

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FITOMEJORAMIENTO



Selección de Genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) por su  
Rendimiento y Calidad de Fruto, en Buenavista, Saltillo, Coahuila

Por:

**ALEJANDRO VÁZQUEZ SANDOVAL**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Selección de Genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum L.*) por su  
Rendimiento y Calidad de Fruto, en Buenavista, Saltillo, Coahuila

Por:

**ALEJANDRO VAZQUEZ SANDOVAL**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

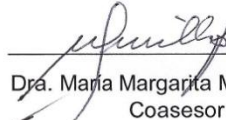
Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Fernando Borrego Escalante  
Asesor Principal



Ing. María de Lourdes Hernández  
Hernández  
Coasesor



Dra. María Margarita Murillo Soto  
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo Coahuila México.  
Diciembre 2017

## **Agradecimientos**

**A mi “Alma Terra Mater”**, que me cobijo a lo largo de mi carrera; brindándome las herramientas y conocimientos, que me forjaron como profesionalita, de la cual me siento orgulloso.

**Al Dr. Fernando Borrego Escalante**, por brindarme la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo, por alentarme a ser mejor persona a no ser conformista, a que explote y siga explotando mi potencial y que vea el mundo de diferentes formas, por gravarme en el pensamiento que el conocimiento y el ser culto te separa de lo básico. Gracias Dr.

**A la Dra. Margarita Murillo Soto**, por fomentar en mí el hecho de no ser tan elemental, a explorar y conocer más el mundo, y fomentar mi propio criterio, Gracias de corazón querida maestra.

**A la Ingeniera María de Lourdes Hernández Hernández**, alias Lulú, por apoyarme en cualquier decisión que tomé durante mi estancia en la universidad, por alentarme a seguir adelante, por hacerme ver lo que era bueno y no para mí, y por enseñarme que a cualquier dificultad la debemos enfrentar con una sonrisa, Gracias Lulú.

**Al Dr. Francisco A. Gordillo Mendoza**, que implemento mis conocimientos sobre los trabajos en los que me desarrolle, y por ser un buen amigo que siempre me motivo a salir a adelante haciéndome ver que el conocimiento es la verdadera riqueza del ser humano.

**A la Ingeniera Verónica Guadalupe Robes Salazar**, por haberme aguantado todo el tiempo, por el apoyo que me dio durante mis últimos semestres y por la ayuda mutua que nos tuvimos durante en nuestro trabajo de tesis.

**A la futura Ingeniera Estefany Contreras Gordillo**, por tener una amistad muy buena y por pasar mucho momento tan buenos y divertidos y pensar: ¿Qué haría yo sin esta loca? Éxito Fany.

**A mis compañeros de la Generación CXXIV**, por haber compartido muchas buenas y malas experiencias, por divertirnos, espero que tengan éxito como profesionalitas y como personas.

**A mis amigos Rodrigo Grimaldo Santana y César Eduardo Manzano Cabrera**, amigos somos tan diferentes los tres pero eso que importa, me enseñaron a ser fuerte, pero hemos formado una amistad muy grandiosa, de ti Grimaldo aprendí que la vida es divertida y más si es bailando y si es en una fiesta mucho mejor, y tu Manzano que puedo decir de ti, amigo me has enseñado a enfrentar la vida como sea necesario si es a golpes pues ni modo, me mostraste que no me afecte el qué dirán, pero en fin que gran aventura hemos pasado.

**Al Ing. Miguel Ángel Ariza Becerra**, amigo eres de las pocas personas con las que he vivido buenos ratos, en los que pasamos buenas pláticas nada vulgares y elementales.

## Dedicatoria

**A Dios**, por haberme brindado una vida tan buena por retarme a ser mejor cada día y por ofrecerme una hermosa familia, por unos amigos maravillosos y por ponerme a personas que me ayudaron y algunas otras que me hicieron más fuerte.

**A mis padres, Don Alberto Vázquez Domínguez y Doña Ardelia Sandoval Sauza**, padres heme aquí desarrollado con un sueño, que me propuse a cumplirlo, y ustedes con el afecto que me tienen me han hecho realizarlo, este logro no es solo mío sino también de ustedes, gracias por el amor, por educarme y el guíame por un buen camino para formar un hombre de bien.

**A mis hermanos M. Andrea, Alberto, Erika J., y el pequeño Daniel**, hermanos comparto mi inmensa dicha de haber alcanzado este logro, esperando y ustedes cumpla los suyos no importa si no es una carrera que sea lo que ustedes amen y deseen con anhelo, es por eso por lo que tenemos que luchar.

**A mis abuelos Don Agustín Sandoval, Doña Regula Sauza, Don Lauro Camacho y Doña Petra Domínguez**, por decirme que no me avergüence de lo que soy de donde provengo de mi cultura y enseñarme a quererla, amar y conservar la tradición que nos identifica.

**A mi querida tía Doña Andrea Domínguez Gutiérrez**, tía he logrado un objetivo en la vida, por medio del amor, apapachos y los cuidados que me diste, a ser mejor cada día, aunque la vida me golpe levantarme y buscar la s

## ÍNDICE

Agradecimientos .....	i
Dedicatoria .....	iii
ÍNDICE DE CUADROS. ....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS. ....	viii
APÉNDICE .....	ix
RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	3
Objetivo general .....	5
Objetivos específicos.....	5
Hipótesis.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
Origen del cultivo de Tomate.....	6
Clasificación taxonómica del Tomate.....	6
Clasificación taxonómica (Foolad 2007).....	7
Requerimientos del cultivo.....	7
Mejoramiento genético.....	7
CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD.....	9
Licopeno .....	9
Vitamina C.....	10
Grados brix y Sólidos Solubles. ....	11
pH.....	12
Sabor .....	12
Numero de lóculos .....	12
Color .....	12
Tamaño.....	13
Forma .....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
Localización y conducción de la investigación. ....	15
Material genético.....	15
ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO.....	16
Siembra del material genético.....	16
Trasplante .....	16

Tutorado .....	16
Podas .....	17
Riegos .....	17
Densidad .....	17
Fertilización.....	17
Calidad de fruto .....	18
Análisis Estadístico. ....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
CONCLUSIONES.....	32
LITERATURA CITADA.....	34
APÉNDICE .....	39

## ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1.	Clasificación por tamaño del Tomate según Norma mexicana de diámetro de frutas, 1982 tipo bola.....	13
Cuadro 2.	Clasificación por tamaño del Tomate según Norma mexicana de diámetro de frutas, 1982 tipo alargado.....	13
Cuadro 3.	Material Genético utilizado, progenitores, híbridos, líneas y testigos.....	15
Cuadro 4.	Fuentes para la dosis de fertilización.....	17
Cuadro 5.	Análisis de varianza (cuadrados medios) para seis variables de calidad en 26 genotipos de Tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2016.....	22
Cuadro 6.	Análisis de varianza (cuadrados medios) para seis variables de Rendimiento en 26 genotipos de Tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2016.....	23
Cuadro 7	Porcentaje de heterosis en diferentes variables en 8 híbridos de Tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. Buenavista Saltillo Coahuila, 2016.....	30
Cuadro 8	Valores Ponderados en 26 genotipos de Tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. Buenavista Saltillo Coahuila, 2016.....	31



## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1	Estructuras químicas de carotenoides en Tomate (Perera <i>et al.</i> , 2007).....	10
Figura 2	Comportamiento de 26 genotipos de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en las variables, RTOTHA (Rendimiento Toneladas por hectárea), VIT C (Vitamina C) y LICOPENO (licopeno).....	24
Figura 3	Comportamiento de 26 genotipos de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.), en las variables de RTOTHA (rendimiento toneladas por hectárea), PPFTO (peso promedio de fruto) y LICIOPEÑO (Licopeno).....	25
Figura 4	Comportamiento de 26 genotipos de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.), en las variables de RTOTHA (rendimiento toneladas por hectárea), PPFTO (peso promedio de fruto) y VIT C (Vitamina C).....	26
Figura 5	Comportamiento de 26 genotipos de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.), en las variables de RTOTHA (rendimiento toneladas por hectárea), °BRIX (Grados Brix) y VIT C (Vitamina C).....	27
Figura 6	Comportamiento de 26 genotipos de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.), en las variables, °BRIX (Grados Brix) LICOPENO (Licopeno) y VIT C (Vitamina C).....	28
Figura 7	Comportamiento de 26 genotipos de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.), en las variables de RTOTHA (rendimiento toneladas por hectárea), PPFTO (Pesos Promedio del Fruto) y IC (Índice Cosecha).....	29

## APÉNDICE

Cuadro a.1	Comparación de medias (Tukey) para variables de calidad y rendimiento en 26 genotipos de Tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en Buenavista Saltillo Coahuila, 2016.....	39
------------	---	----

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el propósito de seleccionar los mejores genotipos de Tomate para rendimiento y calidad, en la localidad de Buenavista, Saltillo, Coahuila, en parámetros agronómicos y de calidad de fruto. El experimento se realizó en el lote experimental ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), que se encuentra localizada al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila de Zaragoza, a 25°22', latitud Norte; 101°00', longitud W, con una altitud 1742 msnm. Se utilizaron 26 materiales genéticos (de las cuales hay ocho cruces) genotipos que son materiales que provienen del área de Fisiotecnia del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN, y que fueron comparados con 4 testigos comerciales.

Las variables que se evaluaron fueron caracteres de Rendimiento DP (Diámetro Polar) DE (Diámetro Ecuatorial), PESO (Peso Promedio del Fruto) RTO (Rendimiento Toneladas por Hectárea), TAM (Tamaño). Las variables para evaluar calidad de fruto fueron pH (Potencial de iones Hidrógeno), °BRIX (Grados Brix), VITC (Vitamina C), LICOP (Licopeno), COL (Color), NUMLOC (Número de Lóculos).

Para analizar y poder interpretar los datos se utilizó el programa estadístico Statitital Analysis System (SAS) versión 9.0. y para las figuras, el programa estadístico STATISTICA versión 7.0. Se utilizó un diseño de bloques completos al azarcón prueba de Tukey para las medias.

Los genotipos que sobresalieron en cuanto a los factores RTOTHA (Rendimiento Toneladas por hectárea), VIT C (Vitamina C) y LICOPENO (licopeno) fueron Y41(Y4xR1), L1(Y4xR1) Rio Grande, Y533, Y4xR1 y F3xY533.

Los genotipos que sobresalieron en cuanto a los factores °BRIX (Grados Brix), pH (Potencial de Hidrógeno), y COL (Color), fueron R1, S1xL1, Y4xR1, Y41, Y41(Y4xR1), F3(Y4xR1), F3 y Y533.

El material K3xY41 presento tener porcentajes positivos y considerables en cuanto a heterosis en las variables de rendimiento y contenido nutricional lo que significa que es recomendable proseguir con el programa de mejoramiento.

El los mejor material en para calificación final se encuentra le materia Y41(Y4XR1) con 79.25 de calificación final siendo un material de habito indeterminado, tipo saladette, el segundo fue el R1 con 72.73calificacion este materia es de tipo bola de habito determinado.

**Palabras clave.** Tomate, *Solanum lycopersicum* L. Calidad, Rendimiento, Heterosis, Saltillo.

## INTRODUCCIÓN

En México, el Tomate o jiTomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia por su superficie cultivada, por las divisas y el número de empleos que genera, y por su valor alimenticio y cultural (Martínez *et al.*, 2016).

Es originario de las laderas de los Andes, en América del Sur. Pero, hoy en día, se cultiva extensamente tanto en los países de clima templado como en los tropicales. Su cultivo se desarrolló en México y su consumo era habitual en la comida indígena, según describe Bernardino de Sahagún hacia 1557 en su Historia General de las Cosas de la Nueva España. Es posible que las primeras variedades llevadas por los colonizadores españoles fueran amarillas, puesto que al llegar a Italia le llamaron pomodoro (manzana de oro). Hasta el siglo XVIII no se encuentra el Tomate en los recetarios de cocina, dato difícil de entender ahora cuando prácticamente es invitado en todas las mesas del mundo. Es rico en agua, contiene potasio, calcio, magnesio, fósforo, altos contenidos de Licopeno (antioxidante) y las vitaminas A y C. Es diurético y laxante. Los Tomates constituyen un alimento excelente para aquellos que deseen adoptar una dieta natural. Presentan en su composición una serie de elementos que resultan muy adecuados para desintoxicar el organismo y prevenir la aparición de muchas enfermedades. El licopeno es un componente al cual deben su coloración roja, con propiedades similares al beta caroteno de las zanahorias, que tiene propiedades anticancerígenas. Otra función del licopeno reduce las probabilidades de cáncer de próstata, vejiga, pulmón, estómago y cuello del útero. Este aparece en los tomates frescos, pero especialmente en los cocinados, dado que la cocción ayuda a liberar este elemento y facilitar la absorción por el organismo. El Tomate es muy rico en potasio, mineral que interviene en la regulación de los líquidos corporales así como en el buen estado de los nervios, el corazón y músculos. Junto con el calcio, muy abundante también en el Tomate, interviene en la formación de los huesos.

El Glutati3n es otro componente con propiedades antioxidantes demostradas, que ayuda a eliminar los radicales libres, responsables de la aparici3n de muchas enfermedades entre las que se encuentra el c3ncer. Es un elemento muy adecuado en la eliminaci3n de las toxinas del cuerpo, especialmente de los metales pesados, que producen deterioro del organismo por acumulaci3n de los mismos. Se ha comprobado c3mo el tomate ayuda a eliminar eficazmente el plomo. Adem3s de esta propiedad, se debe resaltar su capacidad para rebajar la presi3n arterial, favorecer el buen estado del h3gado o prevenir el eczema. Otro elemento es la vitamina A, que fue la primera vitamina descubierta en 1913; ayuda al crecimiento celular, manteniendo los huesos y los dientes en buen estado, ayudando al sistema inmunol3gico a combatir las infecciones, y a mantener una buena salud ocular. Cuando se descubri3, se pens3 que solamente se pod3a obtener de los animales, concretamente del h3gado y del huevo. M3s tarde se descubri3 que pod3a obtenerse a trav3s de los carotenos y especialmente del beta-caroteno, que se encuentra en muchos alimentos vegetales especialmente la zanahoria (Bionaturm3xico, 2016).

El cultivo de tomate se realiza ampliamente en todo el pa3s, en ambos ciclos agr3colas y bajo variados sistemas de producci3n. Durante el a3o 2015 se report3 que en el pa3s se sembr3 una superficie de 50 595.56 ha, de las cuales 892.24 ha fueron p3rdidas a causa de siniestro, dando as3 una superficie cosechada de 49 703.32 has, con un rendimiento de 62.34 t ha<sup>-1</sup>. De los principales estados productores de tomate Sinaloa es el mayor productor, con una producci3n de 849,341.95 t; seguido por Michoac3n, con 223,677.84 t, Zacatecas con 145,234.17 t, Baja California 220,847.72 t y San Luis Potos3 221,561.27 t, (SIAP 2015).

Es el cuarto cultivo m3s importante en el mundo, despu3s del arroz, trigo y soja. Por lo cual los h3bridos de esta especie son importantes debido a su alto rendimiento y uniformidad, los mejoradores est3n en busca de nuevos h3bridos, donde la heterosis y la aptitud combinatoria espec3fica sean buena

fuente para la mejor selección de híbridos, mientras que la aptitud combinatoria general propone al mejor padre combinado para el mejoramiento (Singh, 2016).

### **Objetivo general**

- Seleccionar los mejores genotipos de Tomate en base a su rendimiento y calidad nutricional.

### **Objetivos específicos**

- Determinar características relacionadas con rendimiento del cultivo.
- Determinar características relacionadas con Grados Brix, pH, Vitamina C y Licopeno.
- Estimar la heterosis con base en la media de ambos progenitores, en relación a los híbridos F1.

### **Hipótesis**

Al menos una de las cruzas superará a sus progenitores, en rendimiento, y contenido nutricional.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Origen del cultivo de Tomate.**

El tomate es originario de América del Sur, de la región andina, particularmente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile. Sin embargo, su domesticación fue llevada a cabo en México. En este país se le dio el nombre de jitomate, que procede del náhuatl xictli, ombligo y tomatl, Tomate, que significa tomate de ombligo (SAGARPA 2010).

El Tomate de los aztecas era una forma de *Physalis* y una especie de *lycopersicum* probablemente ceraciforme, bilocular, le llamaron "Tomate", lo cual se transformó en multilocular. Cuando se descubrió América ya se usaba en México el término jitomate, el cual gradualmente va siendo sustituido por Tomate (Cásseres, 1981).

Las especies del género *Solanum* tienen una amplia distribución geográfica, estando presentes en todos los continentes y zonas climáticas, y destacan por su gran diversidad morfológica, períodos de vida y nichos ecológicos que ocupan (Knapp, 2002).

### **Clasificación taxonómica del Tomate.**

El Tomate pertenece a la familia Solanaceae. Esta familia es una de las que más diversificación ha experimentado dentro del orden Solanales. Se estima que el número de especies de esta familia está en el rango de 9,000- 10,000 especies, y en el caso particular del género *Solanum* al que pertenece el Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en aproximadamente 2,000 especies. Entre éstas se incluyen muchas de gran interés agronómico como la papa, el tabaco, el pimiento, la berenjena y la petunia (Knapp, 2002).



## **Clasificación taxonómica (Foolad 2007)**

Reino: Plantae

Subreino: Spermatophyta

Clase: Magnoliospsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Suborden: Solanineae

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum*

## **Requerimientos del cultivo**

Temperatura: La óptima oscila durante el día entre 23°C y durante la noche entre 13-17°C.

Humedad: Oscila entre 60 y 80%.

Luminosidad: 0.85 Mega Joules por m<sup>2</sup> óptimos para la floración y cuajado.

Suelo: pH de 6.2 a 6.8 (SAGARPA 2010).

## **Mejoramiento genético.**

El Tomate o jiTomate es una de las principales hortalizas cultivadas en México y en el mundo; sin embargo, presenta una reducida variación genética resultado de su proceso de domesticación y de su sistema de reproducción por autogamia (Parra Gómez *et al.* 2016). El consumidor demanda una mejor calidad y sabor, disponibilidad todo el año, es importante que los encargados en el mejoramiento tengan los conocimientos sobre los factores genéticos y bioquímicos que se encuentran involucrados en el

cultivo (Kuzano Fukushima, 2013). El mejoramiento genético se ha orientado al rendimiento, adaptación a condiciones cálidas y húmedas, resistencia a enfermedades y calidad de fruto (Hernández *et al.* 2013). Los Fitomejoradores, en particular las instituciones públicas, tienen el interés en la reducción de algunos impactos negativos en la agricultura, en el ecosistema y en la creación de nuevos paradigmas agrícolas (Brummer *et al.* 2011).

Cuando cruzamos dos líneas puras (homocigóticas) generalmente se obtiene una descendencia que es superior en casi todas las características morfológicas y fisiológicas. Presentar heterosis significa superioridad en cuanto a determinadas características con respecto a la media de los padres o más específicamente con respecto al mejor progenitor (Pirillo, 2009). La explotación de la heterosis es una de las más importantes aplicaciones de la genética en la agricultura. Sin embargo los mecanismos genéticos de heterosis sólo son en parte entendidos (Huang *et al.* 2015).

Kumar (2016) encontró una craza que podría explotarse para rendimiento de frutos por planta y número de frutos por planta, respectivamente. Donde la mayoría de los caracteres presentaron alto rango de heredibilidad. Singh (2016) desarrollo 21 híbridos a partir de medio dialélico, de las cuales 3 cruzas obtuvieron alta heterosis estándar significativa de sólidos solubles totales, ácido ascórbico, contenido de fenoles, antioxidantes y licopeno, respectivamente. Dagade (2015) encontró 3 cruzas que mostraron heterobeltiosis así como heterosis estándar, junto con la depresión endogámica aceptable para caracteres nutricionales más rendimiento, por lo tanto puede recomendarse para reproducción de líneas nutricionales mejoradas en el futuro.

## CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD.

### Licopeno

El Tomate es rico en compuestos bioactivos tales como licopeno, ácido ascórbico, vitamina E y flavonoides (Gümüşay, *et al.*, 2015). De los pigmentos lipofílicos presentes en el Tomate, el licopeno es el compuesto que se encuentra en mayor proporción, entre un 80% a 90% (Waliszewski *et al.*, 2010), su concentración puede variar de 30 a 200 mg /kg de fruta fresca y de 430 a 2950 mg /kg en base seca (Machmudah *et al.*, 2012). El licopeno es el carotenoide más abundante en el Tomate, pues comprende aproximadamente de 80 a 90% de los pigmentos presentes que es responsable de la coloración roja del Tomate y sus productos derivados, y se sintetiza exclusivamente por plantas y microorganismos. Una de las funciones del licopeno y otros compuestos relacionados con los carotenoides es la de absorber la luz durante la fotosíntesis, protegiendo a la planta contra la fotosensibilización (Waliszewski *et al.*, 2010). Otra de las funciones que efectúa es que al poseer propiedades antioxidantes protege a las células del estrés oxidativo producido por la acción de los radicales libres (Fernández *et al.*; 2007). Además, previenen bloqueos en las arterias; así como la degradación del sistema nervioso y el envejecimiento (Waliszewski *et al.* 2010).

Respecto a la dosis óptima de licopeno, no hay normas establecidas, pero hay rangos aproximados que sugieren un aporte de 4 a 6.5 mg diarios. Otros autores proponen el consumo de 10 porciones por semana (una porción es igual a media taza de salsa de Tomate pero es mejor medio Tomate o un cuarto de puré de Tomates). Esta recomendación puede lograrse a través del consumo de numerosos platos que posean al Tomate como ingrediente, para hacerse una idea, una porción de 60 gramos de puré de Tomates, que puede formar parte de una comida o de la salsa que acompaña a un alimento, puede aportar aproximadamente 10 mg de licopeno. De todas formas es

importante aclarar que el licopeno no se encuentra exclusivamente en el Tomate, está presente en otros alimentos, aunque en otras cantidades (Pulevasalud, 2010).

La estructura del licopeno es una cadena alifática formada por cuarenta átomos de carbono, con trece dobles enlaces de los cuales once son conjugados, que le confieren la particularidad de ser muy reactivo frente al oxígeno y a los radicales libres. Por estas propiedades antioxidantes resulta probablemente eficiente como agente quimiopreventivo (Vitale *et al.*, 2010). Todos los carotenoides son derivados del licopeno, que presenta una estructura cíclica (Perera *et al.* 2007).

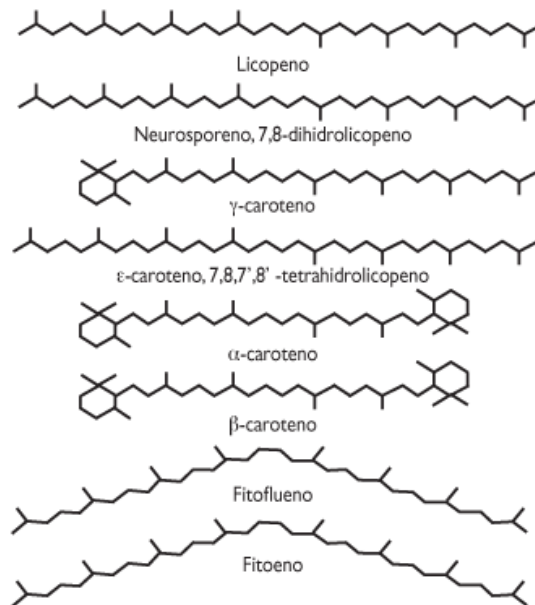


Figura 1. Estructuras químicas de carotenoides en Tomate (Perera *et al.*, 2007).

## Vitamina C

La vitamina C o ácido ascórbico es una vitamina hidrosoluble derivada del metabolismo de la glucosa. Actúa como agente reductor y es necesaria para la síntesis de las fibras de colágeno a través del proceso de hidroxilación de

la prolina y de la lisina. También protege al organismo del daño causado por los radicales libres. Los humanos no podemos sintetizar ácido ascórbico, al carecer de una enzima denominada L-gulonolactona-oxidasa. Las concentraciones en plasma y leucocitos reflejan los niveles de la dieta y los depósitos corporales, respectivamente, de dicha vitamina (Valdés, 2006).

El ácido ascórbico se absorbe con facilidad en el intestino delgado y pasa a la sangre por un mecanismo activo y probablemente también por difusión. La absorción promedio es del 90% en ingestiones entre 20 y 120 mg; sin embargo, con ingestiones muy altas, como 12 g, que se auto prescriben con frecuencia, solo se absorbe el 16%. La necesidad de esta vitamina es de 40 mg al día. Cuando nos falta vitamina C nos sentimos cansados, irritables y con dolores en las articulaciones (Cuéllar *et al.*, 2008).

El ácido ascórbico se encuentra ampliamente en frutas cítricas, vegetales de hojas crudas y Tomates. Las fresas, el melón, la col y los pimientos verdes son fuentes adecuadas, donde la guayaba predomina (Mahan, 1995).

### **Grados brix y Sólidos Solubles.**

Los grados Brix (símbolo °Brix) miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. Es una forma indirecta de determinar los sólidos solubles, principalmente glúcidos, estos grados brix se miden con un sacarímetro, que mide la gravedad específica de un líquido, o, más fácilmente, con un refractómetro. La escala brix es un refinamiento de las tablas de la escala Balling, desarrollada por el químico alemán Karl Balling (Equipos y Laboratorio de Colombia, 2015).

La calidad óptima para que el Tomate se consuma en fresco con sus condiciones ideales, se deben dejar los frutos que se maduren naturalmente en la planta para que obtenga todas sus características nutricionales, adecuada y naturalmente (Karder *et al.*, 2000). Los sólidos solubles son importantes para definir la calidad de los frutos maduros de Tomate, por lo tanto, estos deben contener más sólidos solubles cuando se destinan a la

industrialización que los tomates para consumo en fresco (González *et al.*, 1998).

## **pH**

El pH indica la cantidad acidez en el Tomate. El zumo se sitúa normalmente entre 4.2 y 4.4, siendo muy raro que se superen estos valores. (Ciruelos *et al.* 2008). Gragera (2009) estudió los valores de pH entre 4.3 y 4.5, observando que estuvieron algo por encima de lo que sería deseable en el cultivar. Esto podría atribuirse a la que la recolección realizó posteriormente óptimo de madurez.

## **Sabor**

Según Castellanos (2009), un valor superior a 4,5 °Brix corresponde a frutos de buen sabor, mientras que menos de 4,0 °Brix se relaciona con una calidad no aceptable. Según Bautista *et.al.* (2016), una manera que probablemente para establecer el sabor lo más sencillo sea evaluar solo los °Brix, a partir de esto, se puede establecer que para garantizar que un Tomate sea considerado de sabor dulce debe tener un porcentaje de sólidos solubles igual o mayor a 8,0 ° Brix.

## **Numero de lóculos**

El fruto en variedades cultivadas pluriocular o de dos lóculos, siendo la más frecuente de 5 a 9 lóculos, en estos se presentan numerosas semillas pequeñas, aplanadas amarillento-grisáceas, velludas, embebidas en una masa gelatinosa formada por el tejido parenquimático que llevan las cavidades del fruto maduro (Nuño *et al.*, 2007).

## **Color**

El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto, una apreciación que depende de cómo nuestros ojos detectan esta luz y de cómo

nuestro cerebro la procesa (Yam *et al.*, 2004). En frutos y vegetales, el cambio de color es causado por la degradación de la clorofila y el descubrimiento o síntesis de pigmentos carotenoides en los cloroplastos y cromoplastos, y los pigmentos fenólicos: antocianinas, flavonoles y pro antocianidinas (Lancaster *et al.*, 1997).

## Tamaño

El tamaño de los tomates se determina con base en su diámetro ecuatorial, utilizando la norma NMX-FF-009 (Norma mexicana de diámetro de frutas, 1982). Para los tomates tipo alargado se consideran que el tamaño de estas variedades debe ser especificado conforme el diámetro el diámetro mínimo y diámetro máximo expresados en ml. Los tomates en sus dos tipos (bola y alargado) se calibran de acuerdo con lo indicado en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Clasificación por tamaño del Tomate según Norma mexicana de diámetro de frutas, 1982 tipo bola.

Tamaño	Diámetro mínimo (1)		Diámetro máximo	
	Mm	In	Mm	In
Chico	54	(2 1/8)	58	( 2/32)
Mediano	57	(2 1/4)	64	(2 17/32)
Grande	63	(2 1/2)	71	(2 25/32)
Extra grande	70	(2 1/34)	En debate	

Cuadro 2. Clasificación por tamaño del Tomate según Norma mexicana de diámetro de frutas, 1982 tipo alargado.

Tamaño	Diámetro mínimo (1)		Diámetro máximo	
	Mm	In	Mm	In
Chico	38	(1 1/2)	52	(2 1/16)
Mediano	51	2	60	(2 3/8)
Grande	59	(2 5/16)	71	(2 13/6)
Extra grande	70	(2 3/4)	En debate	

## **Forma**

Según NMX-FF-009 (Norma mexicana de diámetro de frutas, 1982), para determinar la forma es por el índice obtenido el diámetro polar entre diámetro ecuatorial. Los tomates deben presentar la forma típica de la variedad, misma que está en función del tipo del tomate. Al evaluarse la homogeneidad del producto de acuerdo a su forma, los tomates se dividen en bien formados, razonablemente bien formados y mal formados.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y conducción de la investigación.

El presente experimento se llevó a cabo en el lote experimental ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), que se encuentra orientada al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila de Zaragoza, a 25°22', latitud Norte; 101°00', longitud W, con una altitud de 174 2 msnm. Que cuenta con una temperatura media de 16.8°C, el clima es seco, semiárido y muy extremo, que tienen lluvias en verano, con una precipitación anual que es de 320 a 450 mm (INEGI, 2008). El experimento se realizó en el ciclo primavera-verano del año 2016.

### Material genético.

Los materiales genéticos que se evaluaron comprenden 22 genotipos que son materiales que provienen del área de Fisiotecnia del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN (comprende ocho cruza), comparándose con cuatro testigos comerciales.

Cuadro 3. Material Genético utilizando, progenitores híbridos, líneas y testigos.

Progenitores		Genealogía		Líneas	Testigos
		Híbridos			
F3 <sub>BI</sub>	Y41 <sub>BI</sub>	(45x47) R1 <sub>BI</sub>	F3xY533 <sub>BI</sub>	Y4 <sub>SI</sub>	Rio Grande <sub>SD</sub>
R1 <sub>BD</sub>	K3 <sub>BI</sub>	Y41(Y4xR1) <sub>AI</sub>	L1x(S1xL1)	Q3 <sub>BD</sub>	El Cid <sub>SI</sub>
Y4xR1 <sub>SD</sub>	L1 <sub>BI</sub>	F3(45x47) <sub>BI</sub>	<sup>BI</sup> K3xY533 <sub>BI</sub>	D1 <sub>BI</sub>	FloraDade <sub>BD</sub>
Y533 <sub>SD</sub>	45x47 <sub>BI</sub>	F3(Y4xR1) <sub>BI</sub>		B2 <sub>BI</sub>	MonteCarlo <sub>BI</sub>
S1xL1 <sub>BI</sub>		K3xY41 <sub>BI</sub>		Q3xR1 <sub>BD</sub>	

Donde BI(Bola habito indeterminado), BD(Bola habito Indeterminado),SI(Saladette habito Indeterminado), SD(Saladette habito determinado)

## **ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO**

### **Siembra del material genético.**

La siembra se realizó el día 20 de mayo del 2016, utilizando charolas de 200 cavidades, que previamente se desinfectaron con agua y cloro, después se llenaron con sustrato peat-moss; se humedecieron y posteriormente se sembraron 100 semillas de cada material exceptuando las cruizas, puesto que se contaba con poca semilla. En seguida se aplicó Biozyme ts 1g/lit de agua para acelerar la germinación de la semilla. Las charolas se colocaron una sobre de la otra, se envolvieron con un plástico negro, con la finalidad de que las semillas tuvieran las condiciones necesarias para su óptima germinación, se dejaron en la bodega por 3 días y al tercer día se trasladaron al semillero para que se diera el desarrollo.

### **Trasplante**

El trasplante se llevó a cabo el día 5 de julio del 2016, se realizó de forma manual, utilizando una estaca de madera, haciendo una perforación en el suelo con un aproximado de 10 cm de profundidad, en campo abierto, en bordos de 55 m de largo y una distancia entre ellos de 1.60 m, se plantaron a una hilera a una distancia de 20 cm entre planta y planta.

### **Tutorado**

A todos los materiales genéticos se les puso un soporte en forma lateral con hilos de plástico (rafia) y tubos metálicos, a una distancia de 2 m entre ellos, para ayudar a las plantas a sostener su peso, se colocaron aproximadamente 5 hilos la distancia entre hilos fue de 25 cm, esto se empezó a realizar a un mes de trasplante.

## **Podas**

La primer poda se realizó a un mes del trasplante, posteriormente se realizaron una vez por semana. Las podas se efectuaban según el tipo de hábito de crecimiento de los materiales, los materiales indeterminados se llevaban a un tallo mientras que los de hábito determinado, dos tallos.

## **Riegos**

La aplicación de los riegos en el semillero se realizaba de forma manual para no dañar las plántulas. Los riegos en campo fueron a por medio de riego por goteo, programados cada tercer día con una duración de 1 hora. Posteriormente los riegos se estimaban dependiendo de la cantidad de humedad que contenía el suelo.

## **Densidad**

La densidad por hectárea fueron de 31250 pts ha<sup>-1</sup> puesto que las plantas se colocaron en una distancia de 20 cm entre planta y planta y 1.60 m entre cama y cama.

## **Fertilización**

La dosis de fertilización que se empleó en campo fue la siguiente 450-450-225-100 (NitCalcio), la cual se hizo en dos partes, la primera fue una fertilización de fondo aplicando la mitad de nitrógeno y todo el fósforo, potasio y calcio; la segunda parte de nitrógeno se aplicó a un mes de trasplante.

### **Cuadro 4. Fuentes para la dosis de fertilización.**

Sulfato de amonio	21-00-00
Multi NPK	13-02-44
Sulfato de potasio	00-50-00
Nitrato de calcio	15.5-00-00-26.5

## Calidad de fruto

Todos los frutos se colocaron en bolsas de papel y se llevaron al laboratorio de Fisiotecnia y ahí se guardaron hasta que estuvieran maduros, cuando alcanzaron el color rojo se llevaron las pruebas correspondientes para determinar su calidad.

Metodología para las pruebas.

1. Se registró cada uno de los tres frutos (genotipo, repetición y número)
2. Cada uno de los frutos de cada genotipo se colocó en un vaso de precipitado y se asignó a cada uno un número, cada uno de ellos representaba una repetición, en total se tenían tres repeticiones por genotipo.
3. Se tomó el color y tamaño de cada uno de los frutos y se registraron los datos en hojas de registro, posteriormente se picaron cada uno de los frutos y se molieron en cada uno de los vasos correspondientes.
4. Con el refractómetro portátil se determinó °Brix, para cada uno de los genotipos.
5. Con el potenciómetro se determinó el pH.

Determinación de vitamina C

1. Una vez ya molidos cada uno de los frutos, se tomó una muestra de 20 gramos de cada uno de los tratamientos.
2. Se le agregaron 10 ml de ácido clorhídrico al 2%.
3. Se colocaron los vasos con el agitador vortex por un tiempo de 20 minutos.
4. Cuando se terminó de agitar la muestra, se filtró el contenido en matraces Erlenmeyer agregándoles 100 ml de agua destilada.
5. Ya teniendo el contenido de los matraces, se tomó 10 ml, y se tituló con reactivo de Thielman hasta tener una coloración rosa permanente; ya teniendo este resultado se registró el gasto en mililitros consumidos del reactivo, los cuales fueron utilizados para medir el contenido de

vitamina C en cada uno de los genotipos y sus respectivas repeticiones.

La ecuación utilizada para la determinación de Vitamina C es la siguiente, de acuerdo a Chechetkin *et al.*, 1984:

$$mg100^{-1}Vitamina\ C = \frac{(a * 0.088 * VT * 100)}{VA * P}$$

En donde:

$a$ = ml gastados de Reactivo de Thielman.

0.088= mg de ácido ascórbico equivalente a 1 ml de Thielman.

$VT$ = Volumen Total en ml filtrado de Vitamina C en HCl

$VA$ = Volumen en ml de la alícuota valorada 10 ml

$P$ = Peso de la Muestra 20g.

Determinación de Licopeno

1. Se molió cada fruto por separado y de esta molienda se tomó 1 g de cada muestra, que después se colocaron en tubos de ensayo, se le colocó 1 ml de buffer de fosfato y se centrifugó en un lapso de 15 minutos.
2. Se eliminó el sobrante de la muestra de 3 ml y se colocó en un tubo de ensayo, al que se le adicionó 6 ml de hexano y acetona.
3. Se tomó 1 ml de muestra y se colocó en celdillas para poder identificar cada una de ellas, agregándole 2 ml de acetona a cada una de las muestras.
4. Se tomó una lectura de 502 nm de absorbancia en un espectrofotómetro.

Con la ecuación siguiente se determina el contenido de licopeno, de acuerdo con el laboratorio de Fisiotécnica de la UAAAN.

$$A_{502} = 0.217 \rightarrow 0.217 * \frac{1}{320} = 6.78 * 10^{-4} mg/ml$$

A este resultado se le multiplica el factor dilución (2)  $\rightarrow 1.36 \times 10^{-3}$  mg/ml.

El volumen del extracto fue de 3 ml. Por cada 2 ml de extracto hay un gramo de tejido, por lo tanto el extracto tiene 1.5 de tejido. La concentración de Licopeno es en mg de licopeno / g de tejido dividiendo  $8.16 \times 10^{-3}$ . Dando la formula.

$$0.217 * 2.5 = 0.5425 \text{mg} / 100 \text{g}$$

### **Análisis Estadístico.**

El proceso de los datos y el análisis estadístico se realizó con el programa Statistical Analysis System (SAS) Versión 9.0. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, el número de genotipos fue de 26, 22 materiales genéticos del programa de mejoramiento fisiotécnico de la UAAAN, y 4 testigos comerciales, bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = observación de i-ésimo genotipo en su j-ésima repetición.

$\mu$  = efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Efecto de los tratamientos.

$\beta_j$  = efecto de los bloques.

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental.

Para la comparación se utilizó la Prueba de Tukey el procedimiento consiste en el cálculo de un valor crítico mediante la ecuación y su aplicación a diferencias entre todos los pares de medias.

$$w = q_{\alpha}(p, f_e) s_{\bar{y}}$$

Dónde:

$q_\alpha$ = Se obtiene el de la tabla de puntos porcentuales de la amplitud estudiada.

$p$ = Es el número de transformaciones.

$f_e$ = Corresponde a los grados de libertad del error.

$s_y$ = Valor crítico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 5, se observan diferencias en la fuente de variación de repeticiones para los cuadrados medios de la variable número de lóculos (NUMLOC) esto se atribuye al tipo de Tomate, para la variable de °BRIX (Grados Brix) se observa significancia esto puede ser por la interacción de pH, para las variables de pH (Potencial de Hidrogeno), VITC (Vitamina C), LICOP (Licopeno), COL (Color), NUMLOC (Número de Lóculos), se observa una alta significancia de variación.

En cuanto a las variables de calidad VITC (Vitamina C) y LICOP (Licopeno), se encontró gran significancia los materiales poseen alto contenido de estos dando a conocer que son muy buenos en contenido nutricional, °BRIX (Grados Brix) y pH (Potencial de Hidrogeno) presenta significancia lo que denota mayor al sabor característico del fruto en cuanto al el COL (Color) presentan alta significancia que se expresan en el contenido de Licopeno.

Cuadro 5. Análisis de varianza (cuadrados medios) para 6 variables de calidad en 26 genotipos de Tomate *Solanum lycopersicum* L. Buenavista Saltillo Coahuila, 2016.

FV	GL	pH	°BRIX	VITC	LICOP <sup>1</sup>	COL	NUMLOC
REP	2	0.037	0.10	13.33	0.019	0.39	4.30**
GEN	25	0.47**	0.25*	43.70**	0.80**	0.16**	6.11**
ERROR	50	0.12	0.11	11.17	0.009	0.16	0.72
CV%		7.89	7.80	27.92	5.99	15.63	18.25
MAX		5.40	5.00	18.59	1.89	3.00	7.33
MEDIA		4.45	4.40	11.57	1.63	2.65	4.65
MIN		4.07	3.82	5.69	1.48	2.00	2.00

\*\*Nivel de probabilidad de 0.01, \* Nivel de probabilidad de 0.05, pH (Potencial de Hidrógeno), °BRIX (Grados Brix), VITC(Vitamina C), LICOP<sup>1</sup>(Licopeno datos transformados), COL(Color), NUMLOC(Número de Loculos), FV(Fuentes de Variación), GL(Grados de Libertad), Rep(Repeticiones), ERROR(Error Experimental), CV%(Coeficiente de Variación), MAX(Valor Máximo), MEDIA(Valor Promedio), MIN(Valor Mínimo).

En el cuadro seis, se observa diferencias ( $p \leq 0.05$ ) en la fuente de repetición para la variable de Rendimiento (RTO) al igual que en la fuente de genotipo, para las variables de diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), pesos promedio del fruto (PESO) y tamaño (TAM), se observan diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ).



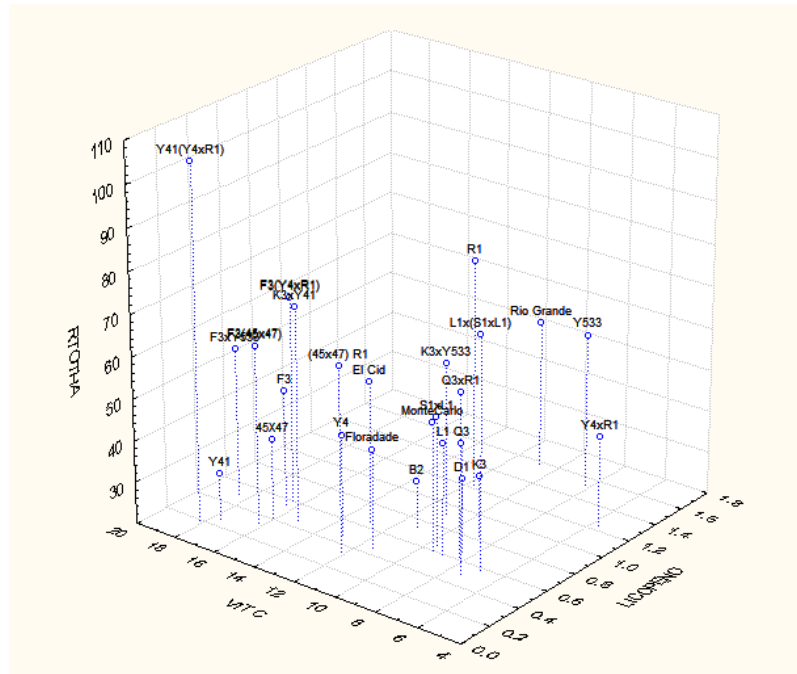
Según análisis arrojados hay gran variabilidad entre las variables que se expresan en cuanto al Rendimiento, esto depende DP (Diámetro Polar) DE (Diámetro Ecuatorial) los materiales presenta alta variabilidad por lo cual entran en el rango de la NMX-FF-009 (Norma mexicana de diámetro de frutas, 1982) en cuanto al TAM (Tamaño) depende de los Diámetros manejados y estos entran en el rango de la misma norma. En cuanto a la variable RTOTHA presenta significancia lo que expresa que no está en relación a las de mamas variables de Rendimiento.

Cuadro 6. Análisis de varianza (cuadrados medios) para seis variables de Rendimiento en 26 genotipos de Tomate *Solanum lycopersicum* L. Buenavista Saltillo Coahuila, 2016.

FV	GL	DP	DE	PESO	RTOTHA <sup>1</sup>	TAM
REP	2	0.06	0.17	454.19	8.73*	0.55
GEN	25	2.35**	3.56**	2453.26**	3.48*	1.52**
ERROR	50	0.59	0.88	453.52	1.75	0.56
CV%		14.75	17.44	19.15	14.39	40.42
MAX		7.06	7.10	162	12.09	3.33
MEDIA		5.19	5.38	111.15	9.18	1.85
MIN		3.40	2.57	46.33	7.45	1.00

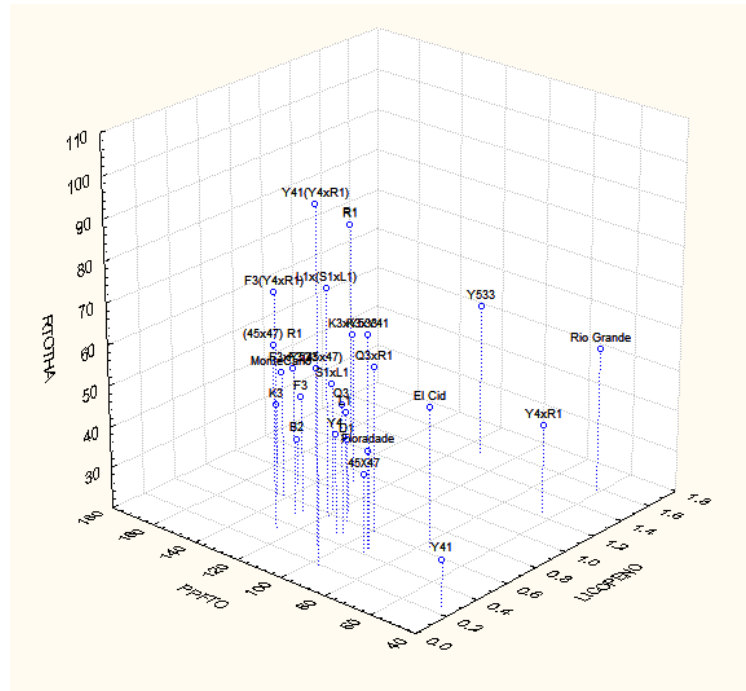
\*\*Nivel de probabilidad de 0.01, \* Nivel de probabilidad de 0.05, DP(Diámetro Polar) DE(Diámetro Ecuatorial), PESO(Peso Promedio del Fruto) RTOTHA<sup>1</sup>(Rendimiento Toneladas por Hectárea datos transformados), TAM(Tamaño), FV(Fuentes de Variación), GL(Grados de Libertad), REP(Repeticiones), ERROR(Error Experimental), CV%(Coeficiente de Variación), MAX(Valor Máximo), MEDIA(Valor Promedio), MIN(Valor Mínimo)

En la figura 2 se observa la gráfica tridimensional donde se muestran 3 variables, en el eje Z se encuentra el Rendimiento en Toneladas por Hectárea, en el eje Y se encuentra el contenido de Vitamina C, y en el eje X se encuentra el Contenido de Licopeno, siendo Y41(Y4xR1) el genotipo más sobresaliente en base a Rendimiento y contenido de Vitamina C, el materia que codifico el mayor rendimiento fueron e F1 y L1x(S1xL1).



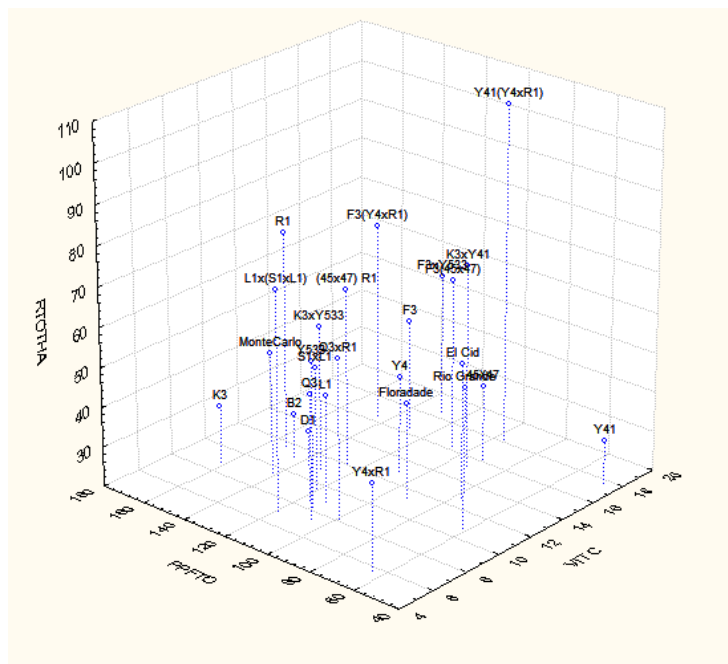
**Figura 2. Comportamiento de 26 genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en las variables, RTOTHA (Rendimiento Toneladas por hectárea), VIT C (Vitamina C) y LICOPENO (licopeno).**

En la figura 3 se observa la gráfica tridimensional donde se muestra 3 variables en el eje Z se encuentra el rendimiento en toneladas por hectárea en el eje Y se encuentra el peso promedio del fruto y en el eje X se encuentra contenido de licopeno, Rio Grande presenta el más alto contenido de licopeno pero en cuanto a la variable de peso promedio de fruto esta al mínimo mientras que en rendimiento en toneladas por hectárea está en la media, por otro lado se encuentra Y41(Y4Xr1) con el contenido de licopeno al mínimo pero con un alto rendimiento pero por debajo de la media en cuanto al peso promedio de fruto, R1 es el materia que con el más alto rendimiento en comparación de los demás genotipos en cuanto a la variable de licopeno presenta alto contenido.



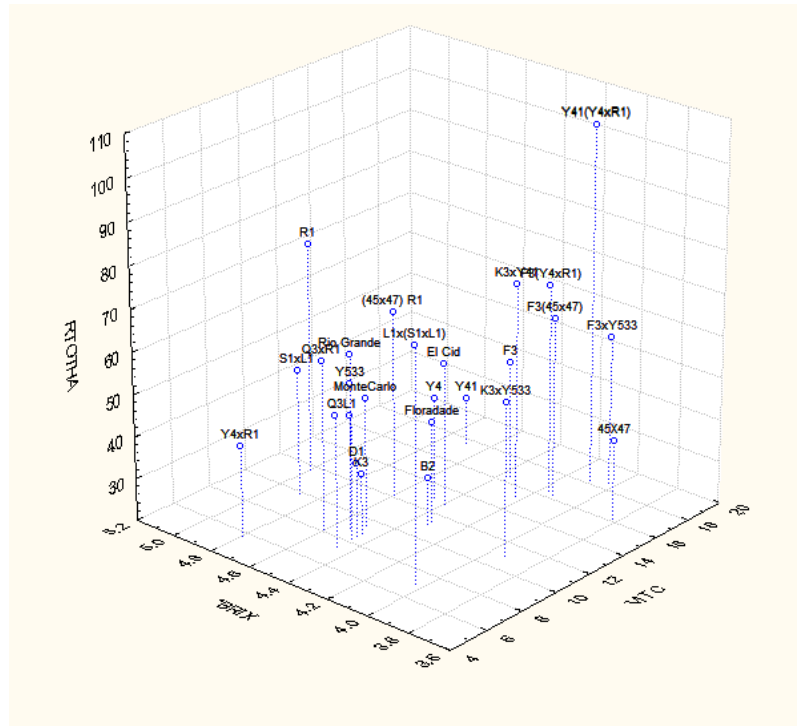
**Figura 3. Comportamiento de 26 genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en las variables de RTOTHA (rendimiento toneladas por hectárea), PPFTO (peso promedio de fruto) y LICIOPEÑO (Licopeno).**

En la figura 4 se observa la gráfica tridimensional, donde se muestran 3 variables, en el eje Z se encuentra el rendimiento en toneladas por hectárea, en el eje Y se encuentra el peso promedio del fruto y en el eje X se encuentra contenido de Vitamina C, en esta gráfica se observa que el material más sobresaliente en contenido de Vitamina C es el F3xY533 teniendo las otras dos variables de peso promedio del fruto y rendimiento por encima de la media, mientras el genotipo Y4xR1 se mantiene por debajo de la media.



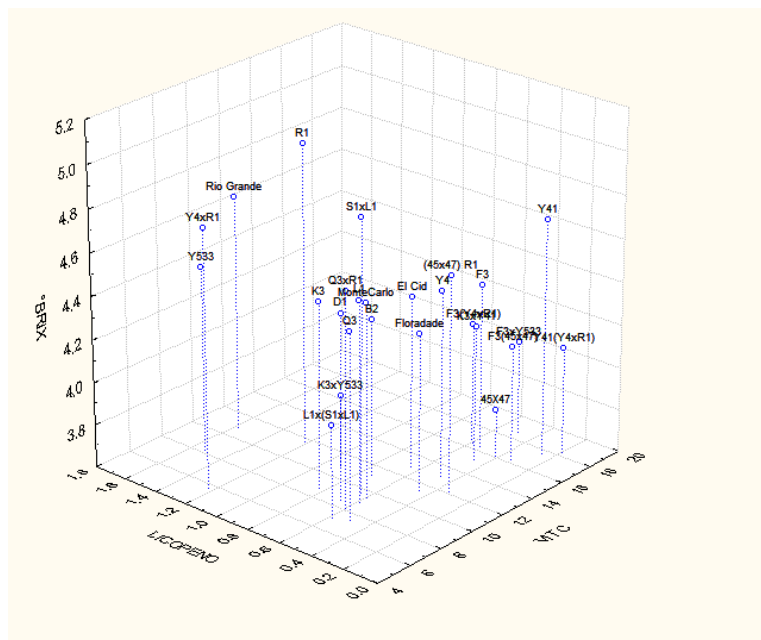
**Figura 4. Comportamiento de 26 genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en las variables de RTOTHA (rendimiento toneladas por hectárea), PPFTO (peso promedio de fruto) y VIT C (Vitamina C).**

En la figura 5 se observa la gráfica tridimensional, donde se muestran 3 variables, en el eje Z se encuentra el Rendimiento en Toneladas por Hectárea, en el eje Y se encuentra el contenido de °Brix y en el eje X se encuentra contenido de Vitamina C, el genotipo con mayor contenido de Vitamina C es el F3xY533, pero con la variable de °Brix por debajo de la media, mientras en la variable de rendimiento la mantiene por encima de la media, en cuanto al R1 se encuentra con la variable Rendimiento es más alto en cuanto a la variable de °Brix es la más alta en comparación de los demás genotipos. El F3xY533 es el materia con más alto contenido de Vitamina C.



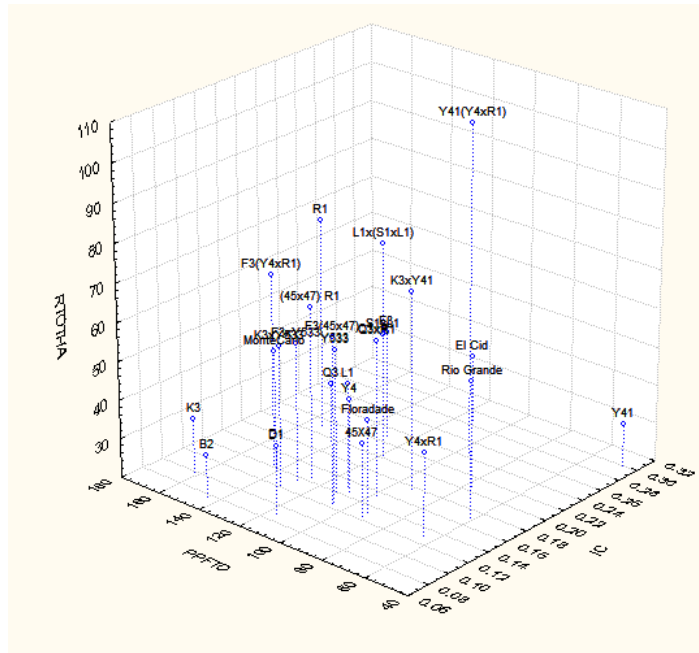
**Figura 5. Comportamiento de 26 genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en las variables de RTOTHA (rendimiento toneladas por hectárea), °BRIX (Grados Brix) y VIT C (Vitamina C).**

En la figura 6 se observa la gráfica tridimensional, donde se muestran 3 variables, en el eje Z se encuentra el contenido de °Brix en el eje Y se encuentra el contenido de Vitamina C y en el eje X se encuentra contenido de licopeno, en los materiales más sobresaliente de °Brix se encuentra el R1 con el más alto; en base al contenido de licopeno se encuentra en el margen de los primeros cuatro y se mantiene en la media de la variable de Vitamina C, en respecto al mayor contenido de Vitamina C se encuentra el genotipo F3xY533 en relación a los otros materiales con un mínimo en cuanto al contenido de °Brix y por debajo de la media de licopeno, Río Grande es el genotipo que presenta mayor contenido de licopeno pero por debajo de media; en relación a Vitamina C en cuanto a °brix se mantiene en el margen de los primero cinco.



**Figura 6. Comportamiento de 26 genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en las variables, °BRIX (Grados Brix) LICOPENO (Licopeno) y VIT C (Vitamina C).**

En la figura se observa la gráfica tridimensional, donde se muestran 3 variables, en el eje Z se encuentra el contenido de Rendimiento Toneladas por Hectárea en el eje Y se encuentra el contenido de Peso Promedio de fruto y en el eje Índice de Cosecha, se observa que el genotipo con mayor Rendimiento es el Y41(Y41xR1) es el más alto, el material para peso promedio de fruto es el K3 es el más alto, y el Y41 es el mejor para Índice de Cosecha.



**Figura 7. Comportamiento de 26 genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en las variables de RTOTHA (rendimiento toneladas por hectárea), PFTO (Pesos Promedio del Fruto) y IC (Índice Cosecha).**

En el cuadro 7 se observa el porcentaje de heterosis en diferentes variables en 8 híbridos de Tomate *Solanum lycopersicum* L., donde %RTOTHA (Porcentaje de Rendimiento ton/ha), mostro que hay gran porcentaje de heterosis lo que significa superioridad en cuanto a determinadas características con respecto a la media de los padres o más específicamente con respecto al mejor progenitor (Pirillo, 2009).

En cuanto a las variables de LIC (Porcentaje de Licopeno), %Vit C (Porcentaje de vitamina c), %°Brix (Porcentaje de Grados brix), %, no presenta mucho porcentaje de heterosis y algunos Híbridos no la expresan, esto se debe a la interacción de ambiente por lo cual en mejorador debe tener los conocimientos sobre los factores genéticos y bioquímicos que se encuentran involucrados en el cultivo (Kuzano Fukushima, 2013).

Tomando en cuenta se estos datos el híbrido K3xY41 es el material con más

alto Rendimiento, Licopeno y Vitamina C, estos caracteres son lo que indica consumidor demanda una mejor calidad y sabor.

**Cuadro 7. Porcentaje de heterosis en diferentes variables en 8 híbridos de Tomate *Solanum lycopersicum* L. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2016.**

GENOTIPO	%RTOTHA	%LICOP	%VITC	%°BRIX
(45x47) R1	16.68	461.5	-12.45	4.30
Y41(Y4xR1)	189.2	-74.15	56.16	-15.46
F3(45x47)	44.47	-29.59	0.99	0.98
F3(Y4xR1)	112.26	-33.29	48.57	-10.98
K3xY41	117.01	50.57	14.86	-2.53
F3xY533	2.74	-44.36	34.42	-8.62
L1x(S1xL1)	54.14	-6.68	24.02	-7.77
K3xY533	23.54	-22.32	10.39	-16.9

%LIC (Porcentaje de Licopeno), %Vit C(Porcentaje de vitamina c), %°Brix (Porcentaje de Grados brix), %RTOTHA (Porcentaje de Rendimiento ton/ha).

En el cuadro 8 se observa los Valores Ponderados para las variables en diferentes porcentajes, se observa que el mejor en cuanto a rendimiento es Y41(Y4Xr1), el mejor para Pesos Promedio de Fruto es el genotipo K3, el mejor para °Brix es el R1, e genotipo F3(45x47) es el más alto en contenido de Licopeno, el genotipo F3xY533 es eel mejor en cuanto a contenido de Vitamina C, Y41 es el material con el más alto en cuanto a Índice de cosecha y pH. Kuzano Fukishima, 2013 menciona que se debe tomar más en cuenta los aspectos genéticos y bioquímicos que se encuentran involucrados en el cultivo, esto con el fin de darle mejor calidad nutricional ya que es un producto que tiene demanda todo el año, con estos datos podemos hacer una selección guiada a caracteres de rendimiento y contenido nutricional al igual que darle un buen sabor.

Los mejore genotipos fueron Y41(Y4xR1) que es tipo saladette de habito indeterminado de fruto mediano que es ideal para ser producido en invernaderos, adecuado para el consumo en ensaladas el otro es el genotipo R1 tipo bola de habito determinado adecuado para producción en campo abierto, adecuado para complementos de hamburguesas y otros platillos que contengan este tipo de Tomate. Waliszewski *et al.*, 2010 menciona que el consumo en fresco de este fruto es adecuado pues posee el contenido 80%



a 90% en cuanto a Licopeno, cuando nos falta vitamina C nos sentimos cansados, irritables y con dolores en las articulaciones, Cuéllar *et al.*, 2008 mencionan que la cantidad requerida al día es de Vitamina C es de 40 mg al día. Estos dos materiales resultaron ser los mejores en las diferentes variables pero sobresaliendo mejor el Y41(Y4xR1) es un material adecuado para su comercialización.

**Cuadro 8. Valores Ponderados en 26 genotipos de Tomate *Solanum lycopersicum* L. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2016.**

GENOT	40%RT THA	15%PPF TO	%5°BRIX	10%LICOP	10%VIT C	10%pH	10%IC	
F3	18.28	11.94	4.37	3.45	8.85	7.61	4.27	58.77
R1	28.45	14.20	5.00	7.85	6.30	7.04	3.90	72.73
Y4xR1	15.79	6.02	4.80	9.69	3.06	4.33	3.96	47.66
Y533	21.67	10.40	4.47	2.89	4.42	4.69	4.00	52.54
S1xL1	19.33	11.27	4.87	4.11	5.17	6.97	3.88	55.60
Q3xR1	22.89	9.17	4.60	1.67	4.37	5.15	3.92	51.78
Y4	16.82	10.03	4.47	1.23	7.03	4.87	3.96	48.41
Rio Grande	20.98	5.71	4.70	3.77	5.81	5.70	4.00	50.66
Floradade	16.72	8.55	4.33	7.75	6.12	4.38	3.87	51.72
MonteCarlo	19.28	13.15	4.50	4.10	5.09	4.67	3.86	54.65
El Cid	20.51	7.19	4.40	3.02	6.93	6.90	4.26	53.21
Y41	11.86	4.29	4.70	3.81	9.51	10.00	5.00	49.17
K3	13.10	15.00	4.47	3.76	4.75	3.26	4.06	48.40
L1	17.84	10.34	4.53	4.25	4.81	5.06	3.95	50.78
Q3	19.51	9.88	4.47	4.64	3.98	4.17	3.79	50.43
D1	14.33	10.80	4.47	2.18	4.60	3.00	3.88	43.27
B2	11.85	13.40	4.33	2.15	6.00	2.56	3.92	44.21
(45x47) R1	24.47	11.76	4.60	2.95	6.56	4.87	4.25	59.47
Y41(Y4xR1)	40.00	8.95	4.10	3.18	9.82	8.23	4.97	79.25
F3(45x47)	23.85	9.94	4.13	10.00	8.78	4.25	3.77	64.72
45X47	14.80	8.49	3.82	3.67	8.69	4.13	3.80	47.40
F3(Y4xR1)	26.45	13.40	4.17	3.78	8.85	4.78	4.69	66.14
K3xY41	27.08	8.58	4.23	5.30	8.19	5.89	4.67	63.95
F3xY533	21.15	11.98	4.03	3.15	10.00	4.55	4.62	59.48
L1x(S1xL1)	28.69	11.05	4.03	2.66	3.79	6.82	3.86	60.92
K3xY533	21.48	12.13	3.93	5.82	5.93	4.08	4.16	57.54

40%RTOTHA ( Porcentaje de Rendimiento ton/ha) 15%PPFTOPorcentaje Peso Promedio de Fruto), 5% Brix (Porcentaje de Grados brix), 10%LIC ( Porcentaje de Licopeno), 10%Vit C(Porcentaje de vitamina c), 5%pH (Porcentaje de Potencial de Hidrogeno), 10%IC(Porcentaje de Índice de Cosecha).

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y considerando los objetivos planteados se obtuvo que:

El uso de híbridos es un método de gran importancia porque permite explotar el vigor híbrido o heterosis, en las variables de rendimiento, así como caracteres de calidad nutricional, con toda esta información se puede generar híbridos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con un alto potencial para las zonas áridas del norte del país.

Con base al trabajo se encontraron materiales que son sobresalientes y que se pueden usar para continuar con el programa de mejoramiento.

En base a los mejores materiales genéticos que tuvieron un mejor potencial en relación al Rendimiento en Toneladas por Hectárea fueron Y41(Y4xR1), L1x(S1xL1) y R1 en cuanto a las variables de calidad en contenido de Licopeno se encuentra Río Grande, Y533 y Y4xR1, siendo en este caso uno de los testigos comerciales el mejor en el contenido de este antioxidante; en Vitamina C son F3xY533 Y41(Y4xR1) y Y4.

Los materiales genéticos mencionados antes, a excepción del testigo Río Grande, pueden ser utilizados para continuar con el programa de mejoramiento, pues son sobresalientes en cuanto a parámetros de calidad y aspectos agronómicos y poder ser liberados como híbridos o variedades mejoradas.

Y41(Y4xR1) es el material que sobresalió en base a rendimiento y contenido de Vitamina C, haciendo cumplir la hipótesis y varios de los objetivos.

El híbrido K3xY41 presento tener porcentajes positivos y considerables en cuanto a heterosis los que significa que es recomendable proseguir con el programa de mejoramiento.

El material que sobresalió en calificación final fue el híbrido Y41(Y4XR1) que es un genotipo de alto rendimiento y contenido nutricional que son los parámetros que busca el fitomejorador desea mejorar, es de hábito indeterminado que es adecuado para su producción en un sistema cerrado y controlado (invernadero) en este sistema se tiene más investigación y trabajo, es tipo saladette que esta forma es más aceptada por el mercado (amas de casa) pues tiene mejor textura y firmeza para salsas y ensaladas.

## LITERATURA CITADA.

BENITO-BAUTISTA, Pedro; ARELLANES-JUÁREZ, Nelly; PÉREZ-FLORES, María Eufemia. Color y estado de madurez del fruto de Tomate de cáscara. *Agronomía Mesoamericana*, 2016, vol. 27, no 1, p. 115-130.

Bionaturmexico, 2016. Disponible en:  
<http://www.bionaturmexico.com/interiores/historia.php>

Brumer, E.C., W.T.Barbe., T.S.Cox.,R.Jhondon.,S.C.Murray,R.T.oslen.,R.C.Pratt.;and A.M.Thro.2011, Plant Breeding for Harmony Between Agriculture and the Environment. *Frontier in Ecology and the Enviironment*.9:561.568.

Cásseres, E. 1981. Producción de hortalizas.3° Edición. Editorial IICA. San José, Costa Rica.

Castellanos, J. Z. (ed.). (2009). Manual de producción de Tomate en invernadero. Celaya, Guanajuato, México: Intagri, S. C.

Ciruelos, C. A., De la Torre. C., González R. 2008. Parámetros Para Calidad De Tomate Para Industria. Pag. 1557.

Cuéllar N., Augusto C., Díaz M., Durán E., Durán F., Gurrero K., Durán J. (2008). Ciencia, Tecnología e Industria de Alimentos. Grupo Latino Editores. 1era Edición. Colombia. Páginas 827, 31-32.

Dagade, S. B., Barad, A. V., & Dhaduk LKand Hariprasanna, K. (2015). Estimates of hybrid vigour and inbreeding depression for fruit nutritional characters in tomato. *International Journal of Science Environment and Technology*, 4(1), 114-124.

Equipos y Laboratorio de Colombia, 2015. Disponible en:  
[http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos\\_mo.php?it=1303](http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=1303)

Esaú de los Ángeles Martínez Vázquez, Ricardo Lobato-Ortiz, J. Jesús García Zavala y Delfino Reyes López. (2016). Heterosis de cruizas entre líneas de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo mexicano tipo pimiento y líneas tipo saladette.

FAOSFAT, 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

Fernández, C.; Pitre, A.; Llobregat, M. J.; Rondón, Y. Evaluación del contenido de licopeno en pastas de Tomate comerciales. *Inf. Tecnol.* 2007, 18 (3), 31–38.

Foolad, M. R. Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics*, (1), 52.

GONZÁLEZ, Julio César Hidalgo, et al. Efecto de la condición nutrimental de las plantas y de la composición, concentración y pH del fertilizante foliar, sobre el rendimiento y calidad en Tomate. *TERRA*, 1998, vol. 16, no 2.

GRAGERA, J., et al. Evaluación de parámetros productivos y de calidad en cultivares de Tomate de industria con alto contenido en licopeno en Extremadura. *Actas de Horticultura*, 2009, vol. 54, p. 256-257.

Guerrero, P., Beatty, E., Kerry, J. P., & de la Caba, K. (2012). Extrusion of soy protein with gelatin and sugars at low moisture content. *Journal of Food Engineering*, 110(1), 53–59. doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.12.009.

HUANG, Xuehui, et al. Genomic analysis of hybrid rice varieties reveals numerous superior alleles that contribute to heterosis. *Nature communications*, 2015, vol. 6, p. 6258.

Joaquín, A. y B. Talon. M. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. 2ª edición. España. 2008, 651.

Karder, A. A. and S. Ben-Yehoshua. 2000. Effects of superatmospheric oxygen level on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and technology*. 20: 1-13.

- Knapp, S. (2002) Tobacco to tomatoes: a phylogenetic perspective on fruit diversity in the Solanaceae. *Journal of Experimental Botany*, 53, 2001-2022.
- Kumar, C. (2016). HETEROSIS AND COMBINING ABILITY STUDIES IN DIALLEL CROSSES OF TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) (Doctoral dissertation, Institute of Agricultural Sciences, Banaras Hindu University).
- KUSANO, Miyako; FUKUSHIMA, Atsushi. Current challenges and future potential of tomato breeding using omics approaches. *Breeding science*, 2013, vol. 63, no 1, p. 31-41.
- Lancaster, J.E., C.E. Lister, P.F. Reay, and C.M. Triggs. 1997. Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122:594-598.
- Machmudah, Siti, Winardi, Sugeng, Sasaki, Mitsuru, Goto, Motonobu, Kusumoto, Nami, & Hayakawa, Kiro. (2012). Lycopene extraction from tomato peel by-product containing tomato seed using supercritical carbon dioxide. *Journal of Food Engineering*, 108, 290–296. doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.08.012.
- Mahan L. (1995). Krause Nutrición y dietoterapia. Mcgraw-HillInteramericana Edición 8. MadridEspaña. Páginas 96-102.
- Martínez, Rosendo Hernández, et al. Potencial genéticos y heterosis para rendimiento en líneas de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2016, vol. 7, no 2, p. 349-362.
- Norma mexicana para diametro de frutas. "NMX-FF-009-1982.Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - Fruta fresca - Determinación del tamaño en base al diámetro ecuatorial.". México: [consultado julio 2010]

Disponible en:  
<http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/index.nmx>, 1982.

Nuño Moreno, R., Ponce Medina J.F, Hernadez Zavala, C., y Macahin Servin.2007. Manual de producción de Tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el Valle de Mexicali, Baja California, Fundacion Produce, pag, 8.

Parra-Gómez, M. A., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., Reyes-López, D., & Velasco-Alvarado, M. J. (2016). Evaluación de líneas de una cruce interespecífica de Tomate. *Revista fitotecnia mexicana*, 39(1), 59-65.

Perera CO, Mei Yen G. Functional properties of carotenoides in human health. *International J Food Proper* 2007;10:201-230.

PIRILLO, E. 2009. Endogamia y heterosis. Disponible en:  
[http://www.librogen.com.ar/endogamia\\_y\\_heterosis.htm](http://www.librogen.com.ar/endogamia_y_heterosis.htm)

Pulevasalud (2010); Licopneo; el oro rojo. Consulta 05/05/2010 12:23:29.  
Disponible en:  
[http://www.pulevasalud.com/ps/contenido.jsp?ID=59667&TIPO\\_CO NTENIDO=Articulo&ID\\_CATEGORIA=47](http://www.pulevasalud.com/ps/contenido.jsp?ID=59667&TIPO_CO NTENIDO=Articulo&ID_CATEGORIA=47)

SAGARPA (2010) monografías de cultivos agosto 2010. Disponible en  
:  
<http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/JiTomate.pdf>

SIAP. (2015) Producción agrícola. Disponible en:  
[http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do)

Singh, A. K. (2016). Heterosis breeding in tomato for yield and quality contributing traits (Doctoral dissertation, Department of Horticulture (Veg. & Flori.), BAU, Sabour).

VALDÉS, F. Vitamina C. *Actas dermo-sifiliográficas*, 2006, vol. 97, no 9, p. 557-568.

Vitale, A. A.; Bernatene, E. A.; Pomilio, A. B. Carotenoides en quimioprevención : Licopeno Carotenoids in chemoprevention : Lycopene. *Bioquímica Clínica* 2010, 44 (2), 195–238.

Vitale, A. A.; Bernatene, E. A.; Pomilio, A. B. Carotenoides en quimioprevención : Licopeno Carotenoids in chemoprevention : Lycopene. *Bioquímica Clínica* 2010, 44 (2), 195–238.

Waliszewski KN y Blasco G. (2010). Propiedades nutraceuticas del licopeno. *Salud Pública de México* 52: 254-265

Waliszewski, Krzysztof N., & Blasco, Gabriela. (2010). Propiedades nutraceuticas del licopeno. *Salud Pública de México*, 52(3), 254–265. Recuperado en 15 de marzo de 2014, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-36342010000300010&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342010000300010&lng=es&tlng=es).

Yam, K.L., and S. Papadakis. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *J. Food Eng.* 61:137-142.



## APÉNDICE

Cuadro a.1.- Comparación de medias (Tukey) para variables de calidad y rendimiento en 26 genotipos de Tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista Saltillo Coahuila, 2016.

GENOTIPOS	LIC	VIT C	°BRIX	pH	RTOTHA	PPFTO
F3	1.59 a-d	16.45 a-c	4.37 ab	4.61 a- c	47.88ab	129.00a-e
R1	1.78 a-d	11.70 a-d	5.00 a	4.20 c	74.50ab	153.33ab
Y4xR1	1.79 a-c	5.59 d	4.80 ab	4.28 bc	41.38b	65.00d-f
Y533	1.89 ab	8.22 a-d	4.67 ab	4.32 a- c	56.75ab	112.33a-f
S1xL1	1.62 a-d	9.61 a-d	4.87 ab	4.19 c	50.63ab	127.00a.e
Q3xR1	1.61 a-d	8.16 a-d	4.60 ab	4.23 c	59-97ab	99.00a-f
Y4	1.57 b-d	13.05 a-d	4.47 ab	4.27 bc	44.06ab	108.33a-f
Rio Grande	1.89 a	10.79	4.70 ab	4.26 bc	54.94ab	61.67e-f
Floradade	1.57 b-d	11.38 a-d	4.33 ab	4.18 c	43.78ab	92.33b-f
MonteCarlo	1.61 a-d	9.46 a-d	4.50 ab	4.16 c	50.55ab	142.00ac
El Cid	1.62 a-d	12.89 a-d	4.40 ab	4.59 a- c	52.72ab	77.67c-f
Y41	1.50 dc	17.68 ab	4.70 ab	5.40 a	31.06b	43.33f
K3	1.68 a-d	8.8 a-d	4.67 ab	4.39 a- c	34.31b	162.00a
L1	1.61 a-d	8.93 a-d	4.53 ab	4.26bc	46.72ab	11.67a.f
Q3	1.59 a-d	7.39 b-d	4.67 ab	4.09 c	51.09ab	106.67a-f
D1	1.63 a-d	8.56 a-d	4.67 ab	4.19 c	37.56b	116.67a-b
B2	1.65 a-d	11.16 a-d	4.33ab	4.23c	31.06b	144.21a-c
(45x47) R1	1.53 dc	15.22 a-d	4.60 ab	4.59 a- c	64.09ab	122.00a-e
Y41(Y4xR1)	1.48 d	11.79 a-d	4.10 ab	5.37 ab	104.75 <sup>a</sup>	96.67a-f
F3(45x47)	1.54 dc	16.30 a-d	4.13 ab	4.07 c	62.49ab	107.33a-b

45X47	1.55 dc	16.14 a-d	3.82 b	4.10 c	38.78b	91.67b-f
F3(Y4xR1)	1.60 a-d	16.45 a-c	4.16 ab	5.7 a-c	69.34ab	144.67a-b
K3xY41	1.57 b-d	18.24 a	4.23 ab	5.4 a-c	70.24ab	92.67b-f
F3xY533	1.58 a-d	18.58 a	4.03 ab	4.98 a- c	55.38ab	19.33a-e
L1x(S1xL1)	1.60 a-d	7.04 dc	4.03 ab	4.17 c	75.16ab	119.33a-f
K3xY533	1.70 a-d	11.02 a-d	3.93 ab	4.49 a- c	56.25ab	131.00a-d

LIC (Licopeno), Vit C(vitamina c), °Brix (Grados brix), pH (Potencial de hidrogeno), RTOTHA(Rendimiento ton/ha), PPFTO (peso promedio del fruto).