



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

POTENCIAL PRODUCTIVO, NUTRIMENTAL Y COMERCIAL DE UNA COLECTA NATIVA DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)

EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2015

La presente tesis titulada: **Potencial productivo, nutrimental y comercial de una colecta nativa de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.)** realizada por el alumno: **Edgar Alejandro Berrospe Ochoa** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Crescenciano Saucedo Veloz

ASESOR



Dr. Fernando Castillo González

ASESOR



Dra. Martha Elva Ramírez Guzmán

ASESOR



Dr. Sergio Humberto Chávez Franco

ASESOR



Dra. Rosa María Galicia Cabrera

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Septiembre de 2015

Para mis hijas:

“Solo existen dos días en el año en que no se puede hacer nada. Uno se llama ayer y otro mañana. Por lo tanto hoy es el día ideal para amar, crecer, hacer y principalmente vivir”

Dalai Lama

“Si alguna vez no les dan la sonrisa esperada, sean generosas y den la suya. Porque nadie tiene tanta necesidad de una sonrisa, como aquel que no sabe sonreír a los demás”

Dalai Lama

“Si un individuo posee la base espiritual necesaria, no se dejará vencer por la tentación tecnológica y la locura de poseer. Sabrá encontrar el justo equilibrio, sin pedir demasiado. El peligro constante es abrir la puerta a la codicia, uno de nuestros más encarnizados enemigos, y ahí reside el verdadero trabajo del espíritu”

Dalai Lama

Para mi madre:

El dolor es inevitable pero el sufrimiento es opcional.

Buda

“Solo una cosa vuelve un sueño imposible: el miedo a fracasar”

Paulo Coelho

“Piensa, cree, sueña y atrévete”

Walt Disney

Para mi esposa:

“Si una persona quiere poner a prueba a cualquier religión, debe practicar sus consejos. Así podrá descubrir su verdadero valor”

Dalai Lama

“Para superar la apatía y generar compromiso y entusiasmo que permitan cambiar comportamientos o estados mentales negativos, creo que el método más efectivo y quizá la única solución es ser siempre consciente de los efectos”

Dalai Lama

“Recuerda la situación de un atleta. Mientras se halla sometido a un entrenamiento riguroso, el atleta sufre mucho, trabaja, suda, se esfuerza. Puede ser una experiencia dolorosa y agotadora. Pero él no la ve como tal, sino que la asume como una experiencia asociada con un sentido: el goce”

Dalai Lama

Para mi hermano:

“Intenta no volverte un hombre de éxito, sino volverte un hombre de valor”

Albert Einstein

“No lastimes a los demás con lo que te causa dolor a ti mismo”

Buda

“Una casa será fuerte e indestructible cuando esté sostenida por estas cuatro columnas: padre valiente, madre prudente, hijo obediente, hermano complaciente”

Confucio

DEDICATORIAS

A Dios por el regalo que es la vida y la riqueza de otorgarme unas magníficas hijas, una gran madre, una pareja, una hermosa familia y amistades de gran valor.

A mis hijas Katherine Alejandra y Quetzalli Alejandra, por darme memorables momentos y alegrías infinitas.

A mi madre Alicia Ochoa Berrospe por su amor infinito y apoyo incondicional.

A mi esposa Laura Macías Romero por su comprensión.

A mi hermano Manuel Alejandro por su valiosa lección de vida.

A mis tíos: María Ochoa Berrospe, Aurelio Figueroa Navarro, Guadalupe Berrospe Barajas, Carlos †, Agustín Berrospe Barajas, Jesús Berrospe y Manuel Ochoa Berrospe por su constante aliento y motivación.

A todos mis primos y familiares por su confianza.

A mis amigos: Karen, Omar, Elisa, Claudia, Elvira y Guadalupe, por su apoyo moral.

A mi ahijado Antoni, a mi comadre Angélica y a mi prima Yola por sus bendiciones.

**DEDICADO A LA MEMORIA DEL
DOCTOR PORFIRIO RAMÍREZ VALLEJO
ACAESIDO EL DÍA 1º DE MARZO DE 2014**



El Dr. Porfirio Ramírez Vallejo fue un distinguido socio de la SOMEFL, sociedad a la que presidió con honores, y también fue un cercano colaborador de la REM como editor y como autor. A su muerte el Dr. Porfirio Ramírez Vallejo era un prestigiado profesor investigador titular del *Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad (PREGEP)* en el *Colegio de Postgraduados*, programa donde dirigió muchas tesis de maestría y doctorado, impartió el curso de *Genética General Avanzada* a numerosas generaciones, fundó y dirigió al *Laboratorio de Marcadores Genéticos*, y contribuyó significativamente al conocimiento científico del maíz, frijol y del tomate, así como a la conservación, caracterización y aprovechamiento de los recursos fitogenéticos. En el mismo PREGEP dirigió con dedicación a dos especialidades académicas, *Producción de Semillas* y *Genética*. Como *Jefe de Campos Experimentales* del *Colegio de Postgraduados*, además de rendir un invaluable apoyo a los académicos mediante asignaciones oportunas de terreno y personal para investigaciones de campo, también convirtió terrenos inundables y salinos en suelos aptos para la experimentación agrícola. Antes de trabajar en el *Colegio de Postgraduados*, fue

un destacado investigador del *Programa de Maíz en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas* (ahora INIFAP).

Su meritorio desempeño profesional en todas las actividades y responsabilidades que ejerció han dejado una huella imborrable, y constituye un verdadero ejemplo de dedicación al servicio de la sociedad mexicana.

¡DESCANCE EN PAZ!

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados por las facilidades otorgadas durante mis estudios doctorales.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico.

A la sociedad mexicana que por su pago de impuestos hizo posible que personas como yo tengamos la oportunidad de prepararnos al más alto nivel académico.

Al Dr. Crescenciano Saucedo Veloz por compartir un poco de su sabiduría como científico y ser humano, además de brindarme su amistad.

Al Dr. Porfirio Ramírez Vallejo (†) por mostrarme el gusto y la pasión de ser investigador.

A la Dra. Martha Elva Ramírez Guzmán por su conocimiento.

Al Dr. Sergio Humberto Chávez Franco por enseñarme la paciencia y calma.

A la Dra. Rosa María Galicia Cabrera por compartir tantas experiencias de vida y buenos momentos de debate.

Al Dr. Fernando Castillo por su apoyo.

CONTENIDO

		Página
	CONTENIDO DE CUADROS	III
	CONTENIDO DE FIGURAS	IV
	RESUMEN	1
	SUMMARY	3
CAPITULO I	INTRODUCCIÓN GENERAL	4
	LITERATURA CITADA	12
CAPITULO II	OBJETIVOS E HIPÓTESIS	14
	Objetivo General	14
	Objetivos Particulares	14
	Hipótesis General	15
	Hipótesis Particulares	15
CAPITULO III	COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE PLÁNTULAS DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) EN AGRICULTURA PROTEGIDA	16
	RESUMEN	16
	ABSTRACT	17
	INTRODUCCIÓN	18
	MATERIALES Y MÉTODOS	20
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
	CONCLUSIONES	32
	LITERATURA CITADA	32
CAPITULO IV	CALIDAD COMERCIAL DE UNA COLECTA NATIVA DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	35
	RESUMEN	35
	ABSTRACT	36
	INTRODUCCIÓN	36
	MATERIALES Y MÉTODOS	39
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
	CONCLUSIONES	59
	LITERATURA CITADA	59
CAPITULO V	CONTENIDO DE ÁCIDO ASCORBICO EN UNA COLECTA NATIVA MEXICANA Y DOS HÍBRIDOS COMERCIALES DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	64
	RESUMEN	64
	ABSTRACT	65
	INTRODUCCIÓN	65
	MATERIALES Y MÉTODOS	67
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	70
	CONCLUSIONES	84
	LITERATURA CITADA	84

		Página
CAPITULO VI	FUNCIÓN DE DESPLIEGUE DE LA CALIDAD APLICADO A TRECE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	89
	RESUMEN	89
	ABSTRACT	90
	INTRODUCCIÓN	90
	MATERIALES Y MÉTODOS	93
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	97
	CONCLUSIONES	109
	LITERATURA CITADA	113
CAPITULO VII	CONCLUSIÓN GENERAL	116
CAPITULO VIII	ANEXO “TABLAS DE CALIDAD”	117

CONTENIDO DE CUADROS

		Página
CAPITULO I	INTRODUCCIÓN GENERAL	
Cuadro 1.	Comparación de Especies Silvestres de Jitomate (Bergougnoux, 2014).	6
CAPITULO III	COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE PLÁNTULAS DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) EN AGRICULTURA PROTEGIDA	
Cuadro 1.	Emergencia y Aparición de Hojas en Plántulas de Poblaciones Nativas de Jitomate y Testigos Comerciales.	24
Cuadro 2.	Caracterización de Plántulas de 31 Días de Desarrollo de Poblaciones Nativas de Jitomate y Testigos Comerciales.	26
CAPITULO IV	CALIDAD COMERCIAL DE UNA COLECTA NATIVA DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	
Cuadro 1.	Medias de Atributos de Calidad Comercial Estables Durante la Maduración de Frutos en Planta de Poblaciones Nativas e Híbridos Comerciales de Jitomate.	46
CAPITULO VI	FUNCIÓN DE DESPLIEGUE DE LA CALIDAD APLICADO A TRECE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	
Cuadro 1.	Cuadros Medios de Atributos de Calidad de Fruto y Factores Económico-Tecnológicos que Determinan la Importancia Relativa en la Compra de Jitomate para el Consumidor.	99
Cuadro 2.	Test de Dunnett para Atributos Sensoriales de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	106
Cuadro 3.	Regresión Logística para la Decisión de Compra de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Aplicado en Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales.	106

CONTENIDO DE FIGURAS

		Página
CAPITULO I	INTRODUCCIÓN GENERAL	
Figura 1	Regulación Hormonal del Desarrollo del Fruto de Jitomate. (A) Fases del Desarrollo del Jitomate. (B) Flujos Hormonales Clásicos. (C) Curva Sigmoidal del Crecimiento, Índice Mitótico y Tasa de Crecimiento. (D) Genes Regulatorios. Fase I, Desarrollo Floral y Amarre de Fruto; Fase II, División Celular y Desarrollo Temprano de Fruto; Fase III, Elongación Celular y Maduración de Fruto; y Fase IV, Maduración y Cambios Metabólicos Evidentes de Fruto (Srivastava y Handa, 2005).	5
CAPITULO III	COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE PLÁNTULAS DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) EN AGRICULTURA PROTEGIDA	
Figura 1.	Masa Promedio de Semilla de Testigos Comerciales y Poblaciones Nativas de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	22
Figura 2.	Porcentaje Promedio de Germinación y Emergencia Acumulada de Testigos Comerciales y Poblaciones Nativas de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).	23
Figura 3.	Relación entre Número de Hojas (H) y Área Foliar (AF) de Plántulas de Poblaciones Nativas de Jitomate y Testigos Comerciales.	27
Figura 4.	Correlación Canónica de las Poblaciones Nativas de Jitomate.	30
Figura 5.	Dendograma de Testigos Comerciales y Poblaciones Nativas de Jitomate.	31
Figura 6.	Calidad de Plántula en Función del Análisis de Componentes Principales en Algunos Testigos Comerciales y Poblaciones Nativas de Jitomate.	31
CAPITULO IV	CALIDAD COMERCIAL DE UNA COLECTA NATIVA DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	
Figura 1.	Dendograma de Calidad Comercial de Frutos en Estado Fisiológico rojo de Poblaciones Nativas y dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	42
Figura 2.	Caras de Chernoff de Calidad Comercial de Frutos en Estado Rojo de Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	43
Figura 3.	Relación entre Dos Variables Canónicas de Trece Poblaciones Nativas y dos Híbridos Comerciales de Jitomate.	44
Figura 4.	Cambios en Densidad Durante la Maduración del Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	47

		Página
Figura 5.	Cambios de Firmeza Durante la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	49
Figura 6.	Cambios de la Componente de Color L* Durante la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Calidad Comercial.	51
Figura 7.	Cambios de la Componente de Color a* Durante la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos de Calidad Comercial.	53
Figura 8.	Cambios de la Componente de Color b* Durante la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos de Calidad Comercial.	55
Figura 9.	Cambios de la Diferencia Total de Color (ΔE) Durante la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos de Calidad Comercial.	57
CAPITULO V	CONTENIDO DE ÁCIDO ASCORBICO EN UNA COLECTA NATIVA MEXICANA Y DOS HÍBRIDOS COMERCIALES DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	
Figura 1.	Dendograma de Calidad Nutricional de Frutos en Estado Fisiológico Rojo de Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	71
Figura 2.	Caras de Chernoff de Atributos Nutricionales de Frutos en Estado Fisiológico Rojo de Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	72
Figura 3.	Relación entre Variables Canónicas de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	75
Figura 4.	Cambios de pH en la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos Nutricionales.	77
Figura 5.	Cambios en el Contenido de Ácido Cítrico (%) en la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos Nutricionales.	79
Figura 6.	Cambios en el Contenido de Sólidos Solubles Totales (SST) en la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos Nutricionales.	80

	Página
Figura 7.	83
<p>Cambios en el Contenido de Ácido Ascórbico (AA) en la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos Nutrimientales.</p>	
<p>CAPITULO VI FUNCIÓN DE DESPLIEGUE DE LA CALIDAD APLICADO A TRECE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)</p>	
Figura 1.	94
<p>Casa de la Calidad Aplicada a la Evaluación de 13 Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)</p>	
Figura 2.	103
<p>Importancia Subjetiva de Atributos de Calidad y Factores de Influencia para la Compra de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).</p>	
Figura 3	104
<p>Preferencias de Compra de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) en Función del Estado Fisiológico de Fruto.</p>	
Figura 4.	105
<p>Evaluación Sensorial del Color de Fruto en Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersium</i> L.).</p>	
Figura 5.	107
<p>Decisión de Compra de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).</p>	
Figura 6.	108
<p>Análisis de Componentes Principales de Atributos de Calidad en Frutos de Poblaciones Nativas e Híbridos Comerciales de Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).</p>	
Figura 7.	111
<p>Casa de la Calidad para Poblaciones Nativas e Híbrido Comercial de Jitomate (<i>Solanum lycopersium</i> L.) Tipo Bola.</p>	
Figura 8.	112
<p>Casa de la Calidad para Poblaciones Nativas e Híbrido Comercial de Jitomate (<i>Solanum lycopersium</i> L.) Tipo Saladette.</p>	

POTENCIAL PRODUCTIVO, NUTRIMENTAL Y COMERCIAL DE UNA COLECTA NATIVA DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)

RESUMEN

México es considerado centro de domesticación del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), además de ser el mayor exportador en el mundo; sin embargo, la producción nacional se basa en híbridos importados que comparados con los ancestros silvestres, estos son genéticamente pobres teniendo menos del 5% de la variación genética. Los híbridos han sido desarrollados enfocándose en el incremento en peso, tamaño, forma y color de fruto, así como de resistencia al estrés biótico y abiótico, y al aumento en la productividad y manejo postcosecha del cultivo orientados a necesidades del mercado de consumo en fresco, lo que ha llevado a una diferenciación morfológica y fisiológica entre los cultivares modernos y las especies silvestres; sin embargo, este tipo de domesticación ha causado la pérdida de atributos importantes como los organolépticos y nutrimentales, además de generar cultivares susceptibles a plagas y enfermedades, lo que representa un problema.

En cambio, las poblaciones nativas de jitomate al ser poblaciones dinámicas y altamente heterogéneas han sido seleccionadas en huertos familiares rústicos donde la uniformidad, el sabor, el aroma y formas de uso en la preparación de alimentos son algunos criterios de selección. Estas poblaciones nativas se encuentran en etapas tempranas de domesticación, y por tanto tienen la particularidad de ser rústicas, adaptadas al medio ambiente regional, con características agronómicas y organolépticas deseables en función de las necesidades socioculturales y alimenticias; donde en algunos casos estas características son similares a las presentadas por híbridos comerciales cultivados actualmente, lo cual, confiere una importante fuente de atributos organolépticos no explotados.

Por lo anterior, el objetivo fue evaluar el potencial productivo, nutrimental y comercial de una colecta nativa, y compararlo con dos híbridos actualmente cultivados a nivel comercial, mediante la caracterización en etapa de plántula, producción bajo invernadero y preferencias de consumo; para identificar aquellas poblaciones nativas capaces de ser comercializables por sus atributos físicos, bioquímicos y nutrimentales, además de identificar características de calidad que puedan ser utilizadas en la conservación y aprovechamiento de las poblaciones nativas de jitomate.

Como resultado se evaluaron 13 poblaciones nativas con una perspectiva comercial, confrontándolas con dos híbridos actualmente cultivados, generando información relativa a: 1) el comportamiento agronómico en la producción de plántula bajo un esquema industrializado, 2) la calidad de fruto producido bajo sistema hidropónico en condiciones de invernadero, 3) contenido de ácido ascórbico (Vitamina C), y 4) aceptación comercial por parte del consumidor domésticos de los materiales evaluados. Se identificaron cuatro poblaciones nativas con el potencial de competir de forma agronómica, nutrimental y comercial con los híbridos evaluados.

Palabras claves: *Lycopersicon esculentum* M., tomate, Función de Desarrollo de la Calidad, preferencias de consumo.

PRODUCTIVITY POTENTIAL, NUTRITIONAL AND MARKETING OF NATIVE POPULATIONS OF TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.)

SUMMARY

Mexico is considered as tomato domestication center and the biggest exporter around the world, but, all production is based from imported hybrid seeds. These hybrids are genetically poor compared with wild species, having less than 5 % of genetic variability. The hybrids have been improved to focus on weight, size, form and color; even biotic and abiotic resistances; increase harvest and postharvest management, solving marketing needs. This action has increased morphological and physiological differences between modern cultivars and wild species; however, this kind of plant domestication has caused important organoleptic and nutrimental losses as well as generate susceptible cultivars to diseases and insect damaged, making this a problem.

At the other side, native populations of tomato are dynamics and highly diverse and were chosen from rustic vegetable garden where uniformity, flavor, aroma and forms of use in food preparation are some criteria to selection. These native populations are early domesticated and rustic, well adapted to local environment, with desirable agronomical and organoleptic characteristics based on sociocultural and alimentary needs; where in some cases these characteristics are similar to modern hybrids can show nowadays. These characteristics are important for their organoleptic attributes not utilized yet.

For these reasons, the goal was to evaluate productivity potential, nutrimental and marketing characteristics of a native population, and compared them with tow hybrids nowadays cultivated at commercial way, characterizing nursery production, greenhouse production and making a marketing research to identify which native population is capable to be commercialize by its physis, biochemistry and nutrimental attributes, as well as identify quality characteristics that can be useful for preservation and exploitation.

As result of evaluating thirteen native populations with a marketing view, and bring them face to face with tow hybrids nowadays cultivated, some information were generated about: 1) agronomic evolution on nursery production; 2) quality fruit from under greenhouse production; 3) ascorbic acid content; and 4) commercial acceptance by consumers. Four native populations were identified with high marketing potential.

Keywords: *Licopersicum esculentum* M., tomato, QFD, consumer preferences.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es un fruto clasificado como baya que se desarrolla a partir del ovario una vez que el óvulo ha sido fertilizado y su morfología varía significativamente entre accesiones cultivadas. La diversidad en formas y tamaños se debe a la domesticación y continúa selección por características específicas de fruto (Xiao *et al.*, 2009). Es un fruto carnoso compuesto por diferentes tejidos: epidermis, pericarpio (carnosidad) y placenta, y tejido locular incluido las semillas (la pulpa). El incremento en el volumen del jitomate es el resultado de la limitación biofísica por la extensibilidad de la epidermis y del desarrollo del tejido del pericarpio que en general desarrolla más de dos terceras partes del peso fresco total (Bertin, 2005).

El desarrollo del fruto del jitomate se puede separar en seis etapas fisiológicas: a) pre-polinización, considerándose el desarrollo de los óvulos y ovarios florales; b) polinización; c) fertilización y amarre de fruto, considerándose a la fertilización exitosa del óvulo seguida por división y expansión celular; d) post-amarre de fruto; e) maduración; y f) senescencia. Sin embargo, para cuestiones prácticas su desarrollo puede ser dividido en cuatro fases, siguiendo un crecimiento representado por una curva sigmoideal simple. La fase I representa el desarrollo floral, la polinización, la fertilización y el amarre de fruto; la fase II envuelve la división celular que dura entre siete y 14 días después de la polinización, alcanzando cerca del 10 % del peso fresco final; en la fase III ocurre la elongación celular en donde alcanza su máximo tamaño y peso, durando entre 3 y 5 semanas; y la fase IV conlleva la maduración que se caracteriza por un lento crecimiento y cambios metabólicos intensos (la mayoría de los cultivares de jitomate muestran cambios climatéricos típicos en la respiración, los cuales aceleran los cambios bioquímicos). Las diferentes fases son dominadas por la presencia y acción de diferentes hormonas tales como auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y etileno, entre otras (Figura 1) (Guo *et al.*, 2014; Srivastava y Handa, 2005).

El centro de origen de las especies silvestres del jitomate se encuentra en Sudamérica, a lo largo de la costa y en los Andes, partiendo desde el centro de Ecuador, pasando por Perú, hasta el norte de Chile, además de las Islas Galápagos. Encontrándose su distribución desde el nivel del mar hasta los 3300 m de altura y, tanto en condiciones climáticas de aridez como de lluvia intensa.

Las poblaciones silvestres restringen su distribución debido a las condiciones aisladas que proporcionan los angostos valles, generando una adaptación específica a un tipo de suelo y clima. La diversidad ecológica que presenta esta región, contribuyeron a la diversificación de las especies silvestres, expresándose en una diversidad de características morfológicas, fisiológicas y sexuales (Cuadro 1) (Bergougnoux, 2014).

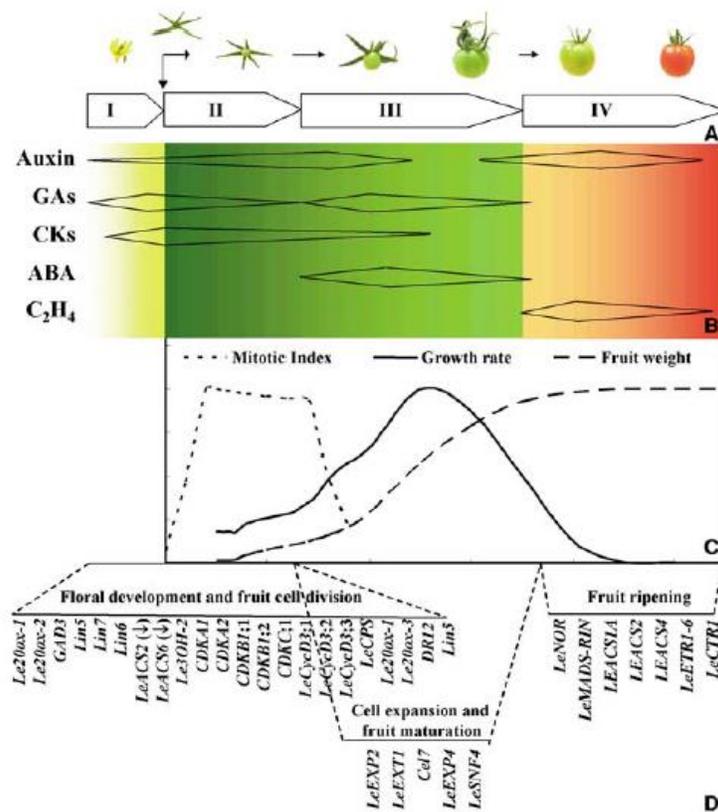


Figura 1. Regulación Hormonal del Desarrollo del Fruto de Jitomate. (A) Fases del Desarrollo del Jitomate. (B) Flujos Hormonales Clásicos. (C) Curva Sigmoideal del Crecimiento, Índice Mitótico y Tasa de Crecimiento. (D) Genes Regulatorios. Fase I, Desarrollo Floral y Amarre de Fruto; Fase II, División Celular y Desarrollo Temprano de Fruto; Fase III, Elongación Celular y Maduración de Fruto; y Fase IV, Maduración y Cambios Metabólicos Evidentes de Fruto (Srivastava y Handa, 2005).

Cuadro 1. Comparación de Especies Silvestres de Jitomate (Bergougnoux, 2014)

Especie (<i>Solanum</i>)	Equivalente <i>Lycopersicon</i>	Distribución y hábitad	Color de fruto
<i>S. cheesmaniae</i>	<i>L. cheesmaniae</i>	Endémico de las Islas Galápagos, Ecuador con amplia variedad de hábitads desde el nivel del mar hasta los 500 msnm	Amarillo, naranja
<i>S. galapagense</i>	<i>L. cheesmaniae</i> var. <i>minor</i>	Endémica de las Islas Galápagos; encontrándose desde el nivel del mar hasta los 50 msnm.	Amarillo, naranja
<i>S. lycopersicum</i>	<i>L. esculentum</i>	Conocido solo para cultivo, ampliamente distribuido en hábitads, muchos tienen frutos pequeños (“cerasiforme”); encontrado desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm	Rojo
<i>S. pimpinelifolium</i>	<i>L. pimpinelifolium</i>	Se ubica desde el centro de Ecuador hasta el centro de Chile, en costas secas, desde los 0 hasta los 500 msnm, pero excepcionalmente hasta los 1400 m.	Rojo
<i>S. chilense</i>	<i>L. chilense</i>	Encontrado desde el sur del Perú hasta el norte de Chile en planicies rocosas hiper-áridas y costas desérticas, desde los 0 hasta los 3250 msnm.	Verde y franjas purpuras.
<i>S. chmielewskii</i>	<i>L. chmielewskii</i>	Encontrado desde el sur del Perú hasta el norte de Bolivia en valles altos secos Andinos, desde los 1600 hasta los 3200 msnm.	Verde
<i>S. habrochaites</i>	<i>L. hirsutum</i>	Ubicándose desde el centro de Ecuador hasta el centro del Perú en las pendientes occidentales de los Andes en diferentes tipos de bosques, desde los 40 hasta los 3300 msnm.	Verde
<i>S. pennellii</i>	<i>L. pennellii</i>	Desde el norte de Perú hasta el norte de Chile en áreas arenosas y montañas rocosas secas, desde los 0 hasta los 2300 msnm.	Verde
<i>S. neorickii</i>	<i>L. parviflorum</i>	Visto desde el sur de Ecuador hasta el sur del Perú en valles Andinos secos en bancos rocosos, desde los 920 hasta los 2600 msnm.	Verde pálido
<i>S. peruvianum</i> norte	<i>S. arcanum</i>	<i>L. peruvianum</i> var. <i>Hirsutum</i>	Verde.
	<i>S. huaylasense</i>	<i>L. peruvianum</i>	Verde.
<i>S. peruvianum</i> sur	<i>S. peruvianum</i>	<i>L. peruvianum</i>	Verde
	<i>S. corneliomuelleri</i>	<i>L. peruvianum</i> var. <i>glandulosum</i>	Verde.

De acuerdo con Emmatty (2006) y Bergougnoux (2014), México y Perú son considerados los centros de domesticación del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). La hipótesis de una domesticación en Perú está basada en: i) No se encontró información ambigua; ii) La palabra peruviana ”Mala” y “pomi” del Perú se usaron para referirse al tomate, sugiriendo su domesticación inicial y transporte del Perú a Europa; iii) Se pensó que el origen del tomate cultivado proveniente de tomate silvestres cherry que se sabe fue localizado desde la costa del

Perú pasando por México hasta el suroeste de California en EUA; iv) La distribución del tomate cultivado y sus progenitores provino del Perú por exportación de jardines; v) La domesticación ocurrió antes del descubrimiento de América, pero no lejana a ésta.

La hipótesis de la domesticación en México se ha justificado en realidad en que no existe evidencia en la historia pre-Colombina del cultivo de jitomate en Sudamérica, comparado con buena evidencia disponible en México. Además de la filología de la palabra “tomate” que proviene del náhuatl “tomatl” que se refiere a las plantas de forma globosa y frutos jugosos (Long, 1995). En un estudio reciente basado en el análisis de simple polimorfismo del nucleótido refuerza la hipótesis de una pre-domesticación del tomate en la región Andina con la conclusión de la domesticación en Mesoamérica.

Después de la conquista del México prehispánico por lo españoles, el tomate se exportó como botín de guerra a España en 1521, luego se extendió a Italia y Francia en 1523 y llega a Inglaterra hasta 1820 y de ahí a EUA en el siglo XVII donde empieza el mejoramiento genético más formal al mejorar, desarrollar y estabilizar las plantas silvestres de tomate por medio de la polinización abierta (inicialmente), mutación y recombinación genética (Bergougnoux, 2014).

En la actualidad a nivel mundial se produjeron 163,963,770 ton de jitomate en el año 2013, destinando 4,725,416.69 ha. El consumo *per cápita* mundial fue de 20.3 kg en 2011, registrando Europa el mayor consumo *per cápita* con 27.6 kg y la región central de Asia con 63.9 kg. Por lo anterior, el cultivo del jitomate se ubica como la quinta hortaliza en importancia comercial mundial después de papa, yuca, soya y remolacha azucarera. China, India, Estados Unidos de América, Turquía, Egipto, Irán, Italia, Brasil, España y México fueron los países que mayor producción de jitomate generaron en 2013. Los mayores importadores de jitomate en el mundo durante el año 2012 fueron Estados Unidos de América, Rusia, Alemania, Francia, Inglaterra, Paquistán, Holanda, Arabia Saudita, Canadá y los Emiratos Árabes Unidos; por otra parte, los mayores exportadores mundiales en el mismo año fueron México, Holanda, España, Turquía, Marruecos, Jordán, Francia, Bélgica, Estados Unidos de América y China (Knoema, 2015; FAOSTAT, 2015).

En México el jitomate se cultiva prácticamente en todo el territorio nacional, siendo los estados de Tamaulipas, Sinaloa, Zacatecas, Guanajuato, Jalisco, Chihuahua, Chiapas, Michoacán, Puebla y el Estado de México, los estados que destinan la mayor cantidad de terrenos para su cultivo. Los estados que producen la mayor cantidad de jitomate son Sinaloa, San Luis Potosí, Michoacán, Jalisco, Zacatecas, Baja California Sur, Baja California y Sonora. El rendimiento promedio nacional es de 56.42 ton ha⁻¹, sin embargo, los estados de Querétaro, Durango, Puebla, Oaxaca, Coahuila y Guanajuato presentan rendimientos promedio entre 226.3 y 109.6 ton ha⁻¹ (SIAP a, 2015). Según el SIAP b (2015) en la producción de jitomate se encuentran relacionados alrededor de 50 mil productores que generan 72 mil empleos directos y 10.7 millones de empleos indirectos, resaltando la importancia socioeconómica del cultivo.

El jitomate tiene altas concentraciones de vitamina C (40% del Valor Nutricional Requerido), A (15% del VNR), B₃, B₆, E (tocoferol) y K; contiene minerales como calcio, magnesio, potasio (8% del VNR), hierro (7% de la Ingesta Nutricional Recomendada para mujeres o 10% para hombres), fósforo y cromo; presenta licopeno, α -caroteno, β -caroteno y luteína, compuestos antioxidantes promotores de la salud; además, contiene ácido cumárico y ácido clorogénico, biocompuestos que previenen la carcinogénesis. La disminución del colesterol, de enfermedades cardíacas, la presión arterial, las migrañas y los desórdenes visuales son algunos de los beneficios a la salud al consumir jitomate, además, promueve la protección del daño celular, la regulación del azúcar en sangre, el incremento en la inmunidad hacia enfermedades, el endurecimiento de los huesos y favorece el sanado de heridas. Al ingerir jitomate se contrarresta la acidosis, la aparición de cáncer o derrames cerebrales, ayuda al control de la diabetes, además de actuar como vasodilatador y equilibrar el estado de ánimo, así como, puede actuar como filtro solar (Bhowmik *et al.*, 2012).

Según Grose (2015) el jitomate es un elemento clave de la cocina mexicana cotidiana, tanto como ingrediente principal como componente secundario, con él se elaboran guisos, caldos, ensaladas y salsas crudas y cocidas; casi siempre se utiliza en México en su estado fresco. El consumo *per cápita* en 2013 fue de 14.66 kg (FAOSTAT, 2015). El jitomate forma parte de la cultura culinaria desde el Neolítico (7000-2500 a.C.); existiendo evidencias de su uso y consumo por los olmecas, los teotihuacanos, los aztecas, los mayas y los zapotecas en la época

prehispánica; además durante la conquista de los españoles y como resultado del mestizaje, el jitomate es empleado para la elaboración de nuevas comidas mezclándose con alimentos de origen animal y vegetal provenientes de Europa dando como resultado un enriquecimiento en la alimentación del mexicano (Román *et al.*, 2013).

Desafortunadamente en las últimas décadas, la globalización, la pérdida de biodiversidad, la preferencia por los alimentos industrializados en lugar de alimentos étnicos tradicionales y la migración del campo a la ciudad han propiciado un cambio drástico en el estilo de vida del mexicano, ocasionando un efecto deletéreo en las condiciones de la salud de la población, lo cual está asociado al incremento en la morbilidad y mortalidad por causas de las enfermedades crónicas (Román *et al.*, 2013). En el caso del jitomate, comparando los cultivares actuales con los ancestros silvestres, los primeros son genéticamente pobres teniendo menos del 5% de la variación genética de las especies silvestres. La domesticación del jitomate ha llevado a una diferenciación morfológica y fisiológica entre los cultivares modernos y las especies silvestres, enfocándose los primeros en el desarrollo del peso, tamaño, forma y color de fruto, así como de resistencia al estrés biótico y abiótico, y el incremento en la productividad y manejo postcosecha del cultivo orientados a las necesidades del mercado de consumo en fresco (Bai y Lindhout, 2007); sin embargo, este tipo de domesticación ha llevado a la pérdida de atributos importantes como los organolépticos y nutrimentales, además de generar cultivares susceptibles a plagas y enfermedades lo que representa un problema.

En cambio, las poblaciones nativas de jitomate al ser poblaciones dinámicas y altamente heterogéneas han sido seleccionadas en huertos familiares rústicos bajo una perspectiva de agricultura de subsistencia ecológica donde la uniformidad, el sabor, el aroma y formas de uso en la preparación de alimentos son algunos criterios de selección (Moreno y Ramírez, 2015). Según Moreno y Ramírez (2015) las regiones de Puebla y Veracruz son consideradas como las principales áreas geográficas de diversidad y domesticación del jitomate en México, donde en la actualidad es posible encontrar una amplia variedad de formas y colores de fruto, sin embargo es posible encontrar poblaciones nativas en casi todo el territorio mexicano (Moreno, 2010; Vázquez-Ortiz *et al.*, 2010). En estas regiones se encuentran poblaciones nativas en etapas tempranas de domesticación y por lo tanto tienen la característica de ser rústicas (Salgado, 2011).

Debido a la adaptación de las poblaciones nativas de jitomate al medio ambiente regional y a la selección continua de cultivares con características agronómicas y organolépticas deseables en función de las necesidades socioculturales y alimenticias por parte de las etnias de descendencia prehispánica, han evolucionado cultivares agroecológicamente adaptados con características de fruto específicas inherentes a cada región geográfica donde en algunos casos estas características son similares a las presentadas por híbridos comerciales cultivados actualmente, lo cual, confiere una importante fuente de atributos organolépticos no explotados y materiales vegetales tolerantes a plagas y enfermedades.

El Proyecto de Valoración Integral de la Diversidad de Poblaciones Nativas de Jitomate Mexicano que el Colegio de Postgraduados desarrolla ha colectado alrededor de 600 accesiones de frutos de jitomate a lo largo del territorio nacional, caracterizándolas y evaluándolas con fines de identificar poblaciones capaces de adaptarse a las nuevas tecnologías productivas como lo es 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, organolépticas y nutrimentales del mercado moderno. Como resultado de éstas evaluaciones se han identificado 13 poblaciones en particular que en el presente trabajo de investigación fueron evaluadas con una perspectiva comercial, confrontándolas con dos híbridos comerciales actualmente cultivados.

Considerando la cadena productiva del jitomate se generó información relativa a: 1) el comportamiento agronómico en la producción de plántula bajo un esquema industrializado, 2) la calidad de fruto producido bajo sistema hidropónico en condiciones de invernadero, 3) contenido de ácido ascórbico (Vitamina C) en materiales nativos, y 4) aceptación de las poblaciones nativas de jitomate por parte del consumidor domésticos. Integrando la presente tesis en cuatro capítulos tipo artículo, que se presentan de la siguiente forma:

Capítulo III. COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE PLÁNTULAS DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN AGRICULTURA PROTEGIDA. Éste capítulo cubrió el objetivo de identificar aquellas poblaciones nativas que por su comportamiento agronómico en la producción de plántula fueron capaces de generar material vegetal de calidad similar a la producida por híbridos comerciales en lapsos de tiempo empleados en la producción comercial de plántula.

Capítulo IV. CALIDAD COMERCIAL DE UNA COLECTA NATIVA DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.). El capítulo cubre el objetivo de identificar las poblaciones nativas que desarrollan frutos con características deseables para su comercialización, satisfaciendo cada atributo de calidad comercial; comparando estas con los híbridos comerciales frecuentemente usados por productores en agricultura protegida.

Capítulo V. CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN UNA COLECTA NATIVA MEXICANA Y DOS HÍBRIDOS COMERCIALES DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.). El capítulo cubre el objetivo de cuantificar la aportación de ácido ascórbico en cada población nativa e híbridos comerciales comparándolos y emitiendo una conclusión que afirme o rechace que el mejoramiento genético comercial ha causado la disminución de este atributo nutrimental.

Capítulo VI. FUNCIÓN DE DESPLIEGUE DE LA CALIDAD APLICADO A TRECE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.). En este capítulo se analiza el potencial comercial de las poblaciones nativas comparadas con híbridos comerciales frecuentemente usadas, mediante una perspectiva centrada en las necesidades y hábitos del consumidor.

LITERATURA CITADA

Bai, L. and P. Lindhout. 2007. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gained in the future?. *Annals. of Botany* 100:1085-1094.

Bergougnoux, V. 2014. The history of tomato: from domestication to biopharming. *Biotechnology Advances* 32:170-189.

Bertin, N. 2005. Analysis of the Tomato Fruit Growth Response to Temperature and Plant Fruit Load in Relation to Cell Division, Cell Expansion and DNA Endoreduplication. *Annals of Botany* 95:439-447.

Bhowmik, D., K. P. Samantha K., S. Paswan and S. Srivastava. 2012. Tomato- A natural medicine and its health benefits. *J. of Pharmacognosy and Phytochemistry* 1(1): 33-43.

Emmatty, D. A. 2006. Mejoramiento genético de tomate: pasado, presente y futuro. p 9-16. *In: Seminario Internacional: Producción de Tomate para Procesamiento. Serie Actas Instituto de Investigaciones Agropecuarias No. 32., G. Saavedra R. y M. González Y. (ed), Chile p. 108.*

FAOSTAT. 2005. Food and Agricultural Organization of the United Nations Statistics Division. Consultado el 7 de agosto de 2015 en <http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E> .

Grose, R. 2015. Jitomate (tomate rojo). Consultado el 7 de agosto de 2015 en <http://comidamexicana.about.com/od/IngredientesYUtensilios/g/Jitomate.htm> .

Guo, Q., B. Wu, X. Peng, J. Wang, Q. Li, J. Jin and Y. Ha. 2014. Effects of chlorine dioxide treatment on respiration rate and ethylene synthesis of postharvest tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 93:9-14.

Knoema. 2015. Food Balance Sheets, 2014. Consultado el 7 de agosto de 2015 en <http://knoema.com/FAOFBS2014/food-balance-sheets-2014?tsId=1496610>.

Long, J. 1995. De tomates y jitomates en el siglo XVI. Centro de Estudios de Cultura Náhuatl, UNAM. Consultado el 7 de agosto de 2015 en <http://www.historicas.unam.mx/publicaciones/revistas/nahuatl/pdf/ecn25/463.pdf>.

Moreno R., Y. R. 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 R., Y. R. y P. Ramírez V. 2015. Aprovechamiento de poblaciones nativas de jitomate, como estrategia de soberanía alimentaria. Consultado el 11 de agosto de 2015 en http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible6/61/58.pdf.

Román, S., C. Ojeda-Granados y A. Panduro. 2013. Genética y evolución de la alimentación de la población en México. *Revista de Endocrinología y Nutrición* 21(1):42-51.

Salgado M., L. 2011. Calidad de fruto de jitomate en acervos y poblaciones nativas de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 110 p.

SIAP a. 2015. Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Consultado el 7 de agosto de 2015 en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>.

SIAP b. 2015. Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Consultado el 7 de agosto de 2015 en <http://www.siap.gob.mx/produce-39-toneladas-jitomate/>.

Srivastava, A. and A. Handa. 2005. Hormonal Regulation of Tomato Fruit Development: A Molecular Perspective. *J. Plant Growth Regul.* 24:67-82.

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

Xiao, H., C. Radovich, N. Welty, J. Hsu, D. Li, T. Meulia and E. van der Knaap. 2009. Integration of tomato reproductive developmental landmarks and expression profile, and the effect of SUN on fruit shape. *BMC Plant Biology* 9(49):1-21.

CAPITULO II.

OBJETIVOS E HIPOTESIS

Objetivo General

Evaluar el potencial productivo, nutrimental y comercial de una colecta nativa, y compararlo con dos híbridos actualmente cultivados a nivel comercial, mediante la caracterización en etapa de plántula, producción bajo invernadero y preferencias de consumo; para identificar aquellas poblaciones nativas capaces de ser comercializables por sus atributos físicos, bioquímicos y nutrimentales, además de identificar características de calidad que puedan ser utilizadas en la conservación y aprovechamiento de las poblaciones nativas de jitomate.

Objetivos Particulares

Caracterizar el comportamiento agronómico de las plántulas de 13 poblaciones nativas de jitomate, mediante la evaluación de parámetros relacionados con su crecimiento y desarrollo en condiciones de producción intensiva, e identificar aquellas variedades capaces de competir en calidad de plántula con algunos híbridos que actualmente son cultivados a nivel comercial.

Determinar los atributos que definen la calidad comercial y los cambios que experimentan durante la maduración los frutos de 13 poblaciones nativas de jitomate producidas bajo condiciones de invernadero, comparándola con híbridos producidos a nivel comercial, con el fin de identificar aquellas poblaciones nativas capaces de ser comercializables por sus atributos de calidad.

Caracterizar el aporte de ácido ascórbico de trece poblaciones nativas y dos híbridos comerciales durante la maduración del fruto en planta, mediante la producción bajo condiciones de agricultura protegida y nutrición hidropónica, para identificar aquellas poblaciones que por el aporte de ácido ascórbico sean similares o superiores al aporte nutrimental de los híbridos comerciales.

Evaluar la competencia comercial de trece poblaciones nativas en relación a dos híbridos comerciales de jitomate, mediante el empleo de la función de despliegue de la calidad, identificando hábitos de consumo, necesidades del consumidor doméstico urbano y potenciales de comercialización, que permitan la preservación y aprovechamiento de las poblaciones nativas.

Hipótesis General

Las poblaciones nativas de jitomate al ser materiales rústicos con una riqueza en variabilidad genética, seleccionadas en función de necesidades ecológicas, culturales, económicas y alimenticias pueden expresar atributos agronómicos, nutrimentales y comerciales que pueden hacer factible su empleo a nivel comercial industrializado, siendo equiparables o superiores a las presentadas por híbridos actualmente comercializados.

Hipótesis Particulares

En condiciones adecuadas de crecimiento, las plántulas provenientes de semillas de frutos de poblaciones nativas de jitomate pueden presentar periodos de emergencia y crecimiento vegetativo similares a los testigos comerciales híbridos bajo condiciones de invernadero, generando plántulas de calidad similar, en el mismo lapso de tiempo que usualmente los testigos comerciales híbridos son producidos.

Bajo ambiente de invernadero, en condiciones de nutrición hidropónica y producción en contenedores artificiales con sustrato volcánico, al menos una de las 13 poblaciones nativas tiene la capacidad de producir frutos con atributos similares a los presentados por los híbridos comerciales usados frecuentemente, lo que permitiría la producción y comercialización del producto en fresco.

Los híbridos comerciales modernos de jitomate tienen menores concentraciones de ácido ascórbico debido al proceso de mejoramiento genético que han sufrido, por lo cual, las poblaciones nativas pueden contener mayores concentraciones por su carácter rústico y baja manipulación genética.

Las poblaciones nativas de jitomate al ser materiales con alta variabilidad genética, adaptadas a las condiciones agroecológicas y seleccionadas en función de las necesidades del consumidor doméstico rural, conservan propiedades organolépticas que pueden satisfacer las necesidades del consumidor doméstico urbano y por ende los hábitos de consumo, haciendo factible la explotación comercial de éstas bajo técnicas de una agricultura moderna.

CAPITULO III

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE PLÁNTULAS DE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN AGRICULTURA PROTEGIDA

NURSERY PRODUCTION OF NATIVE POPULATIONS OF TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

RESUMEN

En México existe diversidad de genotipos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) con características sobresalientes de desarrollo de planta, resistencia a diferentes factores bióticos y abióticos, rendimiento y calidad de fruto, pero su producción y aprovechamiento es local. Actualmente, la producción comercial de esta hortaliza se basa en híbridos patentados tipo saladette, bola y cherry, lo que limita la expresión del acervo genético en el país. No obstante México es considerado uno de los centros de domesticación de este producto hortícola. El objetivo fue comparar características agronómicas relacionadas con el desarrollo de las plántulas provenientes de 13 poblaciones nativas de jitomate con dos híbridos comerciales e identificar aquellas con la calidad de plántula equivalente a la de los híbridos comerciales. Se usaron Charolas germinadoras de poliestireno, de 200 cavidades, con mezcla comercial Sunshine[®]3 más Agrolita 3:1(v/v) como sustrato y riegos con solución Steiner a 50 %. Las poblaciones y los híbridos comerciales se colocaron en condiciones de invernadero por 31 días. Se registró el porcentaje y tasa de germinación, exposición de hojas visibles, y posteriormente altura de plántula, diámetro de tallo, número total de hojas, área foliar, longitud y volumen radical; además del contenido de materia seca y fresca de raíz y tallo. El diseño experimental fue completamente al azar con 15 tratamientos y cuatro repeticiones con 10 plántulas como unidad experimental. El desarrollo de las plántulas de las poblaciones 96 y 49, resultó similar al de los híbridos comerciales, y su germinación y morfología fueron superiores. Se identificaron como variables mediante componentes principales para la caracterización de la calidad: la presencia de cotiledones, el diámetro de tallo, la altura, longitud radical y número de hojas. Se observó que cinco poblaciones nativas presentaron similitud en calidad de plántula con los híbridos comerciales evaluados.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, tomate, semillero, germinación, calidad.

ABSTRACT

In Mexico there is genotype diversity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) with outstanding characteristics of plant development, resistance to different biotic and abiotic factors, fruit yield and quality, but its production and use is local. Presently, commercial production of this garden vegetable is based on patented hybrids such as saladette, bola and cherry, which limits the expression of the genetic store in the country. However, Mexico is considered one of the domestication centers of this horticultural product. The objective of the present study was to compare agronomic characteristics related to seedling development from 13 native populations of tomato with two commercial hybrids and to identify those with seedling quality equivalent to that of the commercial hybrids. Styrofoam germination trays of 200 cavities were used with commercial mixture Sunshine[®]3 plus Agrolite 3:1 (v/v) as substrate and irrigations with Steiner solution at 50 %. The populations and commercial hybrids were placed under greenhouse conditions for 31 d. Variables registered were percentage and germination rate, leaf exposure, seedling height, stem diameter, total number of leaves, leaf area, root length and volume, dry and fresh matter content of root and stem. The experimental design was completely randomized with 15 treatments and four replicates with 10 seedlings as experimental unit. Seedling development of populations 96 and 49, respectively, was similar to that of the commercial hybrids, and their germination and morphology were superior. Using principal components, the following were identified as variables to characterize quality: the presence of cotyledons, stem diameter, height, root length and number of leaves. Five native populations presented similarity in seedling quality with the commercial hybrids evaluated.

Key words: *Solanum lycopersicum*, tomato, seedbed, germination, quality.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Emmatty (2006), México y Perú son considerados los centros de domesticación del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) de donde se llevó a Europa en 1523 después de la conquista por los españoles, luego se extendió a Francia, Inglaterra e Italia; en los Estados Unidos se introdujo en el siglo XVII. La producción de jitomate en México se basa principalmente en el uso de híbridos comerciales principalmente del tipo bola, saladette y cherry, provenientes de semilla mejorada y por consiguiente con características de calidad de planta y de fruto bien definidas (Macías, 2003). Sin embargo, en diversas regiones del país se han identificado poblaciones nativas que han mostrado tener alto potencial en cuanto a adaptación, desarrollo de planta, rendimientos y resistencia al ataque de algunas plagas y enfermedades; además de la variación existente en tamaño, forma, color y composición química, así como en valor nutricional y nutracéutico (Álvarez-Hernández *et al.*, 2009). El valor nutrimental y comercial de las poblaciones nativas es poco conocido debido, entre otras características, a que, en comparación con los híbridos comerciales, se encuentran en sistemas agrícolas heterogéneos, donde normalmente se desarrollan en ambientes naturales y de cultivo frecuentemente limitantes, y en los que la incidencia recurrente de factores relacionados con estrés tanto biótico como abiótico es normal. En este sentido, Juárez-López *et al.* (2009) reportan que la ocurrencia de éstos factores, cuya intensidad, frecuencia y cantidad varía entre años, ha permitido un intenso proceso de selección que ha logrado incrementar en estas poblaciones su rusticidad y adaptación, además de producir aún en condiciones de ambientes limitados, infiriéndoles relevancia en la producción de alimentos debida a su alta tolerancia a plagas y enfermedades. Por su parte, Crisanto *et al.* (2010) señalan que las variaciones en la forma, color, sabor, textura y aroma hacen que los frutos de estas poblaciones presenten una alta demanda a nivel local o regional, incluso con precios superiores al de los híbridos comerciales.

Por otro lado, en regiones del país el cultivo de hortalizas ha cambiado de sistemas de producción tradicional a sistemas tecnificados, en donde la calidad de la plántula desempeña un papel significativo en la productividad. Según Noordegraaf (1994) la calidad es definida por el consumidor y conlleva todos aquellos parámetros externos e internos que apoyan al objetivo por lo cual es usado.

De forma natural, los campesinos se han especializado en la producción intensiva de la plántula para cultivo bajo invernadero o campo abierto; esto ha llevado a la búsqueda de alternativas para la obtención, en volumen, del material necesario para trasplante, en donde, el uso de charolas germinadoras permite un mayor control productivo (Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012). Para los productores de jitomate resulta importante contar con plántulas con características que garanticen un buen desarrollo vegetativo para una producción posterior; en este sentido, el principal problema de las poblaciones nativas de jitomate es el desconocimiento, en la mayoría de los casos, del crecimiento del material vegetal bajo condiciones de producción intensiva en charolas germinadoras y en alta densidad poblacional.

Mediante recorridos de campo realizados durante los años 2000 al 2010, a través de la zona mesoamericana mexicana, se han colectado poblaciones con diferentes tipos de frutos de jitomate que pueden ser catalogados típicamente como bola o saladette, pero también frutos de forma arriñonada e irregular, con gran diversidad de color; generando una colección de 600 poblaciones con características de frutos diferentes. De ésta colección, en particular 13 accesiones han demostrado crecimiento vegetativo indeterminado y calidades de frutos tales que pueden ser producidas bajo condiciones de agricultura protegida intensiva.

El objetivo del presente estudio fue caracterizar el comportamiento agronómico de las plántulas de 13 poblaciones nativas de jitomate, mediante la evaluación de parámetros relacionados con su crecimiento y desarrollo en condiciones de producción intensiva, e identificar aquellas variedades capaces de competir en calidad de plántula con algunos híbridos que actualmente son cultivados a nivel comercial. La hipótesis fue que en condiciones adecuadas de crecimiento, las plántulas provenientes de semillas de frutos de poblaciones nativas de jitomate pueden presentar periodos de emergencia y crecimiento vegetativo similares a los testigos comerciales híbridos bajo condiciones de invernadero, generando plántulas de calidad similar, en el mismo lapso de tiempo que usualmente los testigos comerciales híbridos son producidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio, de un total de 600 poblaciones nativas de jitomate recolectadas en diversas zonas productoras de México, se seleccionaron para su evaluación 13 poblaciones, las cuales presentan características sobresalientes en adaptación para su producción bajo invernadero: sanidad, morfología, arquitectura de la planta, así como rendimiento y calidad del fruto. Estas poblaciones fueron comparadas con dos híbridos comerciales. Las poblaciones estudiadas se identificaron con los números 16, 17A, 17R, 21B y 21Original para las accesiones provenientes de Puebla, 34, 35 y 38 para las accesiones provenientes de Guerrero, 48 y 49 para aquellas provenientes de Oaxaca; 75, 83 y 96 para las accesiones provenientes de Campeche, Yucatán y Estado de México, respectivamente. Los híbridos comerciales fueron el SUN7705[®] de Nunhems de fruto tipo saladette y Daniela[®] de Hazera Genetics de fruto tipo bola. Las poblaciones y los híbridos comerciales son de crecimiento indeterminado. Las semillas evaluadas fueron obtenidas en el año 2012.

El estudio se realizó en el año 2013 en un invernadero tipo túnel con cubierta plástica de color blanco lechoso ubicado a 19° 27' 42.45'' latitud norte, 98° 54' 32.58'' longitud oeste y 2241 msnm. Para la siembra se utilizaron charolas germinadoras de poliestireno de 200 cavidades, llenando éstas de manera manual con una mezcla de peat moss más agrolita 3:1 v/v previamente humedecida y posteriormente compactada para dejar alrededor de 0.5 cm entre la superficie de la charola y la superficie del sustrato. Posteriormente se colocó una semilla (previamente inundada con agua acidulada a pH 5.5 durante 12 horas) por celda, las cuales se cubrieron con el mismo sustrato hasta llenar las cavidades de las charolas. Los semilleros se regaron una vez al día, estribados en columnas y cubiertos con plástico hasta la emergencia de las nuevas plántulas. Una vez que emergieron éstas y hasta el término del experimento, se regaron con agua manualmente dos veces por día. Desde la aparición de las primeras hojas verdaderas y hasta el momento del trasplante, el agua de riego fue sustituida por una solución Steiner a 25 % (Steiner, 1984). Se registró la masa promedio de 10 semillas, por población o híbrido comercial, utilizando una balanza analítica SCIENTECH, Modelo ZSA-120, USA con sensibilidad 0.0001g; asimismo se determinó el número de días a emergencia de la primera plántula (DPE) desde la siembra, el tiempo total (días) en que se dio la emergencia de todas las plántulas (DTPE) desde la

emergencia, periodo efectivo (días) en que ocurre la emergencia de plántulas (PEDE) desde la aparición de la primera plántula hasta la última, total de plántulas emergidas, promedio de emergencia diario (EDP), porcentaje de germinación (PG) y tiempo (días) en que ocurre la aparición de primeras hojas verdaderas (DPAPF). A los 31 días después de la siembra se realizó un muestreo de plántulas tomando tres al azar de cada población e híbridos, mismas a las que se les evaluaron las variables: altura de plántula (cm, medida desde la base hasta la punta apical) y diámetro de tallo (mm) utilizando un vernier digital marca “Truper” modelo CALDI-6MP; presencia de cotiledones, número total de hojas, área foliar (cm²) usando un integrador de área (modelo LI-300, LI-COR, Lincoln, NE), longitud de raíz (cm), volumen de raíz (cm³) mediante desplazamiento volumétrico, masa de materia fresca y seca de la parte aérea y de la raíz (g) . El diseño experimental fue completamente al azar con 15 tratamientos, cuatro repeticiones y diez semillas por repetición. Se realizó un análisis univariado, análisis de componentes principales, análisis canónico y análisis tipo cluster mediante el método Ward considerando distancias Euclidianas de los datos recopilados para la caracterización de calidades de plántula, mediante el empleo del programa estadístico SAS System® versión 9.0 de SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los híbridos comerciales de jitomate evaluados alcanzaron un contenido de materia fresca de semilla de 3.3 mg, las poblaciones nativas 48 y 96 presentaron la mayor masa con 3.8 mg; el resto de las poblaciones alcanzaron una masa similar a los testigos comerciales a excepción de las poblaciones 16 y 34 (Figura 1).



Figura 1. Masa Promedio de Semilla de Testigos Comerciales y Poblaciones Nativas de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). Valores con la misma letra sobre cada columna son estadísticamente iguales según Tukey, ($P \leq 0.05$). DMS = 0.46.

Al respecto, Ramos-Ortega *et al.* (2006) encontraron que semillas de jitomate con mayor masa generaron plántulas vigorosas y con mayores rendimientos; sin embargo, en el presente experimento no se encontró correlación estadística ($P \leq 0.05$) entre la masa de semilla y el proceso germinativo y morfología final de plántula.

Los testigos comerciales Daniela y SUN7705 emergieron en un periodo efectivo entre los ocho y diez días a partir de la primera emergencia, lo cual concuerda por lo reportado por Berrospe-Ochoa *et al.* (2012); en comparación con lo reportado por estos autores, las poblaciones nativas evaluadas no presentaron diferencia estadística ($P \leq 0.05$) en el tiempo en que ocurrió la primera emergencia (cuatro días después de siembra), pero sí en el tiempo total requerido para que todas las semillas emergieran. Se observó que la población 38 requirió un periodo de 21 días para completar la germinación del total de las semillas, en contraste a la población 96 que requirió solo 10.5 días; por otro lado, el menor tiempo efectivo para que germinaran el total de las

semillas lo presentaron las poblaciones 96 y 83 con 5.25 y 5.5 días respectivamente, siendo este tiempo la mitad en comparación con lo observado por los testigos comerciales (Figura 2).

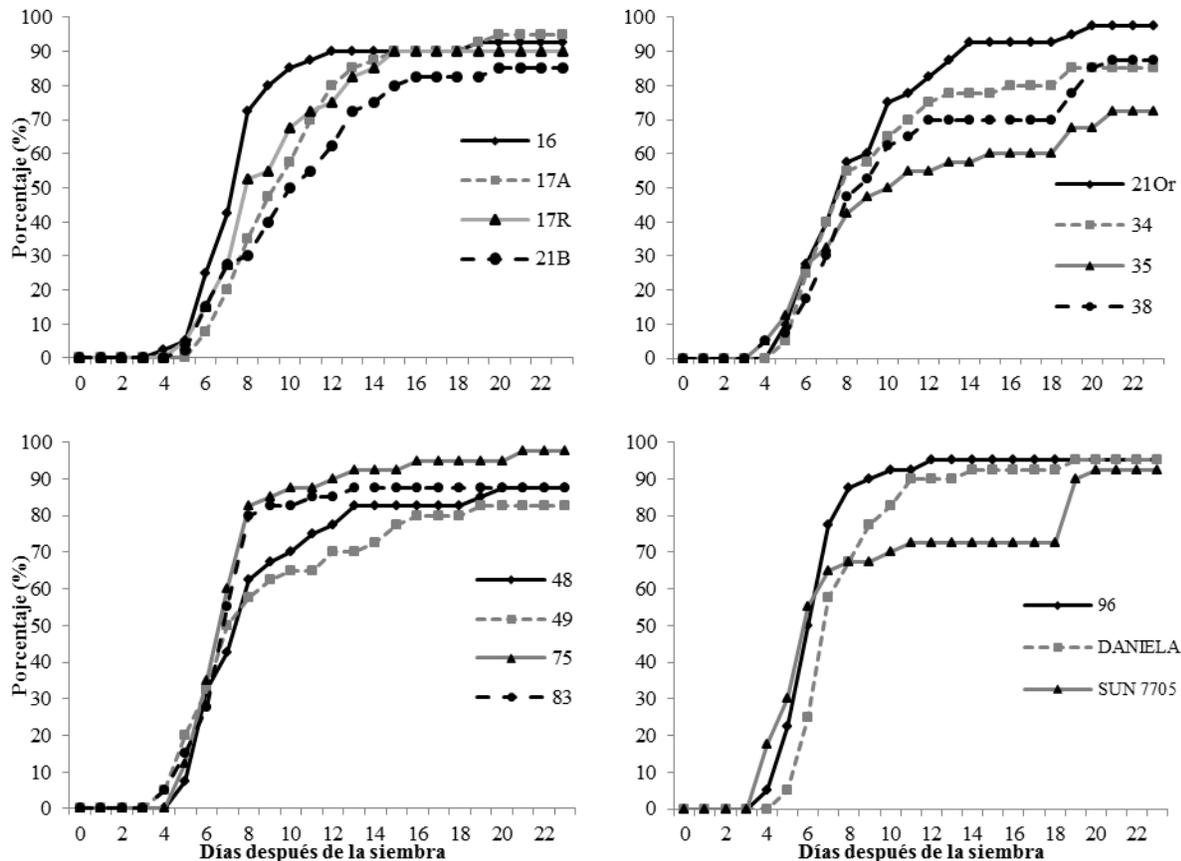


Figura 2. Porcentaje Promedio de Germinación y Emergencia Acumulada de Testigos Comerciales y Poblaciones Nativas de Jitomate (*Solanum lycopersicum*).

Torres *et al.* (2008) señalaron que en la producción de plántula es importante obtener el proceso germinativo en el tiempo más corto posible para abatir costos de producción. Se entiende como proceso germinativo al cambio fisiológico interno de la semilla que concluye con la emisión de la radícula a través de la cubierta seminal y su posterior emergencia por arriba del sustrato, además Berrospe-Ochoa *et al.* (2012) reportaron promedios de emergencias entre los siete y ocho días después de la siembra, con un periodo efectivo de germinación de entre 10 y 18 días. Por lo antes descrito, la población 96 y 16 se pueden considerar como las poblaciones nativas más precoces por su de germinación y emergencia de plántula.

Los testigos comerciales tuvieron un porcentaje de germinación del 92.5 y 95 % (SUN7705 y Daniela, respectivamente) y presentaron la primera aparición de hojas visibles entre los 13 y 14 días después de la siembra, mostrando follaje todas las plántulas en un periodo de cinco días posteriores a la primera aparición de hojas visibles para el caso de Daniela y cuatro días posteriores para el caso de SUN7705; por otro lado, del total de semillas sembradas solo el 87.5 % generaron hojas visibles en el caso de Daniela y 67.5 % en SUN7705.

En general las poblaciones nativas de jitomate estudiadas no mostraron tener diferencias estadística ($P \leq 0.05$) con los testigos comerciales en el porcentaje de germinación (PG), días a la primera aparición de hojas visibles (DPAPF), periodo efectivo de aparición de hojas (PTAPF) o en el porcentaje de semillas que generan hojas visibles (PSCHV) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Emergencia y Aparición de Hojas en Plántulas de Poblaciones Nativas de Jitomate y Testigos Comerciales.

Población o variedad	DPE[¶] (d)	DTPE (d)	PEDE (d)	EPD	PG (%)	DPAPF (d)	PTAPF (d)	PSCHV (%)
16	6.75a [¶]	14.00ab	8.25ab	1.48a	97.5a	13.3a	6.3a	80.0a
17A	8.00a	18.00ab	11.00ab	0.93a	95.0a	14.3a	5.8a	87.5a
17R	7.50a	14.00ab	7.50ab	1.20a	90.0a	13.0a	7.0a	82.5a
21B	8.75a	16.25ab	8.50ab	1.18a	85.0a	12.8a	7.8a	77.5a
21or	6.75a	15.25ab	9.50ab	1.18a	100.0a	13.0a	5.8a	90.0a
34	7.25a	16.00ab	9.75ab	0.95a	85.0a	13.3a	3.5a	90.0a
35	6.50a	19.25ab	13.75ab	0.58a	72.5a	14.0a	5.3a	80.0a
38	7.00a	21.00a	15.00a	0.58a	87.5a	12.8a	7.0a	95.0a
48	7.00a	14.75ab	8.75ab	1.13a	87.5a	13.0a	6.0a	80.0a
49	6.50a	16.75ab	11.50ab	0.73a	82.5a	12.5a	5.8a	82.5a
75	6.75a	15.50ab	9.75ab	1.30a	97.5a	13.8a	7.0a	95.0a
83	7.00a	11.50ab	5.50b	2.05a	87.5a	13.8a	4.8a	75.0a
96	6.25a	10.50b	5.25b	2.13a	95.0a	12.8a	8.0a	77.5a
DANIELA	7.25a	13.00ab	6.75ab	1.75a	95.0a	13.5a	5.3a	87.5a
SUN7705	6.50a	13.00ab	7.50ab	1.60a	92.5a	13.8a	3.8a	67.5a
DMS[§]	4.16	10.47	9.28	1.68	28.03	3.83	6.02	49.61

[§]DMS= Diferencia mínima significativa. [¶]DPE= Días a la primer emergencia; DTPE= Días totales para que emerja el total de las plántulas; PEDE= Periodo efectivo de emergencia (días); EPD= Emergencia promedio diario; PG= Porcentaje de germinación; DPAPF= Días a la primer aparición de hojas visibles; PTAPF= Periodo efectivo en que el total de las plántulas presentan hojas visibles (días); PSCHV= Porcentaje de semillas que llegan a tener hojas visibles. [¶]Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales según Tukey ($P \leq 0.05$).

Leviatov *et al.* (1994) y Sinha (1999) han señalado que la generación de hojas visibles es un evento fenológico de gran importancia, ya que el embrión en desarrollo genera estructuras vegetativas que pueden realizar procesos fisiológicos, como la fotosíntesis, dándole la capacidad de formar compuestos bioquímicos esenciales para su sobrevivencia y a la vez disminuir su dependencia a las reservas nutrimentales contenidas en los cotiledones y el endospermo, que pueden alcanzar hasta el 15 % del volumen seminal; por lo cual, las poblaciones nativas evaluadas tuvieron la misma capacidad de desarrollo de hojas visibles en relación a los testigos comerciales utilizadas comercialmente para la producción de plántula.

Los testigos comerciales Daniela y SUN7705 al finalizar la etapa de evaluación de 31 días, conservaron las dos hojas cotiledonales. De las poblaciones nativas de jitomate evaluadas, la 75 y 83 fueron estadísticamente ($P \leq 0.05$) diferentes, perdiendo los cotiledones antes de finalizar el periodo de evaluación; el resto de las poblaciones conservaron sus cotiledones hasta el término del experimento (Cuadro 2).

La materia seca del endospermo constituye hasta el 75 % del total de la semilla (Burg *et al.*, 1994; Leviatov *et al.*, 1994), sin embargo, su volumen, con respecto al resto de los componentes de la semilla, es menor a 15 %; no obstante lo anterior, las reservas nutrimentales almacenadas en el endospermo son insuficientes para el desarrollo del nuevo individuo durante los primeros 15 días, en donde las reservas lipídicas almacenadas (ácidos linoleico, oleico, palmítico y esteárico, principalmente) en los glioxisomas y cuerpos oleos presentes en los cotiledones toman importancia, obteniéndose Acetil CoA derivado de la β -oxidación de los ácidos grasos para producir succinato que es usado para generar sacarosa por gluconeogénesis, y así apoyar en el desarrollo de la plántula (Baud y Lepiniec, 2010; Giannelos *et al.*, 2005; Graham, 2008; Nieri *et al.*, 1997).

Cuadro 2. Caracterización de Plántulas de 31 Días de Desarrollo de Poblaciones Nativas de Jitomate y Testigos Comerciales.

CULTIVARES	C [¶]	AP (cm)	D (mm)	LR (cm)	VR (cm ³)	PFPA (g)	PSPA (mg)	PFR (g)	PSR (mg)
16	1.6a [□]	5.9cde	2.07abcd	10.16a	0.239a	0.538bdc	43.76abc	0.260a	23.86ab
17A	1.8a	6.1cde	2.03abcd	9.44a	0.304a	0.648bc	45.42abc	0.299a	21.73b
17R	1.8a	7.1abc	2.34ab	10.88a	0.320a	0.677abc	49.08abc	0.301a	23.62ab
21B	1.9a	4.8e	1.54ef	8.23a	0.192a	0.416cde	31.98bcd	0.208a	16.93b
21or	2a	7.8ab	2.42a	11.22a	0.294a	0.805ab	56.73a	0.338a	25.97ab
34	1.9a	5.6cde	1.90bcdef	10.84a	0.279a	0.589bc	46.76abc	0.318a	24.65ab
35	2a	6.2cde	1.93bcdef	9.62a	0.293a	0.611bc	44.98abc	0.325a	27.88ab
38	1.9a	6.2bcde	2.15abcd	11.80a	0.241a	0.659abc	51.86ab	0.279a	26.94ab
48	1.9a	5.9cde	1.91bcdef	8.53a	0.339a	0.640bc	52.31ab	0.332a	20.41b
49	1.6a	6.4bcd	1.89bcdef	10.60a	0.396a	0.596bc	48.11abc	0.454a	30.68ab
75	0b	5.1de	1.53f	11.40a	0.209a	0.139e	19.21d	0.244a	20.29b
83	0.5b	6.4bcd	1.83cdef	10.03a	0.192a	0.270ed	28.95cd	0.215a	21.85b
96	1.9a	8.1a	2.32abc	11.36a	0.423a	0.946a	65.23a	0.476a	41.26a
DANIELA	1.9a	6.5abcd	2.16abcd	12.10a	0.273a	0.733ab	57.35a	0.312a	28.66ab
SUN7705	2a	6.5abcd	1.78edf	8.78a	0.302a	0.652abc	48.03abc	0.333a	30.38ab
DMS[§]	0.6	1.6	0.49	4.40	0.287	0.295	22.25	0.275	18.24

[§] DMS= Diferencia mínima significativa. [¶] C= Cotiledones; AP= Altura de planta; D= Diámetro de tallo; LR= Longitud radical; VR= Volumen radical; PFPA= Masa fresca parte aérea; PSPA= Masa seca parte aérea; PFR= Masa fresca raíz; PSR= Masa seca raíz. [□] Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales según Tukey (P≤0.05).

El hecho de que una plántula pierda las hojas cotiledonares antes del periodo de producción intensiva (entre 30 y 35 d) pone en desventaja al material vegetativo en cuanto a disponibilidad de biocompuestos, haciendo dependiente a la misma de los fotosintatos de hojas inmaduras, tal es el caso de las poblaciones 75 y 83.

Los testigos comerciales de jitomate tuvieron en promedio cuatro hojas, con un área foliar de 15.2 y 16.6 cm² para SUN7705 y Daniela, respectivamente; en tanto que de las poblaciones nativas, la 96 registró el mayor promedio de hojas (5.6) y área foliar (21.39 cm²). Las plántulas de jitomate con 31 a 35 días de edad tienen en promedio entre tres y ocho hojas (Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012; Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Parra-Terraza *et al.*, 2010), y en este estudio tuvieron un área foliar de 1 a 44 cm² (Figura 3).

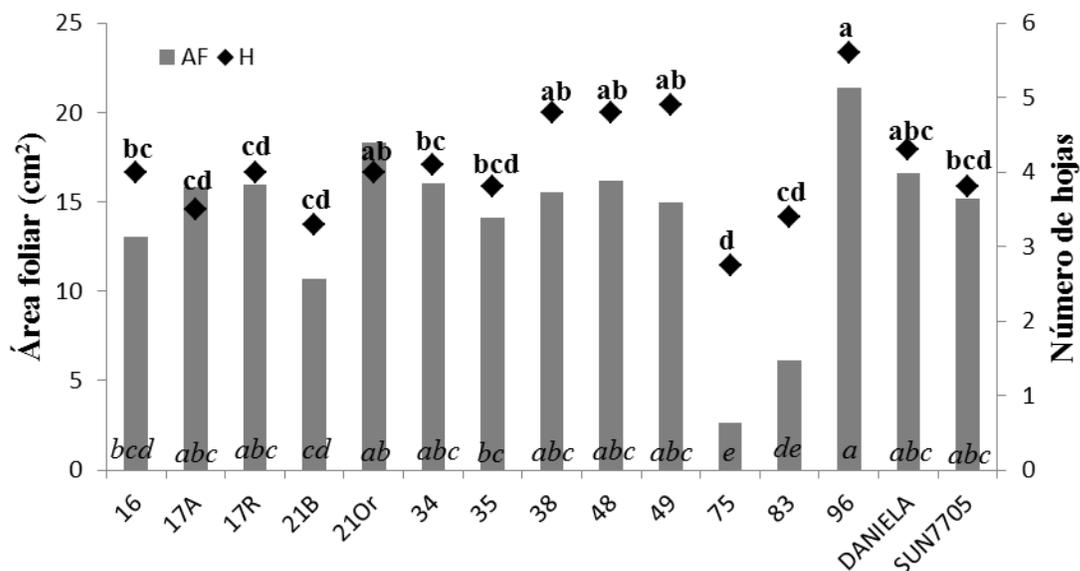


Figura 3. Relación entre Número de Hojas (H) y Área Foliar (AF) de Plántulas de Poblaciones Nativas de Jitomate y Testigos Comerciales. Columnas con la misma letra cursiva o marcador en forma de rombo en negrita no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Xiao-Xue *et al.* (2013) y Walter *et al.* (2009) mencionaron que la cantidad de hojas y área foliar influyen significativamente en la captura de luz y CO_2 , lo que a su vez afecta el rendimiento fotosintético y la síntesis de biocompuestos esenciales para el desarrollo de la plántula. La población 96 fue la que mostró la mayor calidad foliar en el presente estudio.

En cuanto a la altura de plántula, los resultados mostraron que la población 96 fue la más alta con 8.1 cm sin diferencias estadísticas con respecto a poblaciones 17R, 21or y los testigos comerciales Daniela y SUN7705, que tuvieron una altura promedio de 6.5 cm. La población 21B fue la de menor altura. Según Vavrina (1998) plántulas muy altas tienden a generar una producción temprana, pero con mayores problemas en cuanto a plagas y enfermedades; por lo anterior, se pudiera suponer que los testigos comerciales Daniela y SUN7705 y las poblaciones 17R, 21or y 96 son proclives a problemas fitosanitarios posteriores al trasplante, lo cual debe de ser comprobado.

Las plántulas de Daniela tuvieron un diámetro de tallo promedio de 2.16 mm ubicándose en la parte baja del rango reportado en la literatura (Luna *et al.*, 2013; Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012; Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Parra-Terraza *et al.*, 2010; Terefe *et al.*, 2009; Herrera *et al.*, 2008) pero como uno de los más altos de los materiales en el estudio (Cuadro 2). Por otra parte, las plántulas de la variedad SUN7705 registraron un diámetro de 1.78 mm, siendo este valor bajo según el rango. Las poblaciones 16, 17A, 17R, 21or, 38 y 96 tuvieron un diámetro de tallo estadísticamente similar a la variedad Daniela; por su parte, la población 21B registró el menor diámetro con 1.54 mm. Vavrina (1998) reportó que tallos delgados generalmente presentan mayor rasgado durante el transplante debido al rompimiento de paredes celulares, en relación a tallos gruesos, motivo por el cual, se ven afectados por patógenos que ingresan por la herida traduciéndose esto en enfermedades; según lo anterior, la variedad SUN7705 y las poblaciones 21B, 34, 35, 48, 49, 75 y 83 generan plántulas que pudieran presentar éste problema al momento del transplante.

Las plántulas de los testigos comerciales Daniela y SUN7705 desarrollaron raíces con longitud promedio de 12.1 y 8.73 cm, y volumen de 0.273 y 0.302 cm³ respectivamente. Para longitud de raíces ambos testigos comerciales se ubicaron en la parte baja del rango registrado, pero el volumen de éstas fue mayor a lo reportado por Berrospe-Ochoa *et al.* (2012), Larqué-Saavedra *et al.* (2010) y Luna *et al.* (2013). Las poblaciones nativas de jitomate no evidenciaron diferencias en longitud y volumen radical con los testigos comerciales. La configuración espacial del sistema radical determina la capacidad de exploración tanto en suelo como en sustrato; la longitud y volumen radical determinan el potencial de transporte de agua y nutrientes al interior de la planta. Por lo tanto, no se tiene evidencia estadística que sustente diferencias morfológicas entre las poblaciones nativas y los testigos comerciales, por tanto las primeras cuentan con el mismo potencial de absorción de agua y nutrimentos que los testigos comerciales.

La masa fresca de la parte aérea registrada en plántulas de 31 días después de la siembra, en Daniela fue menor en 0.733 g y en SUN7705 0.652 g, con relación a lo reportado por Berrospe-Ochoa *et al.* (2012), Larqué-Saavedra *et al.* (2010) y Luna *et al.* (2013) en plántulas con el mismo tiempo de desarrollo. Por otro lado, los resultados mostraron que los testigos comerciales presentaron mayor contenido de masa en la parte aérea, al igual que las poblaciones 17R, 21or,

38 y 96; asimismo, el contenido de materia seca de la parte aérea de Daniela y SUN7705 fue de 57.35 y 48.03 mg, respectivamente, lo que resulta menor en comparación a otros híbridos comerciales de jitomate, pero estadísticamente ($P \leq 0.05$) mayor a los contenidos de los materiales en estudio. En general el contenido de masa seca representó entre el 7 y 10 % de la masa total de la parte aérea de las plántulas, lo que sugiere que el desarrollo celular entre los testigos comerciales y poblaciones nativas de jitomate fue similar.

La masa fresca en las raíces de los testigos Daniela y SUN7705 fue de 0.312 y 0.333 g respectivamente, siendo estos menores al rango de materia reportado en otros híbridos de jitomate (Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012; Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Luna *et al.*, 2013). En general, no se observó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre la materia de las raíces de los testigos comerciales y poblaciones nativas de jitomate. En cuanto a la cantidad de materia seca presente, Daniela y SUN7705 registraron un contenido de 28.66 y 30.38 mg, siendo menores a los reportados en literatura (Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012; Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Luna *et al.*, 2013). Las poblaciones 48 y 49 tuvieron un 6 % de materia seca respecto al contenido de masa total en raíz.

En función del análisis canónico de poblaciones realizado a los testigos comerciales y poblaciones nativas de jitomate, se observó correlación canónica altamente significativa ($P \leq 0.001$) entre algunas variables medidas (número de cotiledones, altura de la plántula y diámetro de tallo) con las variables canónicas 1 y 2 (Figura 4).

La variable canónica 1 relaciona la proporción de cotiledones y el diámetro del tallo de la plántula; mientras que la variable canónica 2 relaciona la altura de la plántula. Considerando en conjunto las variables canónicas, se observaron cuatro grupos definidos: el primero estuvo integrado por los testigos comerciales Daniela, Sun7705 y las poblaciones 16, 17A, 38 y 49 que se caracterizaron por plántulas de un tamaño medio de tallo y altura, con presencia de cotiledones; el segundo grupo conformado por las poblaciones 21B, 48 y 34, que mostraron ser plántulas de menor altura con presencia de cotiledones; las poblaciones 17R, 21or y 96 conformaron un tercer grupo cuya característica morfológica fue la presencia de cotiledones, tallo grueso y plantas altas. Las poblaciones 75 y 83 conformaron el cuarto grupo con individuos sin cotiledones, con tallo delgado y ligeramente más altas que los testigos comerciales.

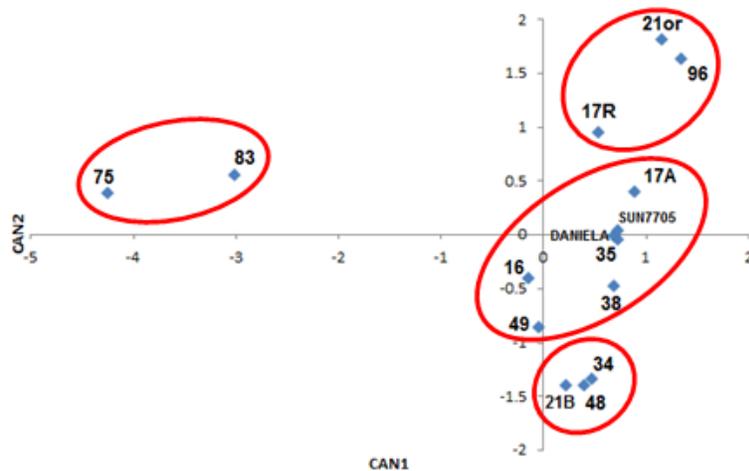


Figura 4. Correlación Canónica de las Poblaciones Nativas de Jitomate. CAN1: Número de cotiledones y diámetro de tallo; CAN2: Altura de plántula.

El análisis tipo cluster permitió confirmar tres (a una distancia de 30 unidades) o cuatro grupos (a una distancia de 15 unidades), de los cuales dos poblaciones comparten grupo con la variedad Daniela, ocho poblaciones comparten grupo con la variedad SUN7705 y tres poblaciones nativas integran un grupo por separado (Figura 5).

Mediante el análisis de componentes principales se identificaron cuatro indicadores significativos que explican el 98.8 % de la variabilidad de los datos; el componente principal uno (CP1, 55%): es un indicador de la calidad de la hoja y la cantidad de materia que presenta una plántula, valores altos son recomendados; CP2 (21.2 %): es buen indicador de la calidad del material vegetal durante la emergencia y la formación de hojas verdaderas, valores altos significan materiales con excelente emergencia y generación de hojas verdaderas; CP3 (16.2 %): es un indicador de la emergencia, tiempo de emergencia y formación de hojas, valores menores son los más recomendados ya que indican mayor porcentaje de emergencia en el menor tiempo y generación de hojas verdaderas del material vegetal; CP4 (5 %): excelente indicador de la cantidad de materia de raíz, valores altos son recomendados (Figura 6).

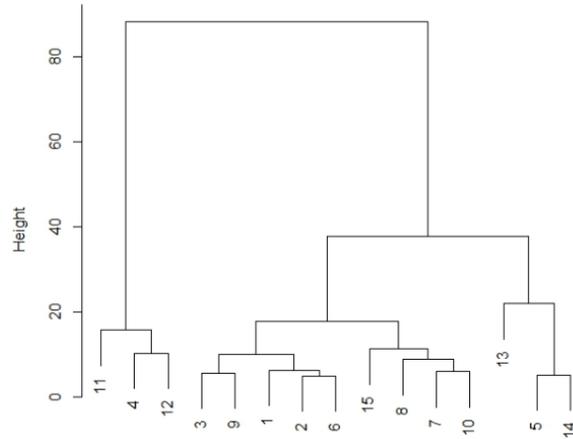


Figura 5. Dendrograma de Testigos Comerciales y Poblaciones Nativas de Jitomate. 1) 16; 2) 17A; 3) 17R; 4) 21B; 5) 21Original; 6) 34; 7) 35; 8) 38; 9) 48; 10) 49 11) 75; 12) 83; 13) 96; 14) Daniela; y 15) Sun7705.

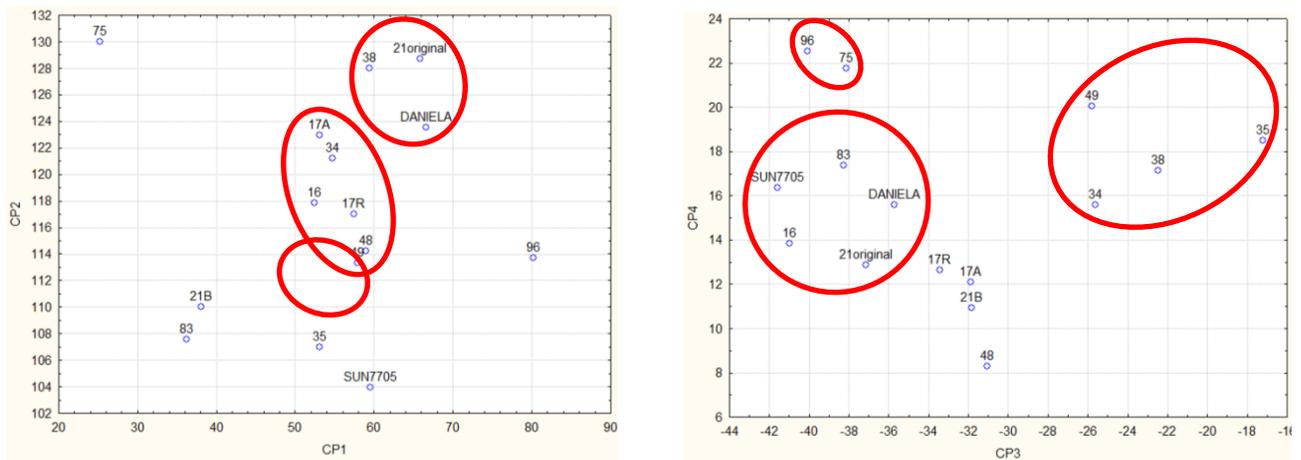


Figura 6. Calidad de Plántula en Función del Análisis de Componentes Principales en Algunos Testigos Comerciales y Poblaciones Nativas de Jitomate. CP1 (55 %) Calidad foliar y materia seca. CP2 (21.2 %) Emergencia y foliación. CP3 (16.2 %) Periodo de emergencia y foliación. CP4 (5 %) Materia radical.

CONCLUSIONES

En la producción intensiva de plántula mediante el empleo de charolas germinadoras se identificaron como variables diferenciales significativas la presencia de cotiledones, el diámetro de tallo, la altura de la plántula, el número de hojas y la longitud radical, mismas que se proponen como características agronómicas para la caracterización de calidad de plántula.

Las poblaciones 21original, 38, 48, 49 y 96, así como las testigos comerciales Daniela y SUN7705 mostraron la mayor calidad de plántula en general.

Las poblaciones nativas 21original y 96 se identificaron como materiales vegetales con similitud en calidad de plántula con la variedad Daniela.

Las poblaciones 38, 35 y 49 tuvieron calidad de plántula similar a la variedad SUN7705.

LITERATURA CITADA

Álvarez-Hernández, J. C., H. Cortez-Madrigal, y I. García-Ruiz. 2009. Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de tomate (*Solanaceae*) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica* 28:139-159.

Baud, S. and L. Lepiniec. 2010. Physiological and developmental regulation of seed oil production. *Progress in Lipid Research* 49:235-249.

Berrospe-Ochoa, E. A., V. M. Ordaz-Chaparro, M. N. Rodríguez-Mendoza, y R. Quintero-Lisaola. 2012. Cachaza como sustrato para la producción de plántula de tomate. *Revista Serie Horticultura* 18(1):141-156.

Burg, W. J., J. W. Aartse, R. A. Zwol, H. Jalink, and R. J. Bino. 1994. Predicting Tomato Seedling Morphology by X-ray Analysis of Seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(2):258-263.

Crisanto-Juárez, A. U., A. M. Vera-Guzmán, J. L. Chavés-Servia, y J. C. Carrillo-Rodríguez. 2010. Calidad de frutos de tomates silvestres (*Lycopersicum esculentum* var. *Cerasiforme* Dunal) de Oaxaca, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):7-13.

Emmatty, D. A. 2006. Mejoramiento genético de tomate: pasado, presente y futuro. p 9-16. *In:* Seminario Internacional: Producción de Tomate para Procesamiento. Serie Actas Instituto de Investigaciones Agropecuarias No. 32., G. Saavedra R. y M. González Y. (ed), Chile p. 108.

Giannelos, P. N., S. Sxizas, E. Lois, F. Zannikos and Anastopoulus, G. 2005. Physical, chemical and fuel related properties of tomato seed oil for evaluating its direct use in diesel engines. *Industrial Crops Production* 22:193-199.

Graham, I. A. 2008. Seed storage oil mobilization. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 59:115-142.

Herrera, F., J. E. Castillo, A. F. Chica and L. López B. 2008. Use of municipal solid waste compost (MSWC) as a growing medium in the nursery production of tomato plants. *Bioresource Technology* 99:287-296.

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

Larqué-Saavedra, A., R. Martín-Mex, Á. Nexticapan-Garcéz, S. Vergara-Yoisura y M. Gutiérrez-Rendón. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(3):183-187.

Leviatov, S., O. Shoseyov and S. Wolf. 1994. Roles of different seed components in controlling tomato seed germination at low temperatura. *Scientia Horticulturae* 56:197-206.

Luna M., L., R. A. Martínez P., M. Hernández I., S. M. Arvizu M. y J. R. Pacheco A. 2013. Caracterización de rizobacterias aisladas de tomate y su efecto en el crecimiento de tomate y pimiento. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(1):63-69.

Macías, M. A., 2003. Enclaves agrícolas modernos: el caso del jitomate mexicano en los mercados internacionales. *Región y Sociedad.* 26(8):103-151.

Nieri, B., A. Ciurli, L. Pistelli, S. M. Smith, A. Alpi and L. De Bellis. 1997. Glyoxylate cycle enzymes in seedlings and mature plants of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Plant Science* 129:39-47.

Noordegraaf, C. V. 1994. Production and marketing of high quality plants. *Acta Horticulturae* 353:134-148.

Parra-Terraza, S., E. Salas-Núñez, M. Villareal-Romero, S. Hernández-Verdugo y P. Sánchez-Peña. 2010. Relaciones nitrato/ amonio/ urea y concentraciones de potasio en la producción de plántulas de tomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(1):37-47.

Ramos-Ortega, A., A. Carballo C., A. Hernández L., T. Corona T. y M. Sandoval V. 2006. Caracterización de líneas de jitomate en hidroponía. *Agric. Téc. Méx.* 32(2):213-223.

Sinha, N. 1999. Leaf development in angiosperms. *Annu. Rev. Plant. Physiol.* 50:419-446.

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

Terefe, M., T. Tefera and P. K. Sakhuja. 2009. Effect of a formulation of *Bacillus firmus* on root-knot nematode *Meloidogyne incognita* infestation and the growth of tomato plants in the greenhouse and nursery. *J. Invertebr. Pathol.* 100:94-99.

Torres, C., J. E. Díaz y P. A. Cabal. 2008. Efectos de campos magnéticos en la germinación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Agronomía Colombiana* 26(2):177-185.

Vavrina, C. S. 1998. Transplante age in vegetables crops. *HortTechnology* 8(4):1-7.

Walter, A., W. K. Silk and U. Schurr. 2009. Environmental effects on spatial and temporal patterns of leaf and root growth. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 60:279-304.

Xiao-Xue, F., X. Zhi-Gang, L. Xiao-Ying, T. Can-Ming, W. Li-Wen and H. Xue-Lin. 2013. Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. *Scientia Horticulturae* 153:50-55.

CAPITULO IV

CALIDAD COMERCIAL DE UNA COLECTA NATIVA DE JITOMATE

(Solanum lycopersicum L.)

COMMERCIAL QUALITY OF A SELECTED NATIVE POPULATION OF TOMATO

(Solanum lycopersicum L.)

RESUMEN

Al ser México el centro de domesticación del jitomate existen poblaciones nativas a lo largo del territorio en forma silvestre y cultivada, con una gran diversidad de formas, tamaños y colores. Muchas de estas poblaciones nativas tienen aceptación comercial de carácter local. En el Colegio de Postgraduados se tiene una colección de 600 poblaciones nativas, de las cuales 13 han mostrado características agronómicas que permiten su cultivo bajo invernadero en condiciones hidropónicas. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la calidad comercial y el desarrollo de algunos de los atributos que definen la calidad comercial durante la maduración del fruto de 13 poblaciones nativas de jitomate producidas bajo condiciones de invernadero, comparándolas con variedades comerciales usadas frecuentemente por productores comerciales, para identificar aquellas poblaciones nativas capaces de ser comercializables por sus atributos de calidad comercial. En el experimento se cultivaron 13 poblaciones nativas y dos híbridos comerciales de jitomate bajo condiciones de invernadero y nutrición hidropónica en un sistema de nutrición abierto a base de tezontle. Se consideraron como atributos de calidad el peso, las dimensiones, la densidad, la firmeza y el color del fruto, bajo un diseño experimental completamente al azar con 15 tratamientos y cuatro repeticiones. Se identificaron cuatro grupos de jitomates en función de sus atributos de calidad comercial. Tres poblaciones nativas y el híbrido comercial Daniela fueron agrupadas en calidad de fruto tipo bola, y por otra parte 6 poblaciones fueron agrupadas con el híbrido comercial Sun7705 en calidad de fruto tipo saladette.

Palabras clave: Atributos, fruto, color, firmeza, dimensiones, densidad.

ABSTRACT

Mexico is center of tomato domestication and in it exist natural tomato populations along the country as wild species. These wild species still cultivated by population for their diversity on forms, sizes and colors. Most of tomato native populations have a local commercial acceptance. At Colegio de Postgraduados exist a collection whit 600 accesions from all Mexico. Thirteen accesions have shown agronomical characteristics that make them be cultivated under greenhouse conditions. The goal of this research was to characterize commercial quality and development of some commercial attributes during fruit ripening of thirteen tomato native populations under greenhouse production and open volcanic growing media. Weight, dimensions, bulk density, firmness and color of fruit were considered as commercial attributes, under a complete random experiment with 15 treatments and four repetitions. Four tomato groups were identified from their quality commercial attributes. Three native populations and hybrid Daniela were grouped as ball tomato fruit, at the other hand, six native populations and hybrid Sun7705 were grouped as saladette fruit.

Keywords: Attributes, fruit, color, firmness, dimensions, bulk density.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la FAO (FAOSTAT, 2013), México se ubica como el décimo productor mundial de jitomate con una producción anual de 3.3 millones de toneladas y como el primer país exportador con 1.5 millones de toneladas, principalmente a los Estados Unidos de América (96.84%) y Canadá (3.07%). La producción se basa principalmente en variedades tipo saladette (50.07 %), bola (14.73 %) y cherry (0.68 %) (SIAP, 2015); por su parte el consumo *per cápita* se estima en 14.66 kg (FAOSTAT, 2013).

A nivel mundial, México es considerado como el más probable centro de domesticación del jitomate; evidencias genéticas muestran que las variedades actualmente cultivadas en Europa se relacionan con variedades cultivadas en Mesoamérica, aunque es indudable que el centro de origen del jitomate se encuentra en Perú (Blanca *et al.*, 2015; Bergougnoux, 2014; Bai and Lindhout, 2007; Jenkins, 1948).

En diversos estudios (Pacheco-Triste *et al.*, 2014; Carrillo y Chávez, 2010; Álvarez-Hernández *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2009) se reporta una amplia diversidad de poblaciones nativas de jitomate en México, con diferencias en cuanto a requerimientos de clima, suelo, rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, así como en tamaño, forma, color y potencial agroindustrial de los frutos. Los estudios de las poblaciones nativas de jitomate, basan su importancia en la diversidad genética que presentan, y su potencial para generar nuevas variedades, presentándose la necesidad de realizar investigaciones enfocadas a la localización de materiales sobresalientes y a la evaluación agronómica de su comportamiento productivo y de calidad de fruto, tanto en condiciones de campo como de invernadero (Vásquez-Ortiz *et al.*, 2010; Carrillo-Rodríguez *et al.*, 2013; Sanjuan-Lara *et al.*, 2014).

La diversidad es generada por la interacción entre el ambiente y la fuente genética del individuo, situación que no se presenta en el caso de los híbridos comerciales (Ruiz *et al.*, 2005). La variabilidad genética se encuentra en formas domesticadas que se mantiene en agroecosistemas y poblaciones nativas (Camacho *et al.*, 2006), encontrándose estas últimas en amenaza continua por el remplazo por híbridos comerciales, lo que provoca erosión genética (Srinivasan *et al.*, 2003). Las poblaciones nativas son dinámicas y altamente heterogéneas por su integración de componentes climáticos, edáficos, bióticos y sociales, encontrándose en equilibrio con necesidades ecológicas, económicas y culturales, enriqueciendo así la reserva genética (Camacho *et al.*, 2006; Thesome *et al.*, 1997; Frankel *et al.*, 1998), por lo que es posible observar diversidad de formas y tamaños definidos, resaltando así la importancia de las poblaciones nativas de jitomate en México (Moreno, 2010).

En México varias instituciones de investigación agrícola han realizado colecciones a partir de coleccionar frutos de diferentes localidades del país, donde a partir de éstas se han derivado trabajos de investigación. La mayoría de los trabajos centran sus esfuerzos en la caracterización agronómica (Estrada-Trejo *et al.*, 2014; Pacheco-Triste *et al.*, 2014; Vásquez-Ortiz *et al.*, 2010) y el potencial genético de las colectas obtenidas, pero poco se ha estudiado en la evaluación de aquellos atributos tendientes a la caracterización de la calidad comercial del fruto de dichas colectas.

Según Nicolai *et al.* (2014) la calidad comercial se define como una función matemática de una serie de atributos de calidad donde el consumidor valora dichos atributos y de forma

consciente o inconsciente asigna una calificación que posteriormente de forma mental calcula y en base a la misma decide la compra. Como atributos de calidad externa se pueden considerar el color, el tamaño, la forma y la ausencia de defectos superficiales, los cuales son cuantificados de forma visual para generar la decisión de compra. Pero atributos como frescura, sanidad, valor nutrimental, propiedades promotoras de la salud, residuos químicos, sistema de producción, autenticidad, conveniencia y aspectos éticos pueden afectar la impresión de la calidad y por ende la decisión de compra a un nivel cerebral.

En el Colegio de Postgraduados se ha obtenido una colecta de cerca de 600 poblaciones de jitomates nativos provenientes del todo el país, de las cuales 13 en particular han mostrado características agronómicas de interés, como lo son su crecimiento indeterminado, su productividad, su forma, su tamaño, su tolerancia a plagas y enfermedades (por mencionar algunas), lo que las posibilita de ser producidas bajo condiciones de agricultura protegida.

El objetivo de estudio fue determinar los atributos que definen la calidad comercial y los cambios que experimentan durante la maduración los frutos de 13 poblaciones nativas de jitomate producidas bajo condiciones de invernadero, comparándola con híbridos producidos a nivel comercial, con el fin de identificar aquellas poblaciones nativas capaces de ser comercializables por sus atributos de calidad. Lo anterior con la hipótesis de que bajo ambiente de invernadero, en condiciones de nutrición hidropónica y producción en contenedores artificiales con sustrato volcánico, al menos una de las 13 poblaciones nativas tiene la capacidad de producir frutos con atributos similares a los presentados por los híbridos comerciales usados frecuentemente, lo que permitiría la producción y comercialización del producto en fresco.

El presente estudio aporta información sobre algunos atributos de calidad comercial que presentan 13 poblaciones nativas de jitomate producidas bajo invernadero, así como su desarrollo durante la maduración del fruto en planta, apoyando a productores, comercializadores y consumidor doméstico, en la toma de decisión de compra; así como a investigadores, como fundamento de comparación en cuanto al desarrollo de la calidad de frutos de poblaciones nativas de jitomate durante el desarrollo fisiológico.

MATERIALES Y METODOS

Para el presente estudio; de un total de 600 poblaciones nativas de jitomate recolectadas en diversas zonas productoras de México, se seleccionaron para su evaluación 13 poblaciones, las cuales presentan características sobresalientes en adaptación para su producción bajo invernadero como: sanidad, morfología, arquitectura de la planta, así como rendimiento y calidad del fruto. Estas poblaciones fueron comparadas con dos híbridos comerciales: SUN7705[®] de Nunhems de fruto tipo saladette y Daniela[®] de Hazera Genetics de fruto tipo bola. Las poblaciones estudiadas se identificaron con los números 16, A, B, BR y R para las poblaciones nativas provenientes de Puebla; 34, 35 y 38 para las poblaciones nativas provenientes de Guerrero; 48 y 49 para aquellas provenientes de Oaxaca; L, 83 y 96 para las poblaciones nativas provenientes de Campeche, Yucatán y Estado de México, respectivamente. Las poblaciones nativas e híbridos comerciales son de crecimiento indeterminado.

El estudio se inició en Agosto de 2014, en un invernadero tipo túnel de 500 m² con cubierta plástica de color blanco lechoso, ubicado a 19° 27' 42.45" latitud norte, 98° 54' 32.58" longitud oeste y 2241 msnm. Para la siembra se utilizaron charolas germinadoras de poliestireno comerciales de 200 cavidades, llenando éstas de manera manual con una mezcla de peat moss más agrolita 3:1 v/v. Se colocó una semilla (previamente inundada con agua acidulada a pH 5.5 durante 12 horas) por celda, las cuales se cubrieron con el mismo sustrato hasta llenar las cavidades de las charolas. Los semilleros se regaron dos veces al día con solución Steiner al 25 % (Steiner, 1984). A los 31 días después de la siembra (dds) se realizó el trasplante a bolsas de polietileno negro de 20 litros de capacidad con sustrato a base de roca volcánica roja (tezontle) con un promedio de grosor de partícula de 5 ± 2 mm. Las bolsas de cultivo fueron colocadas a doble hilera con una densidad de 3.5 plantas m⁻² y 1.0 m entre hileras dobles. Desde el trasplante hasta los 65 dds se aumentó la concentración de la solución nutritiva en un 25% cada 8 días hasta alcanzar una concentración del 100% (Steiner, 1984). En etapa productiva se programaron 8 riegos durante el día, concentrando 5 riegos entre las 12 y 14 hrs, con un promedio total de 2.75 ± 0.25 litros planta⁻¹ día⁻¹. A partir de los 40 dds se realizaron podas de formación mediante la eliminación de brotes laterales y tutoreo de planta, realizándose una vez por semana; además de realizar podas en racimos florales, dejando solo 6 flores por racimos, siendo preferidas las flores de mayor tamaño, bien formadas y desarrolladas.

Durante la época productiva del cultivo se cosecharon frutos de las diferentes poblaciones en los distintos estados fisiológicos del proceso de maduración de fruto: estado verde maduro (totalmente verde pero maduro), rompiente (cuando el fruto presento coloración rosa, rojo o amarillo verdoso en no más del 10%), rosa (con una coloración rosa o roja entre 30 y 60% del fruto), rojo (cuando presenta una coloración rojiza mayor del 90%) y rojo maduro (coloración rojiza en el 100% del fruto y con textura suave) (Batu, 2004). Estos se cortaron de forma manual para evitar realizar daño mecánico a la base del mismo, posteriormente etiquetados y colocados en contenedores plásticos. La cosecha de los frutos se realizó durante las primeras horas de la mañana.

Como atributos de calidad comercial se consideraron: peso (g) de fruto obtenido mediante una balanza electrónica marca ALSEP serie 1102057 modelo MFD de A & D Co., Tokio; dimensiones (mm) (diámetro polar [distancia de la base del pedúnculo al ápice del fruto], diámetro ecuatorial [diámetro polar del fruto] y diámetro lateral [medido solo en caso de que el diámetro polar no sea uniforme]) utilizando un vernier digital marca Truper[®] modelo CALDI-6MP; volumen (cm³), cuantificado por desplazamiento volumétrico; densidad (g cm⁻³), obtenido de la relación del peso con el volumen desplazado; color externo, evaluado mediante un colorímetro de reflexión Hunter Lab con sistema CIE Lab, el cual generó datos según el estándar CIE D65 de 1931, mismos que fueron transformados para adecuarlos al estándar CIE 1976 L* a* b* (McGuire, 1992), y a partir de estos determinar la diferencia total de color (ΔE) tomando como punto estándar L* de 53, a* de 80 y b* de 69 (CIE, 2007); firmeza, medida como resistencia al punción del epicarpio, mediante un texturómetro modelo FDV-30 marca Wagner Instruments, USA con puntal cónico de 5 mm y módulo de presión de 30 Lb x 0.01 Lb, reportando los datos en Newtons (N).

El diseño experimental fue completamente al azar con 15 tratamientos y cuatro repeticiones. Para comparar y agrupar las poblaciones nativas y los híbridos comerciales se realizaron análisis de varianzas, pruebas de medias, análisis de conglomerados mediante el método de pares ponderados y distancias Euclidianas, discriminación canónica y gráficos de Chernoff (Chernoff, 1973) con el apoyo de los programas estadísticos SAS System[®] versión 9.0 de SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA, y STATISTICA[®] versión 7.1 de StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA.

El fruto de jitomate puede ser comercializado a partir de que éste ha llegado al estado fisiológico rompiente, considerado como un estado de madurez comercial. Es en éste estado donde comienza la cadena de comercialización, la cual pasa por acaparadores, comercializadores mayoristas y comercializadores menudistas. El fruto de jitomate al llegar a ser comercializado por menudistas debe presentar color rojo intenso (estado fisiológico de fruto rojo), lo cual se puede suponer como la principal forma de comercialización doméstica al detalle (datos no presentados). Por lo anterior, que se consideró el estado fisiológico rojo como base para la elaboración de los análisis de conglomerados, caras de Chernoff y discriminación canónica.

Se elaboró el gráfico de Chernoff tomando como atributo principal el peso del fruto (ancho de la cara), ΔE (altura o elevación de las orejas), firmeza (tamaño de frente), volumen (excentricidad de frente), diámetro polar (excentricidad de barbilla), diámetro ecuatorial (tamaño de nariz), diámetro lateral (centrado de boca) y densidad (curvatura de boca).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de conglomerados a una distancia de 30 unidades permitió establecer cuatro grupos definidos, los cuales presentaron similitud entre los atributos de calidad peso, dimensiones, volumen, densidad, firmeza y color. El grupo más numeroso con siete elementos fue representado por el híbrido comercial Sun7705, con fruto tipo saladette, fue además integrado por las poblaciones 16, 34, 96, BR y R. El segundo grupo en número de integrantes fue representado por el híbrido comercial Daniela, con características típicas de fruto tipo bola, también integrado por las poblaciones 38, 49 y L. Las poblaciones 35, A y B se agruparon en un tercer grupo, siendo su principal característica el presentar frutos tipo bola pero de mayores dimensiones en comparación al grupo representado por el híbrido comercial Daniela. La población 48 presentó menores dimensiones y peso en comparación del resto de los grupos, por lo cual se consideró como integrante de otro tipo definido de fruto (Figura 1).

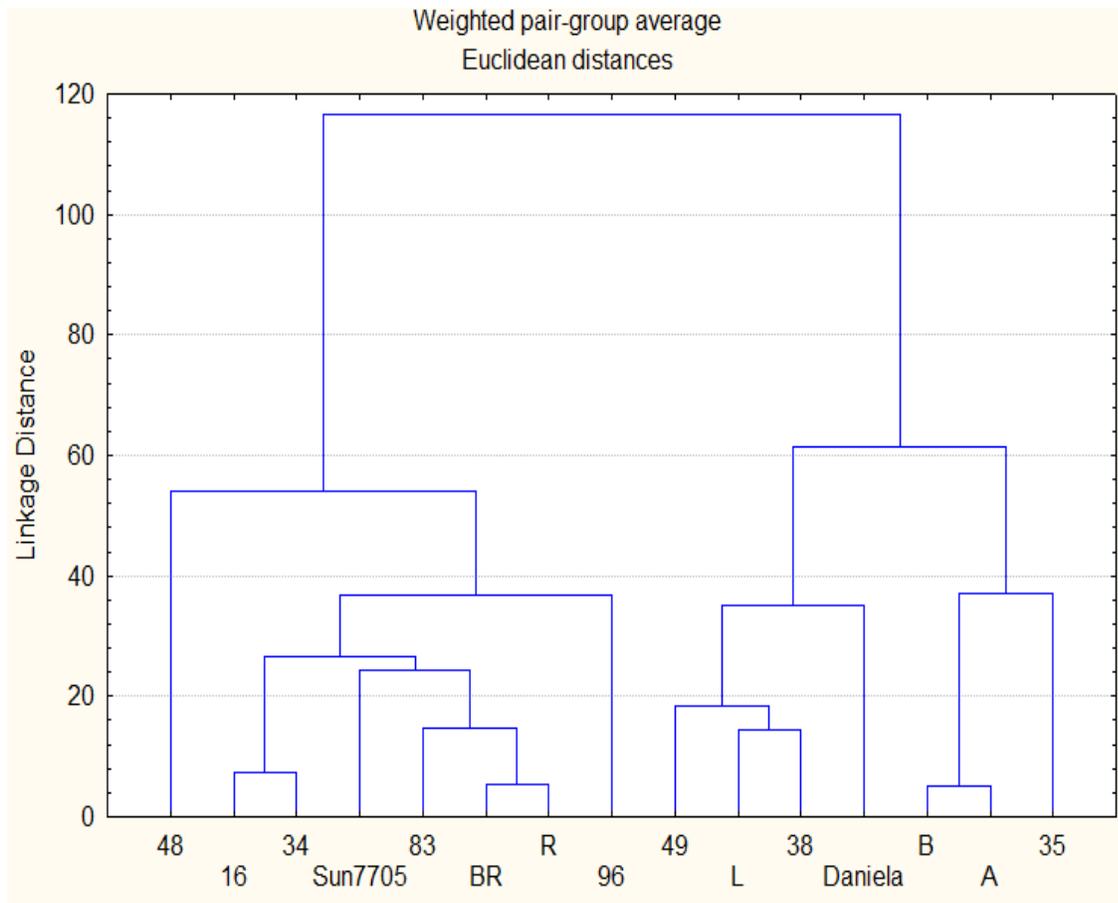


Figura 1. Dendrograma de Calidad Comercial de Frutos en Estado Fisiológico Rojo de Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.).

El gráfico de Chernoff confirmó la presencia de los cuatro grupos, además de mostrar las características de los demás atributos de calidad, se observó que el grupo integrado por las poblaciones 35, A y B fue el de mayor peso, el fruto de la población A presentó la mayor densidad, y las poblaciones A y B presentaron la mayor diferencia total de color (ΔE) con respecto al color estándar (Figura 2).

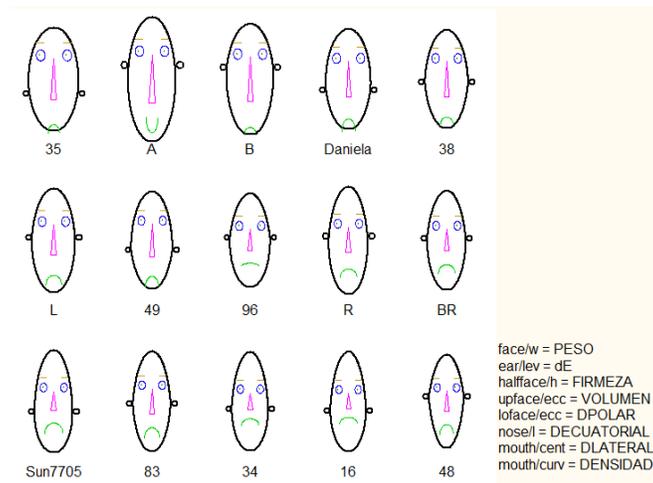


Figura 2. Caras de Chernoff de Calidad Comercial de Frutos en Estado Rojo de Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Con respecto al grupo representado por el híbrido comercial Daniela, se observó que este grupo fue de menor peso en comparación al grupo antes descrito, pero de mayor peso en comparación con el resto de los grupos. El fruto del híbrido comercial Daniela fue el que mayor peso mostró dentro de este grupo, mismo que se caracterizó por tener frutos con baja densidad y esféricos (propios de un fruto bola), a excepción de la población L la cual tuvo características arriñonadas. En general su ΔE con respecto al estándar de color fue similar en todo el grupo.

El grupo representado por el híbrido comercial Sun7705 fue superior solamente en peso con respecto a la población 48. Se caracterizó el grupo por un mayor diámetro polar en comparación con el diámetro ecuatorial (característico de las variedades saladette). Del grupo, solamente el híbrido comercial Sun7705 presento la menor ΔE con respecto al estándar de color. Existe variabilidad en cuanto a densidad y diámetro lateral de fruto entre sus integrantes.

Mediante la discriminación canónica se produjeron cuatro variables que explicaron el 95% de la variabilidad de los datos. Las variables canónicas 1 y 2 (CAN1 y CAN2) explicaron el 41.06 y 29.95 % de la variabilidad respectivamente, relacionándose con firmeza y densidad de fruto. La variable canónica 3 (CAN3) explico el 18.95 % de la variabilidad y se relacionó con la ΔE . Por último, la variable canónica 4 (CAN4) explico el 5.2%, relacionándose con la dimensión polar del fruto.

Graficando las variables CAN1 con CAN4 (Figura 3), se observó relación entre firmeza, densidad y dimensión polar de fruto con los diferentes grupos de jitomates, evidenciándose que en la mayoría de las poblaciones nativas, así como, en los híbridos comerciales, a mayor dimensión polar, mayor firmeza y densidad de fruto en estado fruto rojo, a excepción de la población A que mostró mayor densidad y firmeza de fruto.

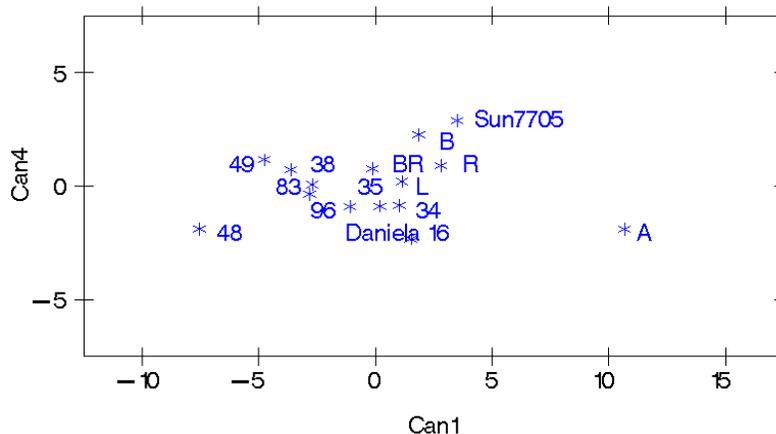


Figura 3. Relación entre Dos Variables Canónicas de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate. Can1 (41.06%)= Firmeza y Densidad de Fruto. Can4 (5.02%)= Dimensión Polar de Fruto.

Peso, dimensiones y volumen de fruto se identificaron como atributos estables durante el desarrollo del fruto; densidad, firmeza y los componentes L* y b* de color se identificaron como atributos que varían entre población nativa o híbrido comercial y/o estado fenológico de desarrollo de fruto. La componente a* de color y ΔE fueron atributos que variaron entre estados fenológicos de fruto.

El híbrido comercial Daniela se ofertó en el mercado como un fruto tipo bola cuyo peso puede oscilar entre los 120 y los 180 g (Hazera, 2015); su diámetro polar y ecuatorial reportado por la Universidad de Guayaquil, Ecuador (UG, 2009) fue de 36.9 y 46.6 mm respectivamente. En el presente estudio el híbrido comercial Daniela tuvo un peso de 171 g, con diámetro polar de 53 mm, diámetro ecuatorial de 73 mm y un volumen de 187 cm³, por lo cual se puede considerar que el desarrollo de fruto del híbrido comercial Daniela se desarrolló con normalidad.

Según Nunhems (2015) el híbrido comercial Sun7705 es un jitomate de fruto tipo saladette cuyo peso oscila entre los 120 y los 150 g; sin embargo, Hernández-Leal *et al.* (2013) y Cruz-Lázaro *et al.* (2009) han reportado pesos de fruto de entre 85 y 112 g, 70.1 mm de diámetro polar y entre 44.6 y 50.6 mm de diámetro ecuatorial bajo producción hidropónica. Los frutos tuvieron en promedio un peso de 91 g con diámetro polar de 64 mm, diámetro ecuatorial de 51 mm y volumen de 91 cm³, siendo frutos de menor peso y diámetro polar, aunque de mayor diámetro ecuatorial en comparación a lo reportado.

El grupo integrado por las poblaciones nativas 35, A y B presentaron significativamente mayores pesos y diámetros tanto ecuatoriales como laterales, con respecto a los híbridos comerciales. En cuanto al diámetro polar, la población 35 presentó similitud con el híbrido comercial Sun7705 y las poblaciones A y B fueron similares al híbrido Daniela. Las poblaciones 35 y B tuvieron volumen similar en relación al híbrido comercial Daniela.

Las poblaciones 38, 49 y L fueron categorizados en el grupo representado por el híbrido Daniela; sin embargo, presentaron menor peso, diámetro lateral y volumen. En cuanto al diámetro polar la población L fue mayor en comparación al híbrido comercial, pero con menor diámetro ecuatorial.

El híbrido comercial Sun7705 representó al grupo integrado por las poblaciones 16, 34, 83, 96, BR y R, donde las poblaciones 96, BR y R presentaron el mayor peso y volumen de fruto, en tanto que las poblaciones 83, 96, B y BR alcanzaron mayor diámetro ecuatorial y lateral en comparación con el híbrido comercial.

La población 48 se agrupó de forma individual, caracterizándose por tener menor peso (51 g), diámetro polar (29 mm) y volumen (54 cm³), pero diámetro ecuatorial (56 mm) y lateral (55 mm) mayor en comparación al híbrido comercial Sun7705 (51 mm en ambos casos) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias de Atributos de Calidad Comercial Estables Durante la Maduración de Frutos en Planta de Poblaciones Nativas e Híbridos Comerciales de Jitomate.

POBLACIÓN	16	34	35	38	48	49	83	96	A	B	BR Daniela	L	R	Sun7705	
Peso (g)	64 ^{g*}	71 ^{fg}	226 ^a	146 ^{cd}	51 ^g	131 ^{cde}	80 ^{fg}	111 ^{def}	199 ^{ab}	197 ^{ab}	91 ^{efg}	171 ^{bc}	143 ^{cde}	92 ^{efg}	91 ^{efg}
Diámetro (mm)															
Polar	55 ^{bcd}	56 ^{bcd}	60 ^{ab}	48 ^{gh}	29 ⁱ	47 ^{gh}	43 ^h	57 ^{bc}	50 ^{defg}	51 ^{cdefg}	49 ^{fg}	53 ^{cdef}	56 ^{bcd}	50 ^{efg}	64 ^a
Ecuatorial	46 ^f	48 ^{ef}	80 ^a	75 ^a	56 ^{de}	72 ^{ab}	59 ^{cd}	57 ^d	78 ^a	79 ^a	55 ^{de}	73 ^{ab}	65 ^{bc}	57 ^{cd}	51 ^{def}
Lateral	46 ^g	48 ^{fg}	80 ^a	71 ^{bc}	55 ^{ef}	69 ^c	56 ^{ef}	54 ^{ef}	78 ^{ab}	79 ^{ab}	55 ^{ef}	73 ^{abc}	65 ^{cd}	57 ^{de}	51 ^{efg}
Volumen (cm³)	63 ^{ef}	73 ^{ef}	229 ^a	153 ^{bc}	54 ^f	138 ^{cd}	84 ^{ef}	102 ^{de}	144 ^{cd}	170 ^{bc}	94 ^{ef}	187 ^{ab}	146 ^{bc}	93 ^{ef}	91 ^{ef}

*Medias con la misma letra en fila entre poblaciones o híbridos, son estadísticamente similares (Tukey; $\alpha = 0.05$)

La densidad de fruto es un atributo poco evaluado en los estudios de calidad comercial, pero considerado de forma inconsciente por el consumidor. No se observó en el grupo A (poblaciones 35, A y B) variación en densidad durante el desarrollo de fruto; sin embargo, existen diferencias entre poblaciones nativas, donde la población A tuvo la mayor densidad (1.6 g cm^{-3}) y la población 35 la menor (1.0 g cm^{-3}) (Figura 4A).

En el grupo B (híbrido comercial Daniela y poblaciones nativas 38, 49 y L), Daniela y la población nativa L no presentaron variación en densidad de fruto durante la maduración en planta, registrando 0.92 y 1.2 g cm^{-3} respectivamente. En el caso de las poblaciones 38 y 49 se observó variabilidad y un comportamiento similar entre ambas poblaciones durante la maduración desde estado verde maduro (0.82 g cm^{-3}) hasta rojo (0.99 g cm^{-3}); en estado rojo maduro la población 38 alcanzó una densidad de 1.0 g cm^{-3} comparado con 0.92 g cm^{-3} que presentó la población 49 (Figura 4B).

El grupo C fue integrado por el híbrido comercial Sun7705 y las poblaciones nativas 16, 34, 83, 96, BR y R. El híbrido Sun7705 registró variabilidad en densidad de fruto durante los diferentes estados fisiológicos de desarrollo en planta, registrando 0.94 g cm^{-3} en estado verde maduro y 1.28 g cm^{-3} en rojo maduro. Por su parte, las poblaciones nativas presentaron uniformidad en densidad, siendo los frutos de la población 96 los más densos (1.11 g cm^{-3}) y las poblaciones 34 y R las menos densas con 0.95 g cm^{-3} (Figura 4 C). La población 48 registró 0.9 g cm^{-3} , único del grupo D.

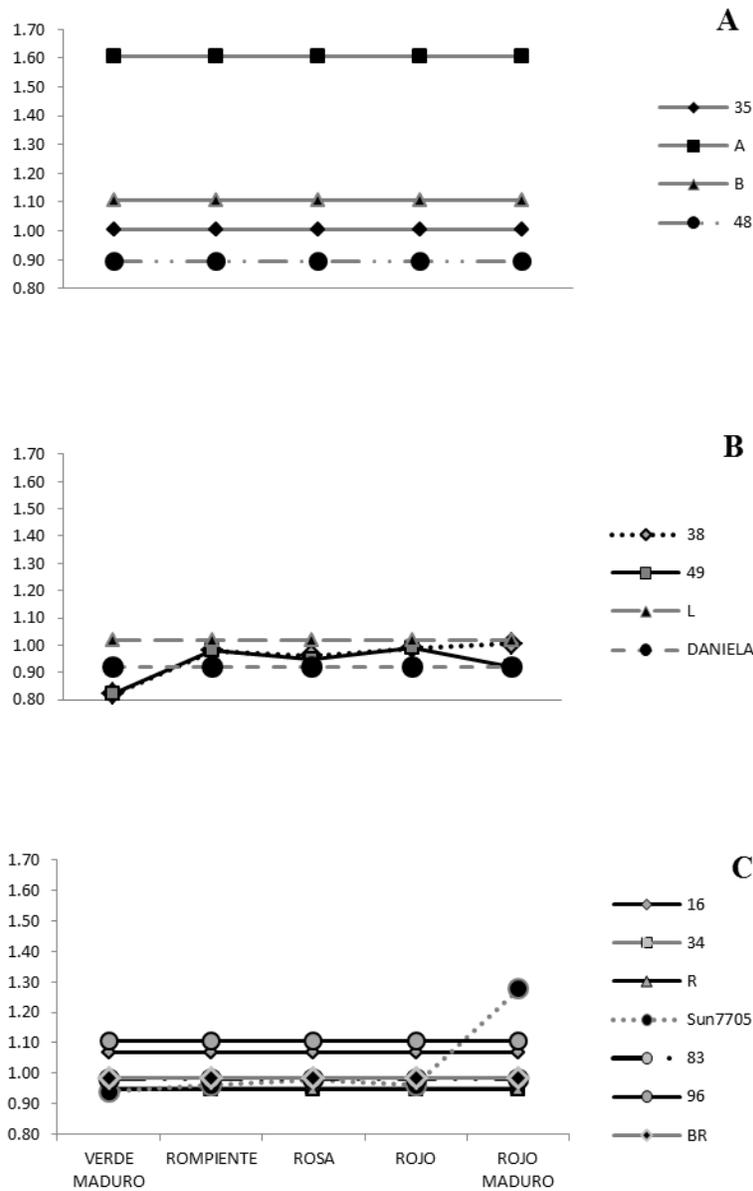


Figura 4. Cambios en Densidad Durante la Maduración del Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos de Calidad Comercial. A) Grupo A= Poblaciones 35, A y B, y Grupo D= Población 48; B) Grupo B= Poblaciones 38, 49, L e Híbrido Comercial Daniela; y C) Grupo C= Poblaciones 16, 34, 83, 96, BR, R e Híbrido Comercial Sun7705.

La firmeza es reflejo de la integridad de la pared celular y del balance hídrico durante la maduración del fruto (Seymour *et al.*, 2013; Wolf *et al.*, 2012; Klee y Giovannoni, 2011). Éste atributo es importante para la caracterización de la calidad comercial del jitomate, ya que frutos con poca firmeza se relacionan comúnmente con frutos en proceso de descomposición y corta vida de anaquel (De Ketelaere *et al.*, 2004). Batu (2004) en un estudio realizado en el Reino Unido encontró que jitomates con una firmeza menor de 1.28 N fueron considerados como suaves y difíciles de ser comercializados.

En el grupo A es de notar que en planta, el fruto de la población nativa A mantuvo su firmeza (8.79 N) durante la maduración de fruto (Figura 5A), a diferencia de las poblaciones 35 y B, que disminuyeron su firmeza a 2.03 y 5.31 N respectivamente, en estado rojo maduro.

Daniela registro una firmeza de 7.10 N en estado verde maduro, disminuyendo hasta 1.97 N en rojo maduro (Figura 5B), lo que de acuerdo Batu (2004) se considera como comercializable en todas las etapas de maduración del fruto. Las poblaciones 49 y L registraron la menor firmeza en estado rojo maduro (1.59 y 1.79 N), siendo estas últimas menores en comparación con híbrido comercial, pero con el potencial de ser comercializables en todas las etapas de la maduración del fruto. La población 38 es la excepción del grupo, al presentar una firmeza de 0.86 N en estado rojo maduro, firmeza menor a lo establecido como comercializable (Batu, 2004).

En el caso del Grupo C, el híbrido comercial Sun7705 disminuyó de 12.38 N en estado verde maduro hasta 3.25 N en estado rojo maduro, presentándose como un fruto firme en las etapas de maduración de fruto. Del grupo, las poblaciones nativas 83 y R presentaron mayor firmeza en estado rojo maduro en comparación al híbrido registrando 3.31 y 3.76 N respectivamente. Las poblaciones 16, 34 y BR registraron una firmeza menor respecto al híbrido comercial Sun7705 con 2.19, 1.94 y 1.99 N respectivamente, pero con capacidad para ser comercializables. Del grupo, la población 96 evidenció una pérdida significativa de firmeza, registrando valores menores a 1.40 N desde el estado rojo, por lo cual se puede considerar como una población con menor potencial de comercialización (Figura 5C). Otra población que se consideró con un comportamiento similar al anterior fue la 48 que en estado rompiente registro 1.33 N (Figura 5A).

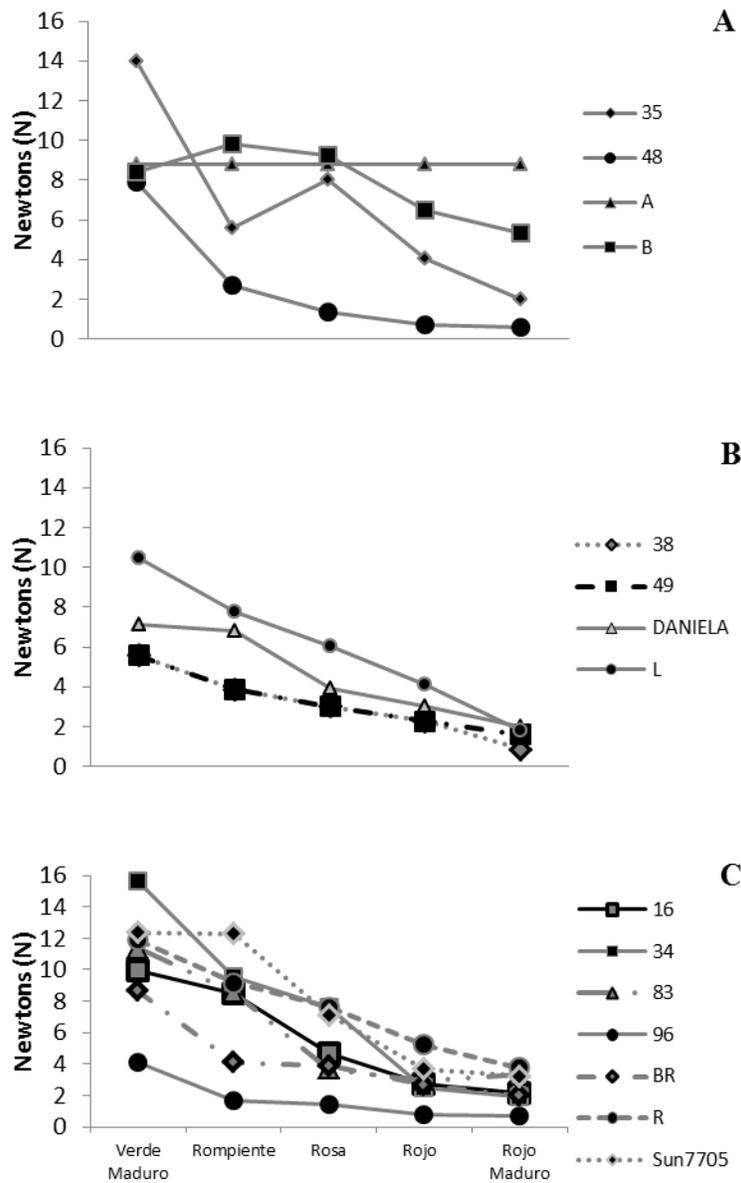


Figura 5. Cambios de Firmeza Durante la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos de Calidad Comercial. A) Grupo A= Poblaciones 35, A y B, y Grupo D= Población 48; B) Grupo B= Poblaciones 38, 49, L e Híbrido Comercial Daniela; y C) Grupo C= Poblaciones 16, 34, 83, 96, BR, R e Híbrido Comercial Sun7705.

El color del fruto es resultante de la relación entre el contenido de diferentes pigmentos presentes; estos pigmentos pueden ser clorofila, licopeno y β -caroteno (siendo los de mayor importancia en el caso del jitomate) (Sun *et al.*, 2012; Galicia *et al.*, 2008; Zapata *et al.*, 2007). La síntesis o degradación de dichos pigmentos da como resultado una variación en las tonalidades de color que frecuentemente están relacionadas con otros atributos de calidad como la firmeza (San Martín-Hernández *et al.*, 2012).

Para la determinación del color frecuentemente se utilizan instrumentos de medición con base al sistema CIE Lab que fundamenta sus resultados en el estándar de 1931, sin embargo dichos datos tienen que ser transformados al estándar CIE 1976 $L^*a^*b^*$ o LCH. En ambos casos, el objetivo principal es el ubicar un punto en el espacio cromático (Cheema *et al.*, 2014; San Martín-Hernández *et al.*, 2012; Radzevičius *et al.*, 2009).

En el sistema CIE $L^*a^*b^*$, L^* representa la luminosidad de un color que va desde lo negro (cero) hasta lo blanco (100) (CIE, 2007). En el presente estudio se observó que para el grupo A, las poblaciones 35 y A su luminosidad fue constante durante la maduración del fruto en planta, alcanzando valores de 40 y 48, respectivamente. En el caso de la población B, la luminosidad en estado verde maduro alcanzó un valor de 46, aumentando hasta 53 unidades en estado rosa y finalmente oscurecerse una unidad (Figura 6A).

En el grupo B, los frutos del híbrido comercial Daniela obtuvieron la mayor luminosidad en estado rompiente con un valor de 57, disminuyendo hasta alcanzar las 41 unidades. Las poblaciones 38 y 49 presentaron la mayor luminosidad de fruto en estado verde maduro con valor de 51, y al igual que el híbrido comercial Daniela, presentaron mayor luminosidad en estado rompiente con valor de 52; y disminuyo hasta 38 unidades en estado rojo maduro. La población L fue un caso peculiar, ya que la luminosidad registro un valor de 46 durante los primeros tres estados de maduración de fruto, similar a lo presentado por el híbrido comercial Daniela en estado verde maduro; en estado rojo disminuye su luminosidad hasta 40, valor similar al registrado por las poblaciones 38 y 49; y en estado rojo maduro alcanzo 47 unidades, significativamente mayor en comparación con el resto de los integrantes del grupo (Figura 6B).

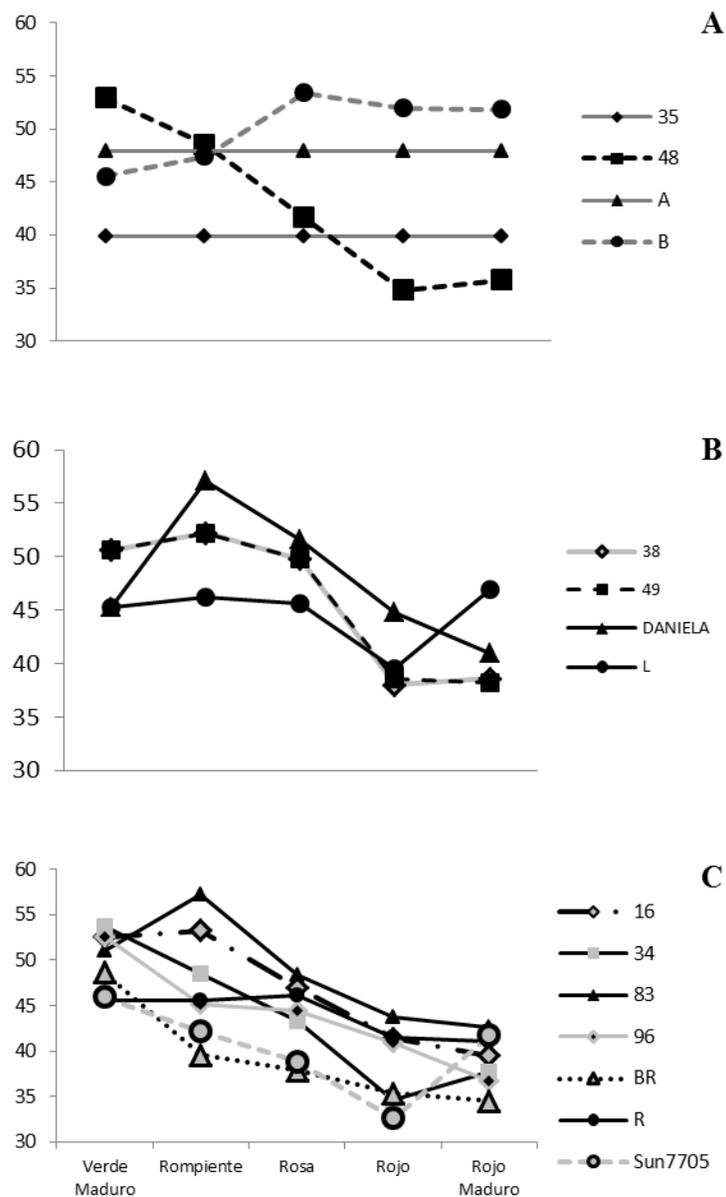


Figura 6. Cambios de la Componente de Color L* Durante la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos de Calidad Comercial. A) Grupo A= Poblaciones 35, A y B, y Grupo D= Población 48; B) Grupo B= Poblaciones 38, 49, L e Híbrido Comercial Daniela; y C) Grupo C= Poblaciones 16, 34, 83, 96, BR, R e Híbrido Comercial Sun7705.

En el grupo D, el híbrido comercial Sun7705 registró la mayor luminosidad con 46 en estado verde maduro, disminuyendo a 33 en estado rojo y alcanzar 42 unidades en estado rojo maduro. Las población nativa 34 mostro una curva en el cambio de luminosidad durante la maduración del fruto similar al híbrido comercial Sun7705, pero de mayor valor lumínico. Las poblaciones 96 y BR presentaron similitud en luminosidad de fruto durante la maduración, siendo estables en los estados rompiente y rosa, pero disminuye a 35 unidades en estado rojo maduro, siendo frutos de menor luminosidad en comparación al híbrido comercial. Las poblaciones 16 y 83 evidenciaron otro tipo de comportamiento en luminosidad del fruto, alcanzando el mayor valor en estado rompiente con 53 y 57 unidades respectivamente y disminuyendo en estado verde maduro hasta 40 y 42, siendo estos últimos valores similares al híbrido comercial Sun7705 en el mismo estado. En el caso de la población R, su mayor luminosidad se presentó en estado rosa con 46, disminuyendo hasta 41 unidades, similar al híbrido comercial Sun7705 en estado rojo maduro (Figura 6C). Finalmente, la población 48 presento una disminución continua en la luminosidad de fruto hasta alcanzar valores de 35 en estado rojo y 36 en estado rojo maduro, siendo un fruto con menos luminocidad en relación al híbrido comercial.

El indicador a^* es un parametro de la tendencia de color entre la tonalidad roja (+ a^*) y la tonalidad verde (- a^*), a mayor positividad o negatividad supone mayor saturación del color (CIE, 2007). Durante la investigación se observó en todos los grupos un cambio en el indicador desde un valor negativo a un valor positivo a excepción de la población A.

En el grupo A, las poblaciones A y B presentaron tendencias similares en la evolución del parámetro a^* , registrando valores de -12 y -10 respectivamente en estado verde maduro, a -3 en estado rojo; pero en estado rojo maduro, la población B aumenta de valor a 3 unidades; éstas poblaciones desarrollaron tonalidades amarillas. La población 35 presento valores de -19 en estado verde maduro hasta 30 unidades en estado rojo maduro, en este caso la coloración desarrollada fue roja (Figura 7A).

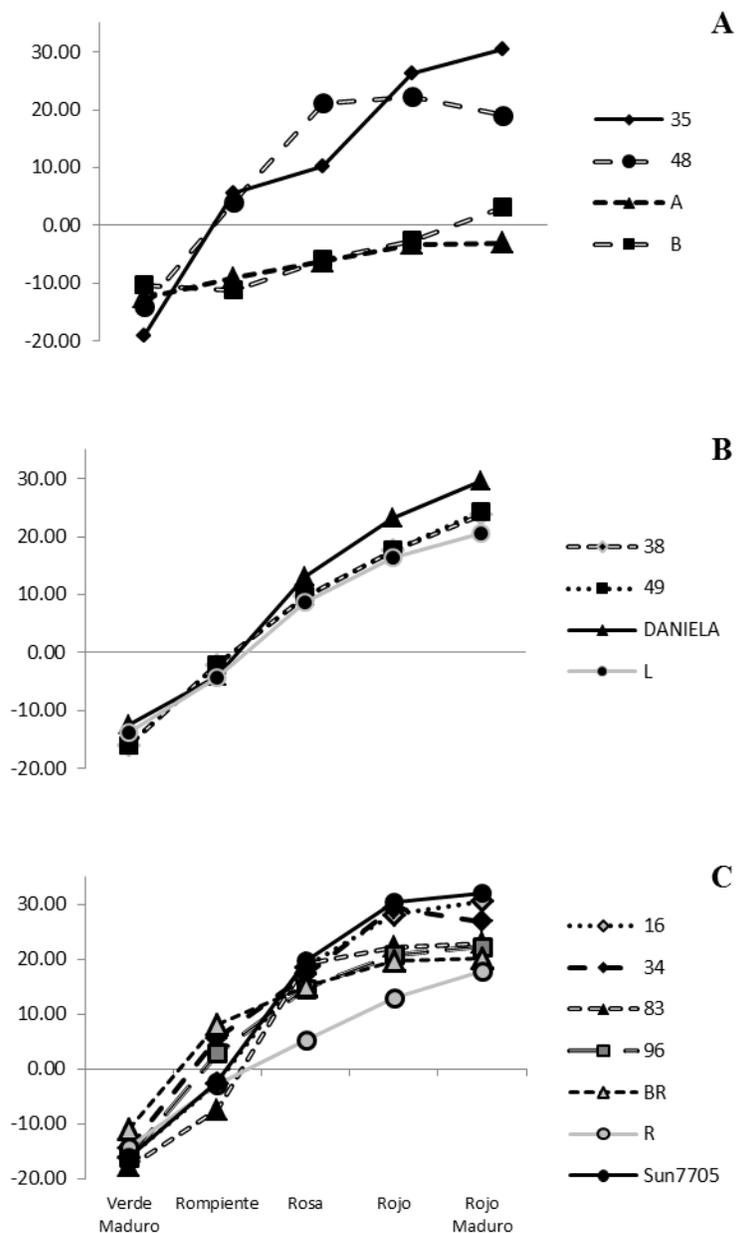


Figura 7. Cambios de la Componente de Color a* Durante la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos de Calidad Comercial. A) Grupo A= Poblaciones 35, A y B, y Grupo D= Población 48; B) Grupo B= Poblaciones 38, 49, L e Híbrido Comercial Daniela; y C) Grupo C= Poblaciones 16, 34, 83, 96, BR, R e Híbrido Comercial Sun7705.

Los integrantes del grupo B mostraron similitud en las curvas del indicador a^* durante la maduración del fruto. El híbrido comercial Daniela presento una curva con mayor pendiente, pasando de -13 unidades en estado verde maduro a 30 en estado rojo maduro, siendo este fruto característico de un fruto rojo tipo bola. Las poblaciones 38, 49 y L pasaron de -16, -16 y -14 en estado verde maduro a 24, 24 y 21 unidades en estado rojo maduro respectivamente (Figura 7B).

El híbrido comercial Sun7705 paso de -16 unidades en estado verde maduro a 32 en estado rojo maduro, siendo el fruto de mayor valor en el indicador a^* del grupo. Las poblaciones 16 y 83 presentaron similitud con respecto al híbrido comercial, pero la población 83 registró un valor de 23 unidades en estado rojo maduro, menor en comparación con el híbrido comercial para el mismo estado fisiológico. Las poblaciones 34, 96 y BR registraron variación en el indicador a^* entre el estado verde y el estado rompiente en comparación con el resto de los integrantes del grupo, además de disminuir significativamente en los estados rojo y rojo maduro alcanzando valores de 27, 22 y 20 unidades respectivamente, siendo éstos menores comparación al híbrido comercial. La población nativa R mostro cambios casi proporcionales durante la maduración del fruto en la variación del componente a^* pasando de -14 en estado verde maduro a 18 en estado rojo maduro, siendo de menor valor en comparación con el híbrido comercial Sun7705 (Figura 7C).

El índice b^* es un indicador de la tendencia del color entre la tonalidad azul ($-b$) y amarilla ($+b$) (CIE, 2007). En el caso del grupo A se observó que las poblaciones A y B pasaron de 29 y 21 unidades respectivamente en estado verde maduro a 43 y 44 en estado rojo maduro, evidenciando un color amarillento. En cuanto a la población 35 no se observó cambio en el desarrollo del indicador b^* durante la maduración de fruto (Figura 8A).

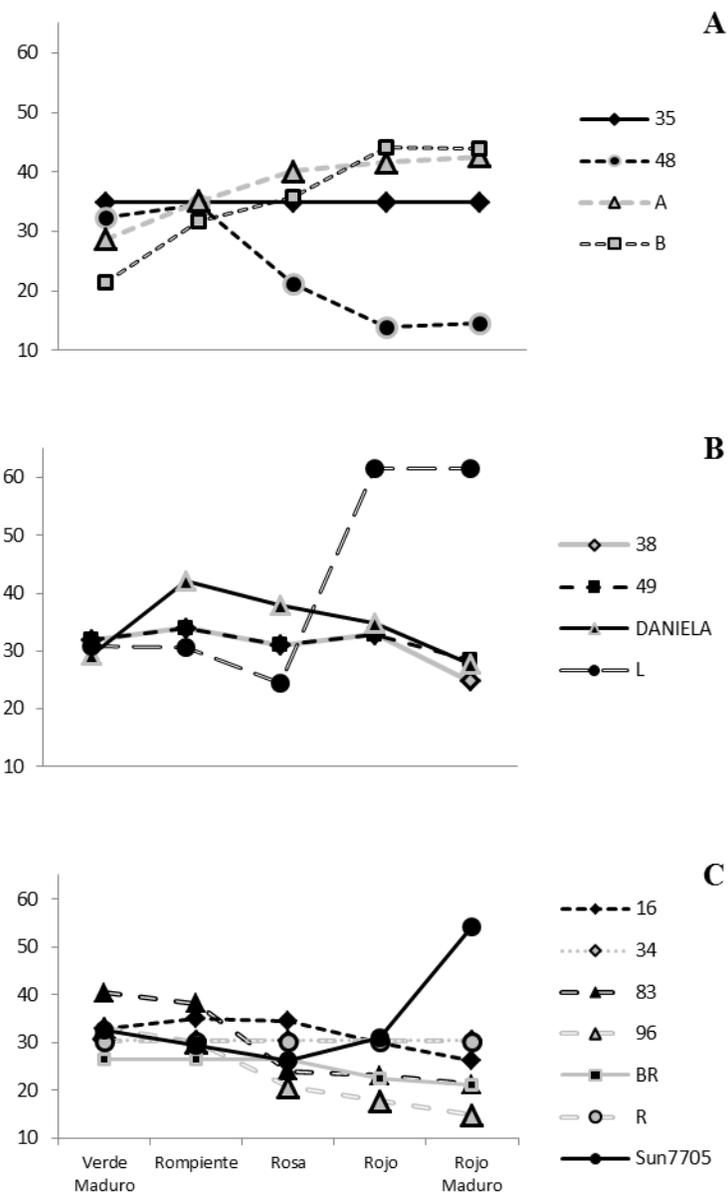


Figura 8. Cambios de la Componente de Color b^* Durante la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos de Calidad Comercial. A) Grupo A= Poblaciones 35, A y B, y Grupo D= Población 48; B) Grupo B= Poblaciones 38, 49, L e Híbrido Comercial Daniela; y C) Grupo C= Poblaciones 16, 34, 83, 96, BR, R e Híbrido Comercial Sun7705.

El híbrido comercial Daniela, alcanzó el mayor valor de b^* en el estado rompiente con 42 disminuyendo a 28 unidades en estado rojo maduro. Las poblaciones nativas 38 y 49 mostraron similitud entre sí, en los cambios de la componente b^* durante la maduración del fruto, pero fueron diferentes en comparación con el híbrido comercial; donde la población 49 en estado rojo maduro registro el mismo valor que Daniela. Los cambios del valor de la componente b^* durante el desarrollo del fruto de la población L fueron diferentes en comparación con la evidenciada por el resto de los integrantes del grupo, alcanzando un valor de 24 unidades en estado rosa, aumentando hasta 62 en los estados rojo y rojo maduro (Figura 8B).

El híbrido comercial Sun7705 mostro una disminución en el valor de b^* durante los primeros tres estados de desarrollo de fruto, registrando 26 unidades en estado rosa y aumenta a un valor de 54 unidades en estado rojo maduro. El resto de las poblaciones nativas integrantes del grupo D evidenciaron cambios del indicador b^* durante la maduración del fruto similares entre sí, pero comparación con el híbrido comercial fueron diferentes, registrándose una disminución durante la maduración del fruto; a excepción de la población R que registro valores de 30 unidades en todos los estados (Figura 8C). La población 48 registro un descenso significativo en el indicador b^* durante los últimos 3 estados de desarrollo de fruto alcanzando un valor de 14 unidades en estado rojo.

El análisis individual de los componentes de color L^* , a^* y b^* no reflejan en sí características cuantitativas objetivas sobre un color en particular. Por tal motivo, para realizar alguna comparación entre colores fue indispensable establecer un punto específico en el espacio cromático que sirvió como referencia, este punto cromático fue $L^*= 53$ $a^*= 80$ $b^*= 69$ (rojo puro) y a partir de éste establecer una distancia en relación a los colores registrados; dicha distancia es conocida como “la diferencia total de color (ΔE)” (CIE, 2007), siendo su único inconveniente el no establecer su dirección y ángulo de ubicación con respecto al punto de referencia.

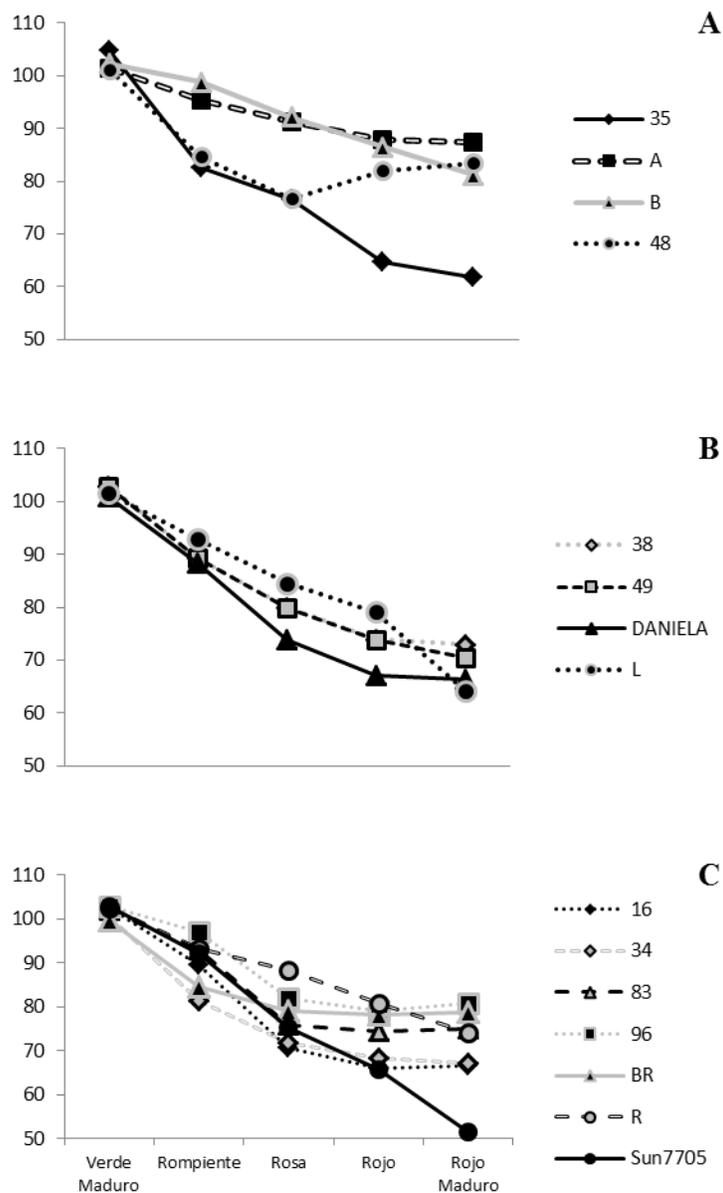


Figura 9. Cambios de la Diferencia Total de Color (ΔE) Durante la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos de Calidad Comercial. A) Grupo A= Poblaciones 35, A y B, y Grupo D= Población 48; B) Grupo B= Poblaciones 38, 49, L e Híbrido Comercial Daniela; y C) Grupo C= Poblaciones 16, 34, 83, 96, BR, R e Híbrido Comercial Sun7705. Color estándar $L^*= 53$ $a^*= 80$ $b^*= 69$.

En un estudio realizado por López y Gómez (2004) se determinó la ΔE para cada estado fisiológico de desarrollo del fruto de jitomate, registrando un valor de 76.7 en estado verde maduro y 51.7 unidades en estado rojo. En la Figura 9 se observa como en los distintos grupos de jitomate clasificados en el estudio, ΔE disminuye de forma significativa entre estados fisiológicos, observándose una coloración verde maduro a una distancia entre 100 y 105 unidades, siendo estas ΔE 25 unidades mayores a lo reportado por López y Gómez (2004); variación debida a la diferencia del punto cromático de referencia. En el caso del grupo A, las poblaciones nativas A y B tuvieron cambios similares de ΔE durante el desarrollo del fruto, alcanzando 87 y 81 unidades respectivamente en estado rojo maduro (mostrando tonalidad amarilla); por otra parte, la población 35 disminuyó la ΔE de forma proporcional entre estados fisiológicos hasta alcanzar las 62 unidades (mostrando tonalidad roja).

En la maduración del fruto del híbrido comercial Daniela, la ΔE disminuye entre estados fisiológicos, alcanzando valores de 67 en estado rojo y 66 unidades en estado rojo maduro, que comparados con los reportes de López y Gómez (2004) existe una diferencia de 16 unidades, explicándose por el cambio del punto estándar. Las poblaciones 38 y 49 mostraron una tendencia similar al híbrido comercial, pero la ΔE en estado rojo y rojo maduro aumento a 73 y 70 unidades respectivamente. La población L registro diferentes cambios en comparación con el resto del grupo, sin embargo, en estado rojo maduro el valor fue de 64, dos unidades más cercana al estándar en comparación con el híbrido comercial Daniela (Figura 9B).

En el caso del híbrido comercial Sun7705, durante la maduración del fruto, disminuye la ΔE entre los diferentes estados, registrando el menor valor en rojo maduro con 51; siendo la menor lectura entre los integrantes del grupo, coincidiendo con lo reportado por López y Gómez (2004). Las poblaciones 16, 34, 83, 96 y BR mostraron cambios similares entre sí, disminuyendo hasta 67, 67, 75, 81 y 79 unidades en estado rojo maduro respectivamente. La población R registro cambios diferentes en comparación al resto del grupo, sin embargo alcanzo las 64 unidades en rojo maduro, menor en comparación a las poblaciones 96 y BR, pero mayor en comparación al resto del grupo (Figura 9C).

CONCLUSIONES

Se identificaron cuatro grupos de jitomates en función de sus atributos de calidad comercial.

Las poblaciones nativas 38, 49 y L se integraron con el híbrido comercial Daniela por su similitud en cuanto a calidad y forma de fruto tipo bola, sin embargo la población 38 se diferenció por mantener la calidad comercial mínima hasta el estado rojo, presentando problemas de firmeza en estado rojo maduro.

Las poblaciones nativas 16, 34, 83, 96, BR y R fueron similares al híbrido comercial Sun7705 en cuanto a sus atributos de calidad comercial correspondiente a frutos tipo saladette; solo la población 96 disminuyó su firmeza de forma significativa, presentando frutos suaves a partir del estado rojo.

Las poblaciones nativas 35, A y B integraron un grupo aparte, caracterizándose por ser de mayores dimensiones y mayor peso. La población nativa 48 formó por sí misma un grupo aparte, presentando las menores dimensiones y peso, pero según los resultados sus atributos de calidad comercial no son aceptables.

LITERATURA CITADA

Álvarez-Hernández, J.C, H Cortez-Madrigal y I. García-Ruiz. 2009. Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de jitomate (*Solanaceae*) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica*28: 139-159.

Bai, Y. and P. Lindhout. 2007. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany* 100: 1085-1094.

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

Bergougnoux, V. 2014. The history of tomato: from domestication to biopharming. *Biotechnology Advances* 32:170-189.

Blanca, J., J. Montero-Pau, C. Sauvage, G. Bauchet, E. Illa, M. José D., D. Francis, M. Causse, E. van der Knaap and J. Cañizares. 2015. Genomic variation in tomato, from wild ancestors to contemporary breeding accessions. *BMC Genomics* 16:257.

Camacho, V. T., N. Maxted, M. Sholten and B. Ford-Lloyd. 2006. Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources* 3:373-384.

Carrillo R., J. C. y J. L. Chávez S. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):1-6.

Carrillo-Rodríguez, J. C., J. L. Chávez-Servia, G. Rodríguez-Ortiz, R. Enríquez-del Valle y Y. Villegas-Aparicio. 2013. Variación estacional de caracteres agromorfológicos en poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Rev. Mex. de Ciencias Agr.* 6:1081-1091.

Cheema, A., P. Padmanabhan, J. Subramanian, T. Blom and G. Paliyath. 2014. Improving quality of greenhouse tomato (*Solanum lycopersicum* L.) by pre and postharvest applications of hexanal-containing formulations. *Postharvest Biology and Technology* 95:13-19.

Chernoff, H. 1973. The use of faces to represent points in K-dimensional space graphically. *Journal of the American Statistical Association* 68(342):361-368.

CIE (International Commission on Illumination). 2007. Draft Standard. Colorimetry-Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour Space. CIE DS 014-4.3/E:2007.

Cruz-Lázaro, E., M. A. Estrada-Botello, V. Robledo-Torres, R. Osorio-Osorio, C. Márquez-Hernández y R. Sánchez-Hernández. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* 25(1):59-67.

De Ketelaere, B., J. Lammertyn, G. Molenberghs, M. Desmet, B. Nicolai and J. De Baerdemaeker. 2004. Tomato cultivar grouping based on firmness change, shelf life and variance during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 34:187-201.

Estrada-Trejo, V., R. Lobato-Ortiz, G. García-de los Santos, G. Carrillo-Castañeda, F. Castillo-González, E. Contreras-Magaña, O. J. Ayala-Garay, M. de la O O. y A. Artola M. 2014.

Diversidad de poblaciones nativas de jitomate para germinación en condiciones salinas. Rev. Mex. de Cien. Agr. 5(6):1067-1079.

FAOSTAT. 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistic Division. USA. http://faostat3.fao.org/browse/G1/*/E. Consultado el 18 de mayo de 2015.

Frankel, O. H., A. H. D. Brown and J. J. Burdon. 1995. The conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press. Cambridge, England. Pp: 56-78.

Galicia, R.M., R. Verde, E. Ponce, R. O. González, C. Saucedo y I. Guerrero. 2008. Estabilidad de licopeno en tomates cv. Saladette (*Lycopersicum esculentum* M.) sujetos a distintas condiciones de almacenamiento. Rev. Mex. de Ingeniería Química 3:253-262.

Hazera. 2015. Lista de productos, jitomate. <http://hazera.us.com/product/daniela>. Consultado el 20 de mayo de 2015.

Hernández-Leal, E., R. Lobato-Ortiz, J. J. Garcia-Zavala, D. Reyes-López, A. Méndez-López, O. Bonilla-Barrientos y A. Hernández-Bautista. 2013. Comportamiento agronómico de poblaciones F2 de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Rev. Fitotec. Mex. 36(3):209-215.

Klee, H. J. and J. J. Giovannoni. 2011. Genetics and control of tomato fruit ripening and quality attributes. Annu. Rev. Genet. 45:41-59.

López C., A. F. and P. A. Gómez. 2004. Comparison of color indexes for tomato ripening. Horticultura Brasileira 22(3):534-537.

McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. Hort. Science 27:1254-1255.

Moreno R., Y. R. 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.

Nicolai, B. M., T. Defraeye, B. De Ketelaere, E. Herremans, M. L.A.T.M. Hertog, W. Saeys, A. Torricelli, T. Vandendriessche and P. Verboven. 2014. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 5:285-312.

Nunhems. 2015. Catálogo de variedades. [http://nunhems.mx/www/NunhemsInternet.nsf/CropData/MX_ES_TOF/\\$file/MX_ES_TOF_Folletto_Tomates2014.pdf](http://nunhems.mx/www/NunhemsInternet.nsf/CropData/MX_ES_TOF/$file/MX_ES_TOF_Folletto_Tomates2014.pdf) Consultado el 20 de mayo de 2015.

Pacheco-Triste, I. A., J. L. Chávez-Servia y J. L. Carrillo-Rodríguez. 2014. Relación entre variación ecológica-orográfica y variabilidad morfológica de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Oaxaca. *Rev. Mex. de Agroecosistemas* 1(1):28-39.

Radzevičius, A., R. Karklelienė, P. Viškelis, Č. Bobinas, R. Bobinaitė and S. Sakalauskienė. 2009. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruit quality and physiological parameters at different ripening stages of Lithuanian cultivars. *Agronomy Research* 7(2):712-718.

Rodríguez G., E., D. Vargas C., J. J. Sánchez G., R. Lepiz I., A. Rodríguez C., J. A. Ruiz C., P. Puente O. y R. Miranda M. 2009. Etnobotánica de *Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme* en el Occidente de México. *Naturaleza y Desarrollo* 7:46-59.

Ruiz, J. J., A. Arancha, S. García-Martínez, M. Valero, P. Blasco and F. Ruiz-Bevia. 2005. Quantitative analysis of flavour volatiles detects differences among closely related traditional cultivar of tomato. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85:54-60.

Sanjuan-Lara, F., P. Ramirez-Vallejo, P. Sánchez-García, M. Livera-Muñoz, M. Sandoval-Villa, J. C. Carrillo-Rodríguez y C. Perales-Segovia. 2014. Variación en características de interés agronómico dentro de una población nativa de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Rev. Fitotec. Mex.* 37(2):159-164.

San Martín-Hernández, C., V. M. Ordaz-Chaparro, P. Sánchez-García, M. T. B. Colinas-León y L. Borges-Gómez. 2012. Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia* 46:243-254.

Seymour, B. C., L. Østergaard, N. H. Chapman, S. Knapp and C. Martin. 2013. Fruit development and ripening. *Annu. Rev. Plant Biol.* 64:219-241.

SIAP. 2015. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. <http://www.siap.gob.mx/>. Consultado el 18 de mayo de 2015.

Srinivasan, C. C., C. Thirtle and P. Palladino. 2003. Winter wheat in England and Wales, 1923-1995: what do indices of genetic diversity reveal?. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization.* 1:43-57.

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

Sun, L., B. Yuan, M. Zhang, L. Wang, M. Cui, Q. Wang and P. Leng. 2012. Fruit-specific RNAi-mediated suppression of SINCED1 increases both lycopene and β -carotene contents in tomato fruit. *J. of Experimentary Botany* 63(8):3097-3108.

Thesome, A., B. R. Baum, L. Fahrig, J. K. Torrance, T. J. Arnason and J. D. Lambert. 1997. Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] landrace variation and classification in North Shewa and South Welo, Ethiopia. *Euphytica* 97:255-263.

UG. 2015. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias. Ecuador. <http://www.ug.edu.ec>. Consultado el 18 de mayo de 2015

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

Wolf, S., K. Hématy and H. Höfte. 2012. Growth control and cell wall signaling in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 63:381-407.

Zapata, L., L. Gerard, C. Davies, L. Oliva y M. Schwab. 2007. Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. *Ciencia, Docencia y Tecnología* 34:207-226.

CAPITULO V

CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN UNA COLECTA NATIVA MEXICANA Y DOS HIBRIDOS COMERCIALES DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)

ASCORBIC ACID CONTENTS IN A NATIVE MEXICAN POPULATION AND TWO HYBRIDS OF TOMATO FRUIT (*Solanum lycopersicum* L.)

RESUMEN

El fruto de jitomate es importante para la población mexicana, no solo a nivel comercial teniendo un consumo *per cápita* de 14.66 kg, sino también a nivel nutrimental siendo una de las hortalizas cuyo aporte de ácido ascórbico es significativo. Se sabe que los cultivares de jitomate actualmente contienen menores concentraciones de ácido ascórbico, siendo significativamente diferentes con las poblaciones nativas de las cuales fueron desarrolladas. En el Colegio de Postgraduados se tiene una colección de 600 accesiones de poblaciones nativas, de las cuales 13 han mostrado características agronómicas que permiten cultivarlo bajo invernadero. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue caracterizar el aporte de ácido ascórbico de trece poblaciones nativas y dos híbridos comerciales durante la maduración de fruto en planta, mediante la producción bajo condiciones de agricultura protegida y nutrición hidropónica, para identificar aquellas que por el aporte de ácido ascórbico sean similares o superiores al aporte nutrimental de los híbridos comerciales. Se cuantificó el pH, el contenido de ácido cítrico, la presencia de sólidos solubles totales y se determinó el contenido de ácido ascórbico presente en el fruto durante las etapas fisiológicas de desarrollo de fruto verde maduro, rompiente, rosa, rojo y rojo maduro. Se identificaron tres grupos diferenciados, donde los híbridos comerciales y las poblaciones nativas A, BR, L y R integraron el grupo con el menor contenido de ácido ascórbico.

Palabras claves: tomate, sólidos solubles totales, pH, acidez titulable, desarrollo de fruto.

ABSTRACT

Tomato fruit is very important for Mexican population at nutrimental level, being a vegetable who ascorbic acid contribution is significant. It is known that current tomato cultivars have fewer amounts of ascorbic acid and being different from native wild species. At Colegio de Postgraduados exists a native tomato population collection of 600 samples. From them, thirteen native populations have shown important agronomical characteristics that make them feasible to be grown under greenhouse conditions. The goal of this research was to characterize ascorbic acid contribution from thirteen native populations and two tomato hybrids during fruit ripening under greenhouse production and hydroponic plant nutrition, to identified native populations with similar or higher amount of ascorbic acid as commercial hybrids. Ascorbic acid, pH, total soluble solids and citric acid were quantified on tomato fruit during fruit ripening. Three groups were found, where one group were defined by commercial hybrids and native populations A, BR, L and R with fewest amount of ascorbic acid.

Keywords: tomato, total soluble solids, pH, fruit development.

INTRODUCCIÓN

Se reconoce a la región Andina del Perú como centro de origen del jitomate y a la región mesoamericana (México) como centro de domesticación. En México existen registros desde épocas precolombinas hasta la actualidad, donde se menciona el uso y formas de consumo, así como exportación hacia el resto del mundo desde la colonización española (Blanca *et al.*, 2015; Bergougnoux, 2014; Roman *et al.*, 2013; Bai and Lindhout, 2007).

En la actualidad el jitomate es sumamente importante en la alimentación de la población, teniendo un realce tal que el Departamento Americano de Agricultura y Nutrición lo ha catalogado en un grupo específico para la alimentación humana después de considerar atributos nutrimentales y usos comunes (Carrera *et al.*, 2007). En México se estimó un consumo *per cápita* de jitomate de 14.66 kg en 2013 (FAOSTAT, 2015).

Por la forma de producción, el jitomate se encuentra disponible todo el año y se considera como fuente de antioxidantes, vitaminas y minerales para la alimentación humana (Adalid *et al.*,

2010). En el humano, el ácido ascórbico no puede ser sintetizado debido a la presencia de la enzima L-glucono-1,4-lactona oxidasa, por lo que alrededor del 90% del ácido ascórbico necesario para la dieta humana proviene de las frutas y vegetales, convirtiéndose el jitomate como una fuente significativa de ácido ascórbico (Tsaniklidis *et al.*, 2014).

El ácido ascórbico (vitamina C) es un compuesto fenólico considerado como una vitamina hidrosoluble y es fundamental para el crecimiento, el desarrollo y la reproducción al mejorar la absorción de hierro, disminuir los niveles de colesterol en la sangre y prevenir la formación de trombosis en venas, además de aumentar la inmunidad del organismo y actuar contra infecciones. Ésta vitamina puede actuar como antioxidante, neutralizando los radicales libres y reduciendo la forma oxidada de vitamina E; por otra parte, es esencial para la síntesis de colágeno, carnitina y conversión de dopamina a norepinefrina. La deficiencia de ácido ascórbico puede producir escorbuto una enfermedad que causa debilidad, anemia, gingivitis y hemorragias cutáneas. Se ha observado que en individuos con vida estresante tienden a disminuir los niveles de ácido ascórbico por el estrés oxidativo causado por las presiones físico-emocionales, dando como resultado el aumento de enfermedades (Pacier and Martirosyan, 2015; Shiu-Ming, 2013; Zhang *et al.*, 2011).

A nivel internacional la industrialización del jitomate a llevado a la reducción del número de cultivares y a la disminución de la calidad organoléptica y nutrimental (Adalid *et al.*, 2010), lo que ha provocado una diferencia significativa entre los atributos nutrimentales de las poblaciones nativas y los cultivares actualmente comercializados.

En México en la actualidad se ha reportado la presencia y uso de una gran diversidad de formas y tamaños de frutos de jitomates nativos, desde los Estados del norte hasta la península de Yucatán, además de referir preferencias de consumo sobre híbridos comerciales (Pacheco-Triste *et al.*, 2014; Carrillo y Chávez, 2010; Álvarez-Hernández *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2009). Estas poblaciones nativas son importantes por la variabilidad genética, resultado de la selección consciente o inconsciente por parte de las comunidades indígenas. Varias instituciones de investigaciones agrícolas han realizado colectas de frutos de jitomates nativos provenientes de diferentes localidades a lo largo y ancho del país, generando colecciones que permiten aprovechar y conservar la variabilidad genética, así como, la generación de nuevas variedades; además se han

realizado estudios que reflejan la importancia de la diversidad genética, así como evaluaciones agronómicas del comportamiento productivo tanto en campo como en condiciones protegidas (Sanjuan-Lara *et al.*, 2014; Bonilla-Barrientos *et al.*, 2014; Carrillo-Rodríguez *et al.*, 2013; Vásquez-Ortiz *et al.*, 2010); sin embargo, poco se ha estudiado en la caracterización del aporte nutrimental y la evolución de éste durante el desarrollo del fruto.

En el Colegio de Postgraduados se cuenta con una colecta de 600 accesiones de jitomates nativos provenientes de todo el país, de las cuales en particular 13 accesiones han demostrado crecimiento vegetativo indeterminado y calidades de frutos tales que pueden ser producidas bajo condiciones de agricultura protegida intensiva, sin embargo no se tiene registro del contenido de ácido ascórbico y la evolución de este nutrimento durante la maduración de los frutos.

Se sabe que el contenido nutrimental en jitomates frescos puede ser influenciado por factores pre y post cosecha tales como el tipo de cultivar, la etapa de maduración del fruto y las técnicas agrícolas (Erba *et al.*, 2013); por lo que el objetivo del presente trabajo fue el caracterizar el aporte de ácido ascórbico de trece poblaciones nativas y dos híbridos comerciales durante la maduración del fruto en planta, mediante la producción bajo condiciones de agricultura protegida y nutrición hidropónica, para identificar aquellas poblaciones que por el aporte de ácido ascórbico sean similares o superiores al aporte nutrimental de los híbridos comerciales. Bajo la hipótesis de que los híbridos comerciales modernos de jitomate tienen menores concentraciones de ácido ascórbico debido al proceso de mejoramiento genético que han sufrido, por lo cual, las poblaciones nativas pueden contener mayores concentraciones por su carácter rustico y baja manipulación genética.

Ya que el jitomate es un ingrediente esencial en la cultura culinaria de la población mexicana y fuente importante de ácido ascórbico, el caracterizar el aporte de éste nutrimento en las 13 poblaciones nativas sobresalientes contribuye con información para la generación de nuevos cultivares y tecnologías de manejo postcosecha, así como apoya a nutriólogos con datos nutrimentales y comercializadores para la caracterización de la calidad nutrimental del jitomate nativo.

MATERIALES Y METODOS

Para el presente estudio, de un total de 600 poblaciones nativas de jitomate recolectadas en diversas zonas productoras de México, se seleccionaron para su evaluación 13 poblaciones, las cuales presentan características sobresalientes en adaptación para producción bajo invernadero: sanidad, morfología, arquitectura de la planta, así como rendimiento y calidad del fruto. Estas poblaciones fueron comparadas con dos híbridos comerciales los cuales fueron SUN7705[®] de Nunhems de fruto tipo saladette y Daniela[®] de Hazera Genetics de fruto tipo bola. Las poblaciones estudiadas se identificaron con los números 16, A, B, BR y R para las accesiones provenientes de Puebla; 34, 35 y 38 para las accesiones provenientes de Guerrero; 48 y 49 para aquellas provenientes de Oaxaca; L, 83 y 96 para las accesiones provenientes de Campeche, Yucatán y Estado de México, respectivamente. Las poblaciones y los híbridos comerciales son de crecimiento indeterminado.

El estudio comenzó en Agosto de 2014 en un invernadero tipo túnel de 500 m² con cubierta plástica de color blanco lechoso, ubicado a 19° 27' 42.45'' latitud norte, 98° 54' 32.58'' longitud oeste y 2241 msnm. Para la siembra se utilizaron charolas germinadoras de poliestireno comerciales de 200 cavidades, llenando éstas de manera manual con una mezcla de peat moss más agrolita 3:1 v/v. Se colocó una semilla (previamente inundada con agua acidulada a pH 5.5 durante 12 horas) por celda, las cuales se cubrieron con el mismo sustrato hasta llenar las cavidades de las charolas. Los semilleros se regaron dos veces al día con solución Steiner al 25 % (Steiner, 1984). A los 31 días después de la siembra se realizó el transplante a bolsas de polietileno negro de 10 litros de capacidad con sustrato a base de roca volcánica roja (tezontle) con un promedio de grosor de partícula de 5 ± 2 mm. Las bolsas de cultivo fueron colocadas a doble hilera procurando mantener una densidad de 3.5 plantas m⁻² y 1.0 m entre hileras dobles. Desde el transplante hasta los 65 días después de la siembra (dds) se aumentó la concentración de la solución nutritiva en un 25% cada 8 días hasta alcanzar una concentración del 100% (Steiner, 1984). En etapa productiva se programaron 8 riegos durante el día, concentrando 5 riegos entre las 12 y 14 hrs, promediando en total entre 2.75 ± 0.25 litros planta⁻¹ día⁻¹. A partir de los 40 dds se realizaron podas de formación mediante la eliminación de brotes laterales y tutoreo de planta,

realizándose una vez por semana; además de realizar podas en racimos florales, dejando solo 6 flores por racimos, siendo preferidas las flores de mayor tamaño, bien formadas y desarrolladas.

Durante la época productiva del cultivo se cosecharon frutos de las diferentes poblaciones en los distintos estados fisiológicos del proceso de maduración de fruto: estado verde maduro (totalmente verde pero maduro), rompiente (cuando el fruto presento coloración rosa, rojo o amarillo verdoso en no más del 10%), rosa (con una coloración rosa o roja entre 30 y 60% del fruto), rojo (cuando presenta una coloración rojiza mayor del 90%) y rojo maduro (coloración rojiza en el 100% del fruto y con textura suave) (Batu, 2004). Estos se cortaron de forma manual para evitar realizar daño mecánico a la base del mismo, posteriormente etiquetados y colocados en contenedores plásticos. La cosecha de los frutos se realizó durante las primeras horas de la mañana.

Una vez colectados y etiquetados los frutos, fueron lavados con agua destilada y secados; los frutos fueron partidos a la mitad e inmediatamente se determinó a partir del jugo presente la cantidad de sólidos solubles totales (SST) por el método de la A.O.A.C. (1990) mediante el empleo de un refractómetro digital marca ATAGO serie A56280 de ATAGO, Co., LTD Pr-32 α con escala de 0 a 32 ° Brix. Se determinó el porcentaje de ácido cítrico (AT) como la acidez titulable mediante método de la A.O.A.C. (1990), registrando el peso de la muestra del fruto a la que se le agrego 50 mL de agua destilada, para posteriormente moler y homogenizar, anotando el volumen total, seguido del filtrado. Del extracto, se tomo una alícuota de 5 mL agregando tres gotas de fenoftaleína como indicador, titulando con NaOH al 0.1 N, los resultados se registraron como porcentaje de ácido cítrico (% AC). El mismo extracto fue empleado para determinar el pH mediante el empleo de un potenciómetro marca Corning modelo 12. El contenido de ácido ascórbico se determinó por el método de Tillman (AOAC, 1990) (con base en la oxidación del 6-diclorofenol-indol) y ácido oxálico al 0.5% como solución extractora, reportando los datos como mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹.

El diseño experimental fue completamente al azar con 15 tratamientos y cuatro repeticiones. Se realizó un análisis de conglomerados mediante el método de promedios de grupos de pares ponderados considerando distancias Euclidianas, se realizó análisis gráfico tipo Chernoff (Chernoff, 1973) y se realizó discriminación canónica, los análisis anteriores se efectuaron con

base a los atributos nutrimentales del fruto para la caracterización de grupos; además, se realizó un análisis de varianzas. Los programas estadísticos SAS System[®] versión 9.0 de SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA, y STATISTICA[®] versión 7.1 de StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA, fueron utilizados.

Según una encuesta realizada a 150 panelistas (datos no presentados) se observó que el fruto de jitomate al presentar color rojo intenso y firmeza (estado fisiológico de fruto rojo firme) tuvo la mayor aceptación de compra, por lo cual, se consideró el estado fisiológico rojo como base para la elaboración de los análisis de conglomerados, caras de Chernoff y discriminación canónica.

Se elaboró el gráfico de Chernoff y tomando como atributo principal el contenido de ácido ascórbico (ancho de la cara), contenido de sólidos solubles totales SST (altura o elevación de las orejas), contenido de ácido cítrico (excentricidad de la frente) y pH (altura de frente).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En función del contenido de ácido ascórbico (AA), sólidos solubles totales (SST), ácido cítrico (AT) y pH, se identificaron tres grupos: el grupo A fue conformado por los híbridos comerciales Daniela y Sun7705 y las poblaciones nativas A, BR, L y R. El grupo B fue conformado por las poblaciones nativas 16, 34, 38, 48, 49, 83, 96 y B. La población 35 conformó por sí misma un grupo independiente (Figura 1).

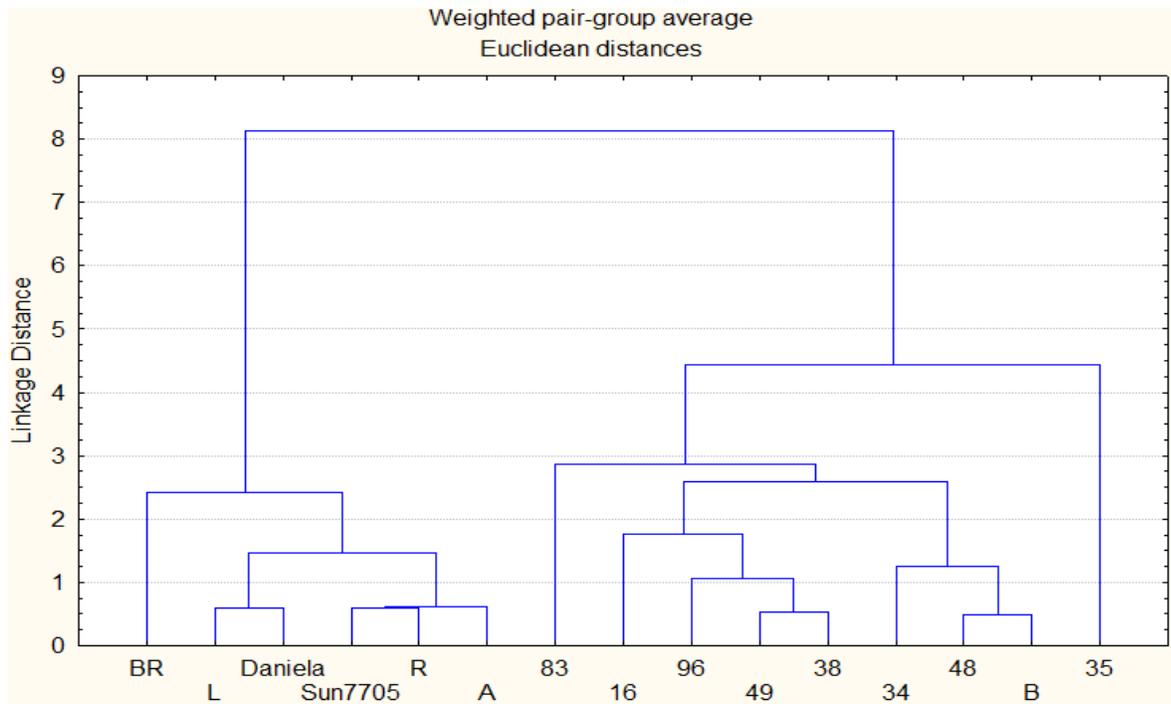


Figura 1. Dendrograma de Calidad Nutricional de Frutos en Estado Fisiológico Rojo de Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Según el gráfico de Chernoff (Figura 2), mostro que el grupo A (al cual pertenecieron los híbridos comerciales Daniela y Sun7705) fue el grupo con el menor contenido de AA y una concentración de SST similar entre sus integrantes. En particular del grupo, el cultivar comercial Daniela se presentó como el híbrido comercial con el mayor contenido de AA en comparación del híbrido Sun7705 y del resto de las poblaciones nativas. El cultivar Sun7705 tuvo el menor contenido de AA, solo mayor a la población BR. Del grupo, los híbridos mostraron ser menos ácidos en comparación con las poblaciones nativas. Las poblaciones A, L y R mostraron similitud con el cultivar Sun7705 en el contenido de AT y el cultivar Daniela con la población BR.

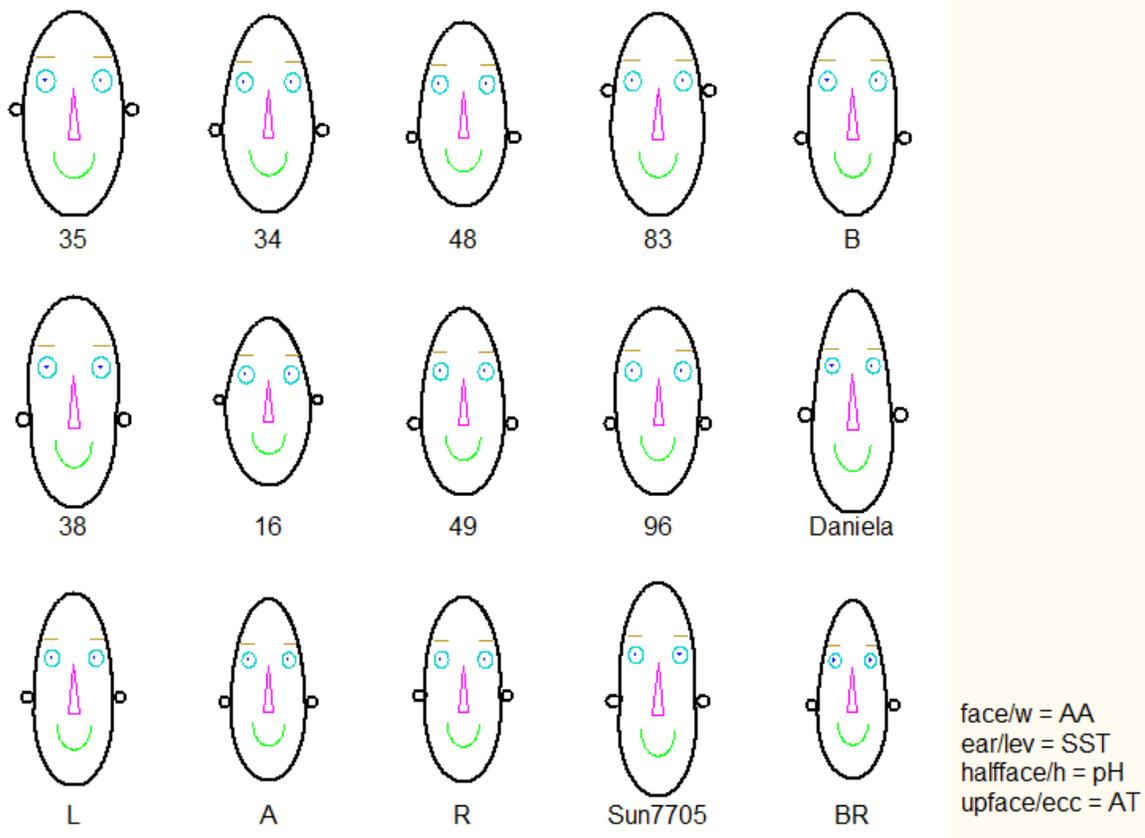


Figura 2. Caras de Chernoff de Atributos Nutrimientales de Frutos en Estado Fisiológico Rojo de Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.).

En el caso del grupo B, la población nativa 34 se ubicó como la de mayor contenido de AA. El contenido de SST en el grupo se presentó de forma irregular, siendo las poblaciones 83 y 16 las poblaciones con mayor contenido. En particular del grupo, la población 16 presentó el fruto más ácido, seguido de la población 48. La población 38 evidenció excentricidad del frente, indicando alto contenido de AT en comparación con el resto de los integrantes del grupo.

La población nativa 35 (único integrante del grupo C) fue la que presentó el mayor contenido de AA según el gráfico de Chernoff, con alto contenido de SST y AT, pero con bajo pH.

Mediante el análisis canónico discriminante (ACD) se generaron cuatro nuevas variables en función de los atributos nutrimentales, estas variables canónicas explicaron el 100% de la

variabilidad de los datos. La variable canónica uno (Can1, 45.73%) se relacionó con el pH del fruto; la Can2 (34.69%) fue relacionada con el contenido de SST; la Can3 (12.77%) se relacionó con el contenido de AA; y la variable canónica cuatro (Can4, 6.81%) fue relacionada con el contenido de AT.

Graficando las variables Can1 y Can2 se observó la presencia de cuatro grupos similares en pH y contenido de SST; el primer grupo (integrado por los híbridos comerciales Daniela, Sun7705 y la población nativa 38) se caracterizó por ser frutos con pH alto y bajo contenido de SST. El segundo grupo conformado por las poblaciones nativas 34, 48, 49 y 96, fue caracterizado por frutos ácidos con contenido de SST similar al primer grupo. Las poblaciones A y BR formaron el tercer grupo, el cual presentó frutos ácidos con mayor cantidad de SST en comparación con los dos primeros grupos. Y las poblaciones L y R se agruparon en un cuarto grupo, donde los frutos fueron ácidos y con concentraciones de SST ligeramente mayores a los registrados por el tercer grupo. Las poblaciones 16, 35, 83 y B mostraron ser diferentes en cuanto al contenido de pH y SST con respecto a los grupos antes descritos, por lo que no se agruparon (figura 3A).

Al relacionar las variables Can3 y Can4 se observaron dos fenómenos. El primero, fue el notar la presencia de dos grupos definidos (*A* y *B*). El grupo *A* se caracterizó por un bajo contenido de AA, este grupo fue conformado por los híbridos comerciales Daniela y Sun7705 además de las poblaciones nativas A, BR, L y R, concordando con el dendograma antes descrito. El grupo *B* se caracterizó por un alto contenido de AA, siendo conformado por las poblaciones nativas 16, 34, 35, 38, 48, 49, 83, 96 y B.

El segundo fenómeno observado, fue la identificación de tres subgrupos (*C*, *D* y *E*) que denotaron una relación entre el contenido de AA y AT. El subgrupo *C* (poblaciones A, BR, L e híbrido Sun7705) presentó bajo contenido de AA y una concentración intermedia de AT; en cambio el subgrupo *D* (poblaciones 16, 48, 49, 83 y B) presentó alta concentración de AA y ligeramente mayor presencia de AT comparado con el subgrupo *C*. Por su parte, el subgrupo *E* (poblaciones 38 y 96) se caracterizó por un alto contenido de AA y bajo AT (Figura 3B).

En relación al pH del fruto, los híbridos comerciales mostraron frutos con acidez moderada y estable durante el desarrollo del fruto en comparación con el resto del grupo (Daniela con 5.17 y Sun7705 con 5.00), solo la población R evidencio la misma estabilidad en el pH al registrar 4.83 durante el desarrollo. Las poblaciones nativas A y BR mostraron variabilidad en cuanto al pH durante la maduración, pasando de 4.53 y 4.43 a 4.83 y 4.90 respectivamente (Figura 4A).

Del grupo B, las poblaciones que mostraron estabilidad en pH durante la maduración de fruto fueron las poblaciones 16, 38, 48, 49, 83 y 96, siendo la población 16 la que mostro mayor acidez con 4.63 y la población 38 la que menor acidez evidencio (5.03). Del grupo, la población B se alcalinizo conforme maduraba, pasando de 4.83 en etapa verde maduro a 5.27 en etapa rojo maduro. La población 34 evidencio cambios irregulares en el pH durante la maduración registrando 4.90 en etapa verde maduro, acidificándose en etapa rompiente (4.70) y alcalinizándose hasta 4.93 en las dos últimas etapas de desarrollo de fruto (Figura 4B).

La población 35 (única integrante del grupo C) evidencio una acidificación en etapa rompiente (pasando de 4.90 en estado verde maduro a 4.77), pero disminuye su potencial hasta registrar 5.13 en etapa rojo maduro (Figura 4C).

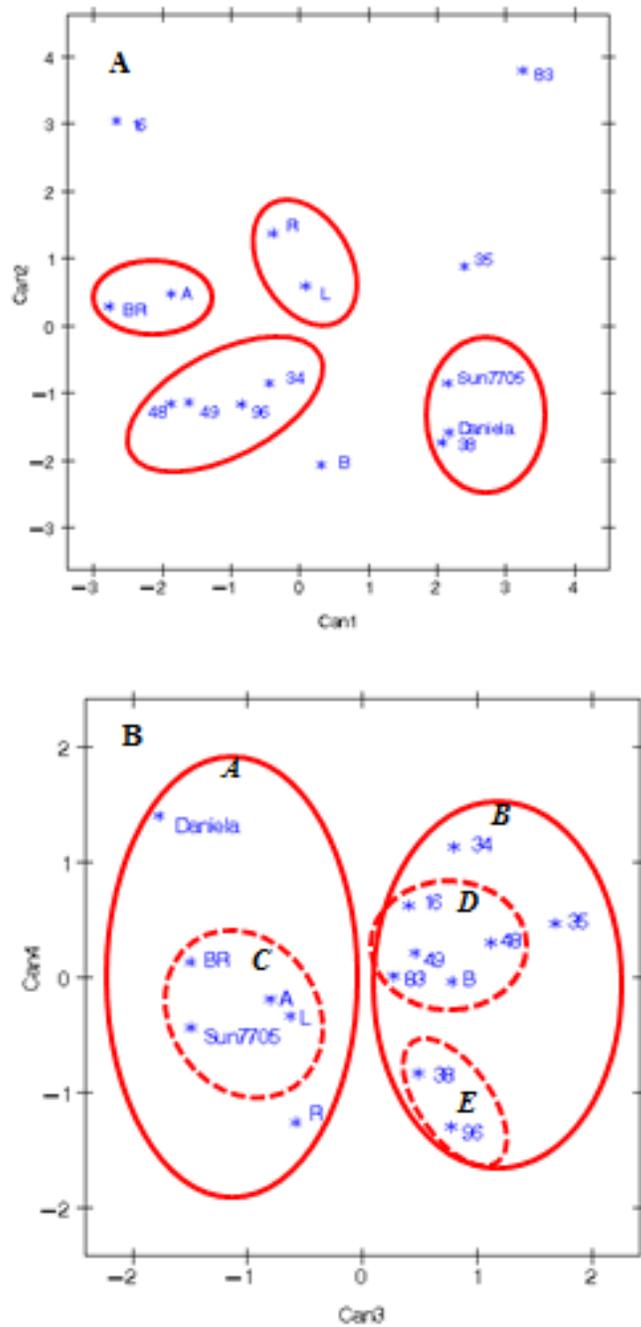


Figura 3. Relación entre Variables Canónicas de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). Can1 (45.73%)= pH. Can2 (34.69%)= Sólidos Solubles Totales. Can3 (12.77%)= Ácido Ascórbico. Can4 (6.81%)= Ácido Cítrico.

Crisanto-Juárez *et al.* (2010) en una colecta de jitomates provenientes de Oaxaca reportaron pH's entre 3.63 y 4.30, por otra parte Shah *et al.* (2015) y Vinha *et al.* (2014) reportaron pH's entre 4.3 y 4.6 en híbrido comerciales, ubicando al exocarpo como el tejido anatómico del fruto que influye mayormente en la acidificación del fruto. Comparando lo anterior con los resultados obtenidos, los híbridos comerciales y las poblaciones nativas estudiadas generaron frutos menos ácidos bajo un sistema de producción hidropónica.

Con respecto al contenido de ácido cítrico (AT), en el grupo A los híbridos comerciales Daniela y Sun7705 registraron 0.39 y 0.68 % respectivamente, manteniéndose estables durante el desarrollo del fruto; las poblaciones L, R y A también registraron un contenido estable de AT durante las diferentes etapas de desarrollo, registrando 0.56, 0.52 y 0.39 % respectivamente, siendo la población A similar al híbrido comercial Daniela. La excepción del grupo fue la población BR, la cual evidencio la mayor concentración de AT, no solamente del grupo, sino de todos los materiales en estudio, al registrar en etapa verde maduro 90.12 % y tener una disminución significativa en etapa rompiente (12.62 %), para finalmente registrar niveles similares al resto de los materiales en etapa rojo maduro (0.70 %) (Figura 5A).

En el grupo B, las poblaciones 16, 48, 49, 83, 96 y B registraron valores estables en el contenido de AT durante la maduración del fruto (0.41, 0.39, 0.72, 0.57, 0.76 y 0.70 % respectivamente). En particular la población 38 registro 0.28 % en etapa verde maduro para aumentar la concentración hasta niveles de 0.94 % en etapa rojo maduro. Como excepción del grupo, la población 34 mostro los mayores contenidos con 8.72 % en etapa verde maduro y registró el mayor contenido en etapa rosa con 27.40 %, para finalmente disminuir hasta 0.47% en rojo maduro, siendo este último valor similar al resto de las poblaciones de su grupo (Figura 5B). La población 35 (grupo C) registro un contenido de AT estable (0.63 %) durante el proceso de maduración del fruto (Figura 5C).

Breksa *et al.* (2015) y Kaur *et al.* (2013) reportan concentraciones de AT entre 0.28 y 0.63 % en híbridos comerciales de jitomate. En el presente estudio, los híbridos comerciales registraron 0.39 y 0.68 % para Daniela y Sun7705 respectivamente, siendo éstos valores considerados como normales.

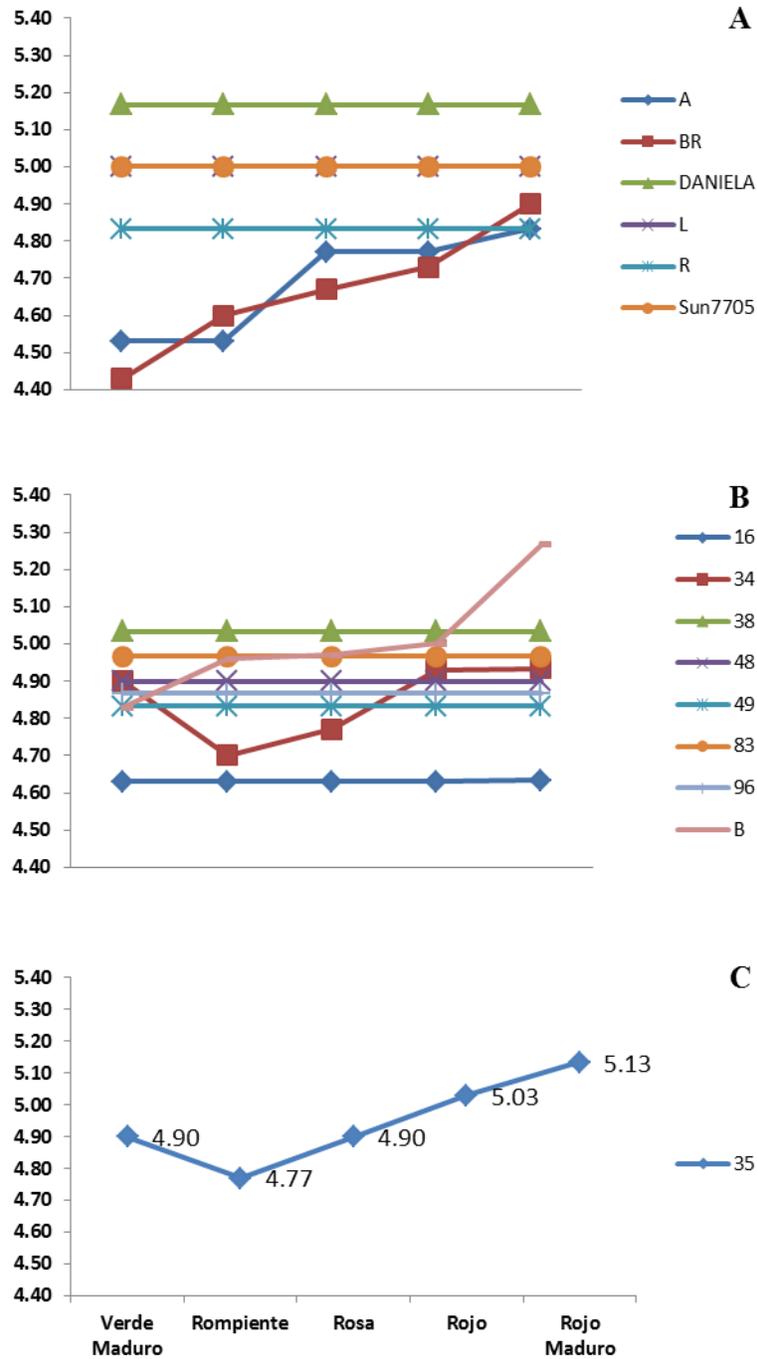


Figura 4. Cambios de pH en la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos Nutrimientales. A) Grupo A= Híbridos Daniela y Sun7705, y Poblaciones A, BR, L y R. B) Grupo B= Poblaciones 16, 34, 38, 48, 49, 83, 96 y B; C) Grupo C= Población 35.

Sin embargo, destacan las poblaciones nativas 38 y BR; ya que la concentración de AT en el caso de la población 38 en etapa verde maduro registró una concentración de 0.28 %, pero aumenta hasta niveles de 0.98 % en etapa rojo maduro, siendo estos valores significativamente diferentes al parámetro conocido. En cuanto la población BR, destaca una concentración altamente significativa en etapa verde maduro (90.12 %), pero disminuye hasta alcanzar valores considerados como normales.

Al ser el ácido cítrico un biocompuesto triprótico es capaz de modificar significativamente el pH del fruto, sin embargo, esto depende de la relación de éste con otros compuestos y minerales presentes. En el presente estudio, se observó una correlación negativa entre el contenido de AT y el pH de -0.48, indicando una disminución del pH en función del aumento en la concentración de AT, confirmando lo anteriormente dicho.

A lo referente del contenido de sólidos solubles totales (SST) en los frutos estudiados, en el grupo A el híbrido comercial Sun7705 mostro ser estable en este parámetro al registrar 6.50 °Brix durante el desarrollo del fruto, en cambio el híbrido Daniela registro variabilidad en el contenido de SST registrando el nivel más bajo en estado rompiente (4.80 °Brix) y aumentando el contenido hasta los 6.37 °Brix en estado rojo maduro. Las poblaciones A, BR, L y R fueron estables en la concentración de SST al igual que el híbrido comercial Sun7705, registrando valores de 5.4, 5.8, 5.8 y 6.3 °Brix respectivamente (Figura 6A).

En el grupo B, las poblaciones 16, 34, 48, 96 y B no registraron cambios en el contenido de SST durante la maduración del fruto, al registrar 6.13, 5.90, 4.76, 6.10 y 5.14 °Brix respectivamente, teniendo la misma tendencia en comparación del híbrido comercial Sun7705. En cambio las poblaciones 38 y 49 registraron un contenido irregular de SST al registrar en verde maduro 4.40 °Brix, con un pico en estado rompiente de 5.73 °Brix y finalmente registrar 5.60 °Brix en estado rojo maduro. La población 83 fue excepcional en el grupo, ya que registro un nivel más bajo en el contenido de SST en estado verde maduro (5.23 ° Brix), aumentando la concentración de manera significativa hasta alcanzar 8.50 °Brix en estado rojo maduro (figura 6B).

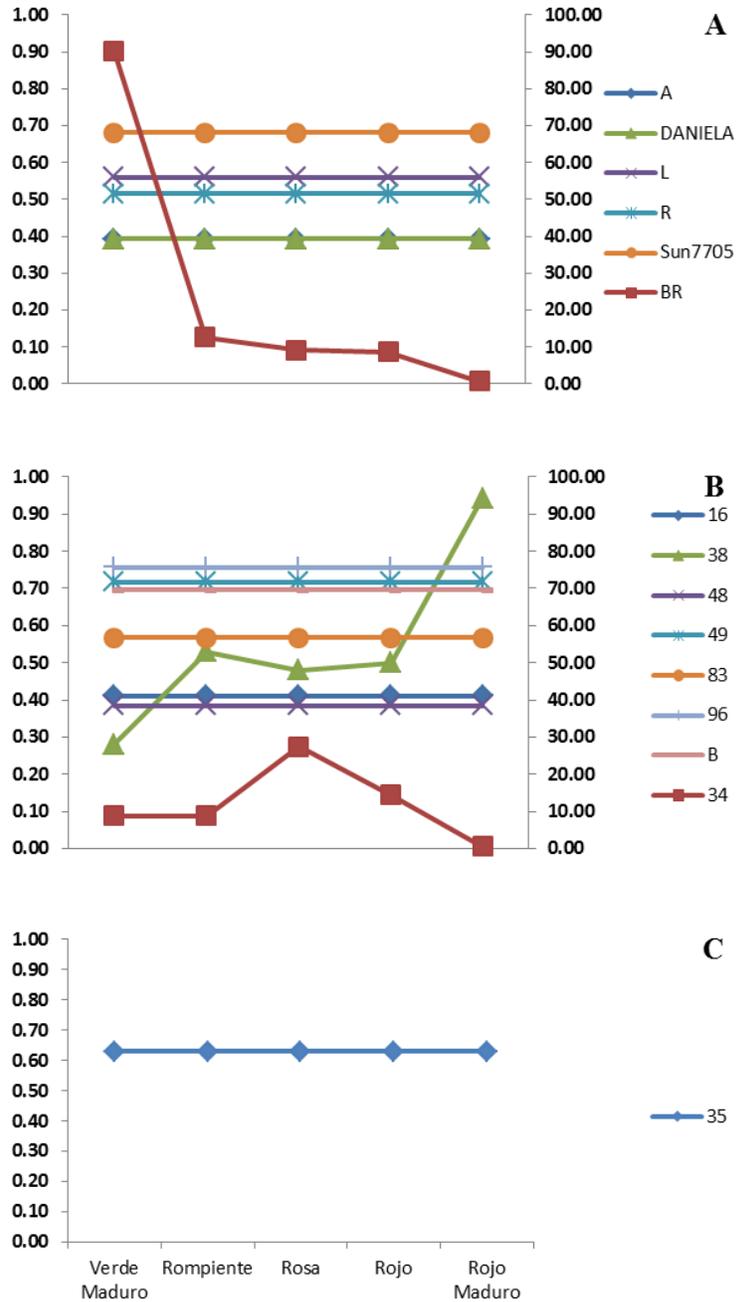


Figura 5. Cambios en el Contenido de Ácido Cítrico (%) en la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos Nutrimientales. A) Grupo A= Híbridos Daniela y Sun7705, y Poblaciones A, BR, L y R. B) Grupo B= Poblaciones 16, 34, 38, 48, 49, 83, 96 y B; C) Grupo C= Población 35. Poblaciones 34 y BR referenciados en eje vertical secundario.

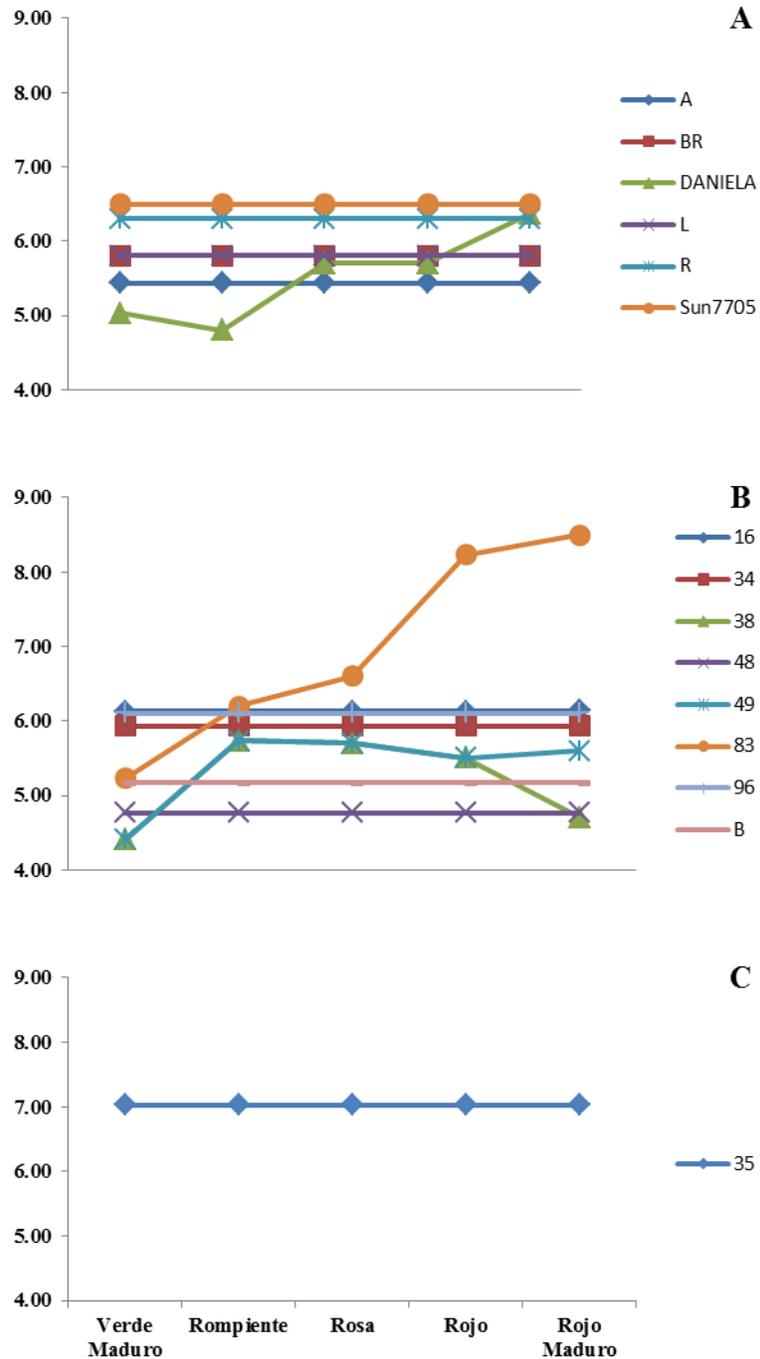


Figura 6. Cambios en el Contenido de Sólidos Solubles Totales (SST) en la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos Nutrimientales. A) Grupo A= Híbridos Daniela y Sun7705, y Poblaciones A, BR, L y R. B) Grupo B= Poblaciones 16, 34, 38, 48, 49, 83, 96 y B; C) Grupo C= Población 35.

El grupo C (población 35) registro 7.03 °Brix durante toda las etapas de maduración del fruto, ubicándose como la población nativa con la mayor concentración de SST en comparación del grupo A y la mayoría de los integrantes del grupo B, solo siendo superada por la población 83 en las etapas rojo y rojo maduro (Figura 6C).

En la literatura se reporta un contenido de SST desde 3.2 hasta niveles de 9.3 °Brix (Breka *et al.*, 2015; Kaur *et al.*, 2014; Shah *et al.*, 2015; Vinha *et al.*, 2014), por lo que los resultados mostrados son congruentes con lo conocido, donde la población nativa 38 registro la menor concentración en etapa verde maduro (4.4 °Brix) y la población nativa 83 tuvo la mayor concentración en etapa rojo maduro (8.5 °Brix).

En el contenido de ácido ascórbico (AA), el híbrido comercial Daniela registró valores estables durante la maduración del fruto (6.46 mg 100g⁻¹). Las poblaciones A y BR fueron similares a Daniela en cuanto al comportamiento del contenido de AA en la maduración del fruto registrando 4.89 y 5.12 mg 100g⁻¹ respectivamente en todas las etapas de maduración. El híbrido Sun7705 se caracterizó por incrementos ligeros de AA durante las etapas verde maduro, rompiente, rosa y rojo, y un incremento significativo en etapa rojo maduro, registrando 3.77 mg 100 g⁻¹ como la concentración más baja y alcanzando los 10.27 mg 100 g⁻¹. Las poblaciones L y R también registraron un aumento significativo en la etapa rojo maduro alcanzando 9.82 y 9.15 mg 100 g⁻¹ respectivamente, similar al híbrido Sun7705, sin embargo a diferencia de este último el cambio en la concentración fue irregular durante las etapas más tempranas de maduración (Figura 7A).

Del grupo B, las poblaciones 34, 48, 83 y B registraron 8.70, 10.95, 9.38 y 9.82 mg 100 g⁻¹, comportándose estables durante las diferentes etapas de maduración de fruto, al igual que el híbrido Daniela. Por otra parte, las poblaciones nativas 38, 49 y 96 registraron tendencias al aumento en el contenido de AA desde la etapa verde maduro hasta la etapa rojo, pero disminuyeron a niveles de 7.14, 8.48 y 6.91 mg 100 g⁻¹ en etapa rojo maduro. Un caso particular del grupo fue la población 16 que registro un aumento continuo hasta alcanzar los 13.86 mg 100 g⁻¹ en etapa rojo maduro, caracterizándolo como la población que registro la mayor concentración de AA de los materiales en estudio (Figura 7B).

La población 35 (grupo C) registro una concentración de AA estable durante las diferentes etapas de desarrollo de fruto de $12.29 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, ubicándose como la población nativa con el mayor contenido en comparación del resto de los materiales estudiados, solamente superado por la población 16 en etapa rojo maduro (Figura 7C).

Existen reportes a nivel nacional donde se ha observado en poblaciones nativas un contenido de AA entre los 6.1 y $16.1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Gaspar-Peralta *et al.*, 2012; Crisanto-Juaréz *et al.*, 2010); sin embargo, a nivel internacional se han registrado cultivares de jitomate con altas concentraciones ($50.21 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) (Kaur *et al.*, 2013); encontrando que en algunos casos el contenido de AA se incrementa continuamente durante la maduración del fruto (Oms-Oliu *et al.*, 2011).

En el presente estudio, las poblaciones nativas 34, 35, 48, 83, A, B y BR, así como el híbrido Daniela demostraron estabilidad en el contenido de AA durante la maduración del fruto. Sin embargo, el resto de los materiales en estudio variaron la concentración, coincidiendo las poblaciones nativas 38, 49, y 96 con lo reportado por Oms-Oliu *et al.* (2011), en el caso del híbrido Sun7705 y las poblaciones 16, R y L, la concentración aumento hasta la etapa rojo maduro.

Aunque se sabe que en la ruta metabólica del ácido ascórbico depende directamente de la concentración de Glucosa-6P (Smirnoff *et al.*, 2001) y varias investigaciones han correlacionado el contenido de ácido ascórbico con el contenido de azúcares (Massot *et al.*, 2010), en la presente investigación no se encontró correlación significativa ($\alpha \leq 5.0 \%$).

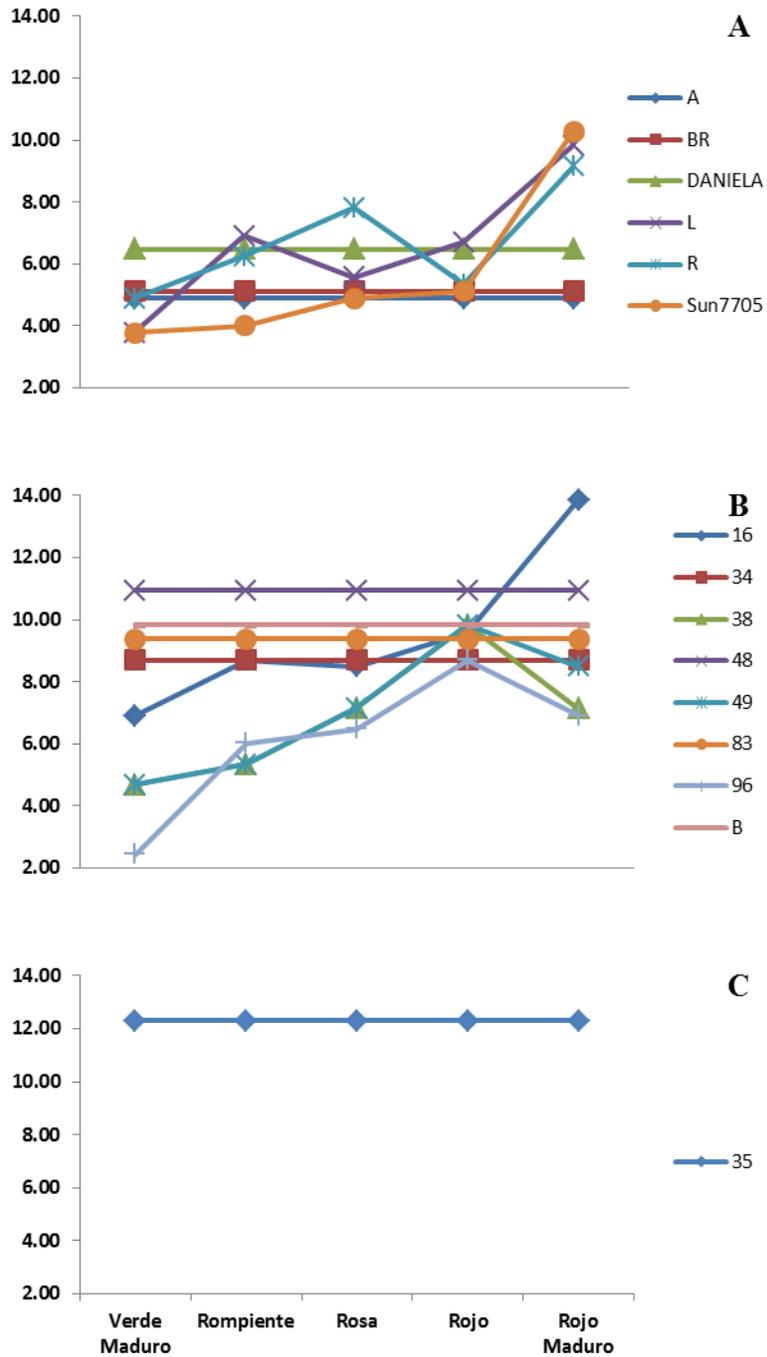


Figura 7. Cambios en el Contenido de Ácido Ascórbico (AA) en la Maduración de Fruto en Planta de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) Agrupados por Tipo de Frutos Según Atributos Nutrimientales. A) Grupo A= Híbridos Daniela y Sun7705, y Poblaciones A, BR, L y R. B) Grupo B= Poblaciones 16, 34, 38, 48, 49, 83, 96 y B; C) Grupo C= Población 35.

CONCLUSIONES

Se identificaron tres grupos diferenciados, donde los híbridos comerciales y las poblaciones nativas A, BR, L y R integraron el grupo con el menor contenido de ácido ascórbico. Las poblaciones nativas 16, 34, 38, 48, 49, 83, 96 y B integraron un segundo grupo caracterizado por mayor contenido de ácido ascórbico en comparación con los híbridos comerciales.

La población nativa 35 fue identificada como el material vegetal con el mayor contenido de ácido ascórbico.

Las poblaciones 34, 35, 48, 83, B y BR presentaron cambios similares en el contenido de ácido ascórbico durante el desarrollo de fruto con el híbrido comercial Daniela.

Las poblaciones 16, L y R fueron similares al híbrido Sun7705 en los cambios del contenido de ácido ascórbico durante el desarrollo de fruto.

LITERATURA CITADA

Adalid, A. M., S. Roselló, F. Nuez. 2010. Evaluation and selection of tomato accessions (*Solanum section lycopersicum*) for content of lycopene, β -carotene and ascorbic acid. *J. of Food Composition and Analysis* 23:613-618.

Álvarez-Hernández, J. C, H Cortez-Madrigal, I. García-Ruiz. 2009. Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de jitomate (*Solanaceae*) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica*28: 139-159.

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

Bai, Y., P. Lindhout. 2007. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany* 100: 1085-1094.

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

Bergougnoux, V. 2014. The history of tomato: from domestication to biopharming. *Biotechnology Advances* 32:170-189.

Blanca, J., J. Montero-Pau, C. Sauvage, G. Bauchet, E. Illa, M. José D., D. Francis, M. Causse, E. van der Knaap, J. Cañizares. 2015. Genomic variation in tomato, from wild ancestors to contemporary breeding accessions. *BMC Genomics* 16:257.

Bonilla-Barrientos, O., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, S. Cruz-Izquierdo, D. Reyes-López, E. Hernández-Leal, A. Hernández-Bautista. 2014. Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 37(2):129-139.

Breksa, A. P., L. D. Robertson, J. A. Labate, B. A. King, D. E. King. 2015. Physicochemical and morphological analysis of ten tomato varieties identifies quality traits more readily manipulated through breeding and traditional selection methods. *J. of Food Composition and Analysis* 42:16-25.

Carrera, P. M., X. Gao, K. L. Tucker. 2007. A study of dietary patterns in the Mexican-American population and their association with obesity. *J. of Ame. Dietetic Assoc.* 107(10):1735-1742.

Carrillo R., J. C., J. L. Chávez S. 2010. Caracterización agromorfológica de muestras de tomate de Oaxaca. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):1-6.

Carrillo-Rodríguez, J. C., J. L. Chávez-Servia, G. Rodríguez-Ortiz, R. Enríquez-del Valle, Y. Villegas-Aparicio. 2013. Variación estacional de caracteres agromorfológicos en poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Rev. Mex. de Ciencias Agr.* 6:1081-1091.

Chernoff, H. 1973. The use of faces to represent points in K-dimensional space graphically. *Journal of the American Statistical Association* 68(342):361-368.

Crisanto-Juaréz, A., A. M. Vera-Guzmán, J. L. Chávez-Servia, J. C. Carrillo-Rodríguez. 2010. Calidad de frutos de tomates silvestres (*Lycopersicum esculentum* var. *ceraciforme* Dunal) de Oaxaca México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4):7-13.

FAOSTAT. 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistic Division. USA. http://faostat3.fao.org/browse/G1/*/E. Consultado el 11 de junio de 2015.

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.). *PHYTON* 81:15-22.

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.

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.

Neri B., F. 2012. Ruta gastronómica: los sabores prehispánicos. *Culinaria Rev. Virtual Especializada en Gastronomía* 4:79-88.

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

Ortiz G., A. S., V. Vázquez G., M. Montes E. 2005. La alimentación en México: enfoques y visión a futuro. *Estudios Sociales* 13(25):8-34.

Pacheco-Triste, I. A., J. L. Chávez-Servia, J. L. Carrillo-Rodríguez. 2014. Relación entre variación ecológica-orográfica y variabilidad morfológica de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Oaxaca. *Rev. Mex. de Agroecosistemas* 1(1):28-39.

Pacier, C. and D. M. Martirosyan. 2015. Vitamin C: optimal dosages, supplementation and use in disease prevention. *Functional Foods in Health and Disease* 5(3):89-107.

Rodríguez G., E., D. Vargas C., J. J. Sánchez G., R. Lepiz I., A. Rodríguez C., J. A. Ruiz C., P. Puente O., R. Miranda M. 2009. Etnobotánica de *Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme* en el Occidente de México. *Naturaleza y Desarrollo* 7:46-59.

Roman, S., C. Ojeda-Granados, A. Panduro. 2013. Genética y evolución de la alimentación de la población en México. *Rev. de Endocrinología y Nutrición*. 21(1):42-51.

Sanjuan-Lara, F., P. Ramirez-Vallejo, P. Sánchez-García, M. Livera-Muñoz, M. Sandoval-Villa, J. C. Carrillo-Rodríguez, C. Perales-Segovia. 2014. Variación en características de interés agronómico dentro de una población nativa de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Rev. Fitotec. Mex.* 37(2):159-164.

Shah, K., M. Singh, A. C. Rai. 2015. Bioactive compounds of tomato fruits from transgenic plants tolerant to drought. *LWT Food Science and Technology* 61:609-6014.

Shiu-Ming, K. 2013. The multifaceted biological roles of vitamin C. *J Nutr. Food Sci.* 3(5):1-5.

Smirnoff, N., P. L. Conklin, F. A. Loewus. 2001. Biosynthesis of ascorbic acid in plants: a renaissance. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 52:437-467.

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

Tsaniklidis, G., C. Delis, N. Nikoloudakis, P. Katinakis, G. Aivalakis. 2014. Low temperature storage affects the ascorbic acid metabolism of cherry tomato fruits. *Plant Phys. and Biochem.* 84:149-157.

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

Vinha, A. F., S. V. P. Barreira, A. S. G. Costa, R. C. Alves, M. B. P. P. Olvera. Organic versus conventional tomatoes: Influence on physicochemical parameters, bioactive compounds and sensorial attributes. *Food and Chemical Toxicology* 67:139-144.

Zhang, Y., H. Li, W. Shu, C. Zhang, Z. Ye. 2011. RNA interference of a mitochondrial APX gene improves vitamin C accumulation in tomato fruit. *Sci. Hort.* 129:220-226.

CAPITULO VI

FUNCIÓN DE DESPLIEGUE DE LA CALIDAD APLICADO A TRECE POBLACIONES NATIVAS DE JITOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)

QUALITY FUNCTION DEVELOPMENT APPLIED TO A TOMATO NATIVE MEXICAN POPULATION (*Solanum lycopersicum* L.)

RESUMEN

Debido a una perspectiva comercial, la mayoría de los estudios sobre jitomate centran los objetivos en mejoramiento genético, caracterización agronómica y manejo postcosecha. Pero poco se ha estudiado sobre el aprovechamiento de las propiedades organolépticas, mismas que satisfacen necesidades del consumidor doméstico y hábitos de consumo, originando un problema en la pérdida de atributos organolépticos. La Función de Despliegue de la Calidad es una herramienta que aporta un proceso cognitivo visual que ayuda a concebir las necesidades del consumidor en el desarrollo de nuevos productos, traduciendo las necesidades al lenguaje técnico, admitiendo requerimientos específicos, a la vez que establece como elemento central a las personas y sus necesidades. El objetivo fue evaluar la competencia comercial de trece poblaciones nativas en relación a dos híbridos comerciales de jitomate, mediante el empleo de la función de despliegue de la calidad, identificando hábitos de consumo, necesidades del consumidor doméstico urbano y potenciales de comercialización, que permitan la preservación y aprovechamiento de las poblaciones nativas. Para la identificación de necesidades del consumidor se utilizó un diseño experimental multifactorial completamente aleatorio, seleccionando tres localidades en las que se aplicaron 150 encuestas, recopilando información personal y de aceptación a atributos que pueden influenciar la compra de jitomate, además de un análisis sensorial tipo hedónico. En general el consumidor, basa su decisión de compra en tres atributos: firmeza, forma y color en etapa de maduración de fruto rojo firme; categorizados como muy importantes, sin embargo, cuando el consumidor compra de forma esporádica no considera la firmeza o forma. El empleo de la función de despliegue de la calidad generó dos casos: una enfocada a frutos tipo bola y una segunda enfocada a frutos tipo saladette. Ambas casas establecieron parámetros técnicos específicos idóneos para el consumidor que pueden ser utilizados como estándares para cada tipo de fruto.

Palabras Claves: Casa de la calidad, HOQ, QFD, tomate, *Lycopersicum esculentum* M.

ABSTRACT

Due to commercial perception, many studies on tomato were focusing on genetic, agronomic and postharvest improve. But sensorial properties have not enough research, these properties satisfied habits and consumer needs, making this a problem where organoleptic attributes are losing. Quality Function Development is a tool that gives a visual cognitive process and it helps to have in main consumer needs on new products development, translating them to a technical language, recognizing specific needs; at the same time it point on persons and its needs as main factor. The goal of this research was to evaluated commercial competition between thirteen tomato native population and two hybrids, using the quality function development to identified consumer habits, consumer needs and marketing potentials to preserve and use native populations. A multifactorial design was used selecting three places where 150 interviews were made, getting personal data and quantifying attributes acceptances that can influence tomato buying, even a hedonic sensorial study was made. The consumer mainly focus on three attributes: Firmness, Form and Color at red firm stage fruit, classifying them as very important, but when consumer make occasional street buy, doesn't consider fruit firmness and form. The quality function development generate to quality houses: first focus on ball fruit forms and second focus on saladette fruit form. Both of them establish ideal technical criteria for consumer needs that can be used as standard parameters.

Keywords: House of Quality, HOQ, QFD, tomato, *Lycopersicum esculentum* M.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, México se ubica como el primer país exportador de jitomate en fresco, siendo Estados Unidos de América y Canadá, los principales destinos de exportación (FAOSTAT, 2015). En México, el jitomate se cultiva prácticamente en todo el territorio involucrando alrededor de 50 mil productores y generando 72 mil empleos directos, lo que resalta la importancia socioeconómica del cultivo (SIAP, 2005).

Al ser México el centro más probable de domesticación del jitomate (Long, 1995), el uso de éste fruto en la preparación de alimentos, ha sido parte importante de una gran diversidad de platillos, siendo empleado como elemento primario o secundario, ya sea en estado fresco o procesado; esta base culinaria se ha enriquecido al complementarse con especies tanto animales como vegetales originarias del continente Euroasiático Africano importadas durante la época de la colonia española (1521-1810) y el intercambio cultural y comercial internacional hasta nuestros días (Blanca *et al.*, 2015; Bergougnoux, 2014; Grose, 2015; Román *et al.*, 2013;).

La domesticación moderna del jitomate ha resultado en una significativa diferenciación tanto morfológica, fisiológica y genética, como organoléptica y nutrimental entre cultivares silvestres y modernos, lo que ha llevado a la pérdida de atributos de calidad organoléptica y nutrimental, debido a la sustitución de cultivares tradicionales por comerciales modernos que son uniformes, pero con una biodiversidad genética menor al 5%, originando así erosión genética y dependencia a un menor número de cultivares que en la mayoría de los casos son altamente susceptibles al daño por plagas y enfermedades propias de las zonas productoras (Granados *et al.*, 2009; Bai y Lindhout, 2007).

Las poblaciones nativas de jitomate que se cultivan en México tienen la característica de ser genéticamente diversas, dando como resultado poblaciones altamente heterogéneas y dinámicas, resultado de selección continua bajo una perspectiva de agricultura de subsistencia ecológica, donde: uniformidad, sabor, aromas y formas de uso, son algunos de los criterios de selección (Moreno y Ramírez, 2015; Granados *et al.*, 2009). Ríos-Osorio *et al.* (2014) describieron como las poblaciones nativas de jitomate son empleadas en sistemas de producción tradicional preservando, aprovechando, diversificando y explotando económicamente la variabilidad genética, satisfaciendo necesidades alimenticias en nichos ecológicamente adaptados, además de incrementar la productividad; evidenciando así la importancia y capacidad productiva de éstas.

Debido a una perspectiva netamente comercial donde rendimiento, calidad comercial y factibilidad de industrialización son atributos centrales para un desarrollo económico, la mayoría de los estudios sobre jitomate centran los objetivos en el mejoramiento genético (Rodríguez *et al.*, 2013), caracterización del comportamiento agronómico (Casierra-Posada *et al.*, 2013), variación de técnicas de cultivo (Berrospe-Ochoa *et al.*, 2012), contenido nutrimental, frecuencia de uso

(Carrera *et al.*, 2007), manejo postcosecha y calidad comercial del fruto (Pinheiro *et al.*, 2015). Pero poco se ha estudiado sobre el uso del jitomate y el aprovechamiento de las propiedades organolépticas en la preparación de alimentos, mismas que satisfacen las necesidades del consumidor doméstico y los hábitos de consumo, lo que ha originado un problema en la pérdida de atributos organolépticos como el sabor y los aromas.

Por lo anterior, el objetivo fue evaluar la competencia comercial de trece poblaciones nativas en relación a dos híbridos comerciales de jitomate, mediante el empleo de la función de despliegue de la calidad, identificando hábitos de consumo, necesidades del consumidor doméstico urbano y potenciales de comercialización, que permitan la preservación y aprovechamiento de las poblaciones nativas. Bajo la hipótesis de que las poblaciones nativas de jitomate al ser materiales con alta variabilidad genética, adaptadas a las condiciones agroecológicas y seleccionadas en función de las necesidades del consumidor doméstico rural, conservan propiedades organolépticas que pueden satisfacer las necesidades del consumidor doméstico urbano y por ende los hábitos de consumo, haciendo factible la explotación comercial de éstas bajo técnicas de una agricultura moderna.

La Función de Despliegue de la Calidad (QFD, por sus siglas en inglés) es una herramienta que aporta un proceso cognitivo visual que ayuda a concebir las necesidades del consumidor en el desarrollo de nuevos procesos, productos o servicios; traduciendo las necesidades del consumidor al lenguaje técnico, admitiendo de esta forma requerimientos específicos para cada etapa de desarrollo; y establece como elemento central a las personas y sus necesidades, a las cuales nombra como la Voz del Consumidor (VC). La VC frecuentemente es diagnosticada en base a análisis sensoriales y traducida a especificaciones técnicas cuantificables. La QFD está compuesta por cuatro fases: a) planeación del producto, b) diseño del producto, c) planeación de procesos, y d) elaboración de procesos de control de calidad; y es a partir de cada fase que se genera una casa de la calidad (HOQ). En la primera fase, se identifican de manera precisa características que el consumidor valora y parámetros técnicos relacionados con las características en cuestión, además de evaluar productos y confrontarlos con el producto desarrollado, para finalmente generar un producto idóneo (Bouchereau y Rowlands, 2000).

En el presente estudio se elaboró la HOQ correspondiente a la etapa de planeación enfocado a generar un jitomate idóneo, permitiendo conocer necesidades y hábitos de consumo, así como la relación de éstas con algunos parámetros técnicos, además de comparar la percepción de calidad comercial entre trece poblaciones nativas y dos híbridos cultivados comercialmente de jitomate, lo que estableció un jitomate tipo, con características técnicas específicas idóneas para el consumidor doméstico. Además, el estudio aportó información que establece parámetros de calidad comercial centrados en necesidades del consumidor; y por otra parte establece criterios técnicos para establecer programas de mejoramiento genético dirigido, desarrollar paquetes tecnológicos de producción y tecnologías de manejo postcosecha focalizadas en las necesidades del consumidor doméstico del jitomate en fresco.

MATERIALES Y METODOS

El desarrollo de la función de despliegue de la calidad se muestra en la Figura 1, donde para la determinación e identificación de hábitos, tendencias de consumo e importancia de atributos para el consumidor (voz del consumidor) se seleccionaron tres localidades del municipio de Texcoco, Estado de México, México: a) una institución de educación superior agrícola (Colegio de Postgraduados); b) un tianguis popular sobre ruedas, ubicado en las coordenadas 19° 31' 11.18" N y 98° 53' 23.19" W todos los días lunes; y c) al transeúnte en el jardín municipal de Texcoco, ubicado en las coordenadas 19° 30' 51.57" N y 98° 52' 57.96" W. Se aplicaron 150 encuestas de forma aleatoria recopilando información sobre sexo, edad, estado civil, capacidad de cocinar, escolaridad, responsable de compra, preferencia del color del jitomate, y tiempo de almacenamiento; además, el grado de importancia a los siguientes factores que pueden influenciar la compra como: el tipo de expendio (tianguis, local, mercado, callejero, supermercado); el precio; la forma de cómo se produce el jitomate (orgánico, traspatio, convencional o hidropónico); el origen (nacional, importado o de un lugar específico); la calidad, el color, la forma, tamaño, firmeza, aroma, contenido nutrimentales, sanidad y vida de anaquel del fruto. Los diferentes atributos fueron evaluados de la siguiente forma: 1) Nada importante, 2) Poco importante, 3) Indiferente, 4) Importante y 5) Muy importante.

Para la elaboración del cuarto comparativo de competencias se realizó un estudio afectivo tipo hedónico de siete puntos para la determinación sensorial de color, forma, tamaño, firmeza y

aroma (Singh-Ackbarali1 and Maharaj, 2014; Acevedo *et al.*, 2009). Los niveles de calificación fueron: 1) Me disgusta mucho, 2) Me disgusta, 3) Me disgusta poco, 4) Ni me gusta ni me disgusta, 5) Me gusta poco, 6) Me gusta, y 7) Me gusta mucho; además, se determinó la intensidad de compra.

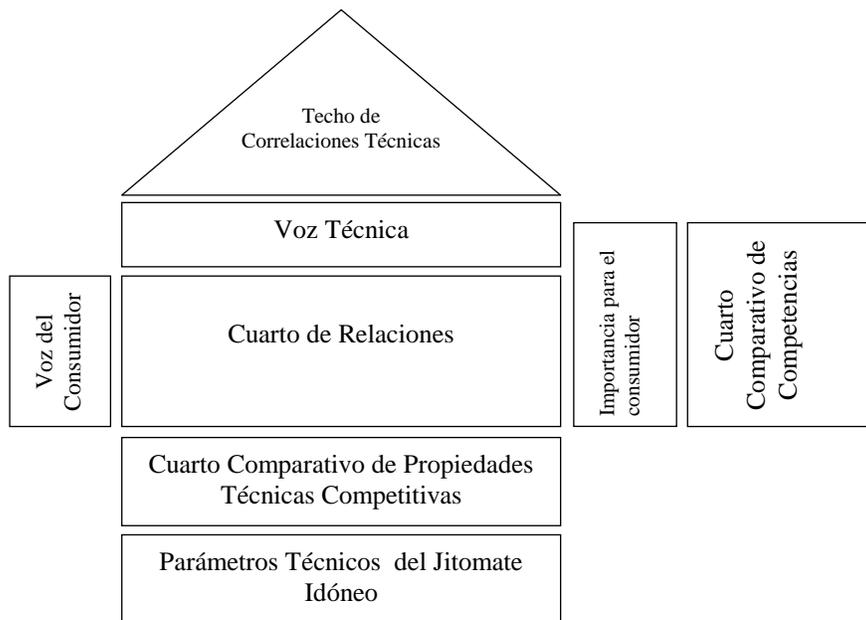


Figura 1. Casa de la Calidad Aplicada a la Evaluación de 13 Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Como voz técnica, se utilizaron atributos frecuentemente empleados en la determinación de la calidad comercial de frutas y hortalizas (OCDE, 2002; OCDE, 2009) como lo son peso, dimensiones, volumen, densidad, firmeza, pH, ácido ascórbico, ácido cítrico y sólidos solubles totales. El techo de correlaciones técnicas fue elaborado en base a los atributos técnicos evaluados, considerando correlaciones positivas y negativas aquellas con significancia menores o igual al 5%.

El cuarto de correlaciones fue elaborado mediante correlaciones canónicas entre atributos técnicos representativas de la voz del consumidor con el atributo técnico a evaluar, considerando como significancia fuerte a $\alpha \leq 0.01\%$, dándole un valor de 9; moderada a $\alpha \leq 1.0\%$, con un valor de 5; y ligera a $\alpha \leq 5.0\%$ con un valor de 1. La resultante de cada atributo se calculó sumando las significancias de cada atributo según la voz del consumidor multiplicada por la importancia

relativa, p.e $\text{Peso} = 9(0.183, \text{color}) + 9(0.152, \text{forma}) + 9(0.15, \text{tamaño}) + 1(0.179, \text{firmeza}) + 0(0.141, \text{aroma}) = 4.5445$.

Para la elaboración del cuarto comparativo de propiedades técnicas, se cosecharon frutos en el estado de maduración de mayor consumo, a los cuales se les determinó: peso (g) de fruto obtenido mediante una balanza electrónica marca ALSEP serie 1102057 modelo MFD de A & D Co., Tokio; dimensiones (mm) (multiplicando el diámetro polar [distancia de la base del pedúnculo al ápice del fruto] por el diámetro ecuatorial [diámetro polar del fruto]) utilizando un vernier digital marca Truper[®] modelo CALDI-6MP; volumen (cm³), cuantificado por desplazamiento volumétrico; densidad (g cm⁻³), obtenido de la relación del peso con el volumen desplazado; color externo, evaluado mediante un colorímetro de reflexión Hunter Lab con sistema CIE Lab, el cual generó datos según el estándar CIE D65 de 1931, mismos que fueron transformados para adecuarlos al estándar CIE 1976 L* a* b* (McGuire, 1992), y a partir de estos determinar la diferencia total de color (ΔE) tomando como punto estándar L* de 53, a* de 80 y b* de 69 (CIE, 2007); firmeza, medida como resistencia al punción del epicarpio, mediante un texturómetro modelo FDV-30 marca Wagner Instruments, USA con puntal cónico de 5 mm y módulo de presión de 30 Lb x 0.01 Lb, reportando los datos en Newtons (N). Se determinó a partir del jugo del fruto la cantidad de sólidos solubles totales (SST) por el método de la A.O.A.C. (1990) mediante el empleo de un refractómetro digital marca ATAGO serie A56280 de ATAGO, Co., LTD Pr-32 α con escala de 0 a 32 ° Brix. Se determinó la acidez titulable mediante método de la A.O.A.C. (1990), registrando el peso de la muestra del fruto a la que se le agregó 50 mL de agua destilada, para posteriormente moler y homogenizar, anotando el volumen total, seguido de su filtrado. Del extracto, se tomó una alícuota de 5 mL agregando tres gotas de fenoftaleína como indicador, titulando con NaOH al 0.1 N, los resultados se registraron como porcentaje de ácido cítrico (% AC). El mismo extracto fue empleado para determinar el pH mediante el empleo de un potenciómetro marca Corning modelo 12. El contenido de ácido ascórbico se determinó por el método de Tillman (AOAC, 1990) (con base en la oxidación del 6-diclorofenol-indol) y ácido oxálico al 0.5% como solución extractora, reportando los datos como mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹. Los parámetros técnicos idóneos se establecieron considerando el valor del atributo de mayor aceptación y las tolerancias fueron establecidas tres veces la desviación estándar.

Para la selección del material vegetal, de un total de 600 poblaciones nativas de jitomate recolectadas en diversas zonas productoras de México, se seleccionaron para su evaluación 13 poblaciones, las cuales presentaron características sobresalientes en adaptación para su producción bajo invernadero como: sanidad, morfología, arquitectura de la planta, así como rendimiento y calidad del fruto. Estas poblaciones fueron comparadas con dos híbridos comerciales: SUN7705[®] de Nunhems de fruto tipo saladette y Daniela[®] de Hazera Genetics de fruto tipo bola. Las poblaciones estudiadas se identificaron con los números 16, A, B, BR y R para las poblaciones nativas provenientes de Puebla; 34, 35 y 38 para las poblaciones nativas provenientes de Guerrero; 48 y 49 para aquellas provenientes de Oaxaca; L, 83 y 96 para las poblaciones nativas provenientes de Campeche, Yucatán y Estado de México, respectivamente. Las poblaciones nativas e híbridos comerciales son de crecimiento indeterminado. El material fue producido en un invernadero tipo túnel de 500 m² con cubierta plástica de color blanco lechoso, ubicado a 19° 27' 42.45" latitud norte, 98° 54' 32.58" longitud oeste y 2241 msnm. El material se desarrolló en bolsas de polietileno negro de 20 litros de capacidad con sustrato a base de roca volcánica roja (tezontle) con un promedio de grosor de partícula de 5 ± 2 mm. Las bolsas de cultivo fueron colocadas a doble hilera con una densidad de 3.5 plantas m⁻² y 1.0 m entre hileras dobles. Desde el trasplante hasta los 65 dds se aumentó la concentración de la solución nutritiva en un 25% cada 8 días hasta alcanzar una concentración del 100% (Steiner, 1984). En etapa productiva se programaron 8 riegos durante el día, concentrando 5 riegos entre las 12 y 14 hrs, con un promedio total de 2.75 ± 0.25 litros planta⁻¹ día⁻¹. A partir de los 40 dds se realizaron podas de formación mediante la eliminación de brotes laterales y tutoreo de planta, realizándose una vez por semana; además de realizar podas en racimos florales, dejando solo 6 flores por racimos, siendo preferidas las flores de mayor tamaño, bien formadas y desarrolladas.

Durante la época productiva del cultivo se cosecharon frutos de las diferentes poblaciones en los distintos estados fisiológicos del proceso de maduración de fruto: estado verde maduro (totalmente verde pero maduro), rompiente (cuando el fruto presento coloración rosa, rojo o amarillo verdoso en no más del 10%), rosa (con una coloración rosa o roja entre 30 y 60% del fruto), rojo (cuando presenta una coloración rojiza mayor del 90%) y rojo maduro (coloración rojiza en el 100% del fruto y con textura suave) (Batu, 2004). Estos se cortaron de forma manual para evitar realizar daño mecánico a la base del mismo, posteriormente etiquetados y colocados

en contenedores plásticos. La cosecha de los frutos se realizó durante las primeras horas de la mañana.

Para la identificación de hábitos y necesidades del consumidor se utilizó un diseño experimental factorial completamente aleatorio, siendo las fuentes de variación: lugar (Colpos, Tianguis, Transeúnte), sexo (Masculino, Femenino), Edad (10's, 20's, 30's, 40's, 50's, 60,s), estado civil (Casado, Unión Libre, Soltero), Cocina (Si, No), Escolaridad (Primaria, Secundaria, Preparatoria, Licenciatura, Postgrado), Responsabilidad de compra (Panelista, Papás, Pareja, Panelista e Hijos, Panelista y Pareja, Panelista y Papás, Toda la familia, Otro) y Tiempo de Almacenamiento (1 día, 4 días, 7 días y 14 días). Para el análisis sensorial se utilizó un diseño completamente aleatorio considerando como único factor de variación la población nativa o híbrido comercial de jitomate. Se realizaron análisis de varianzas, correlaciones canónicas, regresión logística, test de Dunnett para atributos sensoriales y análisis de componentes principales. Se empleó el programa estadísticos SAS System[®] versión 9.0 de SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la elaboración de la Función de Desarrollo de la Calidad (QFD, por sus siglas en inglés) fue necesario el conocer la perspectiva que tiene el consumidor.

El análisis de las encuestas evidenció que en función del lugar donde se realizó el estudio existen diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en la percepción de la importancia de firmeza del fruto, donde el transeúnte mostro el menor valor con 3.9, es decir, de indiferente a importante. Lo anterior indica que, el consumidor al comprar de forma esporádica en la calle, da menor importancia hacia atributos que en otras circunstancias (caso del tianguis, 4.5) tendría otra percepción.

Para el sexo femenino, el precio del jitomate fue de mayor importancia en comparación con el sexo masculino, calificando en promedio 4.4 (importante). Aguilar *et al.* (2013) señalan que, actualmente uno de los roles de la mujer percibidos en la sociedad mexicana es el de cuidar y ser ahorradoras; lo cual, se vio reflejado en el grado de importancia que las mujeres refirieron al atributo económico.

Las personas que han realizado alguna actividad culinaria (AC) manifestaron menor importancia en la forma que se produce el jitomate con 3.31 (Indiferente), en relación a 4.11 (Importante) que expresaron las personas que no cocinan. Por lo anterior, se puede inferir que para las personas que han cocinado, basan su importancia en el uso mecánico del fruto en la preparación de platillos; en cambio, las personas que no cocinan, refieren su importancia a otros factores como nutrimentales o ambientales, sin embargo, ésta inferencia debe de ser confirmada.

Se observó diferencias significativas en la percepción de la importancia en los atributos de: forma de producción, forma de fruto, contenido nutrimental de fruto, sanidad y vida de anaquel, según el grado académico; donde las personas con nivel primaria calificaron con 4.57, 4.42 y 4.85 la forma de producción, la sanidad y vida de anaquel del fruto respectivamente; y las personas con nivel secundaria con 4.29 y 4.23 la forma y contenido nutrimental del fruto respectivamente (Cuadro 1). Según los indicadores de niveles socioeconómicos establecidos por AMAI (2015), las personas con niveles escolares de primaria y secundaria frecuentemente son catalogados como E y D, y se caracterizan en destinar entre 30 y 57% (Ochoa, 2013) de sus ingresos para la compra de alimentos, por tanto, al contar con menores recursos económicos y a la vez destinar mayor cantidad de estos a la compra de alimentos (AMAI, 2015; Mercados y Comercialización, 2013), ponen mayor atención en la calidad que consumen. Los datos también mostraron que a mayor nivel académico referían menor importancia en la calidad del jitomate.

Cuadro 1. Cuadrados Medios de Atributos de Calidad de Fruto y Factores Económico-Tecnológicos que Determinan la Importancia Relativa en la Compra de Jitomate para el Consumidor.

	PRECIO	FORMA DE PRODUCCIÓN	ORIGEN	FORMA DE FRUTO	TAMAÑO	FIRMEZA	CONTENIDO NUTRIMENTAL	SANIDAD	VIDA DE ANAQUEL
LUGAR	NS	NS	NS	NS	NS	2.41 **	NS	NS	NS
SEXO	2.97a	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
ACTIVIDAD CULINARIA (AC)	NS	5.13a	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
ESCOLARIDAD	NS	5.92**	NS	2.68*	NS	NS	4.33a	8.75**	1.15a
RESPONSABLE DE COMPRA (RC)	NS	NS	NS	2.25*	NS	NS	NS	NS	NS
VIDA DE ANAQUEL (VA)	NS	NS	NS	3.89a	NS	NS	NS	NS	NS
LUGAR*SEXO	2.16*	NS	NS	2.32a	NS	1.26*	NS	NS	NS
LUGAR*EDAD	NS	NS	NS	NS	NS	0.83*	NS	NS	NS
LUGAR*ESTADO CIVIL	NS	NS	NS	NS	NS	0.77a	NS	NS	NS
LUGAR*AC	NS	NS	NS	NS	NS	1.21*	NS	NS	NS
LUGAR*ESCOLARIDAD	NS	2.96a	2.82a	1.93*	NS	0.77*	NS	3.73*	NS
LUGAR*RC	NS	NS	NS	1.9*	NS	0.67a	NS	NS	NS

NS: No significativo; ^a $p \leq 0.10$; * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$

Al establecer la responsabilidad de compra de jitomate en la familia, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$); donde, al admitir delegar la responsabilidad a la pareja, se registró el mayor promedio de importancia en relación a la forma de fruto con 4.57; cuando la responsabilidad es compartida en la familia, la importancia que se manifiesta disminuye a 4.4; y se observó que cuando se delega la responsabilidad a un elemento externo a la familia, la importancia en la forma de fruto disminuye a niveles de 2.66. Los resultados indican que a menor responsabilidad de compra, mayor es la indiferencia hacia los atributos de calidad del jitomate.

Considerando los periodos de almacenamiento del jitomate programado por el consumidor, se observó que existieron diferencias significativas ($p \leq 0.1$) en la importancia de la forma del fruto, donde a periodos de 15 y 4 días, se cuantifican importancias promedio de 4.75 y 4.16 respectivamente, comparado con 3.3 cuando se pretende almacenarlo por 1 día. Por lo anterior, las personas que tienden a almacenar los frutos por 4 y 15 días observan con más detenimiento la forma del fruto, en comparación de aquellos consumidores que almacenan por una semana o usan el jitomate al diario.

Al analizar los diferentes atributos de calidad de fruto de jitomate y factores extrínsecos que determinan la compra en función del lugar y tipo de sexo, se observó diferencias significativas en la importancia que establece el consumidor con el precio, forma y firmeza del fruto. En relación al precio, la mujer al comprar en tianguis califica con 4.92 (Muy importante), pero cuando es transeúnte, la calificación disminuye a 3.41 (Indiferente). Con respecto a la forma del fruto, la mujer al comprar en tianguis manifiesta la mayor importancia con 4.42 (Importante), pero disminuye esta importancia cuando compra como transeúnte (3.75). Aunque se establece que el rol de la mujer es cuidar y administrar los recursos del hogar (Aguilar *et al.*, 2013), la baja de la importancia de estos atributos se pueden explicar por su incorporación al campo laboral y a la vez disminución de tiempo para la compra de alimentos.

Y en cuanto a la firmeza de fruto, las personas de ambos sexos provenientes de una institución especializada en agricultura, así como los hombres cuando compran en tianguis, manifiestan las mayores importancias con un promedio de 4.6, indicando nula diferencia entre hombres involucrados en la producción de alimentos y aquellos ajenos a esta.

Cuando se relacionó el lugar de la entrevista con la edad del consumidor, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$), en la percepción de la firmeza, donde las personas que transitan con edades de 10 a 19 y 30 a 39 años, refieren las menores importancias con 2 y 3.5 respectivamente. En el estudio, los consumidores que compran al transitar han manifestado baja importancia en la firmeza del fruto, pero de este segmento poblacional, los adolescentes y adultos entre los 30's no toman la firmeza como parte de la calidad del fruto, debiéndose a que no tienen relación con la actividad culinaria (datos no mostrados).

Relacionando el lugar de entrevista con el estado civil del entrevistado se observó diferencias significativas ($p \leq 0.1$) en la importancia de la firmeza del fruto, donde las personas transeúntes solteras o en unión libre manifestaron los menores valores con 3.75 y 3.5 respectivamente. Explicándose, debido a que este segmento poblacional en particular es del sexo masculino que no manifestó actividad culinaria alguna, avocándose a un papel sociocultural estricto (Aguilar *et al.*, 2013).

En función del lugar de entrevista y la actividad culinaria del consumidor se encontraron diferencias ($p \leq 0.05$) en la importancia de la firmeza de fruto, donde el transeúnte que cocina valoró en 3.92 la importancia de este atributo. Los datos anteriores reafirman que las personas transeúntes no consideran la firmeza para la compra del fruto.

En cuanto al lugar de la entrevista en relación con la escolaridad de los entrevistados, se observaron diferencias significativas en cuanto a la importancia de forma de producción y origen del jitomate ($p \leq 0.10$), además de forma de fruto, firmeza y sanidad ($p \leq 0.05$). En el caso de la forma de producción, las personas con nivel licenciatura fueron las que menor importancia manifestaron tanto en una institución de enseñanza superior, como en el tianguis (2.6 y 1.0 respectivamente); en el caso de los transeúntes, aquellos con nivel académico de postgrado manifestaron la menor importancia promedio con 1.0. En la importancia del origen del jitomate, el fenómeno descrito anteriormente se repite. La menor importancia observada en relación a la forma del fruto se encontró en el tianguis por parte de los consumidores con nivel académico de licenciatura (1.0), seguido de las personas transeúntes del mismo nivel académico (3.0) y los consumidores con nivel primaria en la institución de enseñanza superior (3.0). Los transeúntes con nivel académico de licenciatura y bachillerato mostraron indiferencia en la importancia de la

firmeza del fruto de jitomate, valorando en 3.5 y 3.0, respectivamente. Los consumidores de jitomate en tianguis con nivel licenciatura mostraron dar la menor importancia a la sanidad del fruto, calificando su importancia con 1.0, seguidos de los consumidores de la institución de enseñanza superior con nivel licenciatura y postgrado que manifestaron una importancia de 2.5. Con los resultados anteriores se establece que a mayor nivel académico y salarial, se da menor importancia a la calidad del alimento que se compra y se consume, en este caso el jitomate.

Al estudiar el lugar y relacionarlo con el tipo de consumidor que compra, se observaron diferencias en la importancia de la forma ($p \leq 0.05$) y firmeza ($p \leq 0.10$) del fruto; donde las personas que compran en el tianguis y delegan la compra una persona ajena a la familia valoraron en 1.0 la importancia de la forma del fruto, sin embargo, en el mismo lugar, pero cuando la familia entera se involucra en la compra de jitomate, la importancia aumenta a 5.0. Lo anterior indica que el comprador del tianguis al delegar la responsabilidad de la compra a una persona fuera de la familia, expresa un desinterés en las formas del jitomate, debido a que no se involucra en la preparación de alimentos (datos no mostrados); sin embargo, cuando en la compra del jitomate es en el tianguis y se involucra toda la familia, la forma del fruto es muy importante para las necesidades de la familia en la preparación de los alimentos. En el caso de la firmeza del fruto, la menor importancia (3.0) se observó en transeúntes que también delegaban la compra a sus padres, indicando la influencia de los padres en la toma de decisión de compra del jitomate, debido a que los padres como integrantes de la familia son los encargados de la preparación de los alimentos. Las personas que compran en el tianguis el jitomate y delegan la responsabilidad de la compra a una persona ajena a la familia, consideraron de suma importancia (5.0) la forma de este, lo cual indica que estas personas que compran en el tianguis al delegar la responsabilidad observan y exigen formas específicas de frutos. En todos los lugares de entrevista, ya sea en la institución de educación superior, el tianguis o personas transeúntes, se observó que cuando la familia se involucra en la compra de jitomate, la importancia de la firmeza de fruto es valorada en 5.0, indicando un mayor involucramiento en las actividades culinarias de la familia; lo mismo ocurre cuando el panelista delega la responsabilidad de compra a una persona ajena.

En la Figura 2 se presenta la importancia subjetiva de aquellos atributos de calidad de fruto, así como, algunos factores que pueden influenciar la compra de jitomate. Los factores y atributos

que mostraron tener una tendencia a “Muy importantes” según la consideración del comprador fueron calidad (4.7), color (4.6), firmeza (4.5) y vida de anaquel (4.5); en cambio, la forma en que se produce el jitomate (3.4), origen (3.1) y sanidad del fruto (3.3) fueron los factores que presentaron una tendencia a ser considerados como “Indiferentes”. En un estudio similar realizado por Sissi y José (2002) en Campinas, Brasil, encontraron que la calidad y la sanidad fueron muy importantes (5); seguidas de la firmeza, el tamaño y la vida de anaquel con 4 (Importante), sin embargo para la población de Campinas el color y la forma de fruto fue considerado como indiferente (3). Lo anterior muestra que para ambas poblaciones la calidad es importante, pero califican de forma diferentes los atributos de esta; además, para la población brasileña la sanidad del fruto fue muy importante, en comparación, a la indiferencia de la población mexicana en este atributo.

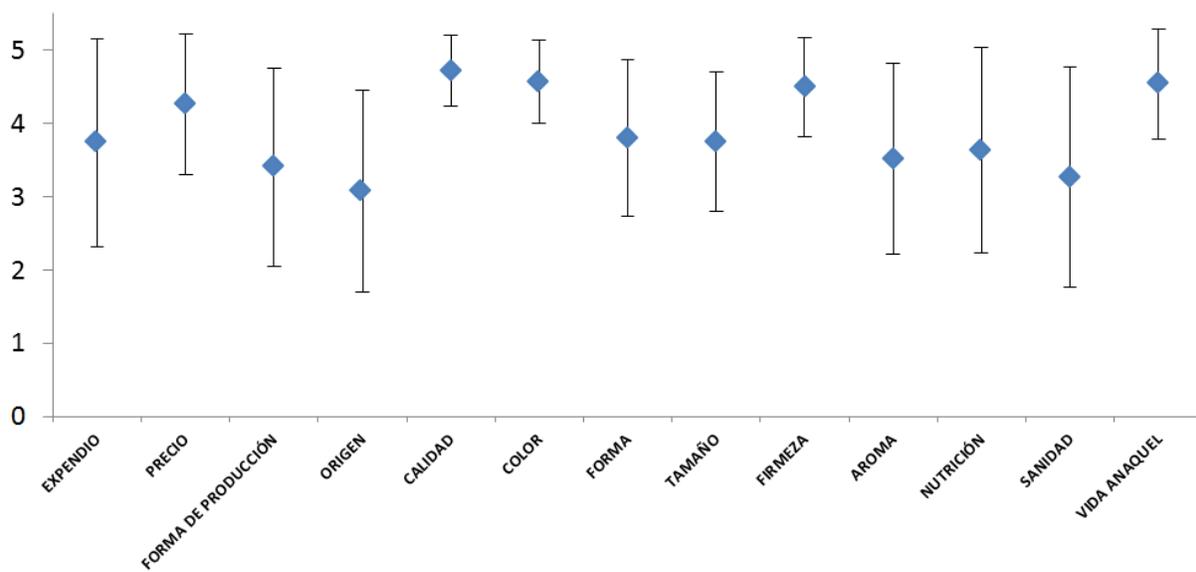


Figura 2. Importancia Subjetiva de Atributos de Calidad y Factores de Influencia para la Compra de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). 1= Nada importante; 2= Poco importante; 3= Indiferente; 4= Importante; 5= Muy importante.

Las preferencias de compra de jitomate para un mercado doméstico en función de la etapa de maduración del fruto se muestran en la Figura 3; donde se observa que la compra se realiza preferentemente en etapa rojo firme (maduro), seguida de la etapa rojo suave (sobre maduro), que representa el 79% de la preferencia de compra. Oltman *et al.* (2014) encontraron en un estudio

realizado en North Carolina, EUA, que la etapa roja de maduración del fruto, fue la más útil para el consumidor doméstico; coincidiendo con lo registrado. Por lo anterior, se tomó como referencia a la etapa de desarrollo rojo firme (maduro) para la realización de los análisis sensoriales y la casa de la calidad, ya que es la etapa de maduración de fruto de mayor preferencia.

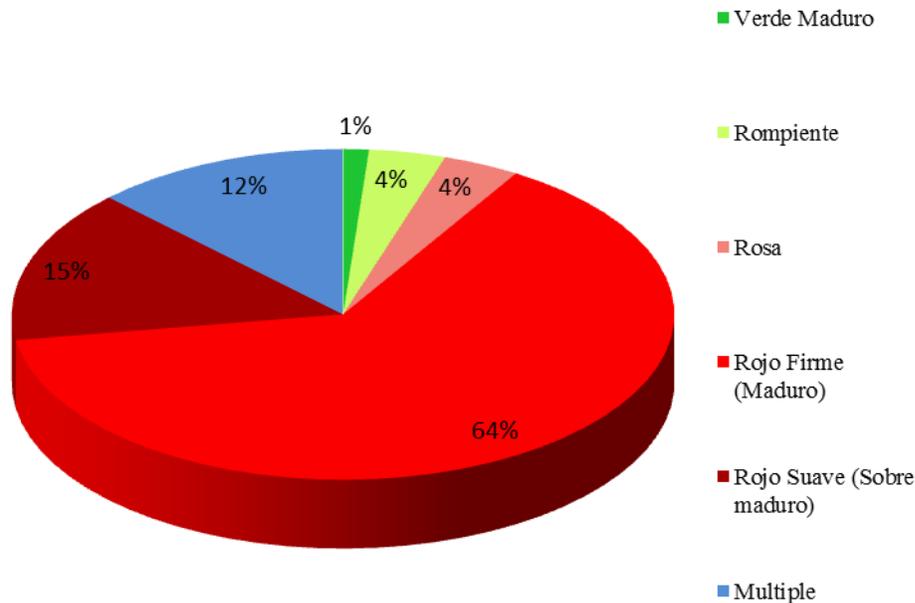


Figura 3. Preferencias de Compra de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Función del Estado Fisiológico de Fruto.

En el estudio de la percepción del color de fruto se observó que los híbridos comerciales presentaron los mayores porcentajes de aceptación en general, registrando Daniela 96 % y Sun7705 94 %; ambos híbridos registraron 38.4 % de panelistas que evaluaron el color como 6 (Me gusta), sin embargo Daniela tuvo mayor porcentaje de panelistas que calificaron como 7 (Me gusta mucho) con 45.5 % en relación a Sun7705 (35.4 %).

La población nativa 16 registró menor porcentaje general de aceptación de color (90 %) en relación a los híbridos comerciales, sin embargo, tuvo el mayor porcentaje de panelistas (49.5 %) que calificaron su color como 7 (Me gusta mucho) (Figura 4). La población 35 registró 83.9 % en

la aceptación general de los panelistas, menor si lo comparamos con lo obtenido por los híbridos comerciales, pero el 38.4 % de los panelistas calificaron el color como 6 (Me gusta) coincidiendo con estos últimos. Las poblaciones 83, 49 y 96 registraron los mayores porcentajes de desagrado entre los materiales en estudio. Si se considera que el color es el atributo de calidad de mayor importancia para el consumidor al momento de la compra (Oltman *et al.*, 2014) y existen variaciones en las tonalidades del color, se puede establecer la tonalidad del color rojo de la población nativa 16 como un punto estándar debido al mayor porcentaje de aceptación que tuvo.

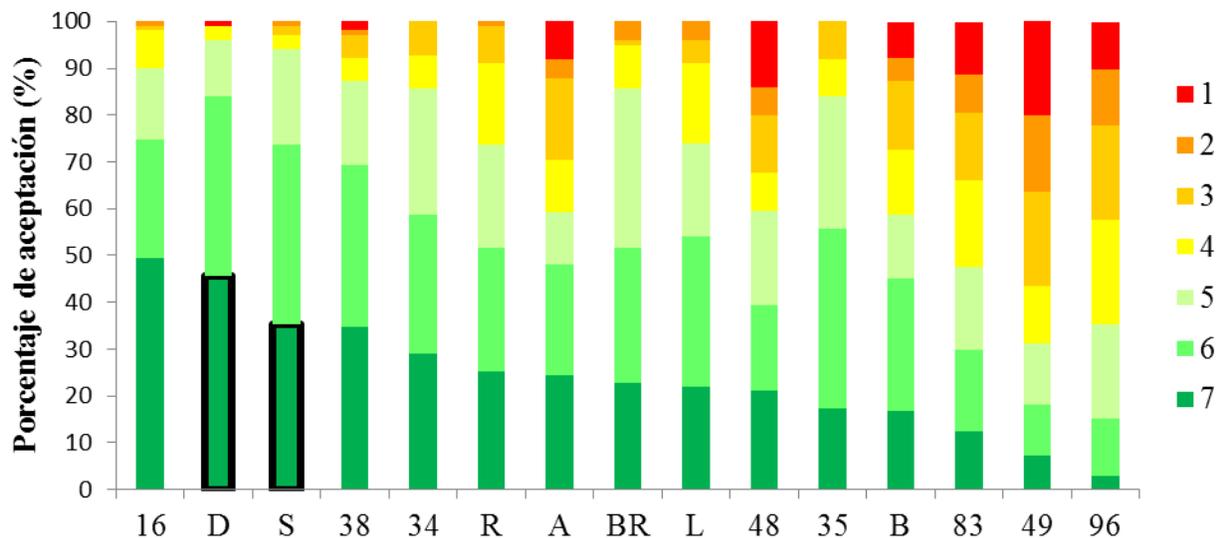


Figura 4. Evaluación Sensorial del Color de Fruto en Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersium* L.). D = Híbrido comercial Daniela; S = Híbrido comercial Sun7705; 1 = Me disgusta mucho; 2= Me disgusta; 3 = Me disgusta poco; 4= Ni me gusta ni me disgusta; 5 = Me gusta poco; 6 = Me gusta; 7 = Me gusta mucho.

Al evaluar de forma general la aceptación de los atributos sensoriales de los materiales estudiados, se observó que: a) para el consumidor los híbridos comerciales y las poblaciones nativas 16 y 34 tuvieron la misma aceptación en cuanto al color; b) tiene igual aceptación las formas tipo bola como Daniela, que saladette (Sun7705); c) el panelista hizo distinción entre el gusto de la firmeza entre frutos tipo bola y saladette; y d) no se registró diferencias en el gusto por tamaños y aromas entre frutos bola y saladette (Cuadro 2).

Cuadro 2. Test de Dunnett para Atributos Sensoriales de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.).

	Color	Forma	Firmeza	Tamaño	Aroma
Daniela	16, 34 y Sun7705	Sun7705	A, B, 35, 34, A, B y BR	16,35, 38, B y Sun7705	48, 49, 96, A y B
Sun7705	16,34, 35, 38, Daniela y BR	16, 35, A, BR, Daniela y L	16, 35, A y B	16, B y Daniela	16, 35, BR, Daniela y R

Notas: Poblaciones en rojo son estadísticamente diferentes a la variedad comercial ($p \leq 0.05$)

Poblaciones o híbrido comercial en negro son estadísticamente similares al híbrido comercial ($p \leq 0.05$)

Los híbridos comerciales Daniela y Sun7705 mostraron tener la mayor aceptación para la compra registrando 91.9 % de la preferencia, seguidas de las poblaciones nativas 16 y 35 con 90 y 87.9 % de las preferencias. Las poblaciones nativas 83, 48, 96 y 49 tuvieron los menores valores con 27.8, 26.3, 18.2 y 10.1 %, respectivamente (Figura 5). Los datos muestran que solo una fracción de los entrevistados expreso indecisión (3.89 %); por tanto, el comprador tiene claro el tipo de jitomate que necesita, por lo cual decide de forma contundente la compra. Esta compra principalmente fue influenciada por el color y la forma de fruto según el análisis de máxima verosimilitud realizado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Regresión Logística para la Decisión de Compra de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) Aplicado en Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales.

Parámetro	Estimador	Error Estándar	Chi-cuadrado de Wald	Pr>Chi-cuadrado
Intercepto	6.3478	0.3714	292.070	< 0.0001
Color	-0.410	0.057	52.400	< 0.0001
Forma	-0.350	0.079	19.535	< 0.0001
Tamaño	-0.170	0.076	4.789	0.0286
Firmeza	-0.283	0.054	26.939	< 0.0001
Aroma	-0.225	0.049	21.327	< 0.0001

Nota: Representatividad del 78%.

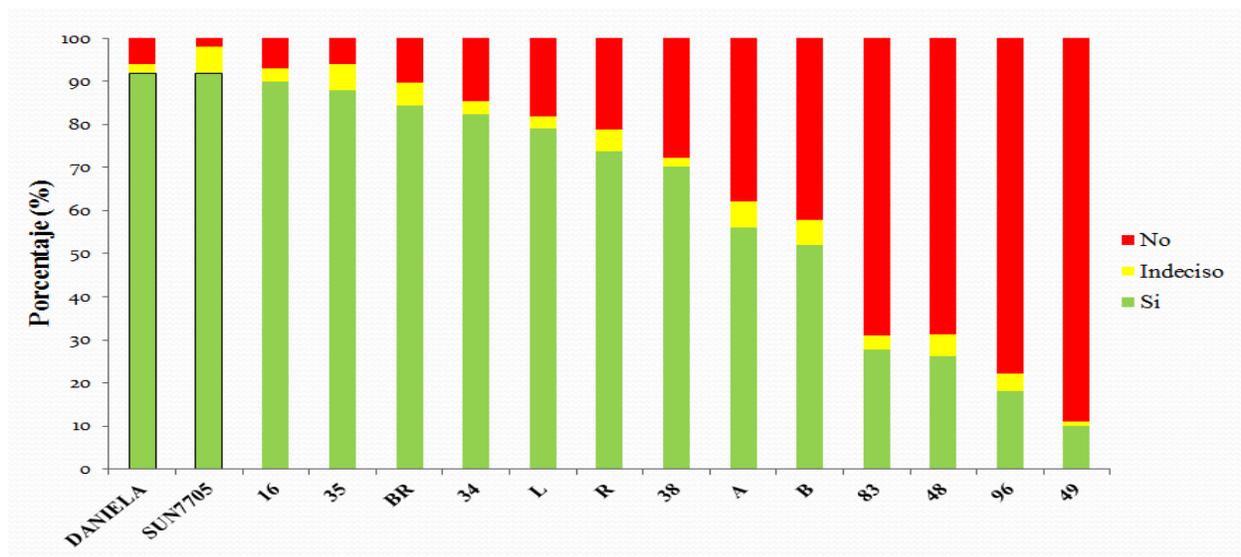


Figura 5. Decisión de Compra de Trece Poblaciones Nativas y Dos Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Del análisis de componentes principales se generaron dos variables significativas, CP1 y CP2; la variable CP1 explicó el 85.4 % de la variabilidad de los datos, además de representar el color, forma, tamaño, firmeza y la decisión de compra del fruto. La variable CP2 explicó el 9.5 % de la variabilidad de los datos, representando principalmente el aroma del fruto de jitomate. Al graficar ambas variables en función de las propiedades organolépticas de cada población o híbrido comercial se ratifica que el color es factor importante para decisión de compra del jitomate, además del aroma del fruto; siendo la población 16 la que mayor preferencia tuvo en la compra seguida por los híbridos comerciales Sun7705 y Daniela, y las poblaciones nativas 35, 34 y 38 (Figura 6).

Tanto para frutos tipo bola, como para frutos tipo saladette, la casa de la calidad mostro que la percepción de color, forma y tamaño están fuertemente relacionados ($\alpha= 0.01\%$) con el peso, las dimensiones y el volumen del fruto. La densidad de fruto está fuertemente relacionada con la percepción de forma y tamaño de fruto; moderadamente relacionada ($\alpha= 1.0\%$) con la percepción de color y aroma; y ligeramente relacionada ($\alpha= 5.0\%$) con la percepción de firmeza de fruto, coincidiendo con Sissi y José (2002). La percepción de firmeza de fruto se relacionó ligeramente con el peso, dimensiones, densidad y contenido de sólidos solubles totales (SST) del fruto. La

firmeza de fruto se relacionó fuertemente con la percepción de color y moderadamente con la percepción de forma, tamaño y aromas. La percepción del aroma se relacionó fuertemente con el pH, el contenido de ácido cítrico y ascórbico, y el contenido de SST. El pH se relacionó ligeramente con la percepción de color, forma y tamaño de fruto. Y finalmente el contenido de SST se relacionó fuertemente con la percepción de color (Figuras 7 y 8).

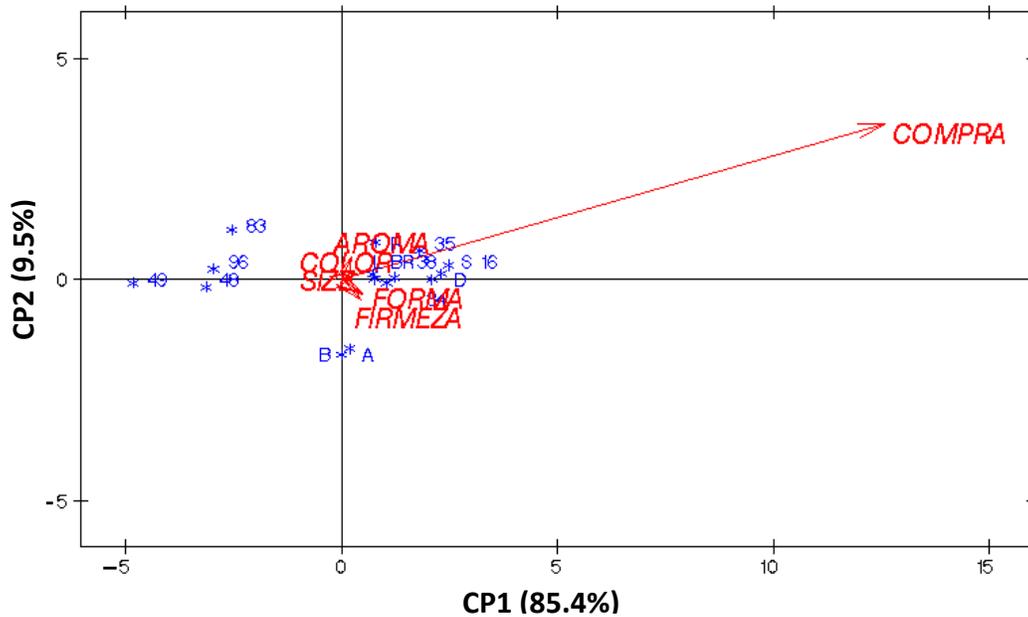


Figura 6. Análisis de Componentes Principales de Atributos de Calidad en Frutos de Poblaciones Nativas e Híbridos Comerciales de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). CP1 = Color, firmeza, forma y tamaño; CP2 = Aroma.

Al realizar correlaciones canónicas de las variables técnicas de calidad de fruto, se observó que el peso, las dimensiones y el volumen de fruto se correlacionan positivamente de forma altamente significativa ($\alpha= 0.01\%$). El peso se correlacionó positivamente de forma significativa ($\alpha= 5.0\%$) con la firmeza y moderadamente significativa ($\alpha= 1.0\%$) con el contenido de ácido ascórbico. Las dimensiones del fruto se correlacionan positivamente de forma moderada con la firmeza y el contenido de SST; y se correlaciona negativamente de forma significativa ($\alpha= 5.0\%$) con el pH y el contenido de ácido ascórbico. El volumen y pH de fruto se correlacionaron negativamente de forma moderada ($\alpha= 1.0\%$). Y la firmeza y el contenido de SST se correlacionaron negativamente de forma significativa ($\alpha= 5.0\%$).

Al realizar el análisis de competitividad en los frutos tipo bola, el híbrido comercial Daniela registró en los atributos de color, forma y tamaño calificaciones de 6 (Me gusta) y en cuanto a firmeza y aroma se calificó con 5 (Me gusta poco) según la percepción del consumidor. Ninguna población nativa fue comparable con el híbrido comercial (Figura 6). En un estudio realizado al híbrido comercial tipo bola “Carmen” (Sissi y José, 2002), se encontró que en todos los atributos de calidad evaluados, éste fruto presentó una calificación equiparable de 6 (Me gusta). Al hacer las comparaciones entre los híbridos comerciales es evidente que el desarrollo de éstos materiales tiende a satisfacer las necesidades del consumidor. La casa de la calidad permitió establecer parámetros fundamentados en necesidades del consumidor, en donde para el caso del jitomate tipo bola, los valores óptimos fueron: 166.5 g de peso, 3869 mm² de dimensiones, un volumen de 182.5 cc³, una densidad de 0.91 g mL⁻¹ y una firmeza de 3 N en la etapa rojo firme (maduro).

En el análisis de competitividad de frutos tipo saladette, el híbrido comercial Sun7705 fue calificado por el consumidor como 6 (Me gusta) en los atributos de color, forma, tamaño y firmeza; además de ser calificado como 5 (Me gusta poco) en los aromas. Comparando las poblaciones nativas con el híbrido, la población 16 resalta debido a que recibió las mismas calificaciones para cada atributo de calidad comercial; por tanto, se puede establecer a la población 16 como una población con alta probabilidad de éxito para ser comercializable. Según la QFD, un fruto tipo saladette idóneo para el consumidor debe tener un peso de 91 g, 3264 mm² de dimensión, 93 cc³ de volumen, con una densidad de 1.05 g mL⁻¹ y 3.69 N de firmeza.

CONCLUSIONES

En general el consumidor de la muestra en estudio, basa su decisión de compra en tres atributos: firmeza, forma y color en etapa de maduración de fruto rojo firme; categorizados como muy importantes, sin embargo, cuando el consumidor compra de forma esporádica, o sea, bajo condiciones de transeúnte no considera la firmeza o forma.

Se encontró que dentro de la gama de tonalidades del color rojo que puede presentar un fruto de jitomate en etapa rojo firme, el color rojo brillante ($L^*= 41.4$, $a^*= 28.2$, $b^*= 29.9$) obtuvo el mayor porcentaje de aceptación extremo, por lo cual se propone como color estándar.

Los consumidores con grado académico de bachillerato, licenciatura o postgrado refieren menor importancia en la calidad y sanidad del jitomate que consumen en comparación a los consumidores de menor escolaridad.

El empleo de la función de despliegue de la calidad generó dos casas de la calidad: una enfocada a frutos tipo bola y una segunda enfocada a frutos tipo saladette. Ambas casas establecieron parámetros técnicos específicos idóneos para el consumidor que pueden ser utilizados como estándares para cada tipo de fruto.

El estudio de competencia mostró que el híbrido Daniela y la población 35 tuvieron la mayor aceptación en cuanto a los atributos de calidad; además, estos dos cultivares más la población nativa 38 mostraron tener la mayor intención de compra, por lo cual, la población 35 y 38 son factibles de ser comercializables y capaces de competir con el híbrido comercial.

En el caso de frutos tipo saladette, el híbrido Sun7705 y la población nativa 16 presentaron frutos con atributos muy aceptables para el consumidor. Las poblaciones nativas 16 y 34 demostraron tener la capacidad de ser comercializables con éxito, en función de las intenciones de compra registradas, lo que las facultó de competir con éxito con el híbrido Sun7705.

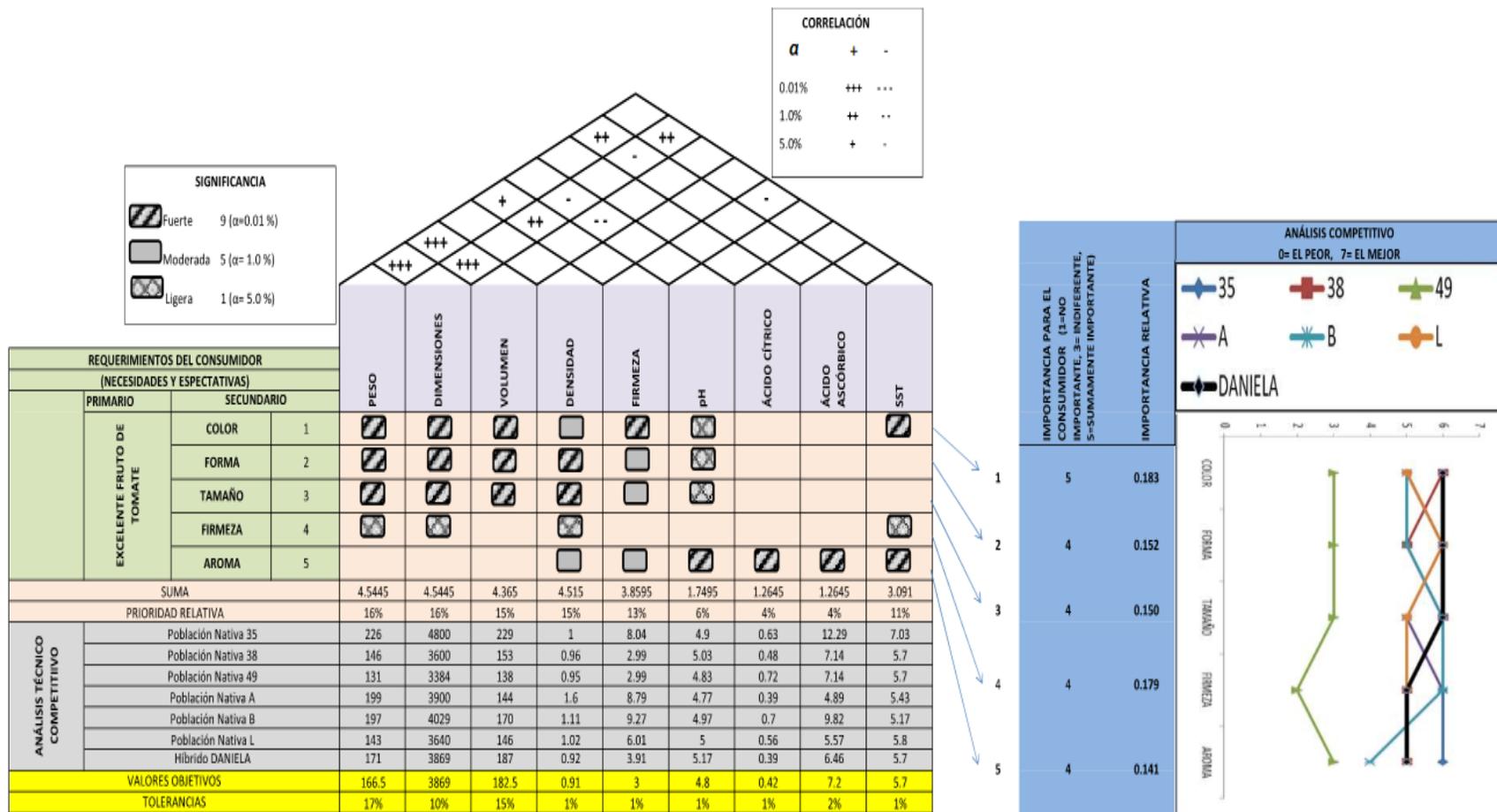


Figura 7. Casa de la Calidad para Poblaciones Nativas e Híbrido Comercial de Jitomate (*Solanum lycopersium* L.) Tipo Bola.

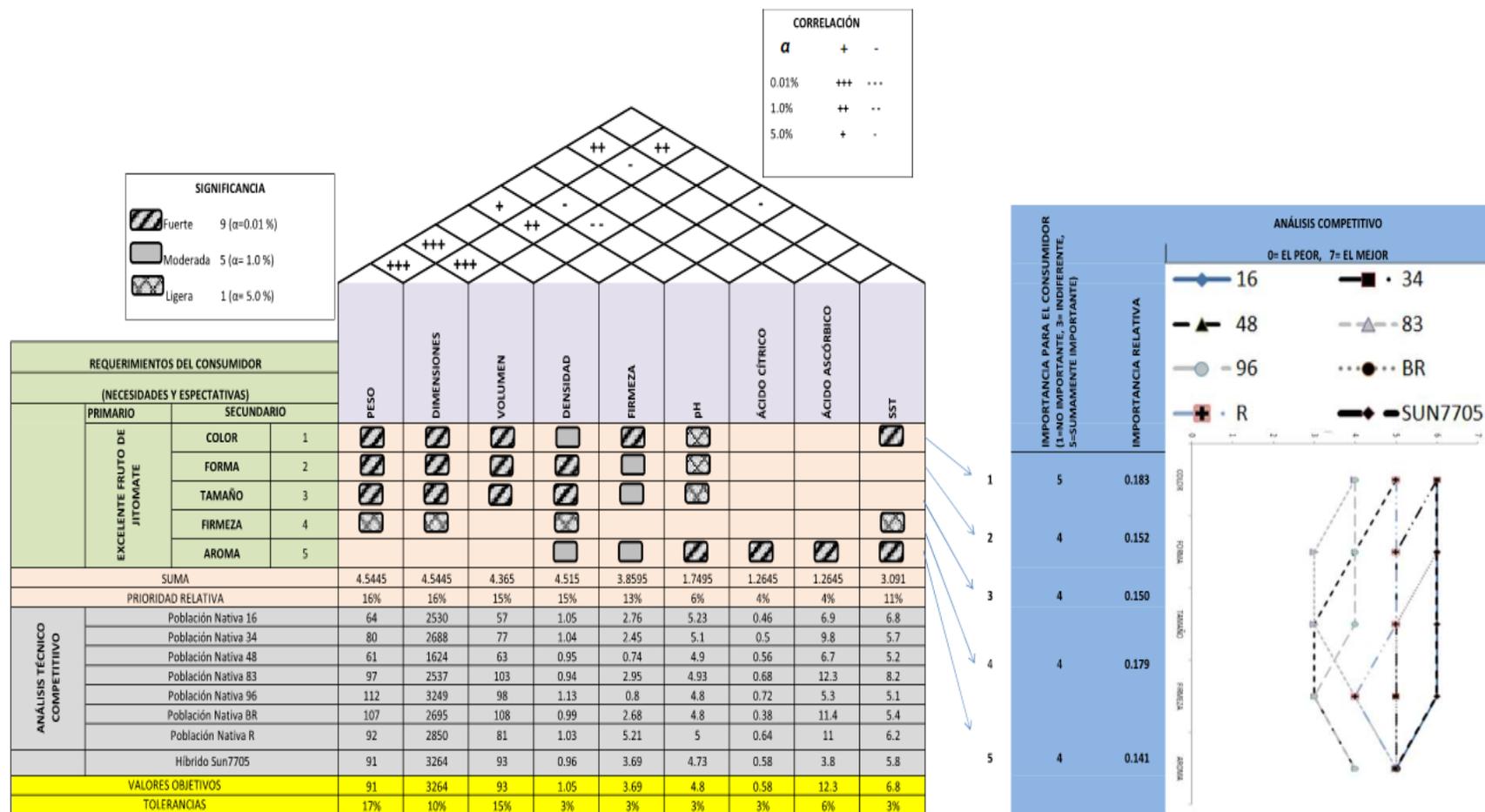


Figura 8. Casa de la Calidad para Poblaciones Nativas e Híbrido Comercial de Jitomate (*Solanum lycopersium* L.) Tipo Saladette.

LITERATURA CITADA

Acevedo P., I., O. García, J. Contreras e I. Acevedo. 2009. Elaboración y evaluación de las características sensoriales de un yogurt de leche caprina con jalea semifluida de piña. *Revista UDO Agrícola* 9(2):442-448.

Aguilar M. O., Y. P., J. L. Valdés M., N. I. González-Arratia L. y S. González E. 2013. Los roles de género de los hombres y las mujeres en el México contemporáneo. *Enseñanza e Investigación en Psicología* 18(2):207-224.

AMAI. 2011. Preguntas frecuentes en relación con el nivel socioeconómico AMAI. Datos, diagnóstico y tendencias. No. 26 Año 17. Consultado el 31 de agosto de 2015 en http://www.amai.org/revista_amai/abril_junio_2011/revista_abril_junio_2011.pdf.

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

Bai, L. and P. Lindhout. 2007. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gained in the future?. *Annals. of Botany* 100:1085-1094.

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

Bergougnoux, V. 2014. The history of tomato: from domestication to biopharming. *Biotechnology Advances* 32:170-189.

Berrospe-Ochoa, E. A., V. M. Ordaz- Chaparro, M. N. Rodríguez-Mendoza y R. Quintero-Lizaola. 2012. Cachaza como sustrato para la producción de plántulas de tomate. *Rev. Chapingo S. Hort.* 18:41-156.

Blanca, J., J. Montero-Pau, C. Sauvage, G. Bauchet, E. Illa, M. José D., D. Francis, M. Causse, E. van der Knaap, J. Cañizares. 2015. Genomic variation in tomato, from wild ancestors to contemporary breeding accesions. *BMC Genomics* 16:257.

Bouchereau, V. and H. Rowlands. 2000. Methods and techniques to help quality function deployment (QFD). *Benchmarking: An International Journal* (7)1:8-19.

Casierra-Posada, F., J. A. Arias-Aguirre y C. A. Pachón. 2013. Efecto de la salinidad por NaCl en híbridos de tomate (*Lycopersicum esculentum* M.). *ORINOQUIA* 17(1):23-29.

FAOSTAT. 2005. Food and Agricultural Organization of the United Nations Statistics Division. Consultado el 7 de agosto de 2015 en <http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E>.

Granados S., D., G. F. López R. y M. Á. Hernández-García. 2009. Recursos genéticos biotecnología y propiedad intelectual. *Rev. Chapingo Serie Forestales y del Ambiente* 15(2):127-140.

Grose, R. 2015. Jitomate (tomate rojo). Consultado el 7 de agosto de 2015 en <http://comidamexicana.about.com/od/IngredientesYUtensilios/g/Jitomate.htm> .

Long, J. 1995. De tomates y jitomates en el siglo XVI. Centro de Estudios de Cultura Náhuatl, UNAM. Consultado el 7 de agosto de 2015 en <http://www.historicas.unam.mx/publicaciones/revistas/nahuatl/pdf/ecn25/463.pdf>.

OCDE. Organization for Economic Co-operation and Development. 2002. International Standardisation of Fruit and Vegetables. Tomatoes. 98 p. Consultado el 1 de septiembre de 2015 en <http://www.oecd.org/tad/code/46597842.pdf>

OCDE. Organization for Economic Co-operation and Development. 2009. Guidance on Objective Tests to Determine Quality of Fruits and Vegetables and Dry and Dried Produce. 37 p. Consultado el 1 de Septiembre de 2015 en https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/EN/02_ControlLicensing/01_Qualitaetskontrolle/BestimmungFruechteEN.pdf?__blob=publicationFile.

Ochoa B., R. 2013. La alimentación de los mexicanos. Mercados y Comercialización InfoAserca. Consultado el 28 de agosto de 2015 en <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/236/ca236-3.pdf>.

Oltman, A. E., S. M. Jervis and M. A. Drake. 2014. Consumer Attitudes and Preference for Fresh Market Tomatoes. *Journal of Food Science* 70(10): S2091-S2097.

Pinheiro, J., C. Alegría, M. Abreu, E. M. Goncalves and C. L. M. Silva. 2015. Influence of postharvest ultrasound treatments on tomato (*Solanum lycopersicum*, cv. Zinac) quality and microbial load during storage. *Ultrasonics Sonochemistry* 27:552-559.

Rios- Osorio, O., Chávez-Servia J. y Carrillo-Rodríguez J. C. 2014. Producción tradicional y diversidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo: un estudio de caso en Tehuantepec-Juchitán, México. *ASyD* 11:35-51.

Rodríguez, G. R., J. H. Pereira da C., G. R. Pratta, R. Zorzoli y L. A. Picardi. 2013. Recursos genéticos y genómicos para mejorar la calidad de fruto en tomate. *AGROMENSAJES* 35:30-34.

Román, S., C. Ojeda-Granados y A. Panduro. 2013. Genética y evolución de la alimentación de la población en México. *Revista de Endocrinología y Nutrición* 21(1):42-51.

SIAP. 2015. Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Consultado el 7 de agosto de 2015 en <http://www.siap.gob.mx/produce-39-toneladas-jitomate/>.

Singh-Ackbarali¹, D. and R. Maharaj. 2014. Sensory evaluation as a tool in determining acceptability of innovative products developed by undergraduate students in food science and technology at The University of Trinidad and Tobago. *Journal of Curriculum and teaching* 3(1):10-27.

Sissi K., J. y José T., J. 2002. Desenvolvimento de tomate de mesa, com o uso do método QFD (Desdobramento da Função Qualidade), comercializado em um supermercado. *Horticultura Brasileira* 20(3):490-496.

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

CAPITULO VII

CONCLUSIÓN GENERAL

Teniendo presente que el consumidor prefiere comprar el jitomate en la etapa de maduración de fruto rojo firme y basa la compra en un color rojo brillante ($L^*= 41.4$, $a^*= 28.2$, $b^*= 29.9$), forma y firmeza de fruto, además de que estos atributos son altamente valorados por la población con niveles académicos menores al bachillerato que observan la calidad y sanidad del fruto; se identificaron a las poblaciones provenientes de Chilapa, Guerrero y Zinacantepec, Puebla, como las poblaciones nativas capaces de competir de manera comercial con los híbridos actualmente cultivados, teniendo la ventaja competitiva de presentar mayores contenidos de ácido ascórbico, lo que apoyara a la nutrición del individuo, además de ser materiales considerados como rústicos y adaptados a las condiciones agroclimáticas del país.

CAPITULO VIII

ANEXO

TABLAS DE CALIDAD POBLACIONES NATIVAS E HÍBRIDOS COMERCIALES









CALIDAD POBLACIÓN

"38"

Peso
146 ± 22 g

Ácido Cítrico
(% 100 g⁻¹)
5.3 ± 1.6

Dimensiones
48 ± 2 mm polar
75 ± 3 mm ecuatorial
71 ± 4 mm lateral

DR. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA

pH
5.0 ± 0.2

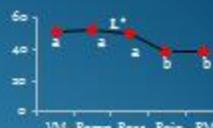
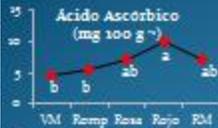


Volumen
153 ± 17 CC



CALIDAD POBLACIÓN

"38"



DR. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA

ELABORÓ:
M.C. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA

ROJO STD:
L: 33 ± 80 B: 67





CALIDAD POBLACIÓN

"49"

Peso
131 ± 54 g

Ácido Cítrico
(% 100 g⁻¹)
8.6 ± 4

Dimensiones
46.6 ± 6 mm polar
72 ± 11 mm ecuatorial
69 ± 11.5 mm lateral

DR. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA

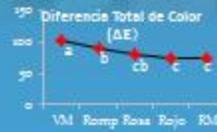
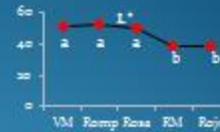
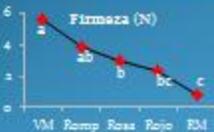
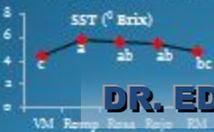
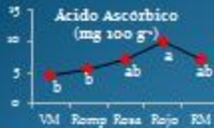
pH
4.8 ± 0.1

Volumen
138 ± 58 cc



CALIDAD POBLACIÓN

"49"



ROJO STD:
L: 55 a: 60 B: 69

ELABORO:
M.C. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA





CALIDAD POBLACIÓN

"96"

Densidad
 1.08 ± 0.19

Peso
 111 ± 39 g

Dimensiones
 57 ± 7 mm polar
 57 ± 10 mm ecuatorial

Ácido Cítrico

DR. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA

pH
 3 ± 0.1

SST (° Brix)
 6 ± 0.7

Volumen
 102 ± 28 CC

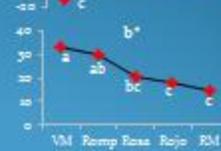
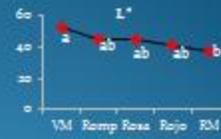
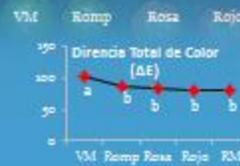
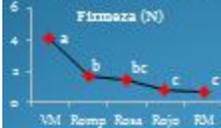


CALIDAD POBLACIÓN

"96"



DR. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA



ROJO STD:
L: 33 a: 20 B: 69

ELABORO:
M.C. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA





CALIDAD POBLACIÓN

"B"

Peso
 197 ± 33 g

Ácido Cítrico
(% 100 g⁻¹)
 5 ± 1

Dimensiones
 51 ± 4 mm polar
 79 ± 6 mm ecuatorial

DR. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA



Ácido Ascórbico
(mg 100 g⁻¹)
 7 ± 4

Volumen
 170 ± 4 cc

SST (° Brix)
 5 ± 0.6

Densidad
 1.17 ± 0.09

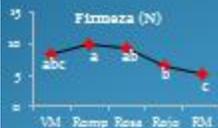


CALIDAD POBLACIÓN

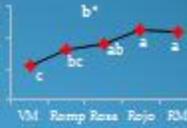
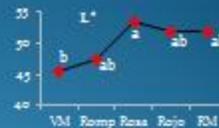
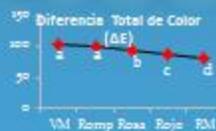
"B"



DR. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA



VM Romp Rosa Rojo RM



ROJO STD:
L: 53 a: 20 B: 69

ELABORO:
M.C. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA







CALIDAD POBLACIÓN

"BR"

Peso
 91.33 ± 32.26 g

Ácido Ascórbico
(mg 100 g⁻¹)
 4.98 ± 1.4

Dimensiones
 48.78 ± 6.8 mm polar
 54.78 ± 7.5 mm ecuatorial

DR. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA



SST (° Brix)
 5.75 ± 0.5

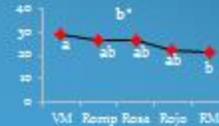
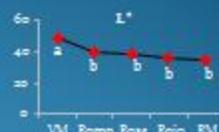
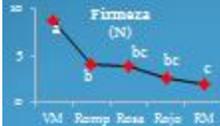
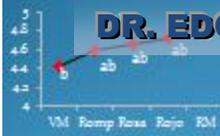
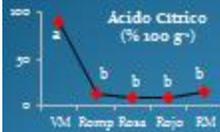
Densidad
 0.97 ± 0.10

Volumen
 93.73 ± 32.62 CC



CALIDAD POBLACIÓN

"BR"



ROJO STD:
L: 33 a: 20 B: 69

ELABORO:
M.C. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA



CALIDAD HÍBRIDO "DANIELA"

Peso
171 ± 27 g

Ácido Ascórbico
6.4 ± 0.28 mg 100 g⁻¹

Dimensiones
54 ± 3 mm polar
73 ± 5 mm ecuatorial

Densidad
0.973

DR. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA



pH
5.2 ± 0.2

Ácido Cítrico
3.5 ± 0.7 % 100 g⁻¹

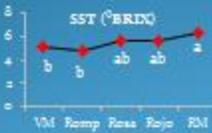
Volumen
187 ± 27.5 cc



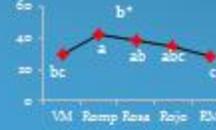
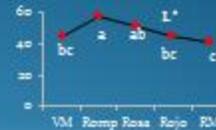
CALIDAD HÍBRIDO "DANIELA"



DR. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA



ROJO STD:
L: 33 a: 8a B: 69



ELABORÓ:
M.C. EDGAR ALEJANDRO BERROSPE OCHOA

