



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

MADURACIÓN Y CALIDAD DE CINCO POBLACIONES NATIVAS Y DOS HÍBRIDOS COMERCIALES DE JITOMATE COSECHADOS EN CINCO ESTADOS DE MADUREZ

GUILLERMINA ARELI TOCHIHUITL MARTIÑÓN

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2016

La presente tesis titulada: **MADURACIÓN Y CALIDAD DE CINCO POBLACIONES NATIVAS Y DOS HÍBRIDOS COMERCIALES DE JITOMATE COSECHADOS EN CINCO ESTADOS DE MADUREZ** realizada por la alumna: Guillermina Areli Tochiuitl Martiñón bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. CRESCENCIANO SAUCEDO VELOZ

ASESOR



Dr. GREGORIO ARELLANO OSTOA

ASESOR



MC. CECILIA GARCÍA OSORIO

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2016

MADURACIÓN Y CALIDAD DE CINCO POBLACIONES NATIVAS Y DOS HÍBRIDOS COMERCIALES DE JITOMATE COSECHADOS EN CINCO ESTADOS DE MADUREZ

Guillermina Areli Tochiuitl Martiñón, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016.

RESUMEN

Las poblaciones nativas de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) ofrecen un potencial no cuantificado en características de interés agronómico, calidad y valor nutracéutico por lo cual en el presente trabajo se evaluaron los cambios asociados con el proceso de maduración y calidad del fruto de jitomate tipo saladette y tipo bola de cinco poblaciones nativas (16, BR y R provenientes de Puebla, así como 35 y 38 de Guerrero) y de dos híbridos comerciales (SUN 7705© y Daniela©), cosechados en cinco estados de madurez (verde maduro, rompiente, rosa, rojo firme, rojo suave), respecto a la vida de anaquel, cambios en el contenido de sólidos solubles totales, % de ácido cítrico, índice de madurez, vitamina C y color. Se usó un diseño experimental de bloques generalizado con cuatro repeticiones, realizando análisis de varianza y prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). La vida de anaquel de la población nativa tipo Saladette es menor que la del híbrido comercial SUN 7705, el color de los frutos es similar, los frutos del híbrido presentan mayor concentración de vitamina C y más alta relación %SST/%ácido cítrico, dándole un sabor más aceptable. En frutos tipo bola, el híbrido comercial Daniela cosechado en estado verde maduro y rompiente no evoluciona a los siguientes estados de madurez, mientras que las poblaciones nativas maduran de manera normal, sobresaliendo la población BR, sin embargo, su concentración de vitamina C es menor, así como su sabor y tonalidad roja menos homogénea. La población 35 presenta una relación %SST/%ácido cítrico similar al híbrido Daniela por tanto su sabor es similar. Todas las poblaciones nativas presentan mayor contenido de ácido cítrico lo que las hace atractivas para su utilización con fines de procesamiento.

Palabras Clave: jitomate, calidad, madurez, sabor, color.

MATURATION AND QUALITY OF FIVE NATIVE POPULATIONS AND TWO COMMERCIAL JITOMATE HYBRIDS HARVESTED IN FIVE STATES OF MATURITY

Guillermina Areli Tochiuitl Martiñón, M. en c.
Colegio de Postgraduados, 2016.

ABSTRACT

The native populations of tomatoe (*Lycopersicon esculentum*) offer unquantified potential in characteristics of agronomic interest, quality and nutraceutical value for which in the present work the changes associated with the maturation process and quality of tomato type saladette and ball type of five native populations (16, BR y R from Puebla, as well as 35 y 38 from Guerrero) as well as two commercial hybrids (SUN 7705 © and Daniela ©), harvested in five maturity stages (ripe green, breakwater, pink, firm red, soft red); regarding shelf life, Changes in the content of total soluble solids, % Citric acid, maturity index, vitamin C and color. A generalized experimental block design was used with four replicates, performing analysis of variance and Tukey's test ($\alpha = 0.05$). The shelf life of the Saladette native population is lower than that of the commercial hybrid SUN 7705, the color of the fruits is similar, the fruits of the hybrid present higher concentration of vitamin C and most highest relation % SST /% citric acid, giving it a more acceptable flavor. In ball type fruits, the commercial hybrid Daniela harvested in state green ripe and breaking does not evolve to the following states of maturity, while native populations mature normally, standing out the population BR, nevertheless, Its vitamin C concentration is lower, as well as its flavor and less homogeneous red tonality.

Population 35 has a relationship % SST /% citric acid similar to the Daniela hybrid so its taste is similar. All native populations have a higher content of citric acid which makes them attractive for use for processing purposes.

Keywords: tomato, quality, maturity, taste, color.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo para realizar mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados, Recursos genéticos y Productividad-Fruticultura por permitirme continuar con mi formación académica.

Al Dr. Crescenciano Saucedo Veloz por su apoyo, disposición, comprensión y paciencia en la dirección de la presente investigación.

Al Dr. Gregorio Arellano Ostoa por la disposición y apoyo durante la presente tesis.

A la MC Cecilia García Osorio por sus consejos, disponibilidad y apoyo durante mi estancia en el colegio y la elaboración de la tesis.

Al Dr. Javier Suárez Espinosa por la paciencia y apoyo durante la realización de la presente investigación.

DEDICATORIA

A mi mamá por su confianza y motivación para llevar a cabo este proyecto.

A mi hermana por su apoyo incondicional.

A mi familia quienes me inspiran a continuar superándome.

A mis amigos por el apoyo moral y la confianza durante esta etapa.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA.....	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE CUADROS	x
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general	3
Particulares	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Importancia mundial y nacional.....	4
Poblaciones Nativas.....	5
Híbridos	7
Aporte a la salud	8
Calidad en Jitomate.....	8
Madurez del jitomate	9
Vida de anaquel	11
Sólidos solubles totales.....	12
Ácido titulable	12
Índice de Madurez.....	12
Vitamina C.....	13
Color.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS	15
Vida de Anaquel	16
Pérdida de Peso.....	16
Color Externo	17
Sólidos solubles totales (SST)	18
Acidez Titulable (AT)	19
Índice de madurez (relación SST/acidez).....	20

Ácido Ascórbico (Vitamina C).....	20
Diseño experimental.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
Pérdida de Peso.....	23
Vida de anaquel	25
SST	28
% de Ácido Cítrico.....	31
Índice de Madurez.....	32
Contenido de Vitamina C	33
Ángulo de Tono.....	35
Luminosidad.....	37
Índice de Saturación.....	38
Cuadro 13. Índice de color	39
CONCLUSIONES.....	41
BIBLIOGRAFÍA	42
ANEXOS	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vida de Anaquel.....	16
Figura 2. Registro de color	17
Figura 3. Color Lab (poligraph-club).....	18
Figura 4. Medición de SST.....	18
Figura 5. Acidez Titulable.....	19
Figura 6. Determinación de Vitamina C	20
Figura 7. Curva estándar Vitamina C	21
Figura 8. Pérdida de peso de frutos cosechados en Verde Maduro.	23
Figura 9. Pérdida de peso de frutos cosechados en Rompiente.	23
Figura 10. Pérdida de peso de frutos cosechados en Rosa.	24
Figura 11. Pérdida de peso de frutos cosechados en Rojo Firme.	24
Figura 12. Cosecha Población 16	51
Figura 13. Cosecha Población 35	51
Figura 14. Cosecha Población 38	51
Figura 15. Cosecha Población BR	52
Figura 16. Cosecha Población R.....	52
Figura 17. Cosecha Híbrido Daniela	52
Figura 18. Cosecha Híbrido SUN 7705.....	52

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Curva estándar para vitamina C	21
Cuadro 2. Días necesarios para cambiar de Verde Maduro a Rojo Suave.....	25
Cuadro 3. Días necesarios para cambiar de Rompiente a Rojo Suave	26
Cuadro 4. Días necesarios para cambiar de Rosa a Rojo Suave	27
Cuadro 5. Días necesarios para cambiar de Rojo firme a Rojo Suave	28
Cuadro 6. Sólidos Solubles Totales	28
Cuadro 7. Acidez (%Ácido Cítrico)	31
Cuadro 8. Índice de Madurez (SST/AC).....	32
Cuadro 9. Vitamina C mg/100 peso fresco	33
Cuadro 10. Ángulo de tono (°HUE)	35
Cuadro 11. Luminosidad	37
Cuadro 12. Croma.....	38
Cuadro 13. Índice de color	39

INTRODUCCIÓN

México es uno de los principales países productores de jitomate (*Solanum Lycopersicum* L.) con una producción de 3.28 millones de toneladas (FAOSTAT, datos 2013, consulta 2016), principalmente de híbridos comerciales tipo bola (Daniela, Caimán, Charleston), saladette (SUN 7705, Roma) y cherry (Tropical, Montebello), provenientes de semilla mejorada con características de calidad de planta y de frutos bien definidas. Los híbridos han sido desarrollados enfocándose al incremento en tamaño, peso, forma, color, resistencia al estrés biótico y abiótico, en postcosecha a incrementar tanto la firmeza como la vida de anaquel. Estos híbridos, comparados con los ancestros silvestres, son genéticamente pobres teniendo menos del 5% de variación genética, lo cual ha llevado a la pérdida de atributos importantes como los organolépticos, nutritivos y de valor nutracéutico, encontrados en especies silvestres; asimismo, de acuerdo con Prakash, 2001 estos híbridos son dependientes de rigurosos cuidados y si bien algunos presentan resistencia a determinadas situaciones de estrés biótico y abiótico, su potencial de sobrevivencia a diversas condiciones adversas es bajo. La creciente demanda de productos hortofrutícolas con variación en sabores y aromas, además con alto contenido de compuestos funcionales benéficos para la salud y con alto potencial para su aprovechamiento con fines de procesamiento, ha estimulado la realización de investigaciones tendientes a evaluar el potencial que presentan las poblaciones nativas de jitomate ubicadas en diversos estados del país, agroecológicamente adaptadas y con características de producción y calidad de frutos competitivos con los cultivares comerciales. De acuerdo con Bellon, (1996), el germoplasma nativo es importante por la heterogeneidad biológica, económica y cultural de la agricultura local, y constituye un recurso potencialmente valioso para la obtención de variedades mejoradas (Hoyt, 1992); asimismo, Moreno y Ramírez (2015) han señalado que las poblaciones nativas, al ser dinámicas y altamente heterogéneas, se han seleccionado en huertos familiares rústicos bajo una perspectiva de agricultura de subsistencia ecológica, donde la uniformidad, el color, el aroma y formas de uso en la preparación de alimentos, entre otros, constituyen criterios de selección.

Por otro lado, diversos reportes (Moreno, 2010 y Vázquez Ortiz *et al.*, 2010) señalan a las regiones de Puebla, Oaxaca y Veracruz como las principales áreas geográficas de diversidad y domesticación de jitomate en México, donde es posible encontrar poblaciones con calidad de planta y fruto competitivos con fines de producción y comercialización. Al respecto, en el Colegio de Postgraduados, a través del proyecto “Valoración integral de la diversidad de poblaciones nativas de jitomate mexicano” se recolectaron cerca de 600 accesiones de frutos de jitomate, las cuales se han evaluado para identificar aquellas capaces de adaptarse a las nuevas tecnologías de producción, como la producción hidropónica bajo invernadero, además de identificar atributos específicos factibles de ser empleados en mejoramiento genético y generar nuevos cultivares capaces de satisfacer las necesidades productivas de la planta, así como las organolépticas y nutricionales de los frutos que demandan los productores y comercializadores del mercado; en este sentido, en un estudio (Berrospe-Ochoa *et al.*, 2015), de este grupo se evaluaron 13 poblaciones en cuanto a calidad de planta, encontrándose que las identificadas como 21 (Originario de Puebla) y 96 (Estado de México) fueron similares al cultivar comercial tipo bola Daniela, en tanto que las identificadas como 38 y 35 (pertenecientes a Guerrero), y 49 (del Estado de Oaxaca) fueron similares en calidad de planta al cultivar comercial tipo saladette SUN 7705. En otro estudio (Berrospe, 2015) donde se evaluaron también 13 poblaciones nativas y dos cultivares comerciales para evaluar calidad del fruto al momento de cosecha y sólo en estado rojo, se encontró que en función de las variables de calidad: peso fresco, diámetro ecuatorial, diámetro polar, volumen, color del epicarpio y firmeza del pericarpio, las poblaciones nativas identificadas como 38, 49 y L resultaron similares al cultivar comercial tipo bola Daniela; las 16, 34, 83, 96, BR y R fueron similares al cultivar tipo saladette SUN 7705; en tanto que las poblaciones 35, A y R presentaron mayor peso y tamaño, mientras que de menor tamaño fue la 48. No obstante lo anterior, no se cuenta con evidencias sobre el comportamiento fisiológico postcosecha de este grupo de poblaciones nativas, importante para definir otros parámetros relacionados con la calidad organoléptica y vida de anaquel cuando se cosechan con diferentes estados de

madurez; por consiguiente los objetivos del presente trabajo de investigación fueron:

Objetivo general

Evaluar los cambios asociados con el proceso maduración y calidad del fruto de jitomate de cinco poblaciones nativas y dos híbridos comerciales, cosechados en cinco diferentes estados de madurez.

Particulares

1. Determinar los cambios en la calidad organoléptica y nutricional evaluada por el contenido de sólidos solubles totales, la acidez titulable, ácido ascórbico (Vitamina C) y color externo, de cinco poblaciones nativas de jitomate y dos híbridos comerciales con el fin de establecer similitudes y diferencias.
2. Relacionar las pérdidas de peso y cambios en la calidad organoléptica y nutricional, con la vida de anaquel de los frutos de las cinco poblaciones y los dos híbridos cuando se cosechan con diferente grado de madurez.

Hipótesis

- El contenido de los componentes de la calidad organoléptica y nutricional son iguales para el mismo grado de madurez entre las poblaciones nativas y los híbridos estudiados, almacenados a temperatura de maduración.
- La vida de anaquel de las poblaciones nativas y los híbridos es la misma cuando se cosechan con el mismo grado de madurez.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia mundial y nacional

Pocos cultivos han sido tan complacientes como el jitomate, de la misma familia que el tabaco, la papa, la berenjena y el pimiento, esta solanácea influyó para siempre en las tradiciones culinarias del mundo (SINAREFI, consulta 2016).

La amplia adaptabilidad de la especie permite que se desarrolle tanto en ambientes extremadamente secos, considerados hostiles, como en ambientes muy húmedos; el desarrollo de este cultivo se puede realizar a nivel del mar hasta a unos 3300 msnm (zonas montañosas). Con una producción bajo invernadero, usando malla sombra o a campo abierto (Foolad, 2007).

De acuerdo a Camacho *et al.*, 2006 Las variedades comerciales están menos adaptadas al crecimiento en condiciones subóptimas y, por lo tanto, tendrán menos ventajas competitivas en entornos marginales donde las poblaciones nativas probablemente tengan una ventaja adaptativa, ya que han interactuado con factores abióticos (salinidad, sequía, etc.), bióticos (plagas, enfermedades y malezas) y humanos (cultivo, manejo y uso).

El jitomate botánicamente hablando es uno de los frutos más comercializados y consumidos a nivel mundial, los altos índices de producción y demanda se deben a la diversidad de productos frescos y procesados que se pueden realizar, además de ser considerado una fuente importante de antioxidantes, vitaminas y minerales.

A nivel mundial los principales países productores de Jitomate son (*Solanum Lycopersicum* L.): China Continental, Estados Unidos, India, Turquía y Egipto mientras que México se encuentra en el décimo lugar con una producción de 3, 282, 583 de toneladas (FAOSTAT, datos 2013, consulta 2016), principalmente de híbridos comerciales tipo bola (Daniela, Caimán, Charleston), saladette (SUN 7705, Roma) y cherry (Tropical, Montebello), provenientes de semilla mejorada con características de calidad de planta y de frutos bien definidas. Registros del SIAP, datos 2015 consultados en 2016 indican que a nivel nacional se producen 3, 098, 329.41 toneladas de jitomate rojo, los cinco principales estados

productores son: Sinaloa con 849,341.95 toneladas, seguido de Michoacán con 223, 677.84, San Luis Potosí con 221, 561.27, Baja California con 220,847.7 y Jalisco con 161, 804.59.

El Economista, 2014 menciona que el consumo per cápita de jitomate es de 13 kilogramos, por debajo del consumo mundial per cápita de 17 Kg al año. México sólo consume 37% de lo que produce de tomate rojo, el resto se exporta a Estados Unidos y Canadá, con un 95% y 5% de la participación, su trascendencia en el contexto económico del país reside en su importante aportación de divisas y en la generación de empleos. El cultivo, la cosecha y la comercialización del jitomate en Sinaloa genera: 72 mil empleos directos y 10.7 millones de empleos indirectos, por ventas al extranjero ingresaron a el país más de 1000 mdd en promedio (SAGARPA, datos 2014, consulta 2016).

Las poblaciones nativas presentan una alternativa para el desarrollo de variedades e híbridos específicos para una agricultura sustentable y más amigable con el ambiente, así como para producir frutos inocuos para los consumidores (Salgado *et al.*, 2011).

Poblaciones Nativas

El centro de origen del jitomate se circunscribe a la región andina de Perú, la variedad cerasiforme, precursora del jitomate domesticado, transportó sus semillas de forma natural hasta llegar a Mesoamérica, donde lo cultivaron y se convirtió en un producto básico en la alimentación de los nativos (SINAREFI, consulta 2016). La mayor parte de la diversidad genética en las especies domesticadas se encuentra en las poblaciones nativas, estas poblaciones están gravemente amenazadas por la extinción genética debido principalmente a su reemplazo por variedades modernas genéticamente uniformes, (Camacho *et al.*, 2006). México y Perú son considerados los dos centros independientes de domesticación del jitomate, de ahí su gran diversidad en ambos países y el amplio acervo que poseen en recursos genéticos de la especie (principalmente criollos y silvestres), algunos de ellos altamente cotizados en los mercados locales o regionales y con un gran potencial para generar variedades de uso local y

variedades para cocina gourmet. La domesticación en México se dio entre Veracruz y Puebla, donde persiste en forma silvestre (SINAREFI, consulta 2016). El nombre de jitomate procede del náhuatl *xictli*, ombligo y *tomatl*, tomate, que significa tomate de ombligo, cicatriz que conserva el fruto al desprenderse del pedúnculo. La planta es de porte erecto o semierecto, arbustivo, cultivo de tipo anual. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas). Clasificación taxonómica: Reino: Plantae, División: Magnoliophyta, Clase: Magnoliopsida, Orden: Solanales, Familia: Solanaceae, Género: *Solanum*, Especie: *lycopersicum*. El fruto es una baya ovalada, redonda o periforme. Su tamaño va desde pequeños frutos del tamaño de una cereza, hasta enormes frutos de 750 gr (Monografía de Cultivos, datos 2010, consulta 2016).

La mayor diversidad genética de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se encuentra en especies silvestres, con variabilidad en características de calidad del fruto como sabor, aroma, coloración, y contenidos de licopeno y β -caroteno (Ceballos, 2012).

Las poblaciones nativas cuyos frutos presentan características similares a los híbridos podrían ser utilizadas para producción de germoplasma puesto que ya tendrían un mercado, lo cual permitiría rescatar parte del germoplasma nativo y fortalecer la agricultura sustentable, puesto que los productores no dependerían de las empresas productoras de semillas y sería factible que ellos mismos produjeran su propia semilla (Salgado *et al.*, 2011).

Las poblaciones nativas también aportan un alto contenido de antioxidantes, poblaciones nativas de jitomate cherry comparadas con el híbrido H-790 han presentado valores superiores en contenido de licopeno, β -caroteno y de ácido ascórbico, por lo que se considera que las poblaciones nativas pueden ser usadas como fuente de germoplasma en programas de mejoramiento genético para incrementar la calidad interna de los frutos de esta especie (Juárez-López *et al.* 2009).

Híbridos

El desarrollo y uso de híbridos de tomate ha contribuido también al incremento de la producción. En los últimos años, el énfasis en el mejoramiento genético ha sido incrementar la resistencia a enfermedades, la calidad del fruto y la vida postcosecha (Grandillo *et al.*, 1999).

Se han reportado algunos jitomates mutantes pleiotrópicos de maduración de un solo gen tales como alcobaca de maduración lenta (alc), inhibidor de la maduración (rin) y no maduración (nor). Los híbridos F1 que implican a estos mutantes han demostrado en el pasado prolongar la vida útil, el período de disponibilidad de fruta, aumentar el rendimiento bajo condiciones de estrés ideales y de alta temperatura (Garg y Cheem, 2011).

Daniela es un híbrido que contiene en su genoma genes que inhiben la maduración y que son llamados mutantes “Rin” que es la abreviatura de su nombre en inglés “Ripening inhibitor”. Son genes que determinan que el fruto carezca de la presencia de la enzima “poligalacturonasa”, encargada durante el proceso de maduración, de la descomposición de las pectinas, ácido poligalacturónico. Debido a esto los frutos permanecen firmes por mucho más tiempo, pues no tienen el agente encargado de hidrolizar el cemento intercelular y por ende las paredes estructurales permanecen firmes por más tiempo.

Durante algún tiempo se consideró que estos híbridos deberían ser cosechados solamente rojos, pero en realidad, pueden ser cosechados desde el punto “pinton” o desde que el verde “blanquea” en la base del fruto, en adelante, con temperatura adecuada, llegan a color rojo completo. Sin embargo, por demanda de calidad de los mercados y debido a que cuanto más tiempo permanece en la planta, los frutos tienen mejor sabor (“vine ripe”), el punto de cosecha de estos tomates es el verde rosado en verano y el naranja subido en invierno, en este estado pueden permanecer el triple del tiempo que cualquier otro tomate comercialmente hablando.

SUN 7705 es un híbrido indeterminado de amplia adaptabilidad en distintas áreas geográficas y medioambientales, es de maduración media.

Aporte a la salud

El jitomate es un cultivo hortícola que se utiliza para consumo en fresco o productos procesados. Los frutos tienen un alto valor nutricional atribuido a la presencia de vitaminas, carotenoides y compuestos fenólicos, siendo de gran aporte a la salud humana (Antunes *et al.*, 2010).

El licopeno es un carotenoide que conserva sus propiedades funcionales después de ser procesado, no presenta toxicidad y posee efectos antioxidantes, antiinflamatorios y quimioterapéuticos sobre las enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y algunos tipos de cáncer. Sin embargo, parece que su consumo a través de la dieta es insuficiente (Cruz *et al.*, 2013).

Compuestos como polifenoles, vitamina C, Vitamina E, β - caroteno y otros carotenoides son reportados como antimutágenos, anticarcinógenos y son referidos como vitaminas “antioxidantes”. Específicamente, el β -caroteno, es considerado como la provitamina A; se conoce que inhibe el daño celular a nivel de ADN causado por especies reactivas al oxígeno y radicales libres, los cuales pueden dar lugar a enfermedades de tipo crónico degenerativas (Brecht *et al.*, 2004).

El tomate es además una buena fuente de fibra, la cual disminuye los niveles del colesterol malo, mantiene equilibrado el nivel de azúcar en la sangre y previene el cáncer al colon, es una buena fuente de potasio, ayudando a la disminución de la presión alta y el riesgo de ataques al corazón. Todos estos nutrientes que contiene el tomate trabajan en conjunto y protegen al corazón, también es una buena fuente de vitamina K, ésta vitamina activa la osteocalcina, que se encarga de anclar las moléculas de calcio en los huesos, por ello, sin suficiente vitamina K los niveles de osteocalcina empobrecen y los huesos se desmineralizan (Troxler, 2016).

Calidad en Jitomate

Los frutos de tomate contienen: azúcares reductores como fructosa, glucosa y trazas de sacarosa que constituyen 53 a 65 % de los sólidos solubles, ácidos, cítrico (9 %) y málico (4 %) principalmente, la vitamina C (ácido ascórbico),

aminoácidos (2-2.5 %), carotenoides, compuestos volátiles responsables del aroma, sales minerales (8 %) y sustancias pécticas de la pared celular (Davies y Hobson, 1981; Petro-Turza, 1986).

El consumo en fresco o procesado de jitomate depende de la calidad, evaluada por la apariencia, color, textura, valor nutricional, composición en madurez de consumo, seguridad (sanidad), sabor y aroma. Usualmente el tomate se consume con su máxima calidad organoléptica, que se presenta cuando el fruto ha alcanzado por completo el color rojo, pero antes de un ablandamiento excesivo. El color rojo es el resultado de la degradación de la clorofila, así como de la síntesis de cromoplastos (Fraser *et al.*, 1994). Por tanto, el color en tomate es la característica externa más importante en la determinación del punto de maduración, de la vida postcosecha y un factor determinante en la decisión de compra por parte de los consumidores.

Existe una variación amplia en las características asociadas con la calidad en los frutos de jitomate provenientes de poblaciones nativas, en color y sabor mostraron la mayor diversidad. Aspectos que son importantes para explorar nuevos mercados con base en características de forma, color y sabor de estas poblaciones nativas (Salgado *et al.*, 2011).

Madurez del jitomate

Durante la maduración del tomate, se inducen varios cambios metabólicos relacionados con la biosíntesis de compuestos, incluyendo el licopeno y otros carotenoides, las condiciones ambientales durante el cultivo como: intensidad de luz, pH del suelo, frecuencia de riego, tipo de fertilización, pueden afectar la composición química del fruto (Luna y Delgado, 2014).

El jitomate es un fruto climatérico, su maduración está controlada por la fitohormona etileno. La vida útil del jitomate depende de las condiciones postcosecha así como del estado de madurez en el que fueron cosechados los frutos (Martínez-Madrid *et al.*, 2007)

La descomposición de los principales polisacáridos estructurales de la pared celular es un proceso significativo asociado con la maduración y contribuye al ablandamiento de la fruta. En el tomate, la poligalacturonasa (PG) y expansina (Exp) son algunas de las proteínas que participan en la pared celular cooperativamente en la maduración asociada a la degradación de la pared celular (Cantu *et al.*, 2007).

En algunas líneas comerciales que cuentan con el gen (Rin / rin) se retrasa la maduración y prolonga la vida útil; sin embargo, esta modificación conduce a la inhibición del sabor y la acumulación de compuestos nutricionales junto con rasgos texturales indeseables en algunos casos debido a la maduración incompleta (Matas *et al.*, 2009).

La maduración del tomate está asociada con una serie de variaciones en la composición química, la estructura celular y la estructura interna de la fruta. La concentración en azúcares reductores y carotenos aumenta, mientras que las de acidez titulable, clorofila y contenido de ácido clorogénico disminuyen (Gautier *et al.*, 2008).

El control de la maduración de los frutos a menudo se logra a través de la cosecha temprana, controlando la atmósfera de almacenamiento postcosecha y por selección genética para variedades de maduración lenta o tardía (Gemma *et al.*, 2011).

La composición de antioxidantes en jitomate se determina por el proceso de maduración del fruto; en este fenómeno bioquímico se condicionan cambios metabólicos, modificaciones de aspecto y atributos de calidad. En las alteraciones metabólicas se inducen cambios en los contenidos de las clorofilas y carotenoides. Donde, generalmente, las clorofilas son degradadas y se desencadena el proceso de carotenogénesis, que consiste en incrementar el contenido de carotenoides; en específico, de licopeno, el cual se encuentra directamente relacionado con el grado de madurez del fruto (Solovchenko *et al.*, 2005).

Vida de anaquel

La calidad de los jitomates al momento de la cosecha influye en su vida postcosecha, repercutiendo en el transporte y comercialización de los frutos. El etileno se encarga de regular la vida postcosecha de los jitomates, ya que acelera el proceso de maduración, interviniendo en la composición, sabor y aroma del fruto, favoreciendo o no en su calidad alimentaria, así como en la aceptación del consumidor, ya que el fruto de jitomate tiene una gran demanda por parte de pequeños y grandes productores, así como de consumidores, estas características son de gran interés en los programas de mejoramiento de jitomate (Causse *et al.*, 2003).

La etapa de maduración de la fruta del tomate puede ser un factor importante que afecta la descomposición después de la cosecha. A medida que la fruta madura, la textura del tejido se debilita debido al desmontaje de los componentes de la pared celular provocando que las células liberen sustratos, proporcionando nutrientes para los patógenos, provocando que el fruto maduro sea más susceptible a enfermedades (Hai y Gubler, 2012).

Se considera que cuando el fruto ha perdido entre 5 y 10% de agua debido a la transpiración, los frutos adquieren una apariencia indeseable debido al marchitamiento y disminuye su valor nutricional, dejando de ser atractivo para los consumidores (Salgado *et al.*, 2011).

La disminución en algunos atributos (azúcares, ácidos, aroma) se produce con el tiempo, pero las concentraciones de vitamina C son muy estables (Cantwell *et al.*, 2009).

Casierra y Aguilar (2008), realizaron estudios en híbridos de jitomate en diferentes estados de madurez y encontraron que la pérdida de peso, acidez titulable y firmeza disminuyen al cosechar los frutos en estados avanzados de maduración, mientras que los sólidos solubles totales y el índice de madurez se incrementaron.

Sólidos solubles totales

La dulzura es un componente importante de la calidad de la fruta fresca, el nivel de dulzor sirve como un buen indicador del estado de madurez de la fruta y por lo tanto en el potencial vida útil. En el sector de los productos frescos, la dulzura se mide normalmente en términos de contenido de sólidos solubles totales (SST) en ° Brix de acuerdo a Aked (2002).

Los genotipos nativos podrían ser considerados como fuentes de germoplasma en programas de mejoramiento genético para incrementar el contenido de ácido ascórbico en frutos de jitomate (Juárez *et al.*, 2009).

Ácido titulable

Los ácidos orgánicos influyen en el sabor, color y estabilidad de los alimentos. La acidez puede ser muy variable en frutos de jitomate; el contenido de ácidos orgánicos (principalmente málico y cítrico) representan alrededor del 13% de la materia seca, aumentan con el crecimiento del fruto, acumulándose principalmente en los lóculos. Al inicio del crecimiento, el ácido málico es el predominante, representando así el cítrico un 25%, para cuando el fruto alcanza la madurez de consumo se asume que el contenido de ácido cítrico es mayor (Nuez, 1995).

Índice de Madurez

El incremento en sólidos solubles o la reducción de la acidez titulable provoca aumento en este. Este índice crea un acercamiento a la madurez de consumo; siendo una forma de establecer el momento de cosecha, está relacionado directamente con la dulzura y el sabor de los frutos (Casierra *et al.*, 2010).

Vitamina C

Las temperaturas más altas reducen el contenido de vitamina C en cultivos de frutas y hortalizas (McKeon *et al.*, 2006).

Según Miller y Tanksley (1990) la mayor parte de la diversidad del tomate se halla en sus parientes silvestres, presentando variabilidad genética para características de calidad de fruto como sabor, aroma, color y textura, con alto valor nutritivo por su contenido de vitamina C, superior a 57 mg/100 g en tejido fresco, y por su alto contenido de licopeno, superior a 10 mg/100g.

El contenido de vitamina C disminuye considerablemente en un 70%, esto se debe a que el tomate es un producto climatérico y por ende después de su cosecha utiliza sus reservas como los carbohidratos y los ácidos orgánicos hasta su senescencia; pues esto es uno de los factores que degrada la vitamina C (Valle y Rodríguez, 2011).

Color

El color es un indicador del contenido de licopeno. Cuanto mayor era la relación a^* / b^* , mayor será el contenido de licopeno. El color de la piel del fruto puede variar entre cultivares aunque estos se coseche en el mismo estado de madurez (Molyneux *et al.*, 2004).

La clorofila, licopeno y β -caroteno, son los pigmentos responsables de la coloración del tomate, en los diferentes estados de madurez. Durante el proceso de maduración, las clorofilas se degradan y dan paso a la síntesis de carotenoides, los cuales le confieren al tomate la coloración anaranjada tenue que culmina en un rojo intenso. Siendo este uno de los atributos de calidad más importantes (Liu *et al.*, 2009).

La temperatura óptima para la síntesis de licopeno es entre 22° y 25°C (Dumas *et al.*, 2003; Lumpkin, 2005). La biosíntesis del licopeno está influenciada por la temperatura. Si la temperatura de las frutas supera los 30 ° C, el contenido de licopeno disminuye significativamente (Brandt *et al.*, 2006).

El color del tomate es la primera característica externa que determina el grado de aceptación del consumidor. Importantes cambios de color ocurren en diversas etapas del desarrollo del tomate en términos de contenido de clorofila (color verde), β -caroteno (color naranja) y licopeno (color rojo). Los cambios más visibles están asociados con la pérdida de clorofila (color verde) y la acumulación gradual de licopeno (color rojo), donde los plástidos como los cloroplastos presentes en la fruta verde maduro se transforman en cromoplastos. La transformación de cloroplastos en cromoplastos normalmente ocurre simultáneamente con otros cambios de maduración tales como el ablandamiento de la pared celular (Bathgate *et al.*, 1985).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la investigación se planteó como parte experimental la evaluación del fruto de cinco poblaciones nativas provenientes de la recolección de 600 obtenidas a través del proyecto “Colegio de Postgraduados: Valoración integral de la diversidad de poblaciones nativas de jitomate mexicano”. A su vez, estas cinco poblaciones se seccionaron con base a un estudio sobre calidad de planta realizado en 13 poblaciones (Berrospe *et al.*, 2015) y las cuales se identificaron como: 16 tipo saladette, BR tipo bola y R tipo bola provenientes de Puebla, así como 35 tipo bola y 38 tipo bola de Guerrero; además se consideraron, con fines de comparación, los híbridos comerciales tipo saladette SUN 7705© de Nunhems y Daniela© de Hazera Genetics fruto tipo bola.

Para la evaluación de los frutos se obtuvieron las semillas respectivas para realizar la siembra de plantas y su posterior desarrollo con fines de producción. Para dicho proceso se utilizó un invernadero tipo túnel con cubierta plástica de color blanco lechoso, ubicado en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo a 19° 27' 42.45" latitud norte, 98° 54' 32.58" longitud oeste y 2241 msnm. Para la siembra se utilizaron charolas germinadoras comerciales de poliestireno con 200 cavidades y una mezcla de peat moss y agrolita 3:1 v/v. A los 31 días después de la siembra se realizó el trasplante a bolsas de polietileno negro con capacidad de 20 litros, con sustrato a base de roca volcánica roja (tezontle). Las bolsas de cultivo fueron colocadas a doble hilera con una densidad de 3.5 plantas/ m² y 1.0 m entre hileras dobles. Desde el trasplante hasta los 65 días después de la siembra se aumentó la concentración de la solución nutritiva en un 25% cada 8 días hasta alcanzar una concentración del 100%, Steiner (1984). Se hicieron semanalmente tutoros, podas de formación (eliminando brotes laterales) y en racimos florales (seleccionando las 6 flores de mejor forma y mayor tamaño).

De manera manual se cosecharon frutos a las 8 de la mañana en 5 estados de maduración de acuerdo con la clasificación propuesta por Batu (2004): Verde maduro (VM) considerada como estado de madurez fisiológica, Rompiente (RM) cuando se presentó coloración rosa incipiente en 10% de la superficie del fruto,

Rosa (ROS) con coloración rosa y roja incipiente en 30-60% de la superficie del fruto, Rojo firme (RF) cuando se alcanzó color rojo en 90-100% de la superficie y firmeza dura al tacto, y Rojo Suave (RS) con color rojo intenso y textura suave al tacto. Los frutos se cosecharon de manera manual, se colocaron en cajas de plástico e inmediatamente se trasladaron al laboratorio de Postcosecha del Postgrado en Fruticultura. Una vez lavados los frutos se secaron al ambiente y en un periodo de 8 horas después de la cosecha se almacenaron a $20\pm 2^{\circ}$ C; $60\pm 5\%$ de HR por periodos de 15 días los frutos cosechados en estado Verde Maduro, 10 días los cosechados en estado Rompiente, 8 días los cosechados en estado Rosa y 4 días los cosechados en estado Rojo Firme. Las variables evaluadas durante el experimento fueron:

Vida de Anaquel

Esta se estableció considerando el tiempo en el que los frutos, de cada estado de madurez, cambiaron al siguiente y además permanecieron con 100% de frutos sanos (Figura 1). Para esto se consideró un total de 10 frutos por población e híbridos.



Figura 1. Vida de Anaquel

Pérdida de Peso

La pérdida de peso se registró diariamente en el estado Verde Maduro, Rompiente, Rosa y Rojo Firme, cuando el fruto se cosecho en Verde Maduro se hicieron registros a los 14 días, Rompiente a los 8 días, Rosa a los 5 días y en

Rojo Firme a los 2 días. La pérdida de peso se calculó cada día de la siguiente manera.

$$\% \text{ de pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Color Externo

Se determinó utilizando un colorímetro de reflexión Hunter Lab, D25-PC2, Reston Virginia, USA, realizando medidas en dos lados opuestos del diámetro ecuatorial de cada fruto, de un total de cuatro por cada población y cultivar (Figura 2). Se registraron los valores L^* , a^* y b^* , sacando promedios, con los cuales se calcularon las variables: Ángulo de tono se calculó en grados sexagesimales, de acuerdo con Arias *et al.* (2000) varía entre 0° y 360° (0° =rojo, 90° =amarillo, 180° =verde, 270° =azul) cuando los valores $a^* > 0$ y $b^* \geq 0$ se utilizó la ecuación $180 + \tan^{-1}(b^*/a^*)$, y cuando el valor $a^* < 0$ se utilizó la ecuación $\tan^{-1}(b^*/a^*)$. L , es la luminosidad que varía de 0 (negro) y 100 (blanco), se define como la proporción de luz transmitida por el objeto, los valores son adimensionales. Índice de saturación o croma ($IS = (a^2 + b^2)^{1/2}$) también es adimensional y expresa la proporción del contenido cromático.



Figura 2. Registro de color

Índice de Color (IC= a^*/b^*) propuesto por Árias *et al.* (2000), quienes reportan que el valor a^* es un parámetro para evaluar los cambios en el color rojo y el grado de maduración, mientras que b^* es un parámetro de coloración amarilla (Figura 3).

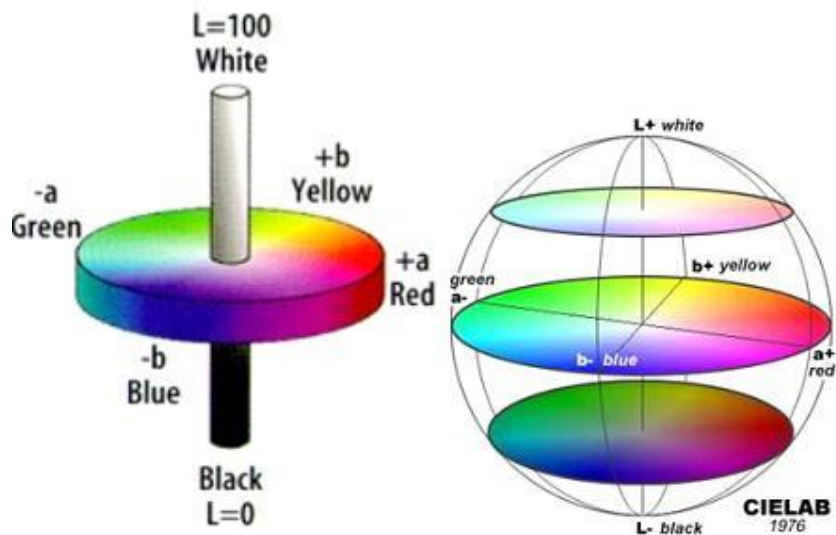


Figura 3. Color Lab (poligraph-club)

Sólidos solubles totales (SST)

Se midió por el método de la AOAC (1990) utilizando un refractómetro digital ATAGO PR-100, serie A56280 de ATAGO, Co. (Honcho, Itabashi-Ku Tokio Japón), con escala de 0 a 32%. Para ello, en cada fruto de un total de cuatro por población y cultivar, se colocó una muestra de jugo en la celda de medición y se obtuvo directamente la lectura, los datos se expresaron como %SST (Figura 4).



Figura 4. Medición de SST

Acidez Titulable (AT)

Para la determinación de acidez titulable en cada uno de los frutos, de un total de cuatro repeticiones por población, se pesaron 10 g de pulpa y se homogeneizaron con 50 mL de H₂O destilada, del filtrado se tomaron 5 mL de muestra y se le adicionaron tres gotas de fenolftaleína (Figura 5), posteriormente se tituló con NaOH 0.1 N según la metodología descrita por la AOAC (1990). La acidez titulable, expresada como ácido cítrico, se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez Titulable (\%Ácido Cítrico)} = \frac{\text{mL NaOH} \times \text{NaOH} \times \text{meq} \times \text{VT} \times 100}{A \times g}$$

Dónde:

mL NaOH= Hidróxido de sodio gastados en la titulación (mL)

NaOH= Normalidad del hidróxido de sodio (0.1 N)

meq= milequivalentes del ácido cítrico (0.064)

VT= Volumen total de la muestra preparada (mL)

A= Alícuota tomada para la medición (mL)

g= cantidad de muestra utilizada (g)



Figura 5. Acidez Titulable

Índice de madurez (relación SST/acidez)

Se calculó con los resultados obtenidos de porcentaje de sólidos solubles totales y el porcentaje de ácido cítrico mediante la siguiente ecuación:

$$IM = \frac{\%SST}{\text{Acidez titulable}}$$

Ácido Ascórbico (Vitamina C)

El contenido de ácido ascórbico se determinó por el método de Tillman o del 2,6-diclorofenolindofenol (A.O.A.C., 1990), utilizando ácido oxálico como solución extractora. Para esto se tomó una muestra de 36 g por cada fruto, de un total de cuatro por población e híbridos, y a la cual se le adicionaron 100 mL de ácido oxálico 0.5%; la mezcla se homogeneizó y filtró. Del filtrado se tomaron 5 mL y se titularon con la solución de Tillman; los datos se presentan como mg AA 100 g⁻¹ (Figura 6).

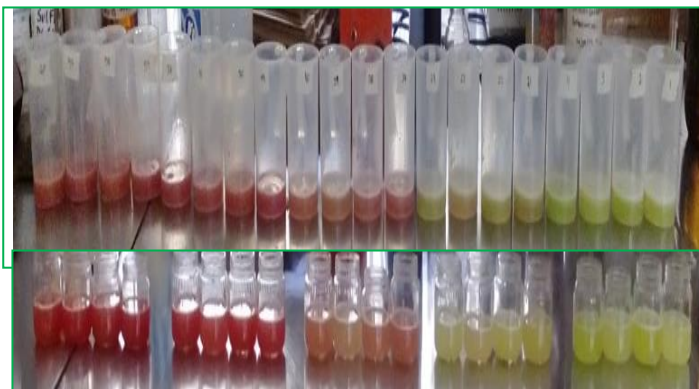


Figura 6. Determinación de Vitamina C

Solución de Tillman: La solución de Tillman se preparó pesando 100 mg de 2,6-diclorofenol indofenol (DFI, al 0.02 %) y se colocaron en 400 mL de agua destilada a 60 °C posteriormente se filtró la solución y se agregaron 250 mg de NaHCO₃, se volvió a filtrar y se aforó a 500 mL.

Ácido Oxálico: Se preparó una solución de ácido oxálico al 0.5 %, mediante la disolución de 5 g de ácido oxálico en 500 mL de agua destilada y se aforó a 1000 mL.

Curva Estándar: Se preparó de la siguiente manera:

Solución madre: Se pesaron 50 mg de ácido ascórbico (Vitamina C) y disolvieron en 100 mL de ácido oxálico al 0.5%. Concentración final 500 µg/mL (Cuadro 1).

De la solución madre se toman 10 mL y se llevan a 50 mL para tener una concentración de 100 µg/mL (Solución 2) y se realizan 9 diluciones.

Cuadro 1. Curva estándar para vitamina C

	No.	[mg de Ácido Ascórbico]	µL de Ácido Ascórbico tomados de las soluciones	µL de Ácido Oxálico agregados	Vol. Total a titular mL	Gasto de 2-6 Diclorofenolindofenol mL
Solución 2	1	1	0.05	4.95	5	0.3
	2	2.5	0.125	4.875	5	0.6
	3	5	0.25	4.75	5	1.0
	4	10	0.75	4.25	5	1.3
	5	20	1	4	5	1.5
	6	40	2	3	5	2.7
	7	60	3	2	5	3.9
	8	80	4	1	5	5.0
	9	100	5	0	5	6.2
Solución Madre	10	150	1.5	3.5	5	9.1
	11	200	2	3	5	11.9

Con los datos obtenidos se graficó la curva estándar (Figura 7):

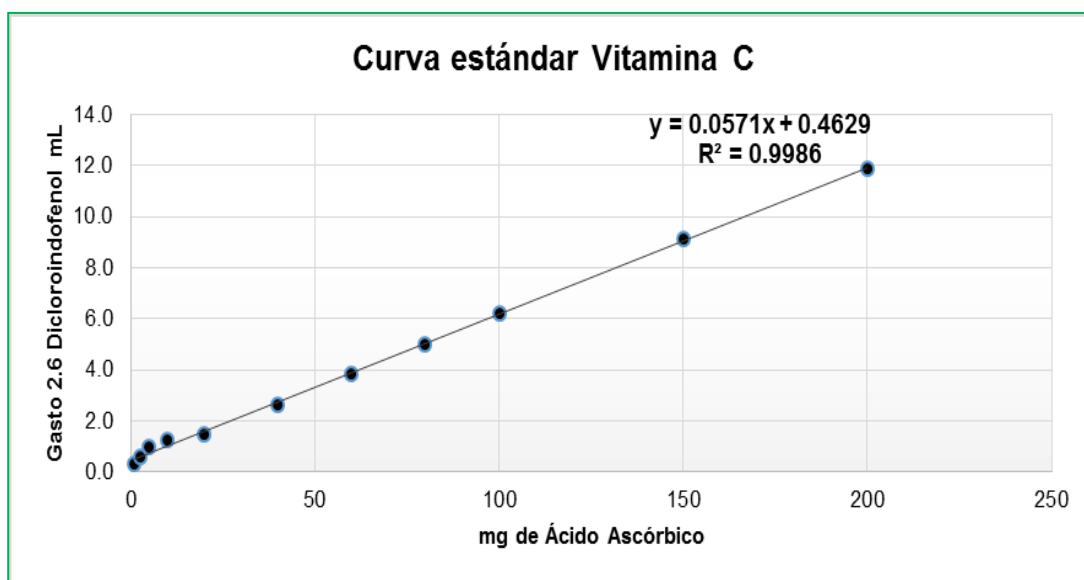


Figura 7. Curva estándar Vitamina C

$$Y = mx + b$$

$$Y = 0.0571x + 0.4629$$

Y = mL de 2,6-Dicloroindofenol

X = μ g de ácido ascórbico

Despejando la ecuación tenemos que

$$X = (y - 0.4629) / 0.0571$$

$$\mu\text{g de ácido ascórbico} = (\text{mL de 2,6-Dicloroindofenol} - 0.4629) / 0.0571$$

Diseño experimental

El diseño experimental fue bloques generalizado con análisis de varianza, con cuatro repeticiones. Para comparar las poblaciones nativas y los híbridos comerciales se utilizó el programa estadístico SAS System® versión 9.0 de SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA, y STATISTICA® versión 7.1 de StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de Peso

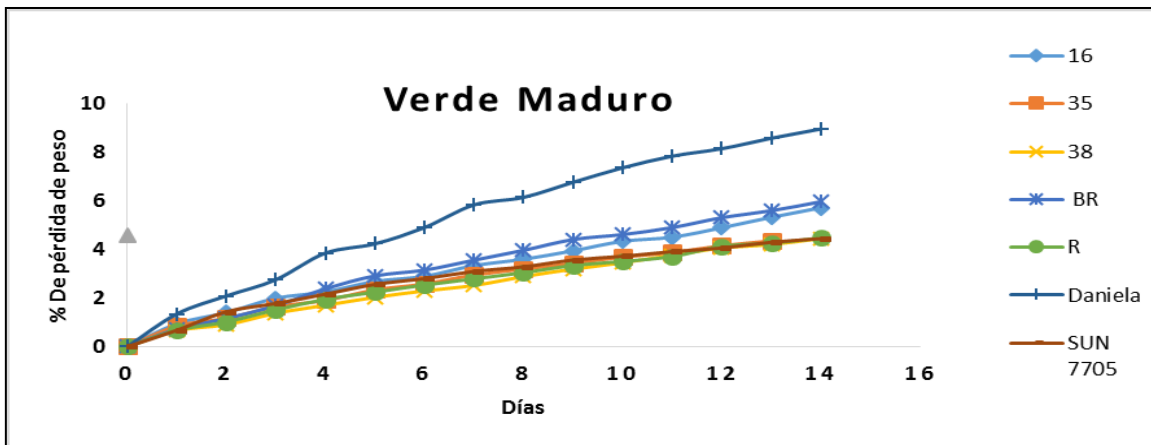


Figura 8. Pérdida de peso de frutos cosechados en Verde Maduro.

Los frutos cosechados en Verde maduro (Figura 8) de la población 35, R, 38 y el híbrido SUN 7705 tienen una pérdida de peso de 4 %, mientras que la población 16 y BR tienen un porcentaje de pérdida de peso de 5-6 %, a excepción del Híbrido Daniela quien presenta mayor pérdida de peso con un porcentaje de 8.9% .

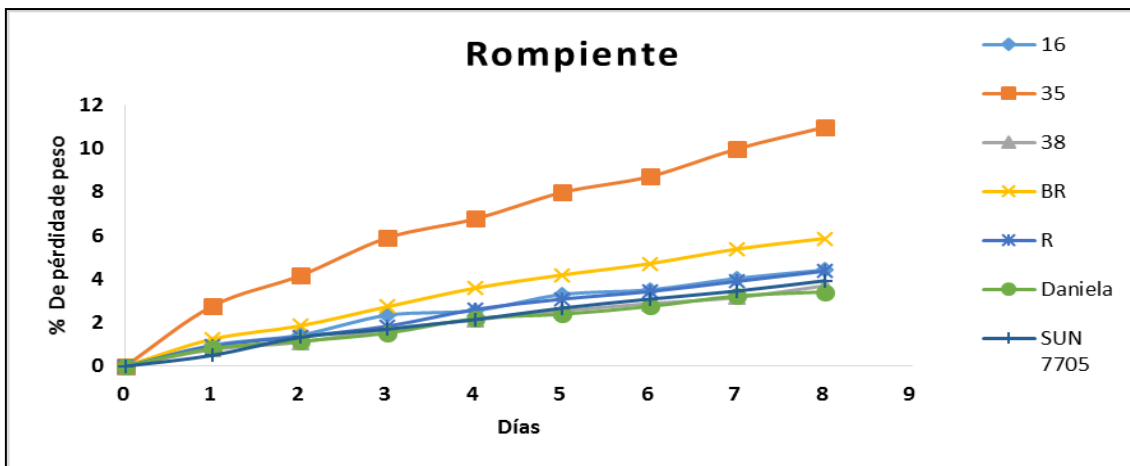


Figura 9. Pérdida de peso de frutos cosechados en Rompierte.

La población 35 mostro la mayor pérdida de peso con un 10% cuando los frutos se cosecharon en estado de madures Rompierte (Figura 9) sin embargo el híbrido comercial Daniela presento el menor porcentaje de pérdida de peso, seguido de la población 38 y SUN 7705 teniendo pérdidas de peso de 3 a 4%.

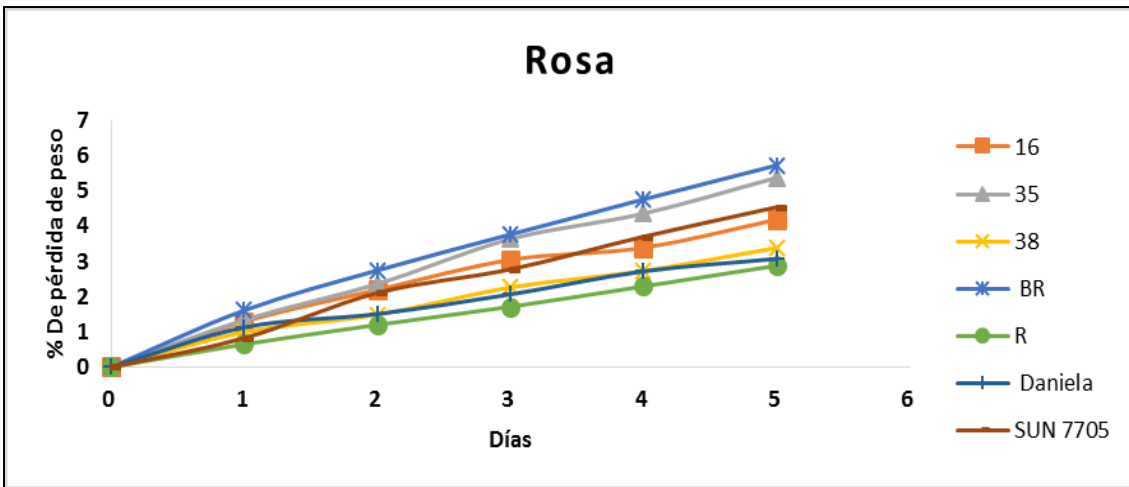


Figura 10. Pérdida de peso de frutos cosechados en Rosa.

Las pérdidas de peso de frutos cosechados en Rosa (Figura 10) y evaluados a los 5 días después de su cosecha presentaron una pérdida de peso de 3 a 6%, siendo la población R quien muestra el menor porcentaje de pérdida de peso y la población BR quien muestra un mayor % de pérdida de peso.

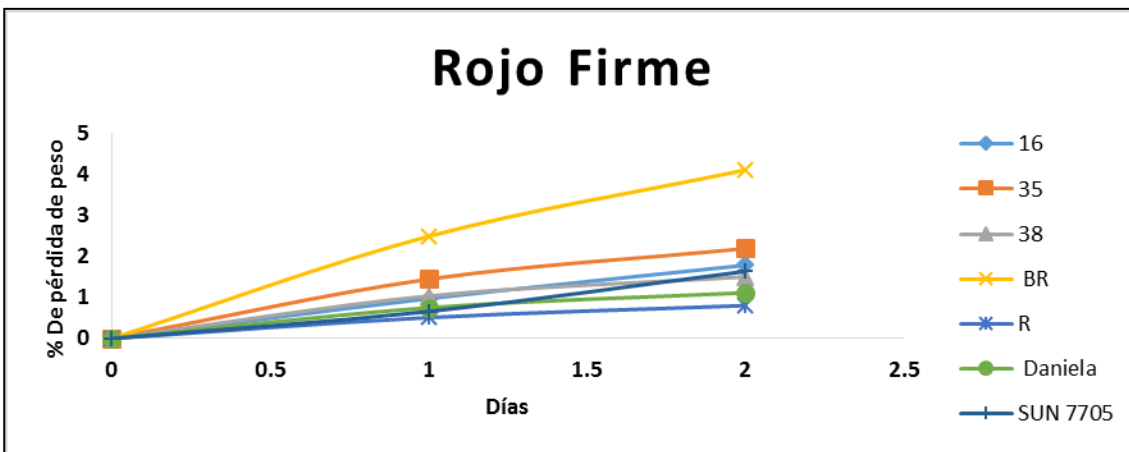


Figura 11. Pérdida de peso de frutos cosechados en Rojo Firme.

Cuando los frutos se cosechan en estado de madurez Rojo Firme (Figura 11), la pérdida de peso de la mayoría de las poblaciones nativas y los híbridos comerciales tienen una pérdida de peso de 1 a 2%, sin embargo la población BR presento la mayor pérdida con un porcentaje de 4%.

Vida de anaquel

De acuerdo con cada estado de madurez al momento de cosecha, los frutos de las poblaciones y los cultivares resultaron diferentes en cuanto al tiempo requerido para alcanzar el siguiente estado de maduración. En frutos cosechados en estado Verde Maduro (VM), el tiempo requerido para alcanzar el estado Rojo Firme (RF) en jitomates tipo saladette fue de 11 días para la población 16, lo que resultó menor al híbrido SUN 7705 con 20 días, lo que significa menor vida de anaquel de dicha población (Cuadro 2).

Cuadro 2. Días necesarios para cambiar de Verde Maduro a Rojo Suave

Estado de madurez al corte	Cambio de Estado de Madurez	Población 16	Población 35	Población 38	Población BR	Población R	Híbrido Daniela	Híbrido SUN 7705
VM	VM	0	0	0	0	0	0	0
	ROM	3	3	4	3	3	3	3
	ROS	7	7	6	15	11	NM	8
	RF	11	12	10	30	18	NM	20
	RS	NM	35	18	NM	NM	NM	NM

*0 No se marca ningún día por que se cosecho en ese estado de madurez.

*NM No se llegó al estado de madurez.

*VM Verde Maduro, ROM Rompiente, ROS Rosa, RF Rojo firme, RS Rojo Suave

Los frutos de las poblaciones tipo bola 35 y 38, cosechado en estado VM, alcanzaron el estado RF, tras 12 y 10 días, respectivamente, y el estado RS en 15 y 18 días; por su parte la población R alcanzó el estado RF a los 18 días, siendo por consiguiente la de mayor vida de anaquel. En el caso de los frutos de la población BR y el híbrido Daniela no evolucionaron hasta el estado RF, cambiando BR en 15 días hasta el estado ROS y el híbrido al estado ROM en 3 días. Se ha señalado que los frutos del híbrido Daniela evolucionan satisfactoriamente al color rojo firme cuando se cosechan en estado rompiente,

situación que permite asumir que el estado VM corresponde a un estado fisiológico del desarrollo donde el estímulo para maduración aún no se manifiesta; así mismo el híbrido SUN 7705 tiene un comportamiento similar a Daniela quien contienen en su genoma genes que inhiben la maduración denominados Mutantes Rin (Ripening inhibitor) y Nor (Non Ripening) que inhiben la actividad de la enzima poligalacturonasa responsable de la hidrólisis de pectinas y ácido poligalacturónico, respuesta que se manifiesta en un retardo en las pérdidas de la firmeza (Naveen *et al.*, 2008).

La cosecha de los frutos en estado rompiente (ROM) reveló que los frutos tipo saladette de la población 16 requirió de 6 días para alcanzar el estado RF y 12 días para el estado RS, en tanto que el híbrido SUN 7705 requirió de 19 días para alcanzar el estado RF, no evolucionando los frutos al estado RF presentando por consiguiente mayor vida de anaquel. Con relación a los frutos tipo bola cosechados en este estado fisiológico, el híbrido Daniela no experimentó cambios durante el tiempo de almacenamiento establecido, por su parte las poblaciones 35 y 38 requirieron de 6 días para alcanzar el estado RF, para llegar al estado RS 12 y 14 días respectivamente; en tanto que las poblaciones BR y R cambiaron al RF en 9 y 3 días en el mismo orden y permanecieron sin cambios durante el periodo de almacenamiento establecido (Cuadro 3).

Cuadro 3. Días necesarios para cambiar de Rompiente a Rojo Suave

Estado de madurez al corte	Cambio de Estado de Madurez	Población 16	Población 35	Población 38	Población BR	Población R	Híbrido Daniela	Híbrido SUN 7705
ROM	ROM	0	0	0	0	0	0	0
	ROS	3	3	4	3	2	NM	2
	RF	6	6	6	9	3	NM	19
	RS	12	14	10	29	NM	NM	NM

*0 No se marca ningún día por que se cosecho en ese estado de madurez.

*NM No se llegó al estado de madurez.

*ROM Rompiente, ROS Rosa, RF Rojo firme, RS Rojo Suave

Estos últimos resultados sugieren que los frutos del híbrido Daniela cosechados en estado fisiológico rompiente (ROM), carecen del estímulo para maduración, por lo que no obstante su alta vida de anaquel y color externo no coadyuva a una calidad aceptable; por su parte, las poblaciones 35 y 38 presentaron una evolución del color que favorece de manera importante su calidad. En ambos híbridos comerciales se manifiesta la influencia de los genes Rin y Nor que les permite mayor vida de anaquel.

En cuanto a la cosecha de frutos en estado Rosa (ROS), tanto los híbridos comerciales como las poblaciones nativas evolucionaron al estado RF en 3-4 días (Cuadro 4); sin embargo, los híbridos requirieron de mayor tiempo para alcanzar el estado RS (SUN 7705: 18 días y Daniela: 20 días), en tanto que las poblaciones 16, 35, 38, BR y R necesitaron 12, 11, 6, 19 y 13 días respectivamente (Cuadro 3), lo que evidencia que la población BR tipo bola tiene una vida de anaquel, para pasar del estado ROS al RS similar al híbrido Daniela.

Cuadro 4. Días necesarios para cambiar de Rosa a Rojo Suave

Estado de madurez al corte	Cambio de Estado de Madurez	Población 16	Población 35	Población 38	Población BR	Población R	Híbrido Daniela	Híbrido SUN 7705
ROS	ROS	0	0	0	0	0	0	0
	RF	3	3	4	4	4	3	2
	RS	12	11	6	29	13	20	18

*0 No se marca ningún día por que se cosecho en ese estado de madurez.

*NM No se llegó al estado de madurez.

*ROS Rosa, RF Rojo firme, RS Rojo Suave

La vida de anaquel de los frutos cosechados en estado RF resultó mayor en los híbridos que alcanzaron el estado RS en 11 días, en tanto que en las poblaciones nativas 16, 35, 38, BR y R, se alcanzó a los 3, 3, 4, 5, y 9 días respectivamente (Cuadro 5), lo que permitió asumir que frutos de la población R tipo bola cosechados en estado fisiológico RF, presenta una vida de anaquel similar al híbrido comercial Daniela.

Cuadro 5. Días necesarios para cambiar de Rojo firme a Rojo Suave

Estado de madurez al corte	Cambio de Estado de Madurez	Población 16	Población 35	Población 38	Población BR	Población R	Híbrido Daniela	Híbrido SUN 7705
RF	RF	0	0	0	0	0	0	0
	RS	3	3	4	5	9	11	11

*0 No se marca ningún día por que se cosecho en ese estado de madurez.

*NM No se llegó al estado de madurez.

*RF Rojo firme, RS Rojo Suave

SST

El contenido de SST, mostró diferencia significativa entre las poblaciones nativas e híbridos estudiados.

Cuadro 6. Sólidos Solubles Totales

Estado de Madurez/ Población	Verde Maduro	Rompiente	Rosa	Rojo Firme	Rojo Suave
Población 16	4.47 cd	5.85 abc	6.03 ab	5.88 b	5.45 d
Población 35	4.67 cd	5.42 cd	5.12 c	5.75 bc	5.87 b
Población 38	4.17 d	5.42 cd	5.90 b	5.53 bc	5.81 bc
Población BR	5.40 a	6.08 ab	6.60 a	6.26 a	6.47 a
Población R	5.10 abc	5.63 bc	5.66 bc	5.78 b	5.47 c
Híbrido Daniela©	4.87 abc	4.87 d	5.23 c	5.42 c	5.95 b
Híbrido SUN 7705©	5.23 ab	6.30 a	6.11 ab	6.53 a	4.97 d
Estado de Corte		EC1=5.62 a EC2=5.68 a	EC1=5.68 b EC2=6.06 a EC3=5.87 ab	EC1=6.11 a EC2=5.96 a EC3=5.92 a EC4=5.68 b	EC1=5.13 b EC2=5.81 a EC3=5.90 a EC4=5.78 a EC5=5.71 a

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), medias con la misma letra son estadísticamente iguales
EC1= Verde Maduro, EC 2= Rompiente, EC3= Rosa, EC4= Rojo Firme, EC5= Rojo Suave.

Con relación al efecto del estado de madurez en el contenido de sólidos solubles totales de las poblaciones y los híbridos en estudio, se observó que en los frutos tipo saladette cosechados en estado VM, la población 16 presenta, significativamente un menor contenido de SST (4.47%), respecto al híbrido SUN 7705 (5.23%) (Cuadro 6); en el caso de los frutos tipo bola, se observó que las poblaciones BR (5.40%) y R (5.10%), cosechados en este mismo estado de madurez, presentan estadísticamente igual contenido de SST que el híbrido comercial Daniela (4.87%); a su vez, estos contenidos fueron significativamente mayores al de las poblaciones 35 y 38 con 4.27 y 4.17%, respectivamente.

La cosecha de los frutos en estado rompiente (ROM) no presentó diferencia significativas entre el híbrido SUN 7705 (6.30%) y la población 16 (5.85%) tipo saladette. Por su parte los frutos tipo bola de las poblaciones 35, 38 y el híbrido Daniela, maduraron con menor contenido de SST, siendo estos mayores en las poblaciones RB y R con contenidos de 6.08 y 5.63%, respectivamente (Cuadro 6). La cosecha de frutos en estado rosa (ROS) no revelaron diferencia significativa en el contenido de SST, entre los frutos tipo saladette de la población 16 (6.06%) y el híbrido SUN 7705 (6.11%); en el caso de las poblaciones tipo bola, las poblaciones 38 (5.90%) y BR (6.60%) mostraron significativamente mayor contenido de SST, respecto al híbrido comercial Daniela (5.23%) y la población 35 (5.12%).

En cuanto a los frutos tipo saladette cosechados en estado rojo firme (RF), el contenido de SST resultó significativamente mayor en el híbrido SUN 7705 (6.53%) respecto a la población 16 (5.88%); en los materiales con fruto tipo bola, las poblaciones BR (6.26%) y R (5.78%) presentaron significativamente mayor contenido de SST, respecto al híbrido Daniela (5.42%) (Cuadro 5). Similar comportamiento se observó en frutos cosechados en estado rojo suave (RS), siendo la población BR la de mayor contenido de SST (6.47%) y menor el híbrido comercial Daniela (5.95%).

Devinder *et al.*, (2006), en siete cultivares de tomate reportan una variación en el contenido de SST de 4.15-4.85% para frutos cosechados en estado Verde-Maduro, 4.63-5.41% en Rompiente, 5.08-5.87% en Rojo Brillante y 5.19-6.62% en Rojo Maduro, lo que sugiere que los resultados obtenidos del contenido de SST en las poblaciones e híbridos en estudio, presentaron contenidos similares a los reportados por dichos autores, además de los reportados por Fooland (2007); así mismo, el comportamiento fisiológico fue similar, toda vez que el contenido de SST se incrementó al avanzar el estado de madurez al corte. Por otro lado, los resultados obtenidos mostraron que en los frutos tipo saladette cosechados en estado verde maduro (VM) y rojo firme, los frutos maduran con mayor contenido de SST respecto a los de la población 16; sin embargo, cuando se cosechan en estado rompiente (ROM) y rosa (ROS) dicho contenido resulta similar.

En el caso de los frutos tipo bola, la población BR, cosechados en cualquiera de los estados de maduración establecidos, el contenido de SST resultó, en general, mayor al de las demás poblaciones y el híbrido comercial Daniela, incluso este último fue el de menor contenido. Es de señalar que, de acuerdo con Baxter *et al.*, (2005), los cambios en el contenido de SST se correlaciona con cambios en la acumulación de glucosa, fructosa y sacarosa, afectando por consiguiente el sabor de los frutos.

Respecto a los estados de corte podemos observar que cuando los frutos se cosechan en estado Rompiente y se dejan madurar a Rosa se obtiene un alto contenido en SST (6.06), para el caso de los frutos cosechados en Verde Maduro y dejados madurar hasta Rojo Suave, se observó que se pueden tener valores de SST de 6.11, sin embargo si los frutos se cosechan en Rojo Suave los valores de SST son de 5.68.

% de Ácido Cítrico

Cuadro 7. Acidez (%Ácido Cítrico)

Estado de Madurez/ Población	Verde Maduro	Rompiente	Rosa	Rojo Firme	Rojo Suave
Población 16	0.47 a	0.49 ab	0.42 bc	0.44 b	0.32 c
Población 35	0.37 ab	0.37 cd	0.37 cd	0.35 c	0.34 c
Población 38	0.28 b	0.45 bc	0.48 ab	0.44 b	0.43 a
Población BR	0.36 ab	0.57 a	0.56 a	0.45 b	0.42 ab
Población R	0.41 ab	0.57 a	0.55 a	0.58 a	0.45 a
variedad Daniela©	0.33 ab	0.33 d	0.36 cd	0.36 c	0.30 c
variedad SUN 7705©	0.35 ab	0.40 bcd	0.34 d	0.37 c	0.37 bc
Estado de Corte		EC1=0.48 a EC2=0.42 b	EC1=0.48 a EC2=0.47 a EC3=0.39 b	EC1=0.51 a EC2=0.46 b EC3=0.39 c EC4=0.37 c	EC1=0.42 a EC2=0.35 b EC3=0.36 ab EC4=0.40 a EC5=0.35 b

**Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), medias con la misma letra son estadísticamente iguales
EC1= Verde Maduro, EC 2= Rompiente, EC3= Rosa, EC4= Rojo Firme, EC5= Rojo Suave**

El contenido de ácido cítrico de los frutos tipo saladette de la población 16 no presentó diferencias significativas, respecto al híbrido SUN 7705, cuando se cosecharon en estado fisiológico VM, ROM y RS, con contenidos de 0.32 a 0.49% de ácido cítrico; la cosecha en estado ROS y RF reveló que los frutos de la población 16 contienen mayor ácido cítrico que los del híbrido SUN 7705 (Cuadro 7). En cuanto a los frutos tipo bola, el contenido de ácido cítrico no se encontró diferencia significativa entre las poblaciones estudiadas (35, BR y R) y el híbrido Daniela cuando se cosecharon en estado VM; por su parte la población 35 y el híbrido Daniela presentaron estadísticamente el menor contenido de ácido cítrico cuando se cosecharon estado ROM, ROS, RF y RS, variando entre 0.30 y 0.37%; en contraste las poblaciones BR y R fueron, también en dichos estados fisiológicos de corte, los de mayor contenido, el cual varió entre 0.42 y 0.58% de ácido cítrico (Cuadro 7). Devinder *et al.* (2006) han reportado en siete cultivares de tomate contenidos de ácido cítrico de 0.36-0.45% en frutos cosechados en estado Verde Maduro, 0.39-0.49% en Rompiente. 0.41-0.48 en Rosa y 0.43-0.54 en Rojo Maduro, lo cual indica que los resultados obtenidos concuerda en cuanto

a los niveles de este ácido orgánico; contenidos similares han sido reportados por Binoy *et al.* (2004) quienes en 12 híbridos comerciales de jitomate reportaron valores desde 0.32 hasta 0.72 %.

El porcentaje de ácido cítrico respecto a los estados de corte, se notan mayores valores (0.51%) cuando los frutos se cosechan en estado Verde Maduro y se dejan madurar hasta alcanzar el color Rojo Firme. También se pueden observar altos valores cuando los frutos son cosechados en Verde Maduro (0.48%) y Rompiente (0.47%) para dejarse madurar al estado Rosa.

Índice de Madurez

Uno de los factores de calidad relacionado con el sabor de los frutos es la relación azúcar/ácido (%SST/%Ácido cítrico) que de acuerdo con Beckles (2012) señala que valores mínimos en SST 5 % y AT 0.4 % (relación SST/AC 12.5) son deseables para obtener un sabor aceptable en frutos de jitomate. Considerando este criterio, los frutos de las poblaciones nativas y los híbridos estudiados mostraron que en los frutos cosechados en estado VM únicamente las poblaciones 16 (tipo saladette), 35 y R (tipo bola) se consideran de sabor no aceptable; además, las poblaciones 38 y BR alcanzan un sabor similar al híbrido Daniela (Cuadro 8).

Cuadro 8. Índice de Madurez (SST/AC)

Estado de Madurez/ Población	Verde Maduro	Rompiente	Rosa	Rojo Firme	Rojo Suave
Población 16	9.51	11.94	14.36	13.36	17.03
Población 35	11.54	14.65	13.84	16.43	17.26
Población 38	14.89	12.04	12.29	12.57	13.51
Población BR	15.00	10.67	11.79	13.91	15.40
Población R	12.44	9.88	10.29	9.97	12.16
Híbrido Daniela©	14.76	14.76	14.53	15.06	19.83
Híbrido SUN 7705©	14.94	15.75	17.97	17.65	13.43

En los frutos cosechados en estado ROM, únicamente los híbridos y la población 35 alcanzan una relación SST/AC incluso superior al criterio antes mencionado, mostrando el resto de las poblaciones un sabor no aceptable (Cuadro 8). En los frutos cosechados en estado ROS, los resultados mostraron que la población 16 tipo saladette alcanzan una relación SST/AC que los clasifica como aceptables, pero no superan al híbrido SUN7705; por su parte. Las poblaciones tipo bola 38, BR y R resultaron con sabor no aceptable en contraste con el híbrido Daniela, la cosecha de los frutos en estado RF mostró que a excepción de la población tipo bola R, las demás poblaciones alcanzaron la categoría de aceptable, incluso con una relación SST/AC superior al valor del criterio de referencia. Similar respuesta se observó en los frutos cosechados en estado RS, observándose además que la población 16 (17.03) supera en valor al híbrido SUN 7705 (13.43).

Contenido de Vitamina C

Cuadro 9. Vitamina C mg/100 peso fresco

Estado de Madurez/ Población	Verde Maduro	Rompiente	Rosa	Rojo Firme	Rojo Suave
Población 16	5.61 c	9.97 b	10.56 b	11.71 bc	14.69 bc
Población 35	13.98 a	15.70 a	13.90 a	15.41 ab	17.58 ab
Población 38	9.41 bc	8.39 b	9.33 b	11.19 cd	11.31 de
Población BR	13.03 ab	7.71 b	11.25 ab	10.94 cd	13.79 cd
Población R	8.87 bc	8.24 b	10.48 b	8.56 d	9.97 e
Híbrido Daniela©	8.28 c	9.60 b	11.30 ab	12.02 abc	16.23 bc
Híbrido SUN 7705©	9.36 bc	16.49 a	13.83 a	15.67 a	20.53 a
Estado de Corte		EC1=12.07 a EC2= 9.67 b	EC1=10.26 b EC2=13.36 a EC3=11.09 b	EC1= 9.81 c EC2=13.73 a EC3=11.39 bc EC4=13.29 ab	EC1= 9.91 d EC2=11.77 dc EC3=16.76 a EC4=16.36 ab EC5=14.09 bc

**Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), medias con la misma letra son estadísticamente iguales
EC1= Verde Maduro, EC 2= Rompiente, EC3= Rosa, EC4= Rojo Firme, EC5= Rojo Suave**

De acuerdo con los resultados obtenidos, en los frutos de los dos híbridos (SUN 7705 y Daniela), la concentración de ácido ascórbico (vitamina C) tendió a incrementarse al avanzar el estado de madurez, variando en el primero de 9.23 mg100g⁻¹ en el estado VM hasta 20.52 mg100g⁻¹ en el estado RS, en tanto que en Daniela la variación fue de 8.28 a 16.23 mg100g⁻¹ para los mismos estados de madurez; en el caso de las poblaciones, por su carácter de producción indeterminada, la tendencia de la concentración del ácido ascórbico fue con altibajos, presentando de manera general mayores contenidos a partir del grado de madurez rosa (ROS).

En los frutos tipo saladette la concentración de vitamina C del híbrido SUN 7705 superó a la correspondiente de la población 16, alcanzando concentraciones de 15.67 y 20.53 mg100g⁻¹ en los estados rojo firme (RF) y rojo suave (RS), en el mismo orden, contra 11.71 y 14.69 mg100g⁻¹, respectivamente (Cuadro 9). Por su parte, en los frutos tipo bola, la población 35 presentó concentraciones de ácido ascórbico similares a los del híbrido Daniela, alcanzando la mencionada población niveles de 15.41 y 17.58 mg100g⁻¹ en los estados rojo (R) y rojo suave (RS), respectivamente, en tanto que el híbrido alcanzó una concentración de 12.02 y 16.23 mg100g⁻¹ para los mismos estados de madurez. Los frutos tipo bola de la población R fueron los que presentaron menor concentración de ácido ascórbico con 8.56 y 9.97 mg100 g⁻¹ para los estados RF y RS, respectivamente (Cuadro 9). Debido a la influencia de diversos factores, como: la especie, cultivar, condiciones agroclimatológicas de desarrollo de la planta, tecnología de producción y grado de madurez, algunos investigadores (Kaur *et al.*, 2013), reportan concentraciones promedio de 20 mg 100 g⁻¹, presentándose variación en función de la especie, cultivar, condiciones agroclimatológicas de desarrollo de la planta, tecnología de producción y grado de madurez.

Por otro lado, diversos investigadores (Gaspar-Peralta *et al.*, 2012; Crisanto-Juárez *et al.*, 2010) reportan en poblaciones nativas concentraciones de ácido ascórbico entre 6.1 y 16.1 mg 100 g⁻¹, lo que sugiere que las concentraciones obtenidas en las poblaciones e híbridos estudiados están en los rangos normales.

Es de señalar que a diferencia de otros frutos donde la concentración de ácido ascórbico disminuye conforme avanza la maduración, en las poblaciones nativas e híbridos estudiados se observó un comportamiento contrario, tal como también ha sido reportada por Oms-Oliu *et al.* (2011), respuesta que se ha correlacionado con el contenido de azúcares (Massot *et al.*, 2010).

El contenido de Vitamina C es alto cuando los frutos alcanzan su estado de madurez a Rojo Suave y estos fueron cosechados en estado Rosa 16.76 y Rojo firme 16.36.

Ángulo de Tono

El ángulo de tono ($^{\circ}$ Hue) presentó, en todas las poblaciones y los híbridos estudiados, una continua disminución al avanzar el estado de madurez de los frutos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Ángulo de tono ($^{\circ}$ HUE)

Estado de Madurez/ Población	Verde Maduro	Rompiente	Rosa	Rojo Firme	Rojo Suave
Población 16	119.28 a	111.66 ab	43.31 bc	34.39 bc	31.90 d
Población 35	119.67 a	97.27 d	51.68 a	33.08 c	30.75 d
Población 38	118.71 a	105.36 bc	48.21 ab	37.99 a	38.55 ab
Población BR	120.62 a	106.16 bc	40.69 c	38.29 a	40.96 a
Población R	119.97 a	105.34 bc	50.42 a	38.40 a	38.36 b
Híbrido Daniela©	117.23 a	114.17 a	47.32 abc	36.82 ab	35.05 c
Híbrido SUN 7705©	117.79 a	101.38 cd	45.61 abc	34.55 bc	32.22 d
Estado de Corte		EC1=110.02 a EC2=101.79 b	EC1=46.53 b EC2=41.74 c EC3=51,07 a	EC1=32.06 b EC2=37.92 a EC3=36.08 a EC4=37.39 a	EC1=31.37 c EC2=36.29 a EC3=35.41 ab EC4=33.82 b EC5=37.48 a

**Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), medias con la misma letra son estadísticamente iguales
EC1= Verde Maduro, EC 2= Rompiente, EC3= Rosa, EC4= Rojo Firme, EC5= Rojo Suave**

En el estado verde maduro (VM) no se presentaron diferencias significativas entre las poblaciones y los híbridos, alcanzando por su tonalidad verde valores de 117.23 a 120.62 (Cuadro 10). A excepción del estado rompiente, en los demás estados de madurez estudiados, no se observaron diferencias significativas en el ángulo de tono entre la población 16 y el híbrido SUN 7705, los cuales alcanzaron en el estado rojo firme (RF) un ángulo de 34.39° y 34.55°, así como en el estado rojo suave (RS) 31.90° y 32.22°, en el mismo orden (Cuadro 10). En cuanto a los materiales tipo bola, los resultados mostraron en los frutos cosechados en estado rompiente (ROM), diferencias significativas que situaron a los frutos de la población 35 con un menor ángulo de tono (97.27°) y mayor en el híbrido Daniela (114.17°), asumiendo un mayor avance de la maduración (Cuadro 10). La cosecha en estado rosa (ROS) reveló que los frutos de la población BR fue la que presentó mayor avance con un ángulo de 40.69° (Cuadro 10); por su parte, en los cosechados en estado rojo firme (RF) a excepción de la población 35 (33.08°), los frutos de las demás poblaciones no presentaron diferencia significativa en el ángulo respecto al híbrido Daniela (36.82°), lo que significó una mayor tonalidad roja en la población 35. La cosecha en estado rojo suave (RS) los frutos de la población y el híbrido presentaron los menores ángulos con 30.75° y 35.02°, significativo de una tonalidad roja más intensa (Cuadro 10). Valores de 35.24° a 41.35° en estado rosa y 23.33° a 31.05° en estado rojo maduro han sido reportados por Devinder *et al.* (2006) en siete cultivares de tomate, lo que permite asumir que los valores de ángulo de tono obtenidos son normales.

Cuando los frutos son cosechados en Verde Maduro y se dejan madurar al estado Rojo Firme y Rojo Suave se obtienen buena coloración de los frutos teniendo valores de °Hue de 32.06 y 31.37. Sin embargo si los frutos se cosechan en Rojo firme y se dejan madurar a Rojo Suave también se obtiene una buena coloración, aportando valores de 33.82.

Luminosidad

Con relación al color de los frutos evaluado por la luminosidad, los resultados obtenidos revelaron un comportamiento con altibajos conforme avanzó el grado de madurez, principalmente en las poblaciones nativas; sin embargo, a partir del estado rosa (ROS) está tendió a disminuir como consecuencia del cambio en color (Cuadro 11).

Cuadro 11.Luminosidad

Estado de Madurez/ Población	Verde Maduro	Rompiente	Rosa	Rojo Firme	Rojo Suave
Población 16	47.63 a	42.47 ab	32.43 abc	29.61 ab	28.55 abc
Población 35	42.83 a	38.17 bc	34.18 ab	27.94 b	26.66 cd
Población 38	45.60 a	42.87 ab	35.12 a	30.42 a	28.95 ab
Población BR	42.63 a	36.67 c	30.78 c	27.91 b	28.49 abc
Población R	41.33 a	35.70 c	30.96 c	27.63 b	25.89 d
Híbrido Daniela©	41.60 a	45.63 a	34.43 ab	29.30 ab	29.39 a
Híbrido SUN 7705©	41.63 a	38.48 bc	31.70 bc	27.85 b	26.93 bcd
Estado de Corte		EC1=40.76 a EC2= 39.23 a	EC1=35.11 a EC2=30.46 c EC3=32.36 b	EC1=29.92 a EC2=29.32 a EC3=27.86 b EC4=27.94 b	EC1=28.37 ab EC2=29.18 a EC3=28.03 ab EC4=26.96 b EC5=27.77 ab

**Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), medias con la misma letra son estadísticamente iguales
EC1= Verde Maduro, EC 2= Rompiente, EC3= Rosa, EC4= Rojo Firme, EC5= Rojo Suave**

En el caso de la población 16 y el híbrido con frutos tipo saladette, no se observaron diferencias significativas en todos los grados de madurez, alcanzando en los estados rojo firme (RF) y rojo suave (RS) valores de 29.6 y 28.5 la población 16, así como 27.85 y 26.93 el híbrido SUN 7705, respectivamente (Cuadro 11).

En el caso de las poblaciones con frutos tipo bola (35, 38, BR y R), en todos los estados de madurez la población 38 no presentó diferencia significativa respecto al híbrido Daniela; por otro lado, en el estado rojo firme todas las poblaciones nativas no presentaron diferencia significativa en luminosidad respecto a Daniela

teniendo valores de 27.63 a 30.42; en el estado rojo suave (RS) la luminosidad de las poblaciones 38 y BR fue significativamente igual al híbrido con valores entre 28.49 y 29.39, en tanto que las poblaciones 35 (26.66) y R (25.89), presentaron estadísticamente los menores valores con relación al híbrido Daniela (Cuadro 11), esto último por presentar los frutos una senescencia más avanzada.

Se puede notar que en frutos cosechados en estado Rosa 27.86 y Rojo Firme 27.94 la luminosidad disminuyó por que los frutos se encuentran en un estado de madurez más avanzado. De igual manera los frutos cosechados en estado Rojo Firme 26.96 y Rojo Suave 27.77 presentan valores bajos en cuanto a luminosidad.

Índice de Saturación

El Índice de Saturación (Croma), presentó un comportamiento con altibajos tanto en las poblaciones como en los híbridos estudiados conforme avanzó el estado de madurez; sin embargo, dicho índice resultó en general mayor en los frutos del grado de madurez rojo firme (RF) y rojo suave (RS) (Cuadro12).

Cuadro 12. Croma

Estado de Madurez/ Población	Verde Maduro	Rompiente	Rosa	Rojo Firme	Rojo Suave
Población 16	24.86 ab	22.72 ab	25.92 ab	27.84 a	28.55 abc
Población 35	24.01 abc	20.11 bc	23.00 bc	26.58 a	26.66 cd
Población 38	26.81 a	23.09 ab	23.42 abc	22.25 b	28.95 ab
Población BR	20.79 bc	16.43 cd	20.19 cd	20.24 b	28.49 abc
Población R	20.39 c	15.22 d	19.20 d	20.67 b	25.89 d
Híbrido Daniela©	22.80 abc	25.31 a	26.37 a	26.80 a	29.39 a
Híbrido SUN 7705©	23.33 abc	20.57b bc	23.37 abc	27.68 a	26.93 bcd
Estado de Corte		EC1=20.77 a EC2=20.21 a	EC1=23.57 a EC2=22.08 a EC3=22.54 a	EC1=26.89 a EC2=22.09 c EC3=24.19 b EC4=25.44 ab	EC1=26.87 a EC2=21.33 c EC3=23.02 bc EC4=23.32 b EC5=22.96 bc

**Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), medias con la misma letra son estadísticamente iguales
EC1= Verde Maduro, EC 2= Rompiente, EC3= Rosa, EC4= Rojo Firme, EC5= Rojo Suave**

No se observaron diferencias significativas entre la población 16 y el híbrido SUN 7705, con frutos tipo saladette, los que al estado rojo firme (RF) alcanzaron valores de 28.55 y 26.93, respectivamente, con lo que se asumió una saturación similar del color rojo. En el caso de los materiales con frutos tipo bola, las poblaciones 35 (26.66) y R (25.89) presentaron un índice de saturación, estadísticamente menor, al de las poblaciones 38, BR y el híbrido Daniela, con valores, estos últimos, entre 28.49 y 29.39 (Cuadro12), asumiendo una mayor saturación del color rojo. El comportamiento irregular del índice de saturación en frutos de tomate o jitomate, ha sido también reportado por Arias *et al.*, (2000).

Cuando los Frutos se cosechan en Rojo Firme 25.44 se obtiene una mayor intensidad en el color que si los frutos se cosecharan en Verde Maduro, Rompiente y Rosa. También se obtiene un buen color en los frutos cuando los jitomates son cosechados en estado Verde Maduro 26.87 y se dejan madurar al estado Rojo Suave.

Cuadro 13. Índice de color

Estado de Madurez/ Población	Verde Maduro	Rompiente	Rosa	Rojo Firme	Rojo Suave
Población 16	-0.56 a	-0.41 cd	1.10 ab	1.48 ab	1.62 a
Población 35	-0.57 a	-0.13 a	0.85 c	1.56 a	1.71 a
Población 38	-0.55 a	-0.28 b	0.92 bc	1.29 c	1.26 c
Población BR	-0.60 a	-0.30 bc	1.19 a	1.27 c	1.16 c
Población R	-0.58 a	-0.29 bc	0.83 c	1.28 c	1.27 c
Híbrido Daniela©	-0.52 a	-0.45 d	0.92 bc	1.34 bc	1.44 b
Híbrido SUN 7705©	-0.53 a	-0.20 ab	1.00 abc	1.48 ab	1.61 a
Estado de Corte		EC1=-0.37 b EC2=-0.21 a	EC1=0.99 b EC2=1.15 a EC3=0.82 c	EC1=1.61 a EC2=1.30 b EC3=1.40 b EC4=1.31 b	EC1=1.68 a EC2=1.42 bc EC3=1.44 b EC4=1.52 b EC5=1.32 c

**Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), medias con la misma letra son estadísticamente iguales
EC1= Verde Maduro, EC 2= Rompiente, EC3= Rosa, EC4= Rojo Firme, EC5= Rojo Suave**

El índice de color (Cuadro 13) nos habla de la relación que hay entre el color amarillo y el color rojo, cuando el valor de esta relación se aproxime a uno significa que el fruto tiene mayor coloración roja, mientras que los valores negativos nos dicen que el fruto se va más a los colores amarillos.

Los mayores índices de color se presentan en el estado de madurez Rojo Suave, siendo la población 35 (1.71) tipo bola, 16 (1.62) tipo saladette y el híbrido SUN 7705 (1.61) tipo saladette, quienes presentan los mayores valores.

De igual manera en el estado Rojo Firme sobresalen la población 35 (1.56), 16 (1.48) y el híbrido comercial SUN 7705 (1.48).

Cuando los frutos se cosechan en estado Verde Maduro (1.68) y Rojo Firme (1.52) para dejarse madurar hasta llegar a Rojo Suave se obtienen buenos valores de Índice de color que si se cosecharan en Rompiente y Rosa.

Respecto a los estados de corte, en el caso de frutos cosechados en Verde Maduro (1.61) presentan valores aceptables de índice de color al llegar al estado de madurez Rojo Firme.

CONCLUSIONES

Los frutos de jitomate tipo bola cosechados en verde maduro del híbrido comercial Daniela presentaron mayor porcentaje de pérdida de peso que los frutos de las poblaciones nativas, mientras que los frutos de los híbridos (Daniela y SUN 7705) cosechados en Rojo Firme presentaron menor pérdida de peso que las poblaciones nativas.

En frutos tipo saladette cosechados en los cinco estados de madurez establecidos, la vida de anaquel de la población nativa (Población 16) es menor que la del híbrido comercial SUN 7705. El color de los frutos es similar, pero los frutos del híbrido presentan mayor concentración de vitamina C y más alta relación %SST/%ácido cítrico, lo que les confiere sabor más aceptable.

En frutos tipo bola, el híbrido comercial Daniela cosechado en estado Verde Maduro y Rompiente no evoluciona a los siguientes estados de madurez; las poblaciones nativas cosechadas en estos estados maduran de manera normal, sobresaliendo la población BR que al llegar al estado Rojo Firme presenta la mayor vida de anaquel.

En los frutos tipo bola cosechados en estado Rosa y Rojo Firme, la población BR supera al híbrido Daniela al presentar mayor vida de anaquel; sin embargo, su concentración de vitamina C es menor, el sabor es menos aceptable debido a una menor relación %SST/%ácido cítrico y tonalidad roja menos homogénea. La población 35 presenta una relación %SST/%ácido cítrico similar al híbrido Daniela por tanto su sabor es similar.

Todas las poblaciones nativas presentan mayor contenido de ácido cítrico lo que las hace atractivas para su uso con fines de procesamiento.

Las población nativa 35, 16 y el híbrido comercial SUN 7705 presentan altos valores de índice de color en estado Rojo y Rojo Firme.

BIBLIOGRAFÍA

Antunes, M.D.C., Dandlen, S., Cavaco, A.M., Miguel, G., 2010. Effects of postharvest application of 1-MCP and postcutting dip treatment on the quality and nutritional properties of fresh-cut kiwifruit. *J. Agric. Food Chem.* 58, 6173–6181. doi:<http://dx.doi.org/10.1021/jf904540m>.

A.O.A.C. 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official Method of Analysis. Ed. Washington.

Arias, R., T. Lee, L. Logendra y H Janes. 2000. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b*, color readings of a hidroponic and the relation ship of maturity with color and lycopene content. *Journal of Agricultura food chemistry.* 48:1697-1702.

Aked J. 2002 Maintaining the post-harvest quality of fruits and vegetables. In jongen.

Batu, A. 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *J. of Food Engineering* 61:471-475.

Bathgate, B., Purton, M.E., Grieson, D., Goodenough, P.W., 1985. Plastid changes during the conversion of chloroplasts to chromoplasts in ripening tomatoes. *Planta* 165, 197–204.

Baxter, C. J., Carrari, F., Bauke, A., Overy, S., Hill, S. A., Quick, W. P., Fernie A.R., Sweetlove, L. J..2005. Fruit carbohydrate metabolism in an introgression line of tomato with increased fruit soluble solids. *Plant Cell Physiology.* 46:425-437.

Brandt Sara, Zoltan Pék, Barna Eva, Lugasi Andrea, Helyes Lajos. 2006. Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental Conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 86:568–572-.

Bellon M.R. 1996. The dynamics of crop infraspecific diversity: A conceptual framework at the farmer level. *Economic Botany* 50:26-39.

Berrospe-Ochoa Alejandro, Saucedo-Veloz Crescenciano, Ramírez Vallejo Porfirio, Ramírez Guzmán M. Elva. 2015. Comportamiento agronómico de plántulas de Poblaciones Nativas de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en producción intensiva en invernadero. *AGROCIENCIA*, Volumen 49, Número 6.

Binoy, G; Kaur, C; Khudiya, D. S; Kapoor, H. C. 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry* 84: 45–51.

Brecht, J. K.; Saltveit, M. E.; Talcott, S. T.; Schneider, K. R.; Felkey, K. y Bartz, J. A. 2004. Fresh-cut vegetables and fruits. *Hortic Rev.* 30(4):185-230.

Camacho, V. T., N. Maxted, M. Sholten y B Ford. 2006. Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources*. 3_373-384.

Cantwell Marita, Nie Xunli, Hong Gyunhoon. 2009. Mann Impact of Storage Conditions on Grape Tomato Quality. 6th ISHS Postharvest Symposium. Antalya, Turkey. April 8-12. Laboratory, Dept. Plant Sciences, University of California, Davis CA 95616 USA.

Causse, M., Buret, M., Robini, K., Verschave, P., 2003. Inheritance of nutritional and sensory quality traits in fresh market tomato and relations to consumer preferences. *J. Food Sci.* 68, 2342–2350. doi:<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05770.x>.

Casierra Posada Fánor, Aguilar Avendaño Óscar E. 2008. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana*, vol. 26, núm. 2, 2008, pp. 300-307 Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia.

Casierra Posada Fánor, Álvarez J. Óscar, Luque S. Nadia. 2010. Calidad en los frutos de tomate producidos bajo coberturas reflectivas y plásticas. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*. Vol 4.No.1. pp 67-80.

Ceballos Aguirre Nelson, Vallejo Cabrera Franco Alirio, Arango Arango Natalia. 2012. EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE ANTIOXIDANTES EN INTRODUCCIONES DE TOMATE TIPO CEREZA (*SOLANUM SPP.*). *ACTA AGRONÓMICA*. 61 (3), p 230-238.

Crisanto-Juárez A. U., Vera-Guzmán, A.M., Chávez-Servia, J.L., Carrillo Rodríguez, J.C. 2010. Calidad de frutos de tomates silvestres (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* Dunal) de Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol.33 spe.4 Chapingo sep. 2010. ISSN 0187-7380.

Cruz Bojórquez Reyna María , González Gallego Javier y Sánchez Collado Pilar. 2013. Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno. *Nutr Hosp*. 2013;28(1):6-15 ISSN 0212-1611 • CODEN NUHOEQ S.V.R. 318

Cantu D., Vicente A. R., Greve L. C., Dewey F. M., Bennett A. B., Labavitch J. M., and Powell A. L. T. 2007 The intersection between cell wall disassembly, ripening, and fruit susceptibility to *Botrytis cinérea*.

Davies, J. N., and G. E. Hobson. 1981. The constituents of tomato fruit-the influence of environment, nutrition and genotype. *CRC Critical Rev. Food Sci. Nutr*. 15(3): 205-280.

Devinder Kaur , Rekhika Sharma , Ali Abas Wani , Balmeet Singh Gill & D.S. Sogi. 2006. Physicochemical Changes in Seven Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Cultivars During Ripening, International Journal of Food Properties, 9:4, 747-757, DOI: 10.1080/10942910600575716

Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G., Grolier, P., 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. J. Sci. Food Agric. 83, 369–382.

El Economista, dato 2014, consulta, 2016: <http://eleconomista.com.mx/columnas/agro-negocios/2014/11/05/retos-opportunidades-tomate-rojo-iii>

FAOSTAT, datos 2013, consulta 2016: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>

Fraser, P.D., M.R. Truesdale, C.R. Bird, W. Schuch y P.M. Bramley. 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. Plant Physiol. 105, 405-413

Foolad, R. M. 2007. Genome Mapping and molecular Breeding of Tomato. International Journal of plant Genomics, 2007:64358.

Gaspar-Peralta, P., J. C. Carrillo-Rodríguez, J. L. Chávez-Servia, A.M. Vera-Guzmán, I. Pérez-Léon. 2012. Variación de caracteres agronómicos y licopeno en líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). ΦΥΤΟΝ 81:15-22

Garg Naveen, Cheema Devinder Singh. 2011. Assessment of fruit quality attributes of tomato hybrids involving ripening mutants under high temperature conditions. Scientia Horticulturae 131. 29–38.

Gautier, H., Diakou-Verdin, V., Bénard, C., Reich, M., Buret, M., Bourgaud, F., Poëssel, J.L., Caris-Veyrat, C., Génard, M., 2008. How does tomato quality (sugar, acid, and nutritional quality) vary with ripening stage, temperature, and irradiance? *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 1241–1250.

Grandillo S, D Zamir, S D Tanksley. 1999. Genetic improvement of processing tomatoes: a 20 years perspective. *Euphytica* 110:85-97.

Gemma Oms-Oliu, M.L.A.T.M. Hertog, B. Van de Poela, J. Ampofo-Asiama, A.H. Geeraerda, B.M. Nicolai. 2011. Metabolic characterization of tomato fruit Beckles D. M. 2012. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. Review. *Postharvest Biology and Technology*, 63: 129-140.

Hai Su, Gubler W. Douglas. 2012. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on reducing postharvest decay in tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Postharvest Biology and Technology* 64,133–137.

Hoyt, E. 1992. Conservando los parientes silvestres de las plantas cultivadas. Addison-Wesley Iberoamericana. USA. 52 p.

Juárez-López, P., Castro-Brindis, R., Colinas-León, T., Ramírez-Vallejo, P., Sandoval-Villa, M., Reed, D. W. Cisneros-Zevallos, L. King, S. 2009. Evaluación de calidad de frutos de siete genotipos nativos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(2): 5-9, 2009.

Kaur, C., S. Walia, S. Nagal, S. Walia, J. Singh, B. B. Singh, S. Saha, B. Singh, P. Kalia, S. Jaggi, Sarika. 2013. Functional quality and antioxidant composition of selected tomato (*Solanum lycopersicon* L.) cultivars grown in Northern India. *LWT Food Sci. And Tech.* 50:139-145.

Luna Guevara, M. L., Delgado Alvarado, A. 2014 Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Avances en Investigación Agropecuaria 18(1): 51-66 Issn 0188789-0

Lumpkin, H.A., 2005. Comparison of lycopene and other phytochemicals in tomatoes grown under conventional and organic management systems. In: Technical Bulletin No. 34. AVRDC 05-623, Taiwan, p. 48.

Liu P, Xie Y, Zhou XP. 2009. *Malvastrum coromandelianum* is an alternative host Tomato yellow leaf curl China virus. *Plant pathology*.58:403

Martínez-Madrid, M.C., Egea, M.I., Sánchez-Bel, P., Valdenegro, M., Flores, F., Romojaro, F. 2007. Effect of combined 1-MCP and cold storage on the shelf life and postharvest quality of tomato. A. Ramina *et al.* (eds.), *Advances in Plant Ethylene Research: Proceedings of the 7th International Symposium on the Plant Hormone Ethylene*, 247–248. © 2007 Springer.

Matas, Antonio.J., Gapper, Nigel E., Chung Mi-Young., Giovannoni, James J., Rose, Jocelyn K.C., 2009. Biology and genetic engineering of fruit maturation for enhanced quality and shelf-life. *Curr. Opin. Biotechnol.* 20, 197–203.

Massot, C., M. Génard, R. Stevens, H. Gautier. 2010. Fluctuations in sugar content are not determinant in explaining variations in vitamin C in tomato fruit. *Plant Physiology and Biochemistry* 48:751-757.

McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27:1254.

McKeon, A.W., Warland, J., McDonald, M.R., 2006. Long-term climate and weather patterns in relation to crop yield: a minireview. *Can. J. Bot.* 84,1031–1036.

Miller, J. C. y Tanksley, S. D. 1990. RFLP analysis of phylogenetic relationships and genetic variation in the genus *Lycopersicon*. *Theor. Appl. Gen.* 80:437 - 448.

Monografía de cultivos, Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios, Agosto 2010:<http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documents/pablo/documentos/monografias/jitomate.pdf>.

Molyneux, S.L., Lister, C.E., Savage, G.P., 2004. An investigation of the antioxidant properties and colour of glass house grown tomatoes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 55, 537–545.

Moreno Ramírez Yolanda del Rocío. 2010. Diversidad morfológica y agronómica de poblaciones nativas de jitomate del centro, sur y sureste de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 129 p.

Moreno Ramírez Yolanda del Rocío y Ramírez Vallejo Porfirio. 2015. Aprovechamiento de poblaciones nativas de jitomate, como estrategia de soberanía alimentaria. Consultado el 08 Noviembre 2016 en http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible6/61/58.pdf.

Naveen Garg, Devinder S. Cheema, Ajmer S. Dhatt. 2008. Genetics of yield, quality and shelf life characteristics in tomato under normal and late planting conditions. *Springer. Euphytica* (2008) 159:275–288 DOI 10.1007/s10681-007-9486-3

Nuez, F. 1995. El cultivo de tomate. Ediciones Mundi Prensa, Madrid.

Oms-Oliu, G., M.L.A.T.M. Hertog, B. Van de Poel, J. Ampofo-Asiama, A. H. Geeraerd, B. M. Nicolai. 2011. Metabolic characterization of tomato fruit during preharvest development, ripening, and postharvest shelf-life. *Postharvest Biology and Technology* 62:7–16.

Petro-Turza, M. 1986. Flavor of tomato and tomato products. *Food Rev. Int.* 2(3): 309-351.

Phushdi, Sivakumar Dharini, Soundy Puffy. 2013. Influence of photo-selective netting on fruit quality parameters and bioactive compounds in selected tomato cultivars Peter Department of Crop Sciences, Tshwane University of Technology, Pretoria 0001, South Africa. *Scientia Horticulturae* 161 (2013) 340–349.

Poligraph

http://poligraph-club.com/uploads/posts/2011-09/1316437196_lab.jpg

Prakash C S. 2001. The genetically modified crop debate in the context of agricultural evolution. *Plan Physiology* 126:8-15.

SAGARPA, datos 2014 consulta 2016:
<http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/infografias/Paginas/Tomate.aspx>.

Salgado Meraz Lilia, Ramírez Vallejo Porfirio, Saucedo Veloz Crescenciano, Rodríguez García María Nicolasa, Miranda Colín Salvador, Utrera Quintana Fernando. 2011. CALIDAD POSCOSECHA EN FRUTOS DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE. Colegio de Postgraduados Km. 36.5 Carretera México- Texcoco Montecillo Edo. de México: E-mail: ramirez@colpos.mx. Pág 1-7.

SIAP, datos 2015, consulta 2016:
http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp Tinyane.

SINAREFI consulta 2016:

http://www.sinarefi.org.mx/redes/red_jitomate.html

Solovchenko, A. E.; Chivkunova, O. B.; Merzlyak, M. N. y Gudkovsky, V. A. (2005). Relationships between chlorophyll and carotenoid pigments during on- and off-tree ripening of apple fruit as revealed non-destructively with reflectance spectroscopy. *Postharvest Biol. Tec.* 38(1):9-17.

Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. Sixth International Congress on Soiless Culture. ISOSC. Proceedings. The Netherlands. pp 633-649.

Troxler Steven W. 2016. North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services Food and Drug Protection Division.

Vázquez-Ortiz, R., J. C. Carrillo-Rodríguez y Ramírez V. P. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra del jitomate nativo del centro y sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8(2):49-64.

Valle Colchao, Manuel Elías. Rodríguez Paúcar, Gilbert. 2011. Evaluación de vitamina C por HPLC en el desarrollo postcosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* v. Dominator). *Revista ECIPERÚ*. Volumen 8, número 1, pp 48-52.

ANEXOS



Figura 12. Cosecha Población 16



Figura 13. Cosecha Población 35



Figura 14. Cosecha Población 38

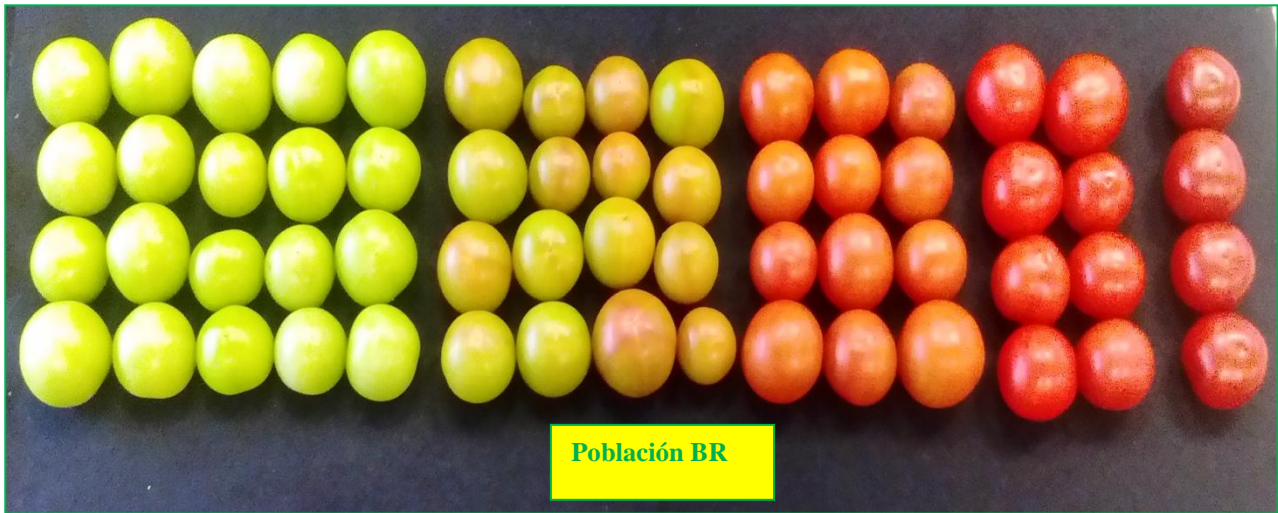


Figura 15. Cosecha Población BR



Figura 16. Cosecha Población R



Figura 17. Cosecha Híbrido Daniela



Figura 18. Cosecha Híbrido SUN 7705