

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



RELACIONES FUENTE-DEMANDA EN GENOTIPOS  
DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN TRES AMBIENTES

PAULINA ESTRADA NIETO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

Saltillo Coahuila

Septiembre 2019

RELACIONES FUENTE-DEMANDA EN GENOTIPOS  
DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN TRES AMBIENTES

Tesis

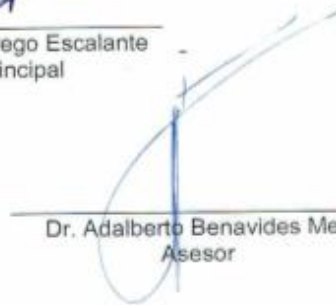
Elaborada por PAULINA ESTRADA NIETO como requisito parcial, para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Fernando Borrego Escalante  
Asesor Principal



Dr. Alfonso López Benítez  
Asesor



Dr. Adalberto Benavides Mendoza  
Asesor



Dra. María Margarita Murillo Soto  
Asesor



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente  
Subdirector de Postgrado  
UAAAN

Saltillo, Coahuila

Septiembre 2019

## AGRADECIMIENTOS

A **dios** por darme la fortaleza de culminar esta maestría, él ha sido mi guía en todos los aspectos importantes de mi vida.

A mi **UAAAN** por permitir mi estancia durante el tiempo que duro esta maestría, por obtener los conocimientos necesarios y sobre todo por formarme profesionalmente.

A mis **padres y hermanos** por apoyarme en mis decisiones de superación y por los consejos que me han brindandado.

A los **maestros del Departamento de Fitomejoramiento**, por su apoyo incondicional, por brindarme su orientación y compartir sus conocimientos profesionales durante el trayecto de esta maestría.

Al **Dr. Fernando Borrego Escalante**, por la asesoría y apoyo para la realización de este trabajo.

A mis **Co asesores** por la disponibilidad de tiempo y asesoría para la revisión de este experimento.

A **mis compañeros** de la Maestría de Fitomejoramiento, gracias por su amistad incondicional.

## ÍNDICE GENERAL

LISTA DE CUADROS .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	x
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	4
HIPÓTESIS .....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Fenología del cultivo .....	5
Crecimiento de la planta .....	6
Análisis de crecimiento .....	7
Relación fuente-demanda.....	7
Fisiología de postcosecha .....	8
Crecimiento y desarrollo del fruto .....	9
Fotoasimilados .....	9
Área foliar .....	9
Índice de área foliar .....	10
Coeficientes de partición de biomasa .....	10
Respiración.....	10
Rendimiento de la planta .....	11
Caracterización del fruto de tomate.....	11
Vitamina C .....	12
Licopeno .....	12
Color .....	12
Número de frutos .....	12
MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Localización del área de estudio .....	13
Material genético .....	13
Diseño Experimental.....	13
Manejo agronómico .....	13
Preparación del terreno .....	13
Siembra .....	14

Trasplante .....	14
Tutoreo .....	14
Poda .....	14
Riegos .....	15
Densidad .....	15
Fertilización .....	15
Fuentes para dosis de fertilización. ....	15
Cosecha .....	15
Variables evaluadas .....	16
Rendimiento .....	16
Número de frutos.....	16
Peso promedio de fruto .....	16
Diámetro ecuatorial .....	16
Diámetro polar.....	16
Biomasa seca y área foliar .....	16
Metodología para pruebas de calidad de frutos. ....	16
Análisis Estadístico.....	19
Modelo estadístico combinado .....	19
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>20</b>
Variables de rendimiento.....	20
Variables de biomasa .....	22
Variables de calidad de fruto .....	25
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>36</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>37</b>

## LISTA DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1.	Líneas de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) y testigos comerciales evaluados en tres ambientes.....	13
Cuadro 2.	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para variables de rendimiento de siete genotipos de tomate evaluados en tres ambientes.....	20
Cuadro 3.	Agrupación de medias estadísticas de siete genotipos evaluados en tres ambientes para variables de rendimiento.....	21
Cuadro 4.	Comparación de medias para variables de rendimiento en tres ambientes.....	22
Cuadro 5.	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para variables de biomasa de siete genotipos de tomate evaluados en tres ambientes.....	23
Cuadro 6.	Agrupación de medias estadísticas de siete genotipos evaluados en tres ambientes para las variables de biomasa.....	24
Cuadro 7.	Comparación de medias de las variables de biomasa en tres ambientes... ..	24
Cuadro 8.	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para variables de calidad de fruto de siete genotipos de tomate evaluados en tres ambientes.....	25
Cuadro 9.	Agrupación de media estadística de siete genotipos evaluados en tres ambientes para calidad de fruto de tomate.....	26
Cuadro 10.	Comparación de medias de la variable de calidad de fruto en tres ambientes .....	26
Cuadro 11.	Correlaciones para variables de biomasa en tres ambientes.....	27

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Comportamiento de índice de cosecha en relación a rendimiento en tres ambientes.....	28
Figura 2.	Variable peso promedio de fruto en relación en tres ambientes...	29
Figura 3.	Variable rendimiento de tomate en comparación en tres ambientes.....	30
Figura 4.	Variable grados brix en el fruto de tomate en relación a tres ambientes.....	31
Figura 5.	Variable vitamina C en fruto en relación en tres ambientes.....	32
Figura 6.	Comparación de tres variables de rendimiento en relación en tres ambientes.....	33
Figura 7.	Comparación de tres variables de parámetros de calidad en relación a tres ambientes.....	34
Figura 8.	Comparación de tres variables de rendimiento en relación a tres ambientes.....	35

## RESUMEN

RELACIONES FUENTE-DEMANDA EN GENOTIPOS  
DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN TRES AMBIENTES

POR

PAULINA ESTRADA NIETO

MAESTRO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. FERNANDO BORREGO ESCALANTE ·ASESOR·

Saltillo, Coahuila

Septiembre 2019



## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue seleccionar los mejores genotipos de tomate en tres ambientes, en cuanto a características de contenido nutricional y eficiencia de rendimiento. El trabajo de investigación se realizó en los años 2017-2018 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila; se evaluaron siete genotipos de tomate establecidos en tres ambientes (campo abierto 2018, túnel y campo abierto 2017). Se utilizaron siete materiales genéticos, cuatro líneas: F3 (indeterminado, bola), R1 (determinado, bola), Y533 (determinado, saladette), Y4 (indeterminado, saladette) y tres testigos comerciales: Río Grande (determinado, saladette), Floradade (determinado, bola), y El Cid (indeterminado, saladette). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: peso seco de hojas, tallos, frutos, peso fresco de frutos, área foliar, rendimiento y calidad de fruto (pH, grados brix, color, tamaño y vitamina C). En los resultados obtenidos, se encontraron diferencias significativas  $P \leq 0.01$  para las variables rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) (REND) número de frutos (NF), peso promedio de frutos (PPF), diámetro ecuatorial (DE) y diámetro polar (DP), área foliar (AF), peso seco de hojas (PSH) peso seco de tallos (PST), peso seco de frutos (PSF), peso fresco de frutos (PFF), número de frutos (NF) índice de cosecha (IC) en ambientes y genotipos. Se encontró correlación positiva en las variables PST, PSH, PFF y AF. Los genotipos evaluados se comportaron diferentes en los ambientes.

**Palabras claves:** Crecimiento, área foliar, rendimiento, fisiología.

**ABSTRACT**

SINK-SOURCE RELATIONSHIPS IN TOMATO GENOTYPES  
(*Solanum lycopersicum* L.) IN THREE ENVIRONMENTS

BY

PAULINA ESTRADA NIETO

MASTER IN SCIENCES IN PLANT BREEDING  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. FERNANDO BORREGO ESCALANTE ·ADVISOR·

Saltillo, Coahuila

September 2019

## ABSTRACT

The objective of this work was to select the best tomato genotypes in three environments, in terms of nutritional content and yield efficiency. The research work was carried out in the year 2017-2018 at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro in Saltillo, Coahuila; seven tomato genotypes established in three environments (open field 2018, tunnel and open field 2017) were evaluated. We used seven genotypes, four lines: F3 (indeterminate, ball), R1 (determined, ball), Y533 (determined, saladette), Y4 (indeterminate, saladette) and three commercial witnesses: Rio Grande (determined, saladette), Floradade (determined, ball), El Cid (indeterminate, saladette). The evaluated variables were: dry weight of leaves, weight of stems, weight of fruits, fresh fruit weight, foliar area, yield and fruit quality (pH, brix degrees, color, size, vitamin C). In the results obtained in this experiment were found significant differences  $P < 0.01$  for the variables yield ( $t\ ha^{-1}$ ) (REND) number of fruits (NF), average weight of fruits (PPF), equatorial diameter (DE) and polar diameter (DP), leaf area (AF), leaf dry weight (PSH) dry weight of stems (PST), dry fruit weight (PSF), fresh fruit weight (PFF), number of fruits (NF) harvest index (IC) in environments and genotypes. Positive correlation was found in the variables PST, PSH, PFF and AF. The genotypes evaluated behaved differently in the environments.

**Key Words:** growth, leaf area, yield, physiology

## INTRODUCCIÓN

En México el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ocupa el segundo lugar en importancia entre las hortalizas, con 2.770 millones de toneladas producidas anualmente, en 46,677 hectáreas y un rendimiento promedio de 59,336 toneladas por hectárea. (SIAP-SAGARPA, 2016).

El tomate es considerado uno de los cultivos de mayor importancia a escala mundial, la extensión que ocupa el cultivo en el mundo es de 4, 803, 680 ha, que han llegado a producir 170, 750,767 toneladas (FAO, 2017). A nivel mundial México ocupa el décimo lugar con 3, 469,707 toneladas de tomate, sin embargo ocupa el primer lugar en exportación del fruto con un 24.1%.

Los primeros cinco estados productores del cultivo de tomate son: Sinaloa, 754,219 t; Baja California 75,720 t; Michoacán, 60,499 t; San Luis Potosí, 43,938 t; Jalisco, 39,306 t (SIAP, 2018). El rendimiento total del estado de Coahuila es de 1,472 toneladas, en Saltillo que lo conforman: Parras, Ramos Arizpe, General Cepeda, Arteaga y Buenavista se obtienen 591.52 toneladas, con un rendimiento promedio de 120 t ha<sup>-1</sup> por la explotación en invernaderos y casas sombra. La productividad de tomate por unidad de superficie continúa creciendo, por esta razón ha llevado a los productores a encontrar métodos más eficientes para satisfacer la alta demanda de esta hortaliza; el consumo anual per cápita es de 15.2 kg.

El clima de Buenavista Saltillo Coahuila es muy seco y semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias en verano, y una precipitación invernal superior al 10% del total anual. La precipitación total anual media 350-400 mm; régimen de lluvias: la temporada lluviosa es de junio a octubre. Tiene una temperatura media anual de 19.8 °C. Las heladas comienzan en noviembre, no son muy severas en noviembre y diciembre, son más intensas en enero (hasta -19°C). Por lo que es necesario obtener variedades para la región.

En la última década, se han suscitado una serie de cambios en las tendencias y hábitos de alimentación que han favorecido un incremento considerable en la producción y consumo de productos frescos con un valor funcional, es decir, que presentan una o varias características referentes a su constitución y/o función en la prevención de enfermedades crónicas, donde el tomate es considerado un elemento importante para este propósito, debido a que es un fruto que se caracteriza por su alto contenido de compuestos bioactivos (Lahoz *et al.*, 2016).

Es la hortaliza más popular y aceptada en la cultura gastronómica del mundo, y se cultiva en más de cien países para consumo en fresco o para su industrialización. Es un alimento ideal para incluirlo como parte de la alimentación diaria, debido a su riqueza en antioxidantes como el licopeno, vitaminas que al ser parte de la dieta permitirá una absorción constante en el organismo evitando así el daño celular (Luna y Delgado, 2014).

Los frutos del tomate representan uno de los componentes más frecuentes de la dieta humana, debido a su notable riqueza en vitaminas, azúcares, compuestos antioxidantes, pigmentos carotenoides ( $\beta$ -carotenos y licopeno), microelementos, metabolitos secundarios, sales minerales y fibras, así como sus excelentes cualidades gustativas, que mejoran el apetito y ayudan a la digestión de los alimentos (Poiroux *et al.*, 2010).

El conocimiento sobre cómo mantener el balance entre la fuente y demanda con la distribución de la biomasa en los diferentes órganos de la planta, especialmente hacia el fruto, ha sido uno de los principales factores considerados para incrementar los rendimientos. El aumento de la fuerza de la demanda durante la fase de crecimiento mayor del fruto coincide con una tasa elevada de asimilación de CO<sub>2</sub> y concentración alta de N en las hojas cercanas a estos frutos (González *et al.*, 2009).

La demanda limitada de fuente podría dar lugar a una regulación por retroalimentación de la fotosíntesis, ya que puede regular negativamente la actividad fotosintética neta a través de la acumulación de carbohidratos en las hojas de origen (Velez *et al.*, 2014).

La producción de biomasa en cualquier cultivo, está fuertemente determinada por la tasa fotosintética, la cantidad de agua además de los fertilizantes disponibles en el suelo (Medrano *et al.*, 2007).

Entre los procesos fisiológicos que se producen en las hojas, la fotosíntesis desempeña el papel más importante en la determinación del crecimiento y desarrollo de las plantas, influyendo así directamente en la cantidad y calidad del rendimiento pues es la fuente de fotosintetizados (Dobrescu *et al.*, 2017).

Los tejidos fotosintéticamente activos, tales como las hojas maduras, exportan carbono fijado, principalmente en forma de sacarosa, a tejidos no-fotosintéticos tales como frutos ú órganos reproductores, tubérculos, meristemos o raíces (Koch, 2004).

El mejoramiento genético en tomate se ha orientado al rendimiento, adaptación a condiciones cálidas y húmedas, resistencia a enfermedades y calidad del fruto (atributos sensoriales: sabor, viscosidad y color; y calidad de fruto: materia seca, sólidos solubles y pH) (Bai y Lindhout, 2007). El desarrollo de nuevas variedades de tomates ha permitido seleccionar algunas con propósitos agroindustrial, y otras directamente al consumo en fresco, presentan mayor contenido de licopeno (Adalid *et al.* 2007).

En las últimas décadas los híbridos de tomate han destacado por su mayor rendimiento, resistencia a enfermedades, calidad de fruto y vida de anaquel. Sin embargo, las variedades comerciales que se cultivan en este país, en condiciones de invernadero y a cielo abierto, son híbridos con reducida base genética producidos por empresas transnacionales (Hernández *et al.*, 2013).

## **OBJETIVOS**

- 1.-Determinar relación fuente- demanda en genotipos de tomate
- 2.- Seleccionar los mejores genotipos de tomate en tres ambientes, en cuanto a características de contenido nutricional y eficiencia de rendimiento.

## **HIPÓTESIS**

Es posible que en la variabilidad genética evaluada, se encuentren mejores genotipos de tomate que testigos comerciales, con mejor eficiencia en el rendimiento y calidad de fruto.

## REVISIÓN DE LITERATURA

El tomate (*Solanum lycopersicom* L.) es una de las hortalizas más cultivadas en todo el mundo, su demanda aumenta continuamente y con ello su producción y comercio (Martínez *et al.*, 2016).

Los consumidores exigen calidad y nutrición en los frutos; en este sentido, el cultivo de tomate se ha identificado como un alimento funcional y nutraceutico (Adalid *et al.*, 2010).

Los diferentes programas de mejoramiento genético en tomate siempre buscan genes o grupos de genes que además de conferir resistencia al ataque de plagas y enfermedades, puedan coadyuvar a la expresión de caracteres relacionados con la calidad nutricional del fruto (Bhandari *et al.*, 2016),

Un genotipo deseable para siembra deberá tener características sobresalientes, como un óptimo crecimiento y desarrollo, buen rendimiento denotado por número y peso de frutos, buena calidad del fruto, de buena adaptación al ambiente donde se pretende cultivar, aceptación en el mercado y buena postcosecha (Garzón, 2011).

El comportamiento de un genotipo bajo ambiente protegido no necesariamente coincide con el comportamiento del mismo a campo abierto, dado que las condiciones climáticas son muy diferentes. Inclusive, se presenta una gran variación en el comportamiento de un genotipo bajo ambientes protegidos distintos, debido a diferencias en altitud, ubicación, grado de tecnificación, condiciones ambientales, entre otros, por lo que no se pueden extrapolar los resultados de un invernadero a otro o a túneles (Monge, 2015).

### **Fenología del cultivo**

La fenología vegetal indica eventos periódicos naturales involucrados en su ciclo: emergencia, aparición de hojas y órganos reproductivos (Solórzano, 2007), etapas que se registran cuando cada fase fenológica ocurre en 50% de la población. Según Jaramillo *et al.* (2007), la duración del ciclo del cultivo de tomate



está determinada por las condiciones climáticas de la zona en la cual se establece el cultivo, el suelo, el manejo agronómico que se dé a la planta, el número de racimos que se van a dejar por planta y la variedad utilizada.

Por lo tanto, el comportamiento de las brotaciones vegetativas juega un papel fundamental en el mantenimiento de un balance adecuado entre estructuras vegetativas y reproductivas, aspecto de gran importancia para la producción de frutos y su crecimiento (Park, 2011). Las hojas producen y exportan fotoasimilados al resto de la planta y se conocen como fuentes, mientras que los órganos no fotosintetizadores (frutos y raíces) son conocidos como demanda (Marschner, 2012). La relación hoja-fruto es dependiente de muchos factores como la especie, la variedad, las prácticas fitotécnicas y las condiciones edafoclimáticas (Fischer *et al.*, 2012). Los parámetros fisiológicos dependen de la genética, los factores ambientales y las técnicas agrícolas (Dobrescu *et al.*, 2017).

### **Crecimiento de la planta**

El crecimiento se puede referir a un incremento irreversible de materia seca o volumen, cambios en tamaño, masa, forma o número de estructuras, como una función del genotipo y el ambiente dando como resultado un aumento cuantitativo del tamaño y peso de la planta o de un órgano (Ardila, 2011).

Se constituye en un fiel reflejo de que en ella tienen lugar una serie de cambios estructurales de tamaño, peso y forma específicos, que ocurren de acuerdo con los patrones de división celular y diferenciación, los cuales no pueden considerarse fuera del contexto ambiental. El conocimiento del proceso de crecimiento de un cultivo en un determinado ambiente representa una ventaja para su manejo agronómico. (Barraza *et al.*, 2004). El crecimiento está ligado a factores ambientales como luz, temperatura y humedad, entre otros (Salisbury y Ross, 1994).

### **Análisis de crecimiento**

El análisis de crecimiento de plantas según Manrique (1990) puede basarse directamente en la evolución cronológica de medidas, como peso seco, área foliar, longitud de tallos, número de hojas y de ramas, etc. Con estas variables se pueden calcular índices del crecimiento como la tasa de crecimiento relativo (TCR), que se define como el incremento que ocurre en un período de tiempo por cada gramo de biomasa. También permite calcular la tasa absoluta de crecimiento (TAC). Otro índice de eficiencia es la tasa de asimilación neta (TAN), que cuantifica la ganancia neta de productos asimilados por unidad de área foliar y de tiempo, por lo que se le considera como un estimador de la tasa fotosintética.

El uso del tiempo fisiológico incrementa la precisión para determinar la duración del ciclo de desarrollo de una planta o de un órgano, pero solo se logra si el cálculo se hace con valores cercanos a las temperaturas umbrales (máxima y mínima) que controlan el desarrollo de la especie pues temperaturas que excedan estos límites van a detener el desarrollo del vegetal. En el caso del tomate la temperatura umbral mínima o temperatura base es de 10°C (Zotarelli *et al.*, 2009).

### **Relación fuente-demanda**

La fuente se refiere a los tejidos de la planta que son productores netos de carbono, generalmente tejidos verdes fotosintéticos que son exportadores netos de asimilados.

Los tejidos vertedero o demanda son importadores netos de asimilados, y consisten de órganos que crecen rápidamente tales como los meristemos, hojas inmaduras, frutos y tejidos de almacenamiento como los tubérculos, semillas o raíces (Foyer y Paul, 2001). La mayoría de la materia seca de los frutos del tomate proviene de los fotoasimilados producidos en las hojas y transportados a los frutos, acorde con la relación fuente-demanda. (Casierra, 2007)

La fuerza de la fuente de una planta se define como la velocidad a la cual la planta produce asimilados, la demanda determina la cantidad de fotosintetizados que van a los órganos de importancia económica, presentándose diferencias

genotípicas en la eficiencia con la que efectúa la producción y acumulación de fotosintetizados, siendo el peso seco de órganos, indicador de tal eficiencia (Li *et al.*, 2015).

El aumento de la fuerza de la demanda durante la fase de crecimiento mayor del fruto coincide con una tasa elevada de asimilación de CO<sub>2</sub> y concentración alta de N en las hojas cercanas a estos frutos (González *et al.*, 2009).

Los procesos metabólicos de la fuente y la demanda están estrechamente acoplados porque la información de disponibilidad de asimilados en cada órgano, es percibida y usada para orquestar la expresión de genes. Esta coordinación es necesaria para evitar amplias fluctuaciones y desbalances entre el abastecimiento y la demanda. Bajas demandas de fotosintetizados pueden acumular asimilados en las hojas fuente, causando la represión de genes que codifican para componentes fotosintéticos y resulta en una disminución de la capacidad fotosintética, por consiguiente, la capacidad de la demanda puede regular la actividad de la fuente (Foyer y Paul, 2001).

### **Fisiología de postcosecha**

Los frutos y hortalizas frescas son tejidos vivos que continúan perdiendo agua después de la cosecha. Después de esta etapa aún se pueden acumularse azúcares debido al metabolismo de los hidratos de carbono almacenados, lípidos y proteínas. Eventualmente este azúcar se consume para mantener el crecimiento y los fenómenos de senescencia (Kays y Paull, 2004)

La temperatura juega un papel importante en el mantenimiento de la calidad de cosecha en tomates. El efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la calidad y la cantidad de cambios fisicoquímicos en frutos de tomate es altamente dependiente del cultivar, el tiempo de exposición y las condiciones de cosecha (Casierra, 2008). Se ha mencionado que el almacenamiento a bajas temperaturas es el método más eficiente para mantener la calidad en frutas y hortalizas, por su efecto sobre la reducción de la tasa de respiración, transpiración, producción de etileno, maduración y desarrollo de pudriciones.

### **Crecimiento y desarrollo del fruto**

Los frutos son los responsables de dirigir el flujo de asimilados y la fuerza de los mismos como destino está dada por su tamaño, potencialmente determinado por la cantidad de células fijadas en la antesis y por su actividad (Ardila, 2011). Las condiciones de crecimiento, especialmente luz y temperatura, influyen de forma importante en la composición y calidad de los frutos; los frutos cosechados a campo abierto tienen mayor contenido de sólidos solubles totales, ácido ascórbico y licopeno, que aquellos materiales cultivados bajo un sistema protegido, pero los parámetros de peso y rendimiento de fruto son mejores en el sistema protegido (Rana *et al.*, 2014).

### **Fotoasimilados**

Es una sustancia sintetizada por las plantas a partir de CO<sub>2</sub>, agua y de la energía solar. Según su función o su estado de desarrollo una parte u órgano de una planta será fuente o demanda de fotoasimilados.

### **Área foliar**

El área foliar está asociada con la mayoría de procesos agronómicos, biológicos, ambientales y fisiológicos, que incluyen el análisis de crecimiento, la fotosíntesis, la transpiración, la interceptación de luz, la asignación de biomasa y el balance de energía (Jerez, 2014).

La determinación del área foliar constituye un parámetro fundamental en la evaluación del desarrollo y crecimiento de los cultivos, en estudios de requerimientos hídricos y eficiencia bioenergética y en la determinación de daños producidos por patógenos y plagas. Además, por su estrecha relación con la interceptación de la radiación solar, con la fotosíntesis y con el proceso transpiratorio, aspectos fuertemente vinculados a la acumulación de biomasa y a la productividad, constituye una información básica para la modelización del crecimiento, desarrollo y rendimiento agronómico de los cultivos (Brito *et al.*, 2013).

La producción de la materia seca en los cultivos depende de la relación fuente demanda, donde la fuente es la capacidad para fotosintetizar y la demanda es la

capacidad potencial para aprovechar los productos fotosintetizados (Cabezas, 2006).

### **Índice de área foliar**

Según Waggoner y Berger (1987), los índices de área foliar tienen correlación con el rendimiento de la planta. Mediciones del área foliar a lo largo del ciclo del cultivo, o en períodos específicos, también permiten determinar la duración del área foliar y así comprender mejor los efectos de las enfermedades sobre el rendimiento de la planta.

### **Coefficientes de partición de biomasa**

Los coeficientes de partición de biomasa son la razón de una parte entre el total de la misma. Cuando expresamos el crecimiento de una planta o cultivo como acumulación de materia seca, la proporción del crecimiento de una planta o cultivo, la proporción del crecimiento total del cultivo que corresponde a una determinada parte (hojas, tallos, raíces, frutos y semillas) es lo que llamamos partición de la materia seca (Dogliotti *et al.*, 2011).

### **Respiración**

El tomate, por ser un fruto climatérico, puede madurar fuera de la planta, por lo que normalmente se recolectan cuando están casi maduros. Luego de cosechados mantienen una respiración muy alta, que aumenta con la temperatura. Cuando mayor la temperatura es mayor la respiración y por lo tanto mayor es el deterioro (Carballo y Scalone, 2005).

La luz es esencial para el crecimiento de las plantas, provee energía para la fotosíntesis, la fotosíntesis es el principal proceso fisiológico que impulsa el crecimiento de las estructuras y la productividad de los cultivos, además está muy influenciada por el medio ambiente (Marín *et al.*, 2014). Entre los factores que afectan las principales etapas fenológicas del cultivo (número y tamaño de frutos, y rendimiento) se encuentra la temperatura, la captación de energía solar (fotosíntesis), la transpiración y el buen suministro de agua (Josafad *et al.*, 1998).

## **Rendimiento de la planta**

Para poder analizar el rendimiento de una planta es necesario el estudio de sus componentes del rendimiento. Para el caso del tomate, los componentes del rendimiento son, el número de frutos por planta y el peso de fruto. El número de frutos por planta está determinado por el número de flores que son fecundadas y alcanzan a desarrollarse en fruto. Así, dichos componentes del rendimiento que involucra procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento vegetativo y reproductivo, está fuertemente influenciado por la relación fuente-demanda en diferentes fases del ciclo de vida de la planta. El peso del fruto, a su vez está determinado por la relación entre la potencia de la fuente y la potencia de la demanda durante el período de crecimiento del fruto. Esta relación determinará la máxima cantidad de asimilados que producirá la fuente y que aceptará la demanda, y que se puede traducir en una tasa de absorción o incorporación de asimilados por unidad de peso del tejido-demanda, más las pérdidas por respiración (Josafad *et al.*, 1998). El rendimiento de un cultivo está determinado por la capacidad de acumular materia seca en los órganos destinados a la cosecha (Morales *et al.* 2015).

## **Caracterización del fruto de tomate.**

La calidad del fruto se evalúa por la apariencia, el color, la textura, el valor nutricional, la composición en madurez de consumo, la sanidad, el sabor y el aroma. El sabor se mide por los sólidos solubles y ácidos orgánicos. La calidad de postcosecha y la vida de anaquel de los frutos es controlada por el estado de madurez en la cosecha. El sabor es el resultado de diversos componentes aromáticos volátiles y no volátiles y de una compleja interacción entre éstos (Mendoza *et al.* 2018). (Herrmann, 2001) las condiciones de luminosidad y transpiración favorecen un incremento constante de la concentración de sólidos solubles en los frutos. La calidad del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es afectada por variaciones genotípicas, condiciones climáticas, y el sistema de producción empleado (Hernández *et al.*, 2012).

## **Vitamina C**

La biosíntesis de la vitamina C se inicia a partir de dos compuestos presentes en las plantas, el ácido D-galacturónico y el éster metílico del ácido D galacturónico, los cuales a través del proceso de Wheeler-Smirnoff producen ácido ascórbico (Ceballos *et al.*, 2012)

El contenido de la vitamina C, depende del clima, del manejo agronómico y de la calidad del agua de riego (Huang *et al.*, 2015).

## **Lycopeno**

El licopeno es un carotenoide que se encuentra principalmente en el tomate, conserva sus propiedades funcionales después de ser procesado, no presenta toxicidad y posee efectos antioxidantes, antiinflamatorios y quimioterapéuticos sobre las enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y algunos tipos de cáncer (Cruz *et al.* 2013).

Según Singh y Goyal (2008), el consumo de licopeno tiene efectos positivos sobre la salud, ya que se ha comprobado que reduce ataques cardiacos y además reduce el riesgo a padecer diferentes tipos de cáncer (rectal, próstata, mama, pulmón y páncreas).

## **Color**

El color es la característica externa más importante en la determinación del punto de maduración y la vida postcosecha, y un factor determinante en la decisión de compra por parte de los consumidores. El color rojo es el resultado de la degradación de la clorofila, así como de la síntesis de cromoplastos (Mendoza *et al.* 2018).

## **Número de frutos**

El número de frutos está determinado por la cantidad de hojas que actúan como fuente de asimilados de acuerdo con su filotaxia; al hacer raleo de frutos, el número de hojas y su distancia a los frutos puede variar. Al reducir unos frutos, los asimilados que iban a estos son atraídos por los frutos adyacentes que aumentan así su peso y tamaño. (Quintana *et al.*, 2010).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del área de estudio

El trabajo de investigación se realizó en los años 2017-2018 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila; se estableció en tres ambientes (campo abierto 2018, túnel y campo abierto 2017), ubicado en las coordenadas 25° 22 Latitud N; 101°00 Longitud W, cuenta con una altitud de 1742 msnm, la temperatura media anual es de 16.8 °C, el clima es muy seco, semiárido y extremo, con lluvias en verano, la precipitación anual es de 350 a 450mm.

### Material genético

**Cuadro 1. Líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y testigos comerciales evaluados en tres ambientes.**

Genotipos	Genealogía	Hábito de crecimiento	Características
1	F3	Indeterminado	bola
2	R1	Determinado	Bola
4	Y533	Determinado	Saladette
7	Y4	Indeterminado	Saladette
12	Río Grande	Determinado	Saladette
13	Floradade	Determinado	Bola
15	El Cid	Indeterminado	saladette

### Diseño Experimental

Cada ambiente, se estableció en un diseño de bloques completos al azar (BCA), con tres repeticiones, la parcela experimental fue de tres surcos con 15 plantas, con una parcela útil de cinco plantas del surco central, con competencia completa.

### Manejo agronómico

#### Preparación del terreno

En los experimentos de campo y macrotúnel se preparó el terreno, llevando a cabo un barbecho y rastreo hasta que el suelo quedara suelto sin terrones, posteriormente se levantaron las camas, se realizó la primera fertilización de fondo antes de la siembra, se colocó la cintilla para el riego en la parte central de cada cama, y finalmente se colocó el polietileno negro de acolchado.



## **Siembra**

El cultivo evaluado en el ambiente uno y dos fue establecido en el ciclo primavera-verano 2017. El ambiente tres se estableció durante el ciclo de verano del 2018. Para los tres ambientes, las semillas de los genotipos fueron sembrados en charolas de polietileno de 200 cavidades, que previamente se desinfectaron con agua y cloro, posteriormente las charolas fueron llenadas con sustrato peat-moss y perlita y se humedecieron, se sembró 200 semillas de los materiales evaluados, en cada cavidad se agregó una semilla, se aplicó biozime ts  $1\text{g L}^{-1}$  de agua para estimular la germinación. Las charolas se colocaron una sobre otra, se llevaron dentro del invernadero con la finalidad de que las semillas tuvieran las condiciones necesarias para su óptima germinación, y al tercer día se trasladaron a la casa sombra para que posteriormente se diera el desarrollo de la plántula.

## **Trasplante**

Esta actividad agronómica se llevó acabo en el ambiente uno y dos el nueve de junio de 2017, en el ambiente tres el trasplante se realizó el día seis de junio de 2018, estos tres experimentos se realizaron en el campo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, los ensayos se realizaron de forma manual, colocando las plantas correspondientes de cada genotipo, a una distancia de 20cm entre plantas.

## **Tutoreo**

Los tutores se colocaron a los 20 días después del trasplante en los tres ambientes, a todos los materiales genéticos se puso un soporte en forma lateral con rafia y tubos metálicos, a una distancia de dos metros entre ellos; con la finalidad de que las plantas se puedan sostener su peso, se colocaron aproximadamente 3 hilos a una distancia de 25cm.

## **Poda**

La primer poda para los 3 experimentos se efectuaron después de un mes del trasplante, esta actividad se realizó cada semana. Estas se realizaron según el tipo de hábito de crecimiento de los genotipos, para los materiales

indeterminados se dejó a un solo tallo y para los determinados, 2 tallos y posteriormente se eliminaron todas las yemas laterales.

### **Riegos**

Los riegos en campo abierto y en macrotúneles adyacentes fueron por medio del sistema de riego por goteo, programados cada tercer día con una duración de 3 horas. Posteriormente la realización de esta actividad dependía de la cantidad de humedad que contenía el suelo.

### **Densidad**

La densidad por hectárea fue de 38,462 plantas por  $ha^{-1}$  en el ambiente túnel puesto que las plantas se colocaron a una distancia de 20cm entre planta y a 1.30cm entre surco. Y en el ambiente campo abierto fue de 31, 250 con camas de 1.60 y entre plantas de 20cm.

### **Fertilización**

La dosis de fertilización que se empleó en campo fue la siguiente: 400-400-200-100 Ca, 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 del trasplante.

#### **Fuentes para dosis de fertilización.**

Sulfato de amonio	21-00-00
Multi NPK	13-02-44
Sulfato de potasio	00-50-00
Nitrato de calcio	15.5-00-00-26.6
Nitrato de potasio	12-00-46
Fosfato diamónico	18-46-00

### **Cosecha**

La cosecha se realizó de manera manual, se seleccionó una planta con competencia completa y esto fue igual para los tres ambientes. Los frutos se

colectaron y se colocaron en bolsas de papel, previamente identificadas con un número correspondiente al genotipo y repetición para después llevarse al laboratorio de Fisiotecnia.

### **Variables evaluadas**

#### **Rendimiento**

En cada cosecha se tomó el peso en kilogramos de todos los frutos de cada planta de los genotipos evaluados. Los datos obtenidos se proyectaron en toneladas por hectárea.

**Número de frutos** Se realizó un conteo del número de frutos totales obtenidos en cada cosecha de cada genotipo y se dividió entre el número de plantas seleccionadas para poder tener el número de frutos por planta.

**Peso promedio de fruto** El peso total de las cosechas que se obtuvo se dividió entre el número de frutos totales cosechados; el resultado se expresó en gramos.

**Diámetro ecuatorial** La medición se realizó con vernier y se expresó en centímetros, midiendo la parte media del fruto.

**Diámetro polar** La medición se realizó con vernier, midiendo desde la cicatriz del pedúnculo hasta el ápice del fruto y este dato se expresó en centímetros.

#### **Biomasa seca y área foliar**

Para la estimación de biomasa seca total de la planta (tallos, hojas y frutos), se extrajo la planta y se separó en sus partes (hojas, tallos y frutos) luego se procedió a secar por separado, en la estufa a 65° C, durante 72 horas, posteriormente se realizaron lecturas de peso seco.

Área foliar: Se utilizó un integrador electrónico (MODEL 3100 AREA METER) para determinar área total de hojas en centímetros cuadrados para cada genotipo.

#### **Metodología para pruebas de calidad de frutos.**

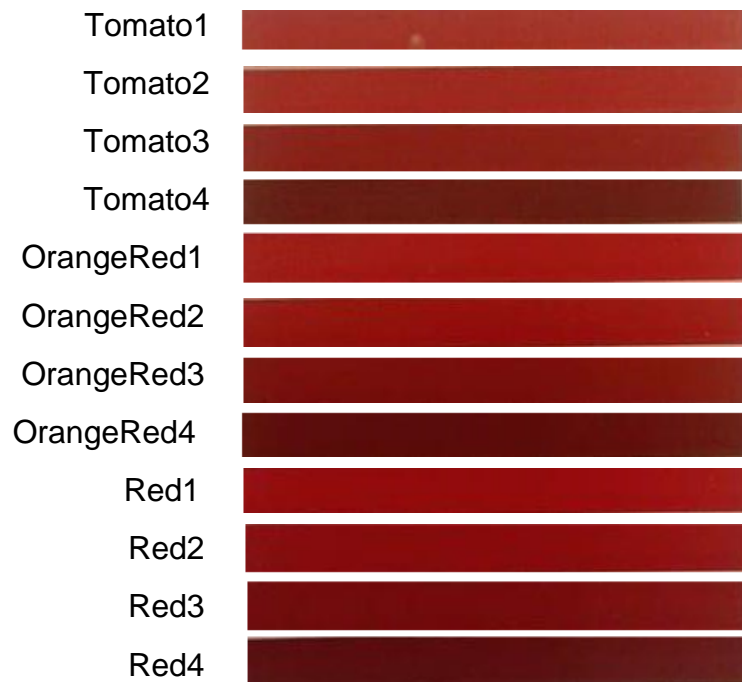
Los frutos de las plantas muestreadas de cada genotipo se colocaron en bolsas de papel y se llevaron al laboratorio de Fisiotecnia y ahí se guardaron hasta que

estuvieran maduros, cuando alcanzaron el color rojo se llevaron las pruebas correspondientes para determinar su calidad.

1. Se seleccionaron tres frutos de cada repetición de los genotipos para determinar la calidad del fruto, posteriormente 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 presentaba una repetición, en total se tenían tres repeticiones por genotipo.

3. Los frutos fueron clasificados en cuanto a su color en base a la carta colorimétrica.



5.-Se determinó el tamaño y número de lóculos 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.

6.-Potencial de Iones de Hidrogeno (Ph).

Se determinó el pH de cada fruto con el potenciómetro (CONDUCTRONIC Modelo 10)

#### 7.- Grados bríx (° Bríx).

Se determinaron los grados bríx para cada uno de los genotipos con refractómetro portátil (ATAGO 76719).

#### 8.- Vitamina C.

De los frutos ya molidos contenidos en los vasos de precipitado, se tomó una muestra de 20 g de cada tratamiento.

Se le agregaron 10 mL de ácido clorhídrico al 2 %.

Se colocaron los vasos en un agitador Vortex por un tiempo de 20 minutos.

Una vez agitada la muestra, se filtró el contenido en matraces Erlenmeyer agregándole 100 mL de agua destilada.

Del contenido de los matraces se tomaron 10 mL y se procedió a titular con el reactivo de Thielman, hasta obtener una coloración rosa permanente, anotando los mililitros consumidos del reactivo, los cuales posteriormente fueron utilizados para la determinación del contenido de Vitamina C en cada genotipo.

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

$\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ de Vitamina C} = (a \cdot 0.088 \cdot VT \cdot 100) / (VA \cdot P)$  En donde:

a = mL gastados de Reactivo de Thielman 0.088 = mg de ácido ascórbico equivalente a 1 mL de Reactivo de Thielman

VT = Volumen Total en mL del filtrado de Vitamina C en HCl

VA = Volumen en mL de la alícuota valorada

P = Peso de la Muestra (20 g)

### **Análisis Estadístico.**

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha$  0.05) en la que se utilizó el programa Statical Analysis System (SAS) Versión 9.0. Y también se utilizó el programa Statistica version 10 para realizar graficas correspondientes para este experimento.

### **Modelo estadístico combinado**

Para el análisis combinado para los tres ambientes, se hizo mediante el modelo (Steel y Torrie, 1980):

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \partial_{k(j)} + \alpha_i + \alpha_i * \beta_j + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Observación del i-ésimo tratamiento en su k-ésima repetición en el j-ésimo ambiente.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Efecto del tratamiento.

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo ambiente.

$\alpha_i * \beta_j$  = Efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo ambiente.

$\partial_{k(j)}$  = Efecto de la k-ésima repetición anidada en el j-ésimo ambiente.

$\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables de rendimiento

En los datos obtenidos del análisis de varianza del modelo combinado que se muestra en el cuadro 2, se encontró, en la fuente de variación Ambientes, significancia ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables de rendimiento; Flores *et al.*, (2011) menciona que las diferencias entre ambientes puede cambiar frecuentemente la magnitud del comportamiento de una variedad a través de los diferentes ambientes de prueba. El rendimiento es la expresión fenotípica resultante final de procesos fisiológicos que se reflejan en la morfología y en la fisiología de la planta. Esto se refiere a la cantidad total de materia seca producida por la planta, conocida como biomasa (Morales *et al.*, 2015).

En la fuente de variación genotipos hubo significancia ( $P \leq 0.01$ ) en PPF, DE, DP y tamaño de fruto; y al  $P \leq 0.05$  en rendimiento.

En la interacción genotipo\*ambiente hubo significancia ( $P \leq 0.01$ ) en la variable diámetro polar y  $P \leq 0.05$  en tamaño de fruto, en estas variables los genotipos que estén más estables se seleccionarán.

**Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para variables de rendimiento de siete genotipos de tomate evaluados en tres ambientes.**

FV	GL	Rend	Número de frutos	Peso promedio de fruto	DE	DP	Tamaño de fruto
Amb	2	13340.7**	2070.4**	5398.8**	3.33**	3.16**	13.82**
Rep (Amb)	6	731.1	122.4	539.5	0.13	0.06	0.26
Geno	6	985.7 *	237.3	2632.7**	6.84**	6.74**	7.24**
Geno*Amb	12	7711.9	152.0	686.6	0.24	0.53**	0.39*
Error	36	340.0	78.7	476.6	0.16	0.22	0.32
C.V. (%)		46.2	46.6	35.5	6.81	7.30	21.13
Media		39.8	19.0	61.3	5.97	6.52	2.69

\*\*0.01 y \*05 nivel de probabilidad, FV=Fuente de Variación, GL=Grados de Libertad, Amb=Ambiente, Rep=Repetición, Geno=genotipos, C.V=Coeficiente de variación, Rend=Rendimiento, DE= Diámetro ecuatorial, DP= diámetro polar.

El análisis de comparación de los valores medios muestra que el genotipo 2 (R1) fue el mejor para rendimiento con 59.16 t ha<sup>-1</sup>, diámetro ecuatorial con 7.14, tamaño de fruto con 4.22; en los resultados obtenidos de rendimiento de este genotipo supera el rendimiento promedio nacional de campo abierto con 51.69 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2018). El genotipo siete (Y4) fue superior a los demás en diámetro polar con 8.153 cm. Los diámetros ecuatorial y polar determinan el tamaño de los frutos de tomate, y en la actualidad el diámetro ecuatorial es un indicador de calidad para comercializar esta hortaliza (Urrieta *et al.*, 2012). La fuerza de la demanda se refleja en el diámetro de los frutos, lo cual está muy relacionado con la tasa de crecimiento (Bozokalfa y Kilic, 2010). En la variable número de frutos el genotipo 12 (Rio Grande) fue mejor con 37.6 frutos; y el genotipo 1 (F3) obtuvo un valor alto en peso promedio de fruto con 82.89 g (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Agrupación de medias estadísticas de siete genotipos de tomate evaluados en tres ambientes para variables de rendimiento.**

Geno	Rend (t ha <sup>-1</sup> )	Número de frutos	PPF (g)	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro polar (cm)	Tamaño de fruto
1	41.90 ab	16.55 ab	82.89 a	6.82 a	6.08 cd	3.44 ab
2	59.16 a	19.11 ab	80.34 a	7.14 a	6.15 cd	4.22 a
4	34.54 ab	16.66 ab	58.67 ab	5.99 b	7.10 b	2.66 bc
7	27.76 b	10.22 b	69.12 ab	6.14 b	8.15 a	2.55 cd
12	32.91 ab	25.77 a	40.22 b	4.76 c	6.16 cd	1.66 e
13	46.55 ab	21.44 ab	57.19 ab	5.93 b	5.50 d	2.55 cd
15	36.31 ab	23.22 ab	41.37 b	4.99 c	6.48 bc	1.77 de

Prueba de Tukey Alfa 0.05, medias con la misma letra no son significativamente diferentes, Geno= Genotipos, Rend=Rendimiento, PPF=Peso promedio de fruto.

En los resultados obtenidos en el cuadro 4, el ambiente campo abierto 2018 fue el mejor para la variable de rendimiento y con media de 29.00 número de frutos. Para la variable peso promedio de fruto con 75.08 gr, diámetro ecuatorial con 6.37 cm, diámetro polar con 6.89 cm y un tamaño de fruto de 3.47, el mejor ambiente fue el túnel 2017. Monge (2015) destaca que el rendimiento es una característica que presenta mucha variabilidad y que es altamente dependiente del material genético, las condiciones ambientales, la presencia de plagas y enfermedades y las prácticas de manejo, como densidad de siembra y podas



realizadas. En el ambiente campo abierto 2018 se obtuvieron 56.71 toneladas por hectárea, los resultados obtenidos de este experimento coinciden con lo que menciona (Terry *et al.* 2018) a campo abierto en áreas experimentales se deben de obtener más de 25 t ha<sup>-1</sup>. En el experimento de campo 2017 no coincide con los resultados obtenidos de Terry, ya que debido a las condiciones ambientales (granizadas, lluvias y vientos fuertes) de ese año, el rendimiento estuvo por debajo de los datos.

**Cuadro 4. Comparación de medias para variables de rendimiento en tres ambientes.**

Ambiente	Rend (t ha <sup>-1</sup> )	Número de frutos	PPF (g)	DE (cm)	DP (cm)	Tamaño de fruto
Campo 2017	10.90 b	9.143 c	43.75 b	5.58 c	6.12 b	2.76 b
Túnel 2017	52.02 a	18.85 b	75.08 a	6.37 a	6.89 a	3.47 a
Campo 2018	56.71 a	29.00 a	65.35 a	5.95 b	6.54 a	1.85 c

Prueba de Tukey Alfa 0.05, medias con la misma letra no son significativamente diferentes, Rend= Rendimiento, PPF= Peso promedio de frutos, DP= Diámetro polar, DE= Diámetro ecuatorial.

### Variables de biomasa

En los datos obtenidos del análisis de varianza del modelo combinado que se muestra en el cuadro 5, se encontró significancia  $P \leq 0.01$  para las variables área foliar, peso seco de hojas, peso seco de tallos, peso fresco de frutos e índice de cosecha, en ambientes.

En repeticiones dentro de ambientes se encontró significancia al  $P \leq 0.01$  en área foliar e índice de cosecha; y al  $P \leq 0.05$  en PSH Y PST. Para genotipo  $P \leq 0.01$  AF, IC, PSH y PST; y al  $P \leq 0.05$  PFF. Y en genotipos por ambientes se encontró significancia  $P \leq 0.01$  en las variables AF, PSH y PST. El crecimiento vegetal, entendido como un aumento irreversible en tamaño de la plantas, implica a nivel fisiológico una serie de cambios y reacciones de tipo bioquímico, de las cuales dependerá finalmente el comportamiento agronómico y el rendimiento potencial de los diferentes genotipos. Este se determina mediante medidas directas (altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar, masa seca) e indirectas como la tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento del cultivo, tasa relativa de crecimiento, etc. La acumulación y distribución de biomasa en los

vegetales son características genotípicas fácilmente afectadas por el ambiente y su interacción (Barrientos, 2015).

**Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para variables de biomasa de siete genotipos de tomate evaluados en tres ambientes.**

FV	GL	AF	PSH	PST	PSF	PPF	IC
Amb	2	171.17**	3444.14**	5979.76**	43685**	117.9**	8.51**
Rep (Amb)	6	12.35**	233.66 *	260.22*	3502.24	6.89	2.09 **
Geno	6	14.79**	310.48**	439.20**	2655.06	8.9*	2.84 **
Geno* Amb	12	11.29**	235.29**	341.55**	2294.94	6.06	61.224
Error	36	4.43	87.75	112.74	1353	3.23	60.077
C.V. (%)		34.924	34.27	32.59	55.51	48.51	15.85
Media		6030.56	27.33	32.57	66.26	1172.13	48.89

\*\*0.01 y \*05 nivel de probabilidad, FV=Fuente de Variación, GL=Grados de Libertad, Amb=Ambiente, Rep=Repetición, Geno=genotipos, C.V=Coeficiente de variación. AF =Área foliar, PSH =Peso seco de hojas, PST=Peso seco de tallos, PSF=Peso seco de frutos, PPF=Peso fresco de fruto, NF=Número de frutos.

En comparación de medias del cuadro 6, se determina lo que dice Cayón (1992) quien afirma que la tasa de incremento de la productividad de plantas aumenta con el índice de área foliar hasta un valor óptimo, debido a una captación más efectiva de la radiación, ya que el genotipo dos (R1) fue superior a los demás, obteniendo una media de 8388.0 (cm<sup>2</sup>) en área foliar, en peso seco de hoja con 38.88 (g), en peso seco de tallo con 44.44 (g) y en peso fresco de frutos con 1737.1 (g). En la comparación de medias los resultados obtenidos de peso seco de fruto coinciden con el autor Alemán (2008) el menciona que el rendimiento económico que representa a la materia seca del fruto agrícola de la planta es de 55.71 g. Y en índice de cosecha el mejor genotipo es el 12 (Rio Grande) con 57.36.

**Cuadro 6. Agrupación de medias estadísticas de siete genotipos evaluados en tres ambientes para las variables de biomasa.**

Geno	AF (cm <sup>2</sup> )	PSH (g)	PST (g)	PSF (g)	PFF (g)	IC
1	6222.4 ab	28.1 ab	38.8 ab	69.2 a	1220.3 ab	47.72 b-c
2	8388.0 a	38.1 a	44.4 a	93.5 a	1737.1 a	48.93 b-c
4	6349.8 ab	28.6 ab	28.4 b	49.1 a	992.4 ab	45.18 bc
7	6031.5 ab	27.4 ab	31.3 ab	44.0 a	790.6 b	39.60 c
12	4141.3 b	18.5 b	23.3 b	63.0 a	986.1 ab	57.36 a
13	5786.0 ab	26.3 ab	31.6 ab	80.8 a	1398.4ab	52.15 ab
15	5295.1 ab	24.1 b	29.8 ab	64.0 a	1079.9 ab	51.29 ab

Prueba de Tukey Alfa 0.05, medias con la misma letra no son significativamente diferentes, Geno=Genotipos, AF= Area foliar, PSH =Peso seco de hojas, PST= Peso seco de tallos, PSF = Peso seco de frutos, PFF= Peso fresco de fruto, NF=Numero de fruto, IC= índice de cosecha.

Para las variables área foliar con 8118.7 cm<sup>2</sup>, peso seco de hojas con 36.5, peso seco de tallo con 46.3 g, peso seco de frutos con 108.81 g, con un peso fresco de frutos de 1814.9 g y con un índice de cosecha de 54.4 el ambiente superior en estas variables fue el campo 2018, el ambiente campo abierto 2017 fue el que obtuvo valores bajos en todas las variables, debido a las condiciones ambientales (granizadas, lluvias y vientos muy fuertes) de ese año, (cuadro 7)

**Cuadro 7. Comparación de medias de las variables de biomasa en tres ambientes.**

Amb	AF (cm <sup>2</sup> )	PSH (g)	PST (g)	PSF (g)	PFF (g)	IC
Campo 2017	2777.3 b	12.7 b	13.7 c	18.1 c	348.9 c	41.9 b
Túnel 2017	7195.7 a	32.7 a	37.5 b	71.8 b	1352.6 b	50.3 a
Campo 2018	8118.7 a	36.5 a	46.3a	108.8 a	1814.9 a	54.4 a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, Amb= Ambiente, AF= Area foliar, PSH=Peso seco de hojas, PST = Peso seco de tallos, PSF= Peso seco de frutos, PFF = Peso fresco de fruto, NF=Numero de fruto.

### Variables de calidad de fruto

En los datos obtenidos del análisis de varianza del modelo combinado que se muestra en el cuadro 8, se encontró significancia  $P \leq 0.01$  para la variable grados brix y vitamina C, en ambientes y genotipos se encontró una significancia al  $P \leq 0.05$  en color de fruto y pH en ambientes y genotipos. La calidad de los frutos de tomate es influida por factores ambientales, sistemas de producción y genotipos (Hernández *et al.*, 2012).

**Cuadro 8. Cuadros medios del análisis de varianza combinado para variables de calidad de fruto de siete genotipos de tomate evaluados en tres ambientes.**

FV	GL	Color de fruto	pH	°Brix	Vitamina C
Amb	2	0.58 *	0.15*	3.17**	124.60**
Rep/amb	6	0.39 *	0.03	0.07	7.15
Geno	6	1.03 *	0.11*	0.92**	49.77**
Geno*Amb	12	0.29	0.07	0.39	16.03
Error	36	0.17	0.03	0.26	13.92
C.V. (%)		16.35	4.23	13.21	25.02
Media		2.55	4.63	3.89	14.90

\*\*0.01 y \*05 nivel de probabilidad, FV=Fuente de Variación, GL=Grados de Libertad, pH=Potencial iones hidrógeno, ° Brix =Grados bríx, Amb=Ambiente, Rep=Repetición, Geno=genotipos, C.V=Coeficiente de variación.

Al realizar el análisis de la comparación de medias de los siete genotipos evaluados, el mejor genotipo fue el siete (Y4) con un valor de grados Bríx de 4.28 % y en vitamina C con 18.212 mg/100g estos resultados coinciden con Vinha *et al.* (2014) quienes reportaron valores entre 10 y 33 mg 100 g<sup>-1</sup>. En la variable de color de fruto el genotipo 12 (Rio grande) con 3.00 fue el mejor, en pH el genotipo (Y533) con 4.74 fue superior a los demás (cuadro 9). Los resultados obtenidos coinciden con Sánchez *et al.*, (2015) indicaron que los tomates deben tener un pH entre 4 y 5 y un contenido en sólidos solubles de entre 4 y 6 grados Brix.

**Cuadro 9. Agrupación de media estadística de siete genotipos evaluados en tres ambientes para calidad de fruto de tomate.**

Genotipos	Color de fruto	pH	°Brix (%)	Vitamina C (mg 100g <sup>-1</sup> )
1	2.22 b	4.63 ab	3.63 ab	14.47 ab
2	2.44 ab	4.59 ab	4.14 ab	12.12 b
4	2.33 b	4.74 a	3.44 b	12.76 ab
7	2.66 ab	4.61 ab	4.28 a	18.21 a
12	3.00 a	4.69 ab	4.21 a	16.20 ab
13	2.22 b	4.41 b	3.76 ab	17.26 ab
15	3.00 a	4.74 a	3.77 ab	13.33 ab

Prueba de Tukey Alfa 0.05, medias con la misma letra no son significativamente diferentes, pH= Potencial iones hidrogeno, °Brix = Grados brix.

En el cuadro 10 al realizar la comparación de medias en el ambiente túnel 2017 se obtuvo una media superior en la variable de color de fruto con 2.71. Y en la variable pH con 4.73 el mejor ambiente fue campo abierto 2018. Y grados brix con 4.21, el campo abierto 2017 fue el mejor ambiente. En el ambiente campo abierto 2017 en la variable vitamina C con 17.211 fue el mejor. Los resultados obtenidos coinciden con Alemán *et al.*, (2010) en sólidos solubles totales con un valor mayor o igual a 4.0 en tomates es considerado bueno. Casierra *et al.*, (2007) encontraron un incremento progresivo en el contenido de sólidos solubles totales en los frutos de tomate de plantas cultivadas a campo abierto.

**Cuadro 10. Comparación de medias de la variable de calidad de fruto en tres ambientes.**

Ambientes	Color	pH	Grados Bríx (%)	Vitamina C (mg 100g <sup>-1</sup> )
Campo 2017	2.5714 ab	4.59571 ab	4.2143 a	17.211 a
Túnel 2017	2.7143 a	4.57286 b	4.0095 a	15.161 ab
Campo 2018	2.3810 b	4.73333 a	3.4619 b	12.358 b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes, pH= Potencial iones Hidrogeno.

En los resultados obtenidos del cuadro 11 se encontró que existe correlación positiva para las variables evaluadas en el experimento, área foliar, peso seco de hojas, peso seco de tallos y peso fresco de frutos. El peso fresco está directamente correlacionado con el peso seco (Heuvelink y Marcelis, 1989).

**Cuadro 11.** Correlaciones para variables de biomasa en tres ambientes.

	PSH	PST	PSF	NF	IC	PFF	Rend (t ha <sup>-1</sup> )
AF	0.99 **	0.93**	0.76	0.60	0.16	0.80	0.80
PSH		0.93**	0.76	0.59	0.16	0.80	0.80
PST			0.82	0.67	0.26	0.85	0.84
PSF				0.77	0.60	0.96 **	0.94**
NF					0.51	0.74	0.70
IC						0.56	0.56
PFF							0.98**

\*\*0.01 nivel de probabilidad, AF =Área foliar, PSH =Peso seco de hojas, PST=Peso seco de tallos, PSF=Peso seco de frutos, NF= Número de frutos, IC= Índice de cosecha, PFF=Peso fresco de fruto, RND= Rendimiento.

En la gráfica de la figura 1 se muestran los resultados obtenidos de los genotipos con un mejor índice de cosecha, en el ambiente campo abierto 2018 (BAJ018) los genotipos que sobresalieron fueron: uno (F3), siete (Y4), 12 (Rio Grande), 13 (Floradade) y 15 (El Cid). En el ambiente bajo 2017 (BAJ017) todos los genotipos obtuvieron el menor índice de cosecha.

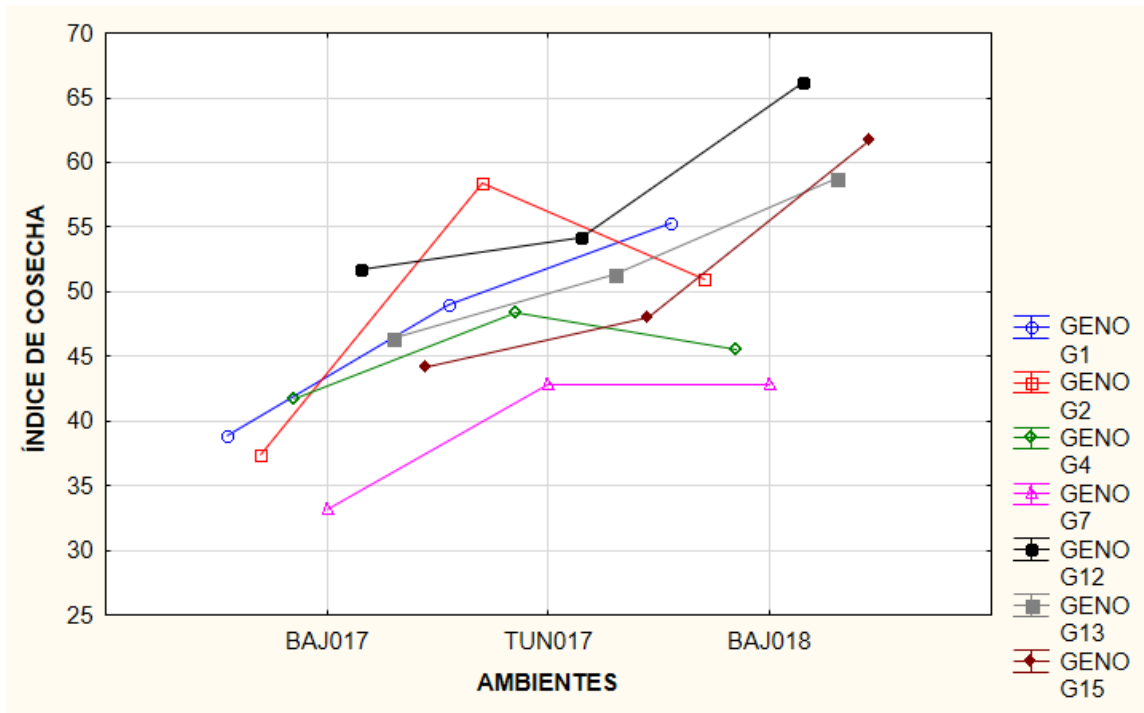


Figura 1. Determinación de índice de cosecha en relación a rendimiento en tres ambientes.

Los resultados obtenidos de la gráfica de la figura 2 nos indica a los genotipos que obtuvieron un mejor valor de peso promedio de fruto en el ambiente túnel 2017 (TUN017) fueron: uno (F3), dos (R1), siete (y4), 12 (Rio grande), 13 (Floradade). Esto nos determina que este ambiente se encontró con las condiciones favorables para el desarrollo del fruto.

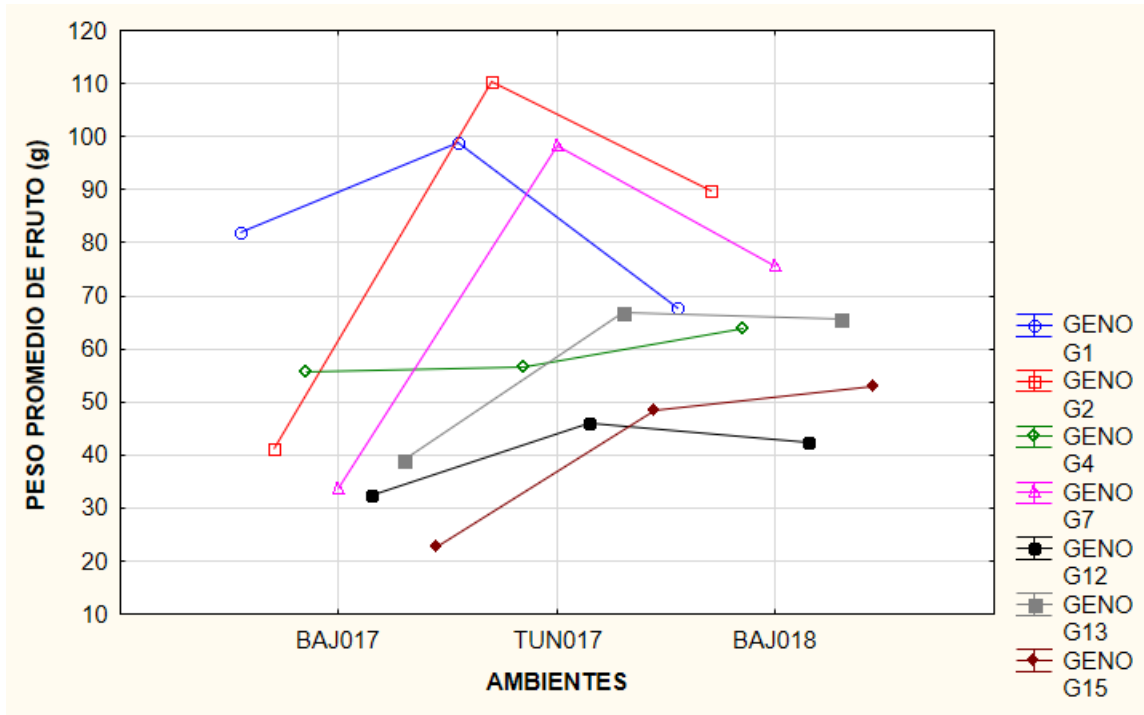


Figura 2. Variable peso promedio de fruto en relación en tres ambientes.



En la gráfica de la figura 3 se puede mostrar que en el ambiente campo abierto 2018 (BAJ018), el genotipo dos (R1) fue el más rendidor en este, ya que fue el más sobresaliente de los demás, estos resultados obtenidos se determina que los genotipos obtuvieron un mejor valor de rendimiento en este ambiente para su desarrollo y eficiencia de fruto. En el ambiente BAJ017 (campo abierto 2017) el rendimiento de los genotipos, los valores obtenidos fueron muy bajos debido a las condiciones ambientales de ese año.

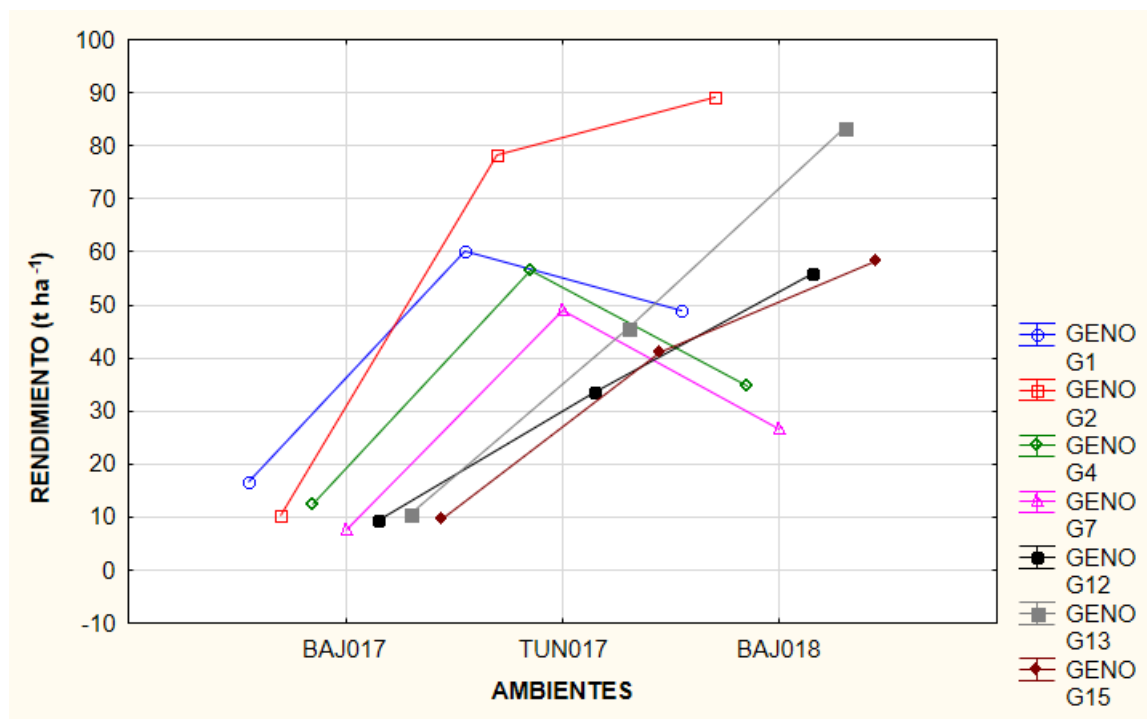


Figura 3. Variable rendimiento de tomate en comparación en tres ambientes.

La gráfica de la figura 4 nos muestra los datos obtenidos para la variable grados brix en tres ambientes, el mejor ambiente fue túnel 2017 (TUN017) el genotipo siete (Y4) fue el que obtuvo un valor más alto de grados brix en este. Los genotipos uno (F3), cuatro (533), 12 (Rio grande), 13 (Floradade) y 15 (El Cid) en el ambiente campo abierto 2018 (BAJ 018) obtuvieron un valor bajo de grados brix en este.

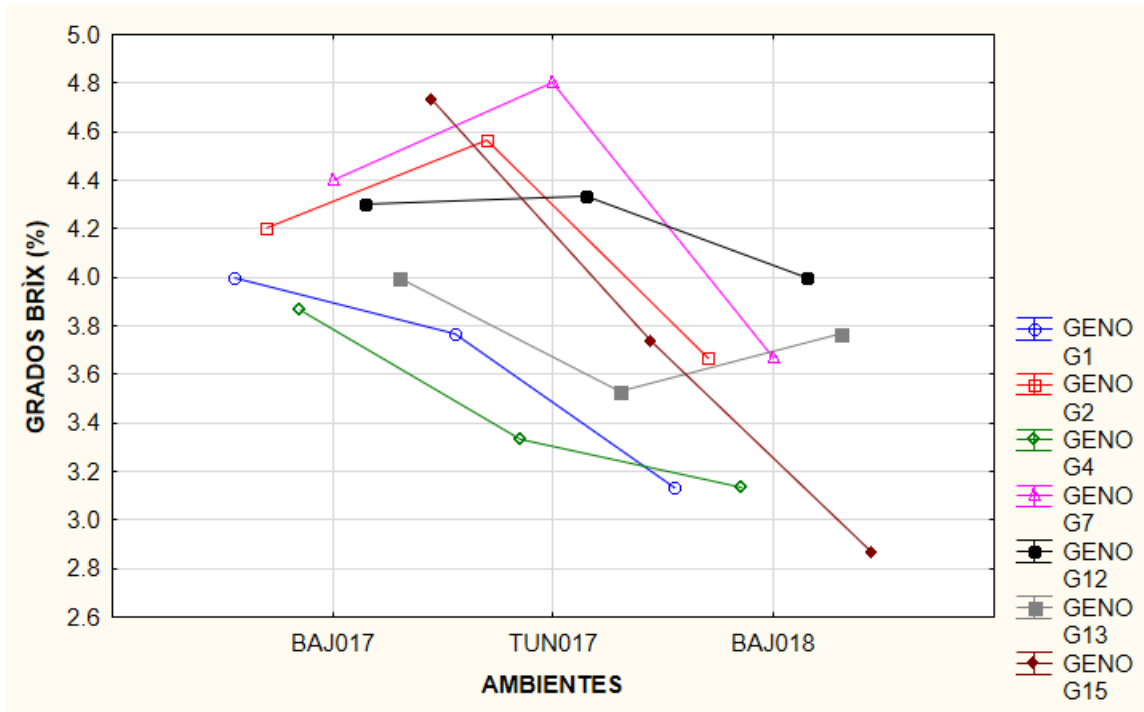


Figura 4. Variable grados brix en el fruto de tomate en relación a tres ambientes.

Los resultados obtenidos en la figura 5 nos indican que para la variable vitamina C el ambiente túnel 2017 (TUN017) fue el mejor, y los genotipos más sobresalientes este ambiente fueron: uno (F3), dos (R1), 12 (Rio grande), 13 (Floradade). En el ambiente campo abierto 2017 (BAJ017) el genotipo siete fue el más sobresaliente.

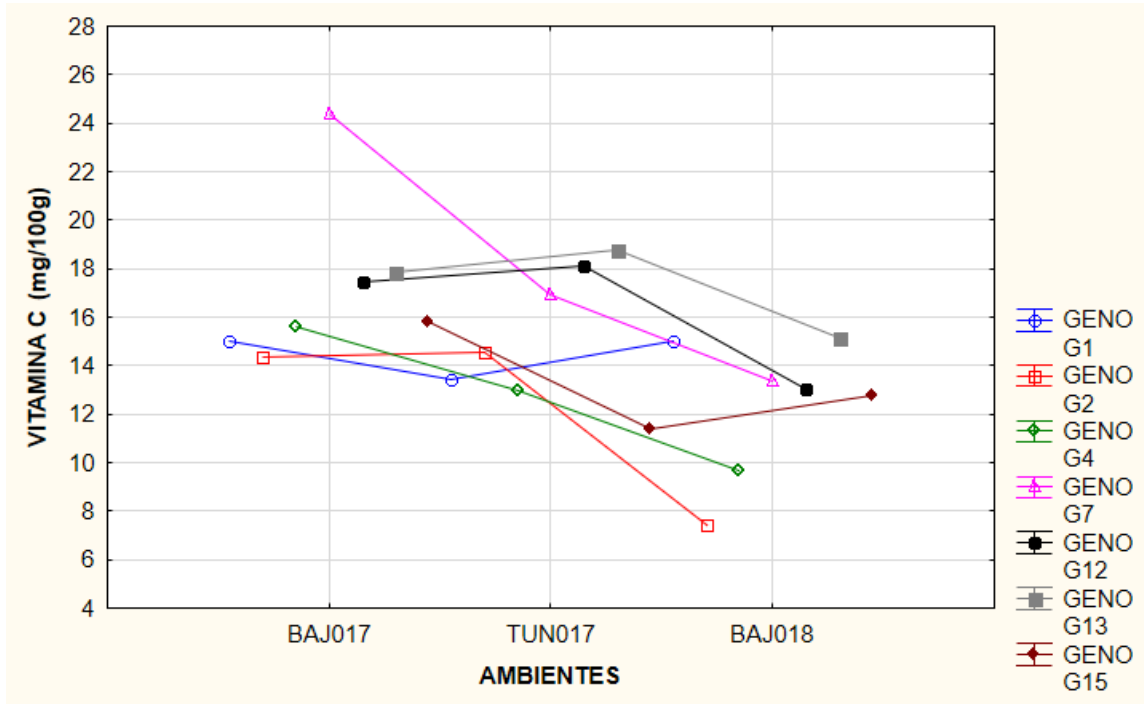


Figura 5. Variable vitamina C en fruto en relación en tres ambientes.

En la figura 6 se observa la gráfica tridimensional donde se muestran tres variables en el eje Y se encuentra el peso promedio de fruto (g), en el eje X índice de cosecha (g) y en el eje Z rendimiento (t ha<sup>-1</sup>). El genotipo que obtuvo un mejor índice de cosecha fue el 12 (Rio Grande). Para peso promedio de fruto el genotipo con un alto valor fue el 1 (F3) y el que obtuvo un mejor rendimiento fue el genotipo dos (R1).

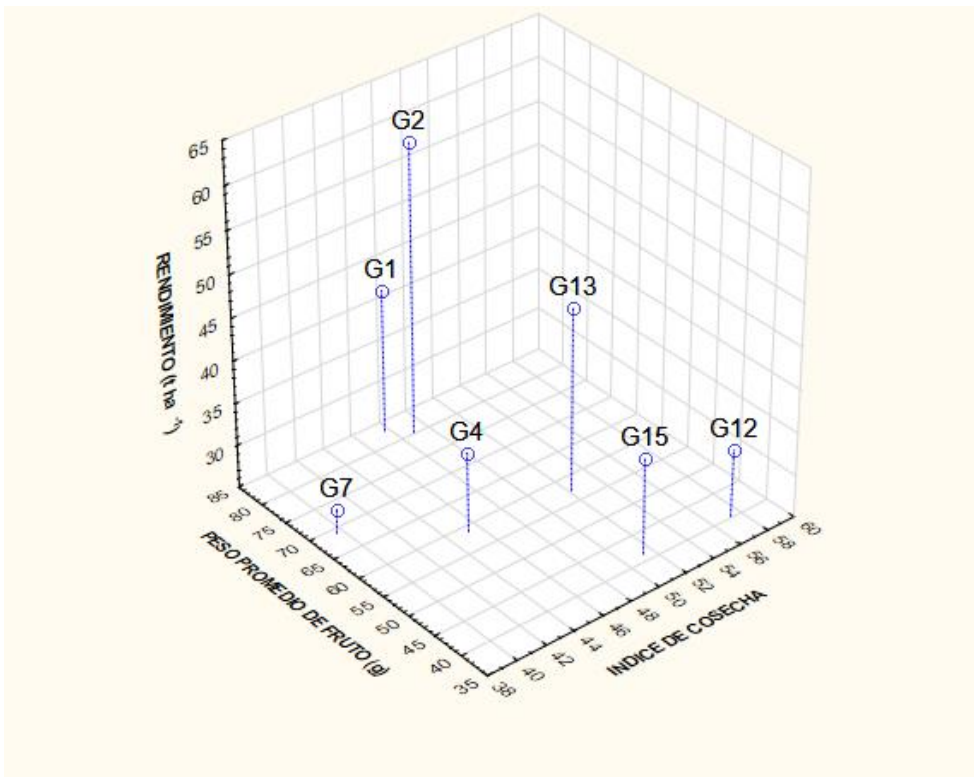


Figura 6. Comparación de tres variables de rendimiento en relación en tres ambientes

La figura 7 nos muestra la gráfica tridimensional donde se muestran tres variables en el eje Y tenemos la variable vitamina C, en el eje X se tiene la variable grados brix y en el eje Z, se tienen la variable rendimiento.

El genotipo con un mejor rendimiento fue el dos (R1), el genotipo siete (Y4) fue el mejor para la variable grados brix y vitamina C el cual supero a todos los demás.

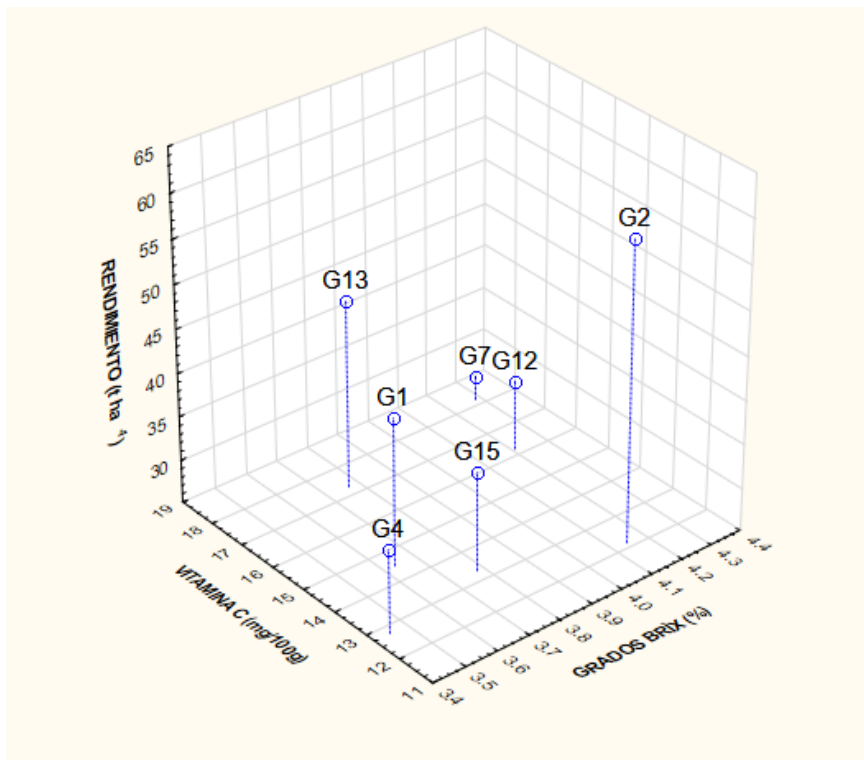


Figura 7. Comparación de tres variables de parámetros de calidad en relación a tres ambientes

En la figura 8 se observa la gráfica tridimensional donde se muestran tres variables en el eje Y se encuentra el diámetro polar, en el eje X diámetro polar y en el eje Z rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ). El genotipo que obtuvo un mejor diámetro polar fue el 7 (Y4). El genotipo con un alto valor de diámetro ecuatorial y un mejor rendimiento fue el genotipo dos (R1).

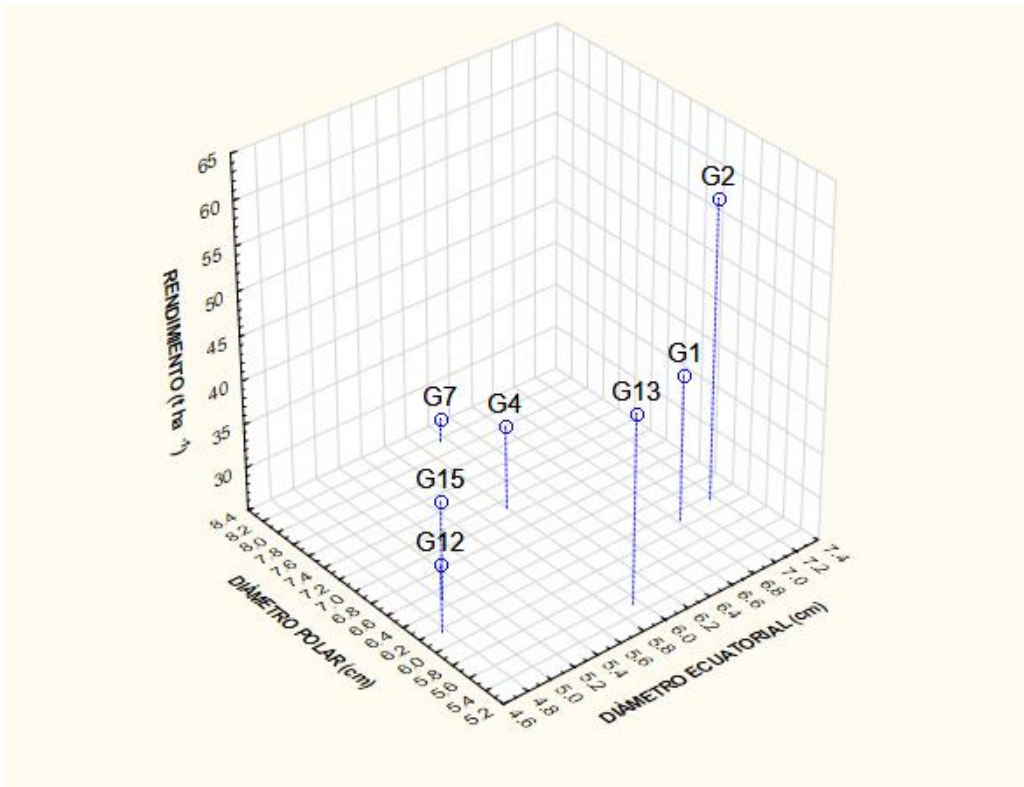


Figura 8. Comparación de tres variables de rendimiento en relación a tres ambientes.

## **CONCLUSIONES**

En este experimento se demostró que existe correlación entre peso seco y peso fresco. El genotipo que obtuvo un valor alto de área foliar, peso seco de hojas, peso seco de tallos, peso seco de frutos, peso fresco de frutos, fue el que obtuvo un mejor rendimiento. Se acepta la hipótesis ya que se encontraron mejores resultados en la línea R1, superando a los testigos comerciales con un mayor rendimiento.

## LITERATURA CITADA

- Adalid A. R. S. y Nuez F. (2007). Mejora de la calidad nutritiva en tomate: búsqueda de nuevas fuentes de variabilidad con alto contenido en carotenoides y vitamina C. Soc. Española Ciencias Hortícolas; 48:121-24.
- Adalid A. R. S. and Nuez F. (2010). Evaluation and selection of tomato accessions (*Solanum* section *lycopersicom*) for content of lycopene, b-carotene and ascorbic acid. J Food Compos Anal. 23:613-618.
- Alemán B.M., Roblero V.B., Mendoza M.A. y Sandoval R. (2010). Respuesta de calidad de fruto de tomate a la aplicación de silicio. Memorias de XXII semana internacional de agronomía. Gómez Palacio, Durango, México.
- Alemán R. (2008). Sistemas de Producción Agrícola. Editorial Universo Sur, Cienfuegos, Cuba. 295 p. ISBN: 978-959-257-189-1.
- Ardila G.R., Fischer G. y Balaguera-L. H. E. (2011). Caracterización del crecimiento del fruto y producción de tres híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en tiempo fisiológico bajo invernadero. Revista colombiana de ciencias hortícolas. Vol. 5 - No.1 - pp. 44-56.
- Bai Y. and Lindhout S. (2007). Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? Ann. Bot. 100:1085-1094.
- Bhandari S.R., Cho M.C and Lee. J.G. (2016). Genotypic variation in carotenoid, ascorbic acid, total phenolic, and flavonoid contents, and antioxidant activity in selected tomato breeding lines. Hortic. Environ. Biote. 57(5):440-452.
- Barraza F.V., Fischer G. y Cardona C. E. (2004) Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia Agronomía Colombiana, vol. 22, núm. 1, pp. 81-90 Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia.



- Barrientos LL. H., Castillo G. C., García C. M., (2015). Análisis de crecimiento funcional, acumulación de biomasa y translocación de materia seca de ocho hortalizas cultivadas en invernadero. RIIARn vol.2 no.1 La Paz. Versión impresa ISSN 2409-1618.
- Bozokalfa M. and Kilic M. (2010). Mathematical modeling in the estimation of pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit volume. Chilean J. Agric. Res. 70: 626-632.
- Brito E., Romero E., Casen S., Alonso L. y Digonzelli P. (2013). Métodos no destructivos de estimación del área foliar por tallo en la variedad LCP 85-384 de caña de azúcar. Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombes". Las Talitas – Tucumán. Argentina. Disponible en: [agronomia@eeaac.org.ar](mailto:agronomia@eeaac.org.ar).
- Cabezas M. (2006). Asignación y distribución de la materia seca en plantas cultivadas, con énfasis en especies leñosas. Recuperado el 26 de julio de 2014 de: [rhttp://scienti.colciencias.gov.co:8084/publindex/docs/articulos/0123-4226/4/24.pdf](http://scienti.colciencias.gov.co:8084/publindex/docs/articulos/0123-4226/4/24.pdf)
- Carballo S. y Scalone M. (2005). Efecto de la temperatura y aplicación postcosecha de hielo seco en la calidad y vida útil de frutillas. INIA-JUNAGRA.
- Casierra P. F., Cardozo M. C. y Cárdenas H. J.F. (2007). Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. Agronomía Colombiana 25(2), 299-305, 2007.
- Casierra P., F y Aguilar A. O. (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. Agronomía Colombiana 26(2), 300-307
- Cayón, G. (1992). Fotosíntesis y productividad de cultivos. Revista COMALFI 19(2), 23-31.

- Ceballos A.N., Vallejo C. F.A. y Arango A. N. (2012) Evaluación del contenido de antioxidantes en introducciones de tomate tipo cereza (*Solanum spp.*). *Acta Agronómica*. 61 (3). p 230-238.
- Chechetkin A. V., Vornianski V. I. y Pokusy G. G. (1984) Prácticas de bioquímica del ganado y aves de corral. Ed. 290 E. M. Moscú 55 p.
- Cruz B. R.M., González G. J. y Sánchez C.P (2013) Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno, *Nutr Hosp* 28(1):6-15biblioteca@eeaoc.org.a [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-30182007000200005 &script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-30182007000200005&script=sci_arttext).
- Dobrescu A., Hoza G. & Balan D. (2017). Physiological and biochemical changes in tomato hybrids in the growing period. *Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, 46(1), 403-408.
- Dogliotti S., Colnago P., Galván G. y Aldabe L. (2011). Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo de los principales cultivos hortícolas. Montevideo, UY. La república 39-57.
- FAO. 2017. Producción mundial de tomate-2014. Hortoinfo, ESP. <http://www.hortoinfo.es/index.php/2732-prod-mundtom-161216>.
- Fischer G., Almanza M. P. y Ramírez F. (2012). Relación fuente-vertedero en especies frutales. Una revisión. *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.*, vol. 6, no. 2, pp. 238-253. ISSN: 2011-2173.
- Flores, N. A., Vázquez B.M. y Borrego E.F. (2011). Análisis de la homogeneidad, distinción y estabilidad de tres variedades sobresalientes de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2,5-16.
- Foyer, C. and M. Paul. (2001). Source-Sink Relationships. pp. 11. In: *Encyclopedia of Life Sciences*. Nature Publishing Group, United Kingdom

- González M., Liub, and A. Baille. (2009). Influence of fruit sink strength on the distribution of leaf photosynthetic traits in fruit-bearing shoots of pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Environ. Experimen. Bot.* 66: 195-202.
- Garzón J. (2011). Caracterización y evaluación morfoagronómica de la colección de tomate tipo cherry de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
- Hernández L. E., Lobato O. R., García Z. J., Reyes L. D., Méndez L. A., Bonilla B. O. y Hernández B.A. (2013) Comportamiento agronómico de poblaciones F2 de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 36:209-215.
- Hernández M.C., Ordaz CH.V., Sánchez G.P., Colinas L.M., y Borges G. L. (2012). Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia*. Volumen 46. Número 3. Pp 243-254.
- Herrmann K. (2001). *Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse*. Ulmer Verlag, Stuttgart. pp. 73-89.
- Heuvelink, E. and Marcelis, L. F. M. (1989). Dry matter distribution in tomato and cucumber. *Acta Hort.* 260:149-157.
- Huang W S., Liao H. L., A.B.M. Khaldun, and Wang Y. (2015). Characterization of the growth and fruit quality of tomato grafted on a woody medicinal plant, *Lycium chinense*. *Sci. Hort.* 197:447-453.
- Jaramillo J., Rodríguez V.P., Guzmán M.A., Zapata M.A. y Rengifo T. (2007). Buenas Prácticas Agrícolas-BPA Producción de tomate bajo condiciones protegidas. 65 CORPOICA – MANA – Gobernación De Antioquia - FAO. Manual Técnico No 21. 331p.

- Josafad S., Mendoza M. y Borrego F. (1998). Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía mesoamericana* 9(1): 59-65.
- Jerez M. (2014). Estimación de la superficie foliar en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*) por métodos no destructivos. *Cultivos Tropicales*, vol. 35, Instituto nacional de ciencias agrícolas La Habana, Cuba. núm. 1, enero-marzo, 2014, pp. 57-61.
- Kays S.J. y Paull R.E. (2004). *Metabolic Processes in Harvested products*. Exon press, Athens, GA.
- Koch K. (2004). Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development. *Curr. Opin. Plant Biol.* 7, 235–246. doi: 10.1016/j.pbi.2004.03.014.
- Lahoz I., Pérez C. A., Valcárcel M., Macua J.I. Beltrán J. Roselló S. and Cebolla C. J. (2016). Effect of water deficit on the agronomical performance and quality of processing tomato. *Sci. Hort.* 200(1):55-65.
- Li T., Heuvelink E. & Marcelis, L. F. (2015). Quantifying the source–sink balance and carbohydrate content in three tomato cultivars. *Frontiers in plant science*, 6.
- Luna G.M. L. & Delgado A.A. (2014). Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(1), 51-66.
- Manrique L.A. (1990). Plant morphology of cassava during summer and winter. *Agron. J.* 82(5), 881-886.
- Marschner P. (2012). *Marschners mineral nutrition of higher plants*. 3th ed. Boston: Elsevier/Academic Press. 643 pp. ISBN: 0123849055, 9780123849052.

- Martínez R. H., Benítez A. L., Velázquez J. E., Aspeya D. S., Méndez C. A. R., Rojas G. J. A. and Melgoza F. A. G. (2016). Potencial genético y heterosis para rendimiento en líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Rev. Mex. Cienc. Agríc. 7:349-362.
- Marín P., Valera D., Moreno M., Molina A F., López A. y Peña A. (2014). Influencia de diferentes tipos de estructuras de invernadero, mallas anti- insectos y técnicas de control climático, sobre la función de fotosíntesis y transpiración de plantas de tomate.
- Medrano H., Bota J., Cifre J., Flexas J., Ribas M., Gulías J. (2007). Eficiencia en el uso del agua por las plantas. Grupo de Biología de las plantas Universidad de Alicante. 63- 67 p.
- Mendoza P. C., Ramírez A. C., Martínez R. A., Rubiños P. J.E., Trejo C. y Vargas O.A.G. (2018). Efecto de número de tallos en la producción y calidad de jitomate cultivado en invernadero. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Vol. 9 núm. 2
- Monge P.J. (2015) Evaluación de 60 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. InterSedes 16(33), 2215-2458.
- Morales M.J., Morales E., Díaz A., Cruz N., Medina A. y Guerrero C. (2015). Tasa de asimilación neta y rendimiento de girasol en función de urea y urea de liberación lenta. Agrociencia 49:163-176.
- Quintana B.R.A., Balaguera L.H.E., Alvarez H. J.G., Cardenas H.J.F. y Hernando P. E. (2010). Efecto del Número de racimos por planta sobre el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Colombiana de Ciencias hortícolas. Vol. 4. No.2. pp 199-208.
- Park S. (2011). Dry weight and carbohydrate distribution in different tree parts as affected by various fruit-loads of young persimmon and their effect on new growth in the next season. *Sci. Hortic.*, vol. 130, pp. 732-736. ISSN: 0304-4238.

Poiroux F., Bidel A., Fanciullino H., Gautier and López L. F. (2010). Health benefits of vitamins and secondary metabolites of fruits and vegetables and prospects to increase their concentration by agronomic approaches. *J. Agric. Food Chem.* 58:12065-12082. doi: 10.1021/jf1037745.

Rana N., Kumar M., Walia A. and Sharma S. (2014). Tomato Fruit Quality under Protected Environment and Open Field Conditions. *International Journal of Bio-Resource and Stress Management*, 5(3), 422.

Salisbury F. y Ross C. (1994). *Fisiología vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica S.A., México. 759 p.

Sánchez A. D., Borrego E. F., Zamora V. V. M., Sánchez CH. J.D. y Castillo R. F. (2015). Estimación de la interacción genotipo-ambiente en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con el modelo AMMI. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(4): 763-778.

Scott J. (2008). Fresh market tomato breeding in the USA. *Acta Hort.* 789:21-26.

Steel R.G.D y Torrie J.H. (1980) *Principles and procedures of statistics*. Ed. N. Y. McGrawHill 481 p.

SIAP. 2018 Avance de Siembras y Cosechas. Resumen nacional por estado.  
Disponible  
[infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenDelegacion.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do)

SIAP-SAGARPA, 2016 Avance de Siembras y Cosechas. Resumen nacional por estado. Disponible en:  
<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/2019//>

Documents/JAC\_0055\_10.PDF <http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricolasiapgobmx/AvanceNacionalCultivo.do>

- Singh P. y Goyal G. (2008). Dietary lycopene: its properties and anticarcinogenic effects. *Comprehensive reviews in Food science and Food safety*. 7:255-270.
- Solórzano E.V. (2007). Guías fenológicas para cultivos básicos. México DF, Ed. Trillas. 152 p.
- Terry A.E., Ruiz P.J., Carrillo S.Y. (2018). Efecto de diferentes manejos nutricionales sobre el rendimiento y calidad de frutos de tomate. *Agron. Mesoam.* 29(2):389-401.
- Urrieta V., Rodríguez M. J. A., Ramírez V. M. N., Baca C. P., Ruiz P. G. A. and Cueto W. J. A. (2012). Variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 18: 371-381.
- Vélez R.A.I., van L. W., Vreugdenhil D., van P.P.M. y Heuvelink E., Millenaar F.F. (2014). Un solo locus confiere tolerancia a la luz continua y permite un aumento sustancial del rendimiento en el tomate. *Nat. Comun.* 5 : 4549 10.1038 / ncomms5549 [ [PubMed](#) ] [ [CrossRef](#) ] [ [Google Scholar](#) ]
- Vinha A.F., Alves R.C., Barreira P.S.V., Castro A., Costa G.A.S. and Oliveira M.B. (2014). Effect of peel and seed removal on the nutritional value and antioxidant activity of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruits. *LWT - Food Sci. Technol.* 55(1):197202.
- Waggoner, P. and Berger, R. 1987. Defoliation, disease, and growth. *Phytopathology* 77: 393398.
- Zotarelli L., Scholberg J.M., Dukes M.D., Muñoz C. R. y Icerman J. (2009). Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. *Agr. Water Manage.* 96, 23-34.