996. Total Antioxidant Capacity of Fruits. J. Agric. Food Chem. 44: 701-705.

- Hochmuth, R. C. 1991. Production of Greenhouse Tomatoes-Florida. In: G. Hochmunth (ed.) Greenhouse vegetable production handbook. Coop. Ext. Serv., Univ. Florida, Gainesville. pp: 11-12
- Inbaraj, B. S. & Chen, B. H. 2008. Carotenoids in tomato plants. In Tomato and tomato products. Nutricional, medical and therapeutic properties. Ed. Preedy, V. R. y Watson R. R. Science Publishers, Tucson, Arizona. 150 p.
- Jagota, S. y H. Dani (1982). A new colorimetric technique for the estimation of vitamin C using Folin Phelon Reagent. Anal Biochem. 127:178-182.
- Kader, A.A., Zagory, D. y Kerbel, E.L., 1989, Modified atmosphere storage of fruits and vegetables. CRC Critical Review in Food Science and Nutrition, 28 : 1-30.
- Kader, A. A. 1984. Effects of postharvest handling procedures on tomato quality. In Symposium on Tomato Production on Arid Land 190: 209-222.
- Kuti,J. O. y Konuru, H. B. 2005. Effects of genotypes and cultivation environment on lycopene content in red-ripe tomatoes. J. Sci. Food. 85: 2021-2026.
- Lee, S. K. y Kader A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology 20: 207-220.
- Lenucci, M. S.; Candinu, D.; Taurino, M.; Piro, G. y Dalessandro, G. 2006. Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. Journal of agricultural and food chemistry. 54: 2606-2613.

- Leonardi, C.; Ambrosino, P.; Esposito, F. y Fogliano, V. 2000. Antioxidant activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 4723-4727.
- López, C., A. F. 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas del campo al mercado. Boletín de servicios de la FAO. [En línea] <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y48935/y489s00.htm>.
- López, C. A. F y Gómez, P. A. 2004. Comparison of color index for tomato ripening. *Horticultura Brasileira*. 22 (3): 534-537.
- Lugasi, A.; Helyes, L.; Dimény, J. y Pék Z. 2006. Effect of the variety and growing methods as well as cultivation conditions on the composition of tomato (*Lycopersicum lycopersicum* (L.) Kartsten) fruit. *Acta Hort.* 712:511-516.
- Luthria, D. L.; Sudarsan, M. y Krizek, D. T. 2006. Content of total phenolics and phenolics acids in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 771-777.
- Maboko, M. M.; C. P. Du Plooy and S. Chiloane. 2011. Effect of plant population, fruit and stem pruning on yield and quality of hydroponically grown tomato. *African Journal of Agricultural Research*. 6(22): 5144-5148.

- Martínez-Valverde, I.; Periago, M. J.; Provan, G. y Chesson, A. 2002. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). J. Sci. Food. Agric. 82: 323-330.
- Moneruzzaman, K. M.; Hossain, A. B. M. S.; Sani W.; Saifuddin, M. y Alenazi, M. 2009. Effect of harvesting and storage conditions on the post harvest quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv. Roma VF. Australian Journal of Crop Science 3(2):113-121.
- NMX-FF-031-1997-SCFI Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - hortalizas frescas - tomate - (*Lycopersicon esculentum* Mill.).
- Nasrin, T. A. A.; Molla, M. M.; Alamgir, H. M., Alam, M. S. y L., Y. 2008. Effect of postharvest treatments on shelf life and quality of tomato. Bangladesh J. Agril. Res. 33(3): 579-585.
- Nuez, F. 2001. El cultivo de tomate. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 793 p.
- Peil, R. M.N.; Gálvez, J. L. 2004. Rendimiento de plantas de tomate injertadas y efecto de la densidad de tallos en el sistema hidropónico. Horticultura Brasileira, Brasília. 22 (2): 265-270.
- Periago, M. J.; Martínez, V. I.; Ros, G. Martínez, C. y López G. 2001. Propiedades químicas, biológicas y valor nutritivo del licopeno. An. Vet. (Murcia) 17: 51-66.

- Radzevicius, A.; Viskelis, P. and Bobinas, C. 2008. Quality and physiological parameters of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) fruits of Lithuanian selection. *Biologija*. 54 (2): 108-111.
- Rashidi, M.; Mohammad, G. y Ghareei, K. B. 2009. Response of Yield an Yield Components of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) to Different Tillage Methods. *International Journal of Agriculture and Biology*. 11 (5): 626-630.
- Riquelme B., F. 2001. Postcosecha del tomate para consumo en fresco. In. El cultivo de tomate. Fernando Nuez. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. pp: 589-625.
- Rodríguez F., H.; Muñoz L., S. y Alcorta G., E. 2006. El tomate rojo. Sistema hidropónico. Primera Edición. Editorial Trillas. pp: 41-43.
- Ronen G., Carmel G. L., Zamir D. y Hirschberg J. 2000. An alternative pathway to beta-carotene formation in plant chromoplasts discovered by map-based cloning os beta and old-gold color mutations in tomato. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 97:11102-11107.
- Sadler, G.; Davis, J. y Dezman, D. 1990. Rapid extraction of lycopene and β -carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenates. *J. Food Sci.* 55:1460-1461.
- Sanglam, N. and Yazgan, A. 1999. Effect of fruit number per truss on yield and quality in tomato. *Acta Horticulturae*. 486:261-264.

- Sahlin, E.; Savage, G. P. y Lister C. E. 2004. Investigation of the antioxidant proprieties of tomatoes after processing. *Journal of Food Composition and Analysis* 17: 653-647.
- Saltviet, M. E. 2005. Fruit ripening and fruit quality. In. *Tomatoes*. Ep Heuvelink (Editor). CABI Publishing. Wallingford, Oxfordshire, UK. pp: 145-170.
- Santiago, J.; Mendoza, M. y Borrego, F. 1998. Evaluación de Tomate (*Lycopersicon esculentum*, MILL) en Invernadero: Criterios Fenológicos y Fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana* 9(1):59-65.
- SIAP. 2015. Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera. Resumen Nacional de la Producción Agrícola. En línea. <http://www.siap.gob.mx>
- Snyder, R. G. 2001. Greenhouse tomato handbook. Mississippi State Univ. Ext. Serv. Publ. 1828. pp: 27.
- Stewart, A. J.; Bozzonet, S.; Mullen, W.; Jenkins, G. I.; Lean, M. E. J. y Croizer, A. 2000. Occurrence of flavonols in tomatoes and tomato-based products. *Journal Agricultural Food Chem* 48: 2663-2669.
- Taiz, L., and E. Zeiger. 1998. *Plant Physiology*. Second Edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts. 792 p.
- Tabasi, A.; Nemati, H.; Tehranifar, A. y Akbari, M. 2011. The effects of shrub pruning and fruit thinning on seed germination and seedling of tomato in the next generation (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Journal biological environ science*. 5 (14), 105-110.

- Tanksley, S. D. y Hewitt, J. 1988. Use of molecular markers in breeding for soluble solids content in tomato-are-examination. *Theor Appl Genet.* 75:811-823.
- Tano, K.; Mathias, K. O.; Gilles, D.; Robert W. L. y Arul, J. 2007. Comparative evaluation of the effect of storage temperature fluctuation on modified atmosphere packages of selected fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 46:212-221.
- USDA, 1997. United States Standards for Grades of Fresh Tomatoes. Color Classification requirements in tomatoes. En línea <http://www.ams.usda.gov>
- Vitale, A. A.; Bernatene, E. A. y Pomilio, A. B. 2010. Carotenoides en quimioprevención: Licopeno. *Acta Bioquim Clín. Latinoam.* 44(2) 195-238.
- Yang, C. C. y Chinnan, M. S. 1988. Computer modelling of gas composition and color development of tomatoes stored in polymeric films. *Journal of Food Science*, 53: 869-872.
- Zambrano Judith, J. Moyeja y L. Pacheco. 1995. Efecto de la madurez en la composición y calidad de tomate. *Agronomía Tropical.* 46(1):61-72.
- Zora, K.; Jaromír L.; Alena, H. y Katerina H. 2011. Determination of antioxidant activity and antioxidant content in tomato varieties and evaluation of mutual interactions between antioxidants. *LWT-Food and Technology* 44: 1703-1710.

Figura A 1. Tabla de clasificación de color (USDA, 1997).

