

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Selección de Genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Invernadero  
Utilizando Criterios Fisiotécnicos y Multivariados

Por:

**OTONIEL VÁZQUEZ GÓMEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Selección de Genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Invernadero  
Utilizando Criterios Fisiotécnicos y Multivariados

Por:

**OTONIEL VÁZQUEZ GÓMEZ**

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

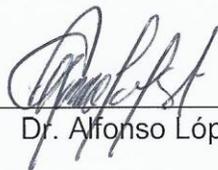
**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

APROBADA:



Dr. Fernando Borrego Escalante

Asesor Principal



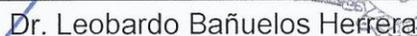
Dr. Alfonso López Benítez

Coasesor



Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi “alma mater” Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) por darme las herramientas y conocimientos, formándome como profesional de licenciatura, la cual me siento muy orgulloso por ser un egresado mas de esta institución.

Al Dr. Fernando Borrego Escalante, por brindarme su apoyo, por ser mi asesor principal y por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto de investigación, en el cual sin ningún inconveniente me permitió involucrarme desde el servicio social seguido del proyecto de tesis y por sus palabras concretas que siempre tomare en cuenta.

Al MC. Francisco Gordillo por su amistad, el gran apoyo, disposición de tiempo y paciencia para la toma y captura de datos dentro y fuera de campo para que este trabajo de investigación se lleve a cabo.

A la Dra. Margarita Murillo Soto por el apoyo en la calibración del instrumental científico utilizado en el presente trabajo.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza, por formar parte del jurado, por el apoyo y tiempo en la revisión de este trabajo.

Al Dr. Alfonso López Benítez por formar parte del jurado, por el apoyo y tiempo en la revisión de este trabajo.

A mis maestros que me brindaron los conocimientos dentro y fuera de las aulas, por la paciencia, los consejos, experiencias compartidas y la orientación.

A la MC. Susana Martínez por ser asignada y permitir ser un alumno más en su lista de tutorados, quien me apoyo moralmente durante mi estancia en la universidad.

Departamento por todo el apoyo que nos brinda el personal, por formar parte de la carrera de Ingeniero en Producción, por organizar conferencias y formar profesionistas en el área de Fitomejoramiento.

A mis compañeros de la generación CXVI de la carrera de ingeniero agrónomo en producción por convivir dentro y fuera de las aulas, por el apoyo mutuo y motivación a salir adelante, los recordare siempre.

A la Empresa DuPont Pioneer por permitir realizar mis prácticas profesionales y por el gran apoyo durante el semestre establecido.

## **DEDICATORIAS**

A Dios por darme la vida mía y la de mi familia la cual aún tengo en este mundo tan maravilloso, porque siempre ha sido y seguirá siendo mi guía y mi apoyo en todo momento especialmente en aquellos que sentía que no llegaría a esta meta.

A mi “alma mater” mi apreciada Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) por haberme brindado las herramientas básicas para mi formación académica, la cual lo llevo en el corazón y pondré en alto el nombre de mi “alma mater”.

### **A mis padres**

Gustavo Vázquez Gutiérrez que siempre me ha apoyado en todo momento que lo necesito, me ha enseñado a ser las cosas bien y por sus consejos y palabras de aliento el cual hace un ejemplar padre, siempre ha querido lo mejor de mí y porque siempre me ha dado cariño.

Evelia Gómez Hernández a mi madrecita que siempre ha estado pendiente de mí en todo momento por su apoyo, cariño, amor y esfuerzo que junto con mi padre me han dado lo mejor de ellos para culminar mi carrera profesional.

### **A mis hermanos**

Rubí, Eydi, Roselia, Alvis, Josué y Sinnia Vázquez Gómez por su apoyo, cariño y consejos, siempre han estado pendiente de mí en todo momento, han sido mi motivación para lograr mis metas, me siento muy orgulloso de ellos.

### **A mis abuelos**

Candelario Vázquez Vázquez (+), Sostena Gutiérrez Díaz, Pedro Gómez Mendoza, Guadalupe Hernández Arias, quienes han sido la base de mi bonita familia que Dios me ha dado y por sus consejos y orientación con sus palabras sabias las cuales me han servido de mucho y me han enseñado a ser humilde y respetuoso.

### **A mis tíos**

Rodulfo, Natividad Gómez Hernández, Héctor, Luis Amada y Martha Vázquez Gutiérrez, que desde niño me han dado cariño y se han preocupado por mí aconsejándome y que siempre han estado orgullosos de mí, por motivarme a terminar una de mis metas.

### **A mis primos**

Jorge de Jesús, Pedro Elías, Andersi son un ejemplo a seguir, por el apoyo brindado durante mi estancia en la universidad y por sus consejos y orientación en campo del conocimiento.

Sandra, Patricia, Esperanza, Milton, David y Ever por el apoyo y sus palabras de motivación las cuales me han servido de mucho para culminar mis metas.

### **A mis sobrinos**

Sheila Yesenia, Jazmín rubicela, Jhoandri, Amberlay son mi alegría y la de la familia verlos crecer día con día.

### **A mis cuñados**

Forman parte de la familia y siempre me han apoyado y motivado a luchar por terminar esta meta.

### **A mis amigos**

Ismael Isac, Juan Cleyber, Felicito Ausencio, Roberto Isidro, Alex, Wilber, Juan Samuel Guadalupe Jesús, Leonardo, María Luisa Nuri Janeth, Noheli, Marcela por la amistad brindada y por ser personas con quien contar en todo momento ayudándonos mutuamente y motivándonos a concluir una carrera profesional, siempre los llevare en mi mente y en mi corazón.

A mi padrino Jorge paz Antonio por ser una gran persona a la cual respeto mucho, por su amistad y confianza depositada en mis padres y hermanos, por su apoyo incondicional con tal motivo que terminara mi meta profesional, por sus palabras sabias que me han servido de mucho en mi vida cotidiana.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	iii,iv
INDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	3
Hipótesis .....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Generalidades .....	4
Requerimientos climatológicos para el cultivo del tomate .....	4
Temperatura .....	4
Luminosidad.....	5
Humedad relativa.....	5
Aspectos fisiológicos .....	5
Fotosíntesis .....	5
Respiración.....	6
Transpiración .....	6
Fotorrespiración.....	7
Conductancia estomática.....	8
Concentración de dióxido de carbono.....	8
Uso eficiente del agua.....	8
Calidad del tomate .....	9
Características Nutracéuticas .....	9
Vitamina C.....	10
Licopeno.....	10
Grados Brix.....	11
Composición Química del Tomate por cada 100 g. ....	11

MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
Localización del Área de Investigación .....	12
Material Genético .....	12
Establecimiento del Experimento .....	14
Siembra del Material Genético .....	14
Trasplante .....	15
Entutorado .....	15
Podas.....	15
Riegos.....	15
Fertilización.....	15
Cosecha.....	16
Toma de datos fenológicos.....	17
Datos de rendimiento .....	17
Datos fisiológicos .....	17
Pruebas del laboratorio .....	17
Determinación de Vitamina C.....	18
Determinación de Licopeno.....	19
Variables fisiológicas.....	20
Análisis estadístico.....	21
Diseño experimental.....	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
Análisis de componentes principales.....	23
CONCLUSIONES.....	333
RESUMEN.....	355
LITERATURA CITADA .....	388

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Material genético utilizado, progenitores, cruzas e híbridos.....	13
Cuadro 2. Solución nutritiva para 1000 litros de agua para trasplante a primer racimo floral ciclo P/V 2011. ....	16
Cuadro 3. Solución nutritiva para 1000 litros de agua para después del primer racimo floral hasta el final de la cosecha. Junio 2011.....	16
Cuadro 4. Análisis de componentes principales (Eigenvalores) entre variables de 75 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en invernadero. ....	23
Cuadro 5. Contribución relativa de cada variable en 10 componentes principales (Factor Loadings) de 75 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.). ....	24
Cuadro 6. Puntuación de cada genotipo al factor correspondiente (factor scores) en 75 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.). ....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento de 75 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) con tres factores, factor 1 “RENDIMIENTO”, factor 2 “EFICIENCIA DEL AGUA” y factor 3 “GRADOS BRIX” . . . . .	29
Figura 2. Comportamiento de 75 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) con tres factores, factor 1 “RENDIMIENTO”, factor 2 “VITAMINA C” y factor 3 “LICOPENO” . . . . .	30
Figura 3. Comportamiento de 75 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) con tres factores, factor 1 “RENDIMIENTO”, factor 2 “EFICIENCIA DEL AGUA” y factor 3 “DIÁMETRO PROMEDIO DEL FRUTO” . . . . .	31
Figura 4. Comportamiento de 75 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) con tres factores, factor 1 “GRADOS BRIX”, factor 2 “VITAMINA C” y factor 3 “pH Y LICOPENO” . . . . .	32

## INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los cultivos más importantes en México (García-Sahagún *et al.*, 2009). Después de la papa (*Solanum tuberosum* L.), el tomate es la hortaliza de la familia de las solanáceas más cultivada en el mundo (Bombelli *et al.*, 2006) y uno de los vegetales más consumidos por su versatilidad, sus propiedades nutrimentales y su sabor característico (Lewinsohn *et al.*, 2001).

El sistema de producción puede ser a cielo abierto, directamente en el suelo, o en invernadero (Quintero *et al.*, 2006). Su producción ha sido incrementada, particularmente en invernadero, con tomate de crecimiento indeterminado, en relación a la cosecha en campo (DeGiglio, 2003). De las variedades para invernadero, se prefiere las de crecimiento indeterminado porque tienen un período de producción más largo; en sistemas intensivos, en donde se maneja de uno a tres tallos por planta, también se pueden obtener buenos resultados (Pérez *et al.*, 1999). Bajo el esquema de producción intensiva en invernadero, el manejo del agua es de vital importancia en la producción de este cultivo, debido a que cumple una serie de funciones básicas en la vida de las plantas, constituyendo hasta un 95 % de su peso fresco (Castilla, 2005).

El tomate es originario de América del Sur, pero fue domesticado en México y aún se conservan materiales originales que han sido sembrados por años por los agricultores (Nuez. *et al.*, 1996). Ejemplo de ello es el tomate de costilla, que se produce con mínima tecnología en los estados de Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Puebla y Campeche, y cuya producción se comercializa localmente a precios más altos que las variedades comerciales (Rincón *et al.*, 2003).

A nivel internacional, los principales países productores de tomate son: China, en primer lugar con 47,116,084 toneladas, seguido de Estados Unidos con 12,858,700 toneladas y encontrándose en tercer lugar a India con 12,433,200 toneladas; México ocupa el décimo lugar con una producción de 2,997,640

toneladas; en cuanto a los principales países exportadores de tomate, México se encuentra en primer lugar, con 1,509,616 toneladas, seguido de Países Bajos con 943,119 toneladas y encontrándose en tercer lugar España con 738,773 toneladas (FAOSTAT, 2010).

A nivel nacional, en el año de 2011 se reporta que la producción de tomate fue de 2, 277,791 toneladas, la superficie sembrada de 56,025 ha, la superficie cosechada de 40, 003 ha, la superficie siniestrada fue de 14,856 ha, con un rendimiento promedio de 41.758 t ha<sup>-1</sup> . Los estados que sobresalen en cuanto a producción son: Sinaloa 240,734 toneladas, Zacatecas 163,576 toneladas, Baja California 162,322 toneladas, Jalisco 130,872 toneladas, Michoacán 128,367 toneladas, San Luis Potosí 106,642 toneladas, Baja California Sur 86,455 toneladas, México 73,066 toneladas y Morelos 65,982 toneladas. Para la Región Lagunera (parte de los estados de Coahuila y Durango) la superficie sembrada fue de 1,296 ha, la superficie cosechada 1,159 ha, la superficie siniestrada 137 ha, con una producción de 64,716 toneladas y un rendimiento promedio de 55.826 tha<sup>-1</sup> superando en un 33.68 % a la media nacional (SIAP, 2011).

A nivel nacional la importancia de éste cultivo radica no solo en la producción para consumo nacional, también en la exportación, ya que se han exportado 928, 162,985 kg de tomate en sus diferentes variedades con un valor comercial de \$116, 819,904.17 dólares, siendo EUA el principal destino del producto.

En 2003 la superficie sembrada nacional fue de 2, 171,159.43 hectáreas con una producción de 70,390.37 toneladas, para 2012, la superficie sembrada fue de 2, 838,369.87 hectáreas y una producción de 55,888.04 toneladas (SIAP, 2013).

En los últimos años, con el desarrollo del turismo, la demanda general de hortalizas y fundamentalmente la de tomate, ha aumentado en el mercado de la frontera norte, exigiendo una mejor calidad de los frutos, contenido de nutrientes, presencia y características de larga vida en almacenamiento, lo que

ha motivado la introducción de híbridos F1 para cultivo protegido, con el consiguiente incremento de los costos de producción (Moya, 2013).

La superficie de invernadero en México para el 2009 se estimó en 10,000 hay el 72% se dirige a las producción de tomate en sus diferentes modalidades, seguido por el pepino y el chile bell (González, 2009). La producción de tomate bajo invernaderos en México se caracteriza por utilizar varios niveles tecnológicos en diferentes condiciones de clima. En las regiones costeras de Sonora, Baja California Norte, Baja California Sur y Sinaloa son apropiados los invernaderos de baja tecnología (Costa *et al.*, 2011)

Se hace necesario disponer genotipos de tomate que presenten características de alto potencial de rendimiento, tolerantes a factores adversos y eficientes en sus procesos fisiológicos. El contar con tales genotipos, permitirá optimizar el sistema de producción, aumentando la rentabilidad, pues se obtendrá mayor y mejor rendimiento, con menores costos.

Para seleccionar los mejores genotipos, se puede hacer uso de criterios multivariados, que permitan evaluar mayor número de variables que en un análisis conjunto reflejen con mayor confiabilidad y rapidez los genotipos sobresalientes.

Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron:

- Seleccionar, con criterios multivariados a los mejores genotipos de tomate en base a su rendimiento, calidad y eficiencia fisiológica en condiciones de invernadero.

### **Hipótesis**

- Es posible que algunos genotipos experimentales superen a los testigos comerciales, en las características de rendimiento, calidad y eficiencia fisiotécnica, bajo condiciones de invernadero.

**PALABRAS CLAVES: Tomate, genotipos, fisiotecnia, multivariado.**

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Generalidades**

El cultivo de tomate en condiciones de sustrato bajo invernadero es capaz de producir frutos de excelente calidad, además de cumplir con los estándares de inocuidad alimentaria (Salazar *et al.*, 2013).

El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones. Desde el punto de vista económico, su uso se ha fomentado por la agricultura orgánica, ya que es una respuesta a la mejora en las prácticas agrícolas. Dentro de los sustratos orgánicos, sobresalen la composta y la vermicomposta, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable. Los beneficios de los abonos orgánicos son evidentes, la composta ha mejorado las características de los suelos, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente (De La Cruz-Lázaro *et al.*, 2013).

### **Requerimientos climatológicos para el cultivo del tomate**

#### **Temperatura**

El tomate es una planta de estación templada, la temperatura óptima para su desarrollo oscila entre 18 y 27 °C, por esta razón la mayoría de los cultivos al aire libre se producen en climas templados. Las temperaturas por debajo de los 10 °C afecta negativamente la formación de la flor, mientras que las heladas nocturnas provocarán daños severos en el cultivo. Las temperaturas mayores a los 35 °C, acompañado con baja humedad relativa, provocarán aborto de flores, mientras que la viabilidad del polen será fuertemente reducida debido a la falta de humedad. La nutrición en equilibrio reduce la pérdida de racimos florales bajo condiciones de altas temperaturas (Armen, 2006).

En cuanto a los requerimientos de temperatura, se tiene que entre los 20 y 30°C, la cutícula se ablanda y el agua es más fluida, aumentando entonces la absorción de la solución nutritiva aplicada. (Santiago *et al.*, 1998).

### **Luminosidad**

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración y fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna, nocturna y la luminosidad (Villela, 1993).

### **Humedad relativa**

La humedad relativa óptima oscila entre un 60% y un 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Villela, 1993).

## **Aspectos Fisiológicos**

### **Fotosíntesis**

La fotosíntesis es un proceso físico-químico por el cual las plantas, algas y las bacterias fotosintéticas utilizan la energía de la luz solar para sintetizar compuestos orgánicos, este proceso conlleva a la liberación de oxígeno molecular y la utilización de dióxido de carbono atmosférico para la síntesis de compuestos orgánicos, a este proceso se le llama fotosíntesis oxigénica. Sin embargo, algunos tipos de bacterias utilizan la energía de la luz para formar compuestos orgánicos pero no producen oxígeno. El proceso de fotosíntesis es fundamental para la vida sobre la tierra y tiene un profundo impacto sobre la atmósfera y el clima terrestre. Cada año los organismos con capacidad fotosintética convierten en carbohidratos más del 10 % del dióxido de carbono atmosférico (Pérez y Carril, 2009).

## **Respiración**

La respiración vegetal es el proceso que tiene lugar en una planta. Se traduce en consumir carbohidratos y expulsar CO<sub>2</sub>, mediante el cual las plantas genera energía. La respiración consume los carbohidratos formados durante la fotosíntesis y se eliminan en forma de CO<sub>2</sub>, con este proceso se obtiene la energía necesaria para cumplir sus funciones de crecimiento y desarrollo. (Benavides, 2011).

## **Transpiración**

Se entiende por transpiración la pérdida de agua, en forma de vapor, a través de las distintas partes de la planta, si bien se realiza fundamentalmente por las hojas. La transpiración esta entrelazada con una función de vital importancia para el crecimiento de las plantas, la fotosíntesis. La absorción de dióxido de carbono para la fotosíntesis y la pérdida de agua por transpiración están inseparablemente enlazadas en la vida de las plantas verdes y todas las condiciones que favorecen la transpiración favorecen la fotosíntesis.

(<http://transpiracionenlasplantas.blogspot.mx/>)

La transpiración es un determinante primario del balance energético de la hoja y del estado hídrico de la planta. Este proceso comprende la evaporación del agua desde las células superficiales en el interior de los espacios intercelulares y su difusión fuera del tejido vegetal, principalmente a través de los estomas y en menor medida a través de la cutícula y las lenticelas. Junto al intercambio de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), determina la eficiencia de uso del agua de una planta (Squeo *et al.*, 2007).

En frutas y hortalizas el fenómeno de la transpiración reviste igual importancia que el de la respiración. Esta pérdida de agua, si no tiene compensación, se traduce en pérdidas de peso considerable y arrugado de la piel. La respiración es afectada por factores como el tamaño del producto, daños de las cáscaras, humedad relativa, temperatura, movimiento del aire. La transpiración se produce fundamentalmente en la hoja, e interviene en el mecanismo de transporte de agua. En litros, el agua usada por la planta para producir 1 Kg de

materia seca se le llama coeficiente de transpiración. Este coeficiente es muy variable y es afectado por factores como la intensidad de la radiación solar, la temperatura, humedad relativa del aire, composición física del suelo, balance hídrico, balance de nutrientes, variedad, estado de desarrollo de la planta, etc. (Nuez, 2001).

### **Fotorrespiración**

La Fotorrespiración es un proceso que se produce en las plantas, por el cual éstas utilizan oxígeno (O) y producen dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Como dicho proceso sucede en presencia de la luz y el balance es semejante al de la respiración, se denomina Fotorrespiración. La Fotorrespiración se incrementa conforme aumenta la temperatura ambiente, lo cual sucede especialmente en días claros y soleados. A mayor temperatura, más tasa de Fotorrespiración, llegando a igualar en ocasiones la tasa de fotosíntesis. En esos momentos el ritmo de crecimiento de las plantas se detiene, sobre todo en tipos de plantas C<sub>3</sub>, como el tomate. Pero a diferencia de la respiración, que es un proceso en el que se produce energía, la fotorrespiración no produce energía, sino que la consume.

Las plantas realizan fotosíntesis con el objeto de almacenar la energía solar en compuestos orgánicos altamente energéticos. En ese proceso de fotosíntesis las plantas toman dióxido de carbono del aire y liberan oxígeno. La fotorrespiración es, pues, un sistema contrario a la fotosíntesis y negativo para las plantas.

La causa de este proceso de Fotorrespiración es la acción de una enzima que poseen las plantas. Esta enzima, denominada rubisco (ribulosa-1-5-bifosfato carboxilasa/oxigenasa) se comporta como fijadora de carbono en la fotosíntesis, pero a determinada temperatura y baja concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico, empieza a comportarse como oxigenasa, es decir, capturadora de oxígeno.

Las plantas que logran minimizar la fotorrespiración tienen una ventaja adaptativa sobre las demás, y pueden colonizar medios áridos, secos y soleados. A las plantas que evitan la fotorrespiración se les denomina plantas

C<sub>4</sub> porque desarrollan un proceso en el que intervienen compuestos de cuatro átomos de carbono.

(<http://es.wikiversity.org/wiki/Fotorrespiraci%C3%B3n>)

### **Conductancia estomática**

Los estudios relacionados con la conductancia estomática revisten gran importancia ya que la productividad está íntimamente relacionada con el consumo y disponibilidad del agua más que con cualquier otro factor ambiental. Por lo tanto, la capacidad de algunas plantas de mantenerse túrgidas bajo condiciones de escasez de agua en el suelo es una característica beneficiosa para evitar la disminución en la producción, puesto que bajo tales circunstancias el descenso del rendimiento puede estar relacionado con la reducción de la conductancia estomática (Agraria *et al.*, 1995).

### **Concentración de dióxido de carbono**

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es uno de los principales gases del efecto invernadero. Existen mediciones de su concentración en la atmósfera desde el siglo XIX, estando su constante aumento acorde con el desarrollo industrial. Las plantas utilizan la fotosíntesis para convertir el CO<sub>2</sub> en materia orgánica, una mayor vegetación también podría suponer una mayor captación de CO<sub>2</sub> de la atmósfera, lo que quizás hiciera disminuir el calentamiento global. En agricultura las mayores concentraciones de CO<sub>2</sub> pueden tener un efecto fertilizante en las plantas (Pilatti *et al.*, 2002).

### **Uso eficiente del agua**

El agua es un factor de producción esencial en la agricultura. La producción hortícola en el entorno de la sostenibilidad de los sistemas agrarios está altamente comprometida con el uso racional de un recurso tan escaso como el agua. Se entiende por eficiencia en el uso del agua la relación existente entre la biomasa presente en un determinado momento en un cultivo por unidad de agua utilizada por éste (Fernández *et al.*, 2005).

El uso eficiente del agua es a menudo considerada un factor importante de rendimiento bajo estrés e incluso un componente de los cultivos en la

resistencia a la sequía. La bioquímica de la fotosíntesis se puede mejorar genéticamente, una mayor eficiencia de transpiración genotípica y el uso eficiente del agua dependen principalmente de las características de las plantas que reducen la transpiración y el uso del agua de los cultivos, procesos que son de crucial importancia para la producción de la planta (Blum, 2009).

En condiciones protegidas la evapotranspiración disminuye significativamente y la programación del riego se puede realizar por diferentes métodos computarizados (Castillo *et al.*, 1990).

## **Calidad del tomate**

### **Características Nutracéuticas**

Las recomendaciones dietarias en los últimos años propone el incremento del consumo de alimentos que contienen productos bioquímicos favorables, ya que estos proveen efectos benéficos para la salud humana y juega un papel importante en la prevención de enfermedades crónicas; el licopeno, carotenoide responsable del color rojo de los tomates, ha atraído la atención debido a sus propiedades biológicas y fisicoquímicas en la prevención de enfermedades crónicas como cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, e hipertensión, entre otras, en las cuales el estrés oxidativo es un importante factor etiológico. Los antioxidantes, incluyendo al licopeno, interactúan con las llamadas “especies reactivas del oxígeno”, pudiendo mitigar el efecto dañino y jugar un papel significativo en la prevención de dichas enfermedades. En México el cáncer ocupa el tercer lugar de las causas de muerte con 18%; el más común en hombres es el de próstata, seguido del intestino, estómago y colorrectal; el de cérvix es el más común en mujeres, seguido por el de senos, estómago y ovario. Se ha publicado un gran número de datos epidemiológicos sobre la relación entre la eliminación del riesgo de padecer cáncer y la ingesta dietaria de licopeno de tomate y productos de tomate (Waliszewski *et al.*, 2010).

## **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 pacientes con enfermedades crónicas como el cáncer, la diabetes o los fumadores necesitan dosis mayores en su dieta habitual. (Valdés, 2006).

## **Licopeno**

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, sin embargo, parece que su consumo a través de la dieta es insuficiente (Bojórquez-Reyna *et al.*, 2013).

Además de estar presente en los alimentos, el licopeno es uno de los carotenoides que se encuentra distribuido en mayores cantidades en el suero humano (21-43% de los carotenoides totales) y los diferentes tejidos (hígado, riñón, glándulas renales, testículos, ovarios y próstata) su concentración depende de su ingestión alimentaria, pero está poco influenciada por la variación del día, debido a que la vida media del licopeno en plasma es de 12 a 33 días. (Bojórquez-Reyna *et al.*, 2013).

Es un pigmento vegetal de la familia de los carotenoides de cadena abierta, el cual aporta el color rojo característico a los tomates (Wingrove *et al.*, 1984). El licopeno posee una estructura sencilla con una cadena alifática formada por cuarenta átomos de carbono, su fórmula empírica es  $C_{40}H_{56}O$  y su peso molecular es 537.85 (Muñiz, 2002). Es un carotenoide altamente lipofílico que se caracteriza por carecer de anillos cíclicos y poseer once dobles enlaces conjugados, los cuales son los que le confieren su poder antioxidante. La función del licopeno en el tomate es protegerlo contra el daño de oxidación, el

cual se da durante el proceso normal del metabolismo aeróbico celular (Fernández *et al.*, 2001). En el tomate maduro, el carotenoide mayoritario es el licopeno (83%), el contenido de este aumenta con la maduración de los tomates y puede presentar variaciones según la variedad, condiciones del cultivo, tipo de almacenamiento, etc.

### **Grados Brix**

La cantidad de azúcares es importante en el tomate, la cual se mide indirectamente en grados Brix, que representan el porcentaje de sólidos solubles. Los grados Brix se miden en refractómetros, siendo un grado Brix el índice de refracción que da una disolución del 1% de sacarosa. Este índice también depende de otros azúcares, sales, ácidos, etc., por lo que habrá que hacer una corrección (Gil, 2010).

### **Composición Química del Tomate por cada 100g.**

Agua 93,65 g.  
Calorías 21 Kcal  
Grasas 0,33 g.  
Proteína 0,85 g.  
Hidratos de carbono 4.64 g.  
Fibra 1.1 g.  
Potasio 223 mg  
Fósforo 24 mg  
Magnesio 11 mg  
Calcio 5 mg  
Vitamina C 19 mg  
Vitamina A 623 IU  
Vitamina E 0.38 mg  
Niacina 0.628 mg

(<http://www.botanical-online.com/tomates.htm>)

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del Área de Investigación**

El experimento se realizó en el invernadero de Fisiotecnia de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), ubicada al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, a 25°22' latitud N; 101°00' longitud W, cuenta con una altitud de 1742 msnm. Su temperatura media anual es de 16.8°C, el clima es muy seco, semiárido y extremoso, con lluvias en verano; la precipitación anual es de 350 a 450 mm (INEGI, 2008). El experimento se llevó a cabo en el ciclo de otoño/invierno en el año 2011.

### **Material Genético**

El material utilizado fueron 71 genotipos provenientes del programa de mejoramiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), del área de Fisiotecnia del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN, los materiales fueron comparados con 4 testigos comerciales, lo cual da un total de 75 genotipos.

**Cuadro 1. Material genético utilizado, progenitores, cruzas e híbridos.**

#	Genealogía	Tipo	Genotipo	Hábito de crecimiento
1	Y41xY533	Saladette	Híbrido experimental	Indeterminado
2	(Y4xQ3)(Y4xR1)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
3	(Y4xQ3)Y4	Saladette	Híbrido experimental	Indeterminado
4	(Y4xQ3)(45xTq)	Saladette	Híbrido experimental	Indeterminado
5	Q3(11x12x47)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
6	Q3xL1	Bola	Híbrido experimental	Determinado
7	F3(Y4xR1)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
8	F3(45x47)	Bola	Híbrido experimental	Indeterminado
9	R1	Bola	Híbrido experimental	Determinado
10	Q3	Bola	Híbrido experimental	Determinado
11	Q3xR1	Bola	Progenitor	Determinado
12	F3	Bola	Progenitor	Indeterminado
13	(Y4xQ3)R1	Bola	Híbrido experimental	Determinado
14	(Y4x R1)(CBxTQ)	Saladette	Híbrido experimental	Determinado
15	Y4(45xTq)	Saladette	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
16	(45xQT)(CBxTQ)	Saladette	Híbrido experimental	Indeterminado
17	L1	Bola	Progenitor	Indeterminado
18	Y4xR1(l)	Bola	Híbrido experimental	Indeterminado
19	S1xL1(bi)	Bola	Progenitor	Indeterminado
20	S1xL1(bi-2)	Bola	Progenitor	Indeterminado
21	Y533xY41	Saladette	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
22	(Y533)(45xTq)	Saladette	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
23	Y41(Y4xR1)	Saladette	Híbrido experimental	Determinado
24	Y41(45xTq)	Saladette	Híbrido experimental	Indeterminado
25	(45x47)(S1xL1)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
26	(11x12x47)(S1xL1)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
27	(11x12x47)(Q3xR1)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
28	(45x47)R1	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
29	K3(Y4xR1)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
30	K3(45x47)	Bola	Híbrido experimental	Indeterminado
31	K3(11x12x47)	Bola	Híbrido experimental	Indeterminado
32	K3xL1	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
33	R1xQ3	Bola	Híbrido experimental	Determinado
34	R1(45x47)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
35	X	X	X	?
36	Q3(45x47)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
37	Y4xR1(bd)	Bola	Progenitor	Determinado
38	(45x47)	Bola	Progenitor	Indeterminado
39	(11x12x47)	Bola	Progenitor	Indeterminado
40	B2	Bola	Progenitor	Indeterminado
41	Don Raúl (testigo)	Saladette	Híbrido comercial	Indeterminado
42	Montecarlo	Bola	Híbrido comercial	Indeterminado

43	Floradade	Bola	Variedad comercial OP	Determinado
44	Rio grande (testigo)	Saladette	Variedad comercial OP	Determinado
45	Y4xR1(sd)	Saladette	Progenitor	Determinado
46	Y4xR1(si)	Saladette	Progenitor	Indeterminado
47	Y4(inv)	Saladette	Progenitor	Determinado
48	Y4(sd)	Saladette	Progenitor	Determinado
49	S1xL1(bd)	Bola	Progenitor	Determinado
50	Q3xR1(bd)	Bola	Progenitor	Determinado
51	Q3xR1(bs)d	Bola	Progenitor	Determinado
52	Y533	Saladette	Progenitor	Determinado
53	Y41(si)	Saladette	Progenitor	Determinado
54	Y41(si-2)	Saladette	Progenitor	Indeterminado
56	K3(S1xL1)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
57	K3(Q3xR1)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
59	(Y4xQ3)(11x12x47)	Bola	Híbrido experimental	Indeterminado
60	Y4si	Saladette	Progenitor	Indeterminado
61	(45xTq)	Saladette	Progenitor	Indeterminado
62	CBxTQ(sd)	Saladette	Progenitor	Determinado
63	CBxTQ(si-2)	Saladette	Progenitor	Indeterminado
64	(F3)(Q3xR1)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
65	(F3)(L1)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
66	(D1)(Y4xQ3)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
67	(K3)(Y4xQ3)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
68	D1	Bola	Progenitor	Indeterminado
69	D1-2	Bola	Progenitor	Indeterminado
70	K3	Bola	Progenitor	Indeterminado
71	Y4xQ3(bd)	Bola	Progenitor	Determinado
72	(Y4xQ3)(L1)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
73	(Y4xR1)(45x47)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
74	(Y4xR1)(11x12x47)	Bola	Híbrido experimental	Semi-indeterminado
75	(45x47)(11x12x47)	Bola	Híbrido experimental	Indeterminado

## **Establecimiento del Experimento**

### **Siembra del Material Genético**

Se realizó el 21 de junio del 2011, utilizando charolas de poliestireno de 200 cavidades ya desinfectadas con agua clorada y expuesta al sol durante 6 horas, rellenas de peat-moss. Las charolas se dejaron en el invernadero No. 6 de la UAAAN. Se le aplicaban los riegos de acuerdo a las necesidades de las plántulas; para la germinación se le aplicó un riego ligero con Biozyme TS a razón de 0.1 g por litro de agua para estimular la germinación en las semillas.

### **Trasplante**

Se realizó el 20 de julio del 2011 de forma manual, en bolsas de polietileno de 20 kg. rellenas de sustrato (tierra, peat-moss, perlita y fibra de coco). Las plántulas fueron colocadas a una distancia de 0.33 m entre planta y planta y 1.5 m entre cama y cama a doble hilera. La densidad de plantas por hectárea fue de 37 036.

### **Entutorado**

La colocación de tutores se realizó a los 18 a 20 días después de trasplantar, se amarró cada una de las plantas con rafia para sostenerlas de las estructuras metálicas del invernadero. Con el hilo se fueron guiando a las plantas, la distancia entre hilos fue aproximadamente de 30 cm.

### **Podas**

Las podas fueron de 18-20 días después del trasplante, eliminando el crecimiento de tallos laterales en los genotipos de hábito indeterminado, y se continuaron hasta el final del ciclo del cultivo, permitiendo mejor aireación en la planta, disminuyendo las condiciones adecuadas para el desarrollo de patógenos.

### **Riegos**

Se utilizó fertirriego a partir del trasplante, en el cual se programó el controlador de riego (timer) cada dos horas para efectuar el riego, por un tiempo de 5 minutos; estos tiempos fueron variables de acuerdo a la fenología de la planta y condiciones climáticas exteriores. La aplicación del riego durante la germinación fue manual para mantener las plántulas vigorosas.

### **Fertilización**

Las dosis de macro y micronutrientes fueron proporcionadas por el Controlled Environment Agriculture Center, University of Arizona (CEAC) en Arizona USA., para 1000 litros de agua, siendo:

**Cuadro 2. Solución nutritiva para 1000 litros de agua, ciclo P/V 2011.  
Del trasplante al primer racimo floral.**

**Macronutrientes**

Nitrato de calcio: 700 g.

Sulfato de magnesio: 250 g.

12-61-00 (Fosfato de amonio): 96 g.

13-2-44 (Fosfato de potasio): 315 g.

**Micronutrientes**

Sulfato ferroso: 5.5 g.

Sulfato de manganeso; 4.75 g.

Sulfato de boro: 5.8 g.

Sulfato de cobre: 11 g.

Sulfato de zinc: 5.18 g.

**Cuadro 3. Solución nutritiva para 1000 litros de agua para después del  
primer racimo floral hasta el final de la cosecha. Junio 2011.**

**Macronutrientes**

Nitrato de calcio:800 g.

Sulfato de magnesio: 340 g.

12-61-00 (Fosfato de amonio): 98 g.

13-2-44 (Fosfato de potasio): 370 g.

**Micronutrientes**

Sulfato ferroso: 7.7 g.

Sulfato de manganeso: 6.75 g.

Sulfato de boro: 7.5 g.

Sulfato de cobre: 13.5 g.

Sulfato de zinc: 8.18 g.

**Cosecha**

Se realizó en los meses de septiembre-noviembre de manera manual. Cortando los frutos con una madurez de rayado a maduro; para tomar los datos se tomó como base una planta con competencia completa para evaluar el rendimiento y las pruebas del laboratorio.

### **Toma de datos fenológicos**

El total de días en cosecha se obtuvo del conteo de los días desde el primer corte hasta el último y así obteniendo el número de días en producción; con estos datos se determinó el número de cortes por genotipo. Para la obtención de los datos de días a primer corte se hizo un conteo de días a partir de la fecha de trasplante y el inicio de cosecha de todos los genotipos, con lo cual se determinó la precocidad de los materiales. Para los días a último corte se realizó un conteo de días a partir de la fecha de trasplante hasta el último corte, con esto se determinó a los materiales más tardíos.

### **Datos de rendimiento**

Al realizar el último corte de la cosecha se obtuvo el rendimiento total de cada genotipo, se sumó el peso de cada uno de los cortes realizados a cada genotipo. Para obtener el peso promedio se dividió entre el número de frutos totales y así obtener el peso de los frutos de cada genotipo; para obtener el rendimiento por hectárea en toneladas, se multiplico el rendimiento de la planta por la densidad de población.

### **Datos Fisiológicos**

Para realizar la toma de las variables fisiológicas se utilizó el Fotosintetómetro portátil LI-6200 (LI-COR, INC, NEBRASKA, USA), que mide el intercambio de  $\text{CO}_2$  de la hoja. Los datos se tomaron el día 5 de octubre del 2011 dentro del invernadero. Para obtener los datos se eligió una planta de cada uno de los genotipos que tuviera competencia completa y esta fuera la misma que se utilizó para la toma de datos de rendimiento y fenológicos. Para obtener los datos de la tasa fotosintética se usó el área de la hoja utilizada, el volumen de la cámara, temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, intensidad luminosa, la concentración de  $\text{CO}_2$  en el área de la hoja, entre otros parámetros.

### **Pruebas del Laboratorio**

Al realizar la tercera cosecha se seleccionaron tres frutos de cada genotipo, los frutos se colocaron en bolsas de papel, se dejó que maduraran dentro ya del laboratorio, cuando presentaron un color rojo intenso se llevaron a cabo las estimaciones de laboratorio para estimar su calidad, donde se determinó:

Grados Brix, Vitamina C, pH y Color. Las actividades realizadas para obtener las pruebas fueron las siguientes:

- 1.- Se registró cada uno de los tres frutos (genotipo, repetición y número).
- 2.- Cada fruto de cada genotipo se depositó en un vaso de precipitado así como se le proporcionó un número.
- 3.- Se tomó el color de cada uno de los frutos y se procedió a moler el material hasta obtener puré.
- 4.- A cada uno de los materiales obtenidos se determinó los grados Brix con el Refractómetro portátil (ATAGO 1018).
- 5.- Se determinó el pH con el potenciómetro (CONDUCTRONIC Modelo 10).

#### **Determinación de Vitamina C**

- 6.- Del puré obtenido de cada material, se tomó una muestra de 20 g de cada tratamiento.
- 7.- Se agregó 10 ml de ácido clorhídrico al 2 %.
- 8.- Se colocaron los vasos en el agitador Vortex por un tiempo de 20 minutos.
- 9.- Una vez agitada la muestra, se le agregó 100 ml de agua destilada y luego se filtró el contenido en matraces Erlenmeyer agregándole 100 ml de agua destilada.
- 10.- Del contenido de los matraces se tomaron 10 ml y se tituló con el reactivo del Thielman, hasta obtener un color rosa permanente.

Con la ecuación siguiente se determinó la Vitamina C, de acuerdo con Chechetkin *et al.*, 1984.

$$\text{mg/100 g de vitamina C} = (a \cdot 0.088 \cdot VT) / (VA \cdot P)$$

En donde:

a= ml gastados de reactivo de Thielman

0.0888= 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 alícuota valorada

P= Peso De Muestra (20 g)

Todos los análisis obtenidos fueron realizados en el laboratorio de Fisiotecnica del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN.

### **Determinación de Licopeno**

#### Procedimiento

- 1.- Se muele el tomate en un mortero para hacer un extracto del tejido que se mezcla con una solución acuosa (tampón), en una proporción 1:1 asumiendo que un gramo de tejido corresponde a un mililitro de tejido. De esta mezcla, se vierten dos mililitros en tubos de ensayo.
- 2.- Se añade a los tubos el compuesto con la mezcla de hexano-acetona en una proporción 1:2, agitando fuertemente para que los pigmentos se separen de las membranas y se disuelvan.
- 3.- Se colocaron los tubos en la centrífuga y se configuró a 5000 rpm durante 5 minutos para la separación de la fase acuosa.

## Medida de absorbancia

Tomar 1 mililitro de la fase acuosa con una pipeta Pasteur y colocarla en una celdilla, agregar 2 mililitros de acetona, medir en el espectrofotómetro a 502 nanómetros (nm), con el valor obtenido se obtiene la concentración de licopeno mg/g de tejido. Por cada 320 unidades de absorbancia a 502 nm, la equivalencia es de 1mg/ml de licopeno en solución.

Con la ecuación siguiente se determina el contenido de licopeno, de acuerdo con la Metodología de ICTA de la UAAAN.

$$(W2*5/320)*1000$$

En donde:

W2= Valor de la lectura de espectrofotómetro a 502 nm

5= Son los mililitros totales para la determinación

320= Constante para la lectura de 1 mg de licopeno

1000= Constante para convertir licopeno a unidades mg/100 g óng/g

## **Variables Fisiológicas**

Agroclimáticas: los datos obtenidos por el Fotosintetómetro fueron: Densidad de Flujo de Fotones Fotosintéticos (DFFF,  $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), Concentración de  $\text{CO}_2$  en el Ambiente ( $\text{CO}_2\text{ppm.}$ ) Temperatura del Ambiente (TAIR,  $^{\circ}\text{C}$ ) y Humedad Relativa (HR en %).

Fisiológicas: los datos siguientes también fueron obtenidos por el Fotosintetómetro, son: Fotosíntesis (FOTO,  $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), Conductancia Estomatal (CE,  $\text{cm s}^{-1}$ ), Resistencia Estomatal (RE,  $\text{s cm}^{-1}$ ),  $\text{CO}_2$  intercelular (CINT, ppm), Transpiración (TRANS,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), Temperatura de la Hoja (THOJA,  $^{\circ}\text{C}$ ) y Conductancia (COND,  $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ). El uso eficiente del agua

fisiológico se obtuvo del coeficiente de (FOTO/TRANS)\*2.444, en g CO<sub>2</sub>m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> por 10 L H<sub>2</sub>Om<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

Fenológicas: Días a Primer Corte (DPC), Días a Ultimo Corte (DUC), Días en Cosecha (DC).

Rendimiento: Numero de Cortes (NCORTES), Número de Frutos por Planta (NFPP), Peso Total de Fruto por Plata (PTFPP), Peso Promedio del Fruto (PPF), Diámetro Polar (DP), Diámetro Ecuatorial (DE), Grados Brix (BRIX), Vitamina C (VITC), Licopeno (LICOP) y el rendimiento proyectado en toneladas (RNTDHA).

### **Análisis Estadístico**

El proceso de los datos y el análisis estadístico se realizó con el programa Statitcal Analysis System (SAS) Versión 9.0.

### **Diseño Experimental**

El diseño experimental que se utilizó para este experimento fue el de bloques completos al azar con 3 repeticiones y 75 tratamientos (genotipos). Con los promedios de cada genotipo, se realizó un Análisis Multivariado de Componentes Principales (ACP).

### **Análisis de componentes principales (ACP)**

El ACP es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión. Es decir ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número, perdiendo la menor cantidad de información posible.

Fases de un análisis de componentes principales

Análisis de la matriz de correlaciones. Un análisis de componentes principales tiene sentido si existen altas correlaciones entre las variables, ya que esto es indicativo de que existe información redundante y, por tanto, pocos factores explicarán gran parte de la variabilidad total.

### Selección de los factores

La elección de los factores se realiza de tal forma que el primero recoja la mayor proporción posible de la variabilidad original; el segundo factor debe recoger la máxima variabilidad posible no recogida por el primero, y así sucesivamente. Del total de factores se elegirán aquellos que recojan el porcentaje de variabilidad que se considere suficiente. A éstos se les denominará componentes principales.

Análisis de la matriz factorial. Una vez seleccionados los componentes principales, se representan en forma de matriz. Cada elemento de ésta representa los coeficientes factoriales de las variables (las correlaciones entre las variables y los componentes principales). La matriz tendrá tantas columnas como componentes principales y tantas filas como variables.

Interpretación de los factores. Para que un factor sea fácilmente interpretable debe tener las siguientes características, que son difíciles de conseguir:

- Los coeficientes factoriales deben ser próximos a 1.
- Una variable debe tener coeficientes elevados sólo con un factor.
- No deben existir factores con coeficientes similares.

Cálculo de las puntuaciones factoriales. Son las puntuaciones que tienen los componentes principales para cada caso, que nos permitirán su representación gráfica.

Se calculan mediante la expresión:  $X_{ij} = a_{i1} \cdot Z_{1j} + \dots + a_{ik} \cdot Z_{kj} = \sum_{s=1}^k a_{is} \cdot Z_{sj}$

Los **a** son los coeficientes y los **Z** son los valores estandarizados que tienen las variables en cada uno de los sujetos de la muestra (Vega, 2011).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de componentes). El ACP construye combinaciones lineales de las variables originales, llamadas componentes principales, las cuales son no correlacionadas tomadas dos a dos (Vega, 2011).

En el Cuadro 4 se presentan los valores característicos (Eigenvalores) y el porcentaje de la varianza total que explica cada factor, se encontraron 10 valores los cuales explican el 89.57 % de la varianza total.

**Cuadro 4. Análisis de componentes principales (Eigenvalores) entre variables de 75 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero.**

	Valor	% Varianza	Valor	% Varianza
Valor	Característico	Total	Característico Acumulado	Acumulada
1	4.22	23.43	4.22	23.43
2	2.79	15.53	7.01	38.95
3	1.93	10.72	8.94	49.68
4	1.59	8.85	10.54	58.53
5	1.44	7.99	11.97	66.52
6	1.15	6.38	13.12	72.90
7	0.98	5.45	14.10	78.36
8	0.73	4.06	14.83	82.42
9	0.66	3.66	15.49	86.07
10	0.63	3.50	16.12	89.57

En el Cuadro 5. Se muestra la relación de las variables y su contribución relativa (Factor Loadings) de cada componente arrojados por el programa estadístico “Statistica” sintetizando la dimensión de los datos en 10 componentes principales de los cuales se describirán 9 de ellos que son los más representativos de la tabla, que en seguida se mencionan.

**Cuadro 5. Contribución relativa de cada variable en 10 componentes principales (Factor Loadings) de 75 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).**

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8	Factor 9	Factor 10
DPC	-0.12	0.25	-0.04	-0.68	0.15	-0.25	-0.15	0.15	0.02	-0.27
NoFtTot	0.02	-0.58	0.01	0.72*	0.16	0.01	-0.12	-0.08	0.18	-0.04
PpfTot	0.04	0.90*	0.10	-0.04	-0.13	-0.10	0.06	0.07	-0.16	0.11
RendTHa	0.11	0.16	0.12	0.92*	0.06	-0.02	0.09	0.03	0.10	0.06
DP	-0.14	0.04	0.00	0.06	0.02	0.94	0.00	0.14	0.04	0.10
DE	0.16	0.78*	-0.10	0.01	0.10	0.27	-0.07	-0.24	-0.08	-0.18
COLOR	-0.05	-0.19	0.01	0.14	-0.02	0.04	-0.07	0.01	0.95*	0.09
BRIX	-0.09	-0.04	-0.17	-0.08	-0.05	-0.01	-0.93*	0.07	0.07	0.14
pH	0.07	-0.17	0.04	0.07	0.87*	0.02	0.00	-0.12	-0.01	-0.11
VIT C	0.08	0.01	-0.17	0.18	0.17	0.17	-0.28	-0.10	0.17	0.78*
LICOP	0.14	0.07	-0.10	0.02	0.80*	0.02	0.07	0.06	-0.02	0.38
FOTO	0.52	0.00	0.80*	0.10	-0.07	-0.05	0.14	0.07	-0.04	0.05
COND	0.95*	0.06	0.16	0.03	0.13	-0.01	0.03	0.01	-0.01	0.02
CINT	0.13	-0.04	0.00	-0.05	-0.05	0.13	-0.07	0.95*	0.01	-0.05
RS	-0.86*	-0.06	-0.08	-0.13	-0.02	0.14	0.07	-0.06	-0.05	0.11
CS	0.95*	0.06	0.16	0.03	0.13	-0.01	0.03	0.02	-0.01	0.02
TRANS	0.80*	-0.05	-0.01	0.07	-0.15	-0.06	0.18	0.14	-0.14	0.22
UEAF	0.07	0.03	0.97*	0.06	0.01	0.03	0.09	-0.04	0.04	-0.13

Para el análisis de componentes principales se puede observar que en el factor uno tiene la mayor contribución positiva las variables COND y CS, explicando el 23.42 por ciento de la varianza acumulada, denominando a este componente como “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON ESTOMAS Y TRANSPIRACION” en donde el rendimiento total está relacionado con las

variables antes mencionadas. En el componente principal dos la variable que sobresalió fue PpfTot seguido del DE, explicando un 38.95 por ciento de la varianza acumulada, a este componente se le denominó como “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON EL PESO PROMEDIO DEL FRUTO” en donde el peso del fruto está relacionado con el número de frutos y la forma del fruto. En el componente principal tres la variable que sobresalió fue para UEAF seguido de FOTO, explicando un 49.67 por ciento de la varianza acumulada, a este componente se le denominó como “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LA EFICIENCIA DEL AGUA”.

En el componente principal cuatro la variable que mayor contribución obtuvo fue para RendTHa, explicando un 58.53 por ciento de la varianza acumulada, a este componente se le denominó como “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON RENDIMIENTO INVERSO A PRECOCIDAD”. En el componente principal cinco la variable que mayor contribución obtuvo fue para pH, seguido de licopeno, explicando un 66.52 por ciento de la varianza acumulada, a este componente se le denominó como “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON pH Y LICOPENO”

Para el componente principal seis la variable que mayor contribución obtuvo es para DP, explicando un 72.90 por ciento de la varianza acumulada, a este componente se le denominó “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON DIAMETRO POLAR”. En el componente principal ocho la variable que obtuvo mayor correlación positiva fue CINT y la variable que contribuyó con una correlación negativa fue para VITA C, explicando un 82.41 por ciento de la varianza acumulada, denominamos a este componente como “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON CO2 INTERCELULAR”. Para el componente principal nueve las variables que tienen una correlación positiva es para COLOR, explicando un 86.07 por ciento de la varianza acumulada, a este componente se le nombró “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON COLOR”. En el componente principal diez la variable que sobresalió con una correlación positiva fue para VITC, explicando un 89.57 por ciento de la

varianza acumulada, a este componente se le nombro como "CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON VITAMINA C".

**Cuadro 6. Puntuación de cada genotipo al factor correspondiente (factor scores) en 75 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)**

GENOTIPO	Est y Transp	Peso prom	UEAF	REND -DPC	pH, LICOP	Diámetro	GBRI X	CO2	COL OR	VITC
Y41xY533	-0.87	-0.94	2.46	-0.20	0.19	0.67	-0.19	-1.23	1.55	-0.78
(Y4xQ3)(Y4xR1)	-0.67	0.50	1.06	0.79	0.01	0.52	-0.64	-1.28	-0.34	-2.05
(Y4xQ3)Y4	0.50	-0.78	2.17	-0.49	-0.45	0.52	0.20	0.07	-0.57	-0.90
(Y4xQ3)(45xTq)	-1.00	-1.17	0.56	-0.38	0.79	1.08	-0.80	0.09	-0.07	-0.55
Q3(11x12x47)	-0.36	-0.22	-0.07	0.42	0.22	-0.08	0.94	-0.34	0.91	-0.75
Q3xL1	0.23	0.52	-1.45	-0.01	0.30	0.23	0.39	-2.00	-0.98	-1.87
F3(Y4xR1)	0.12	2.20	-0.11	0.74	0.63	0.44	-0.30	0.26	-0.37	-0.40
F3(45x47)	-0.61	0.25	0.30	1.89	0.73	-0.78	1.35	0.02	-0.28	-1.38
R1	0.59	2.01	0.98	-0.50	0.49	-1.03	-0.29	-0.31	1.44	-1.20
Q3	0.40	0.24	0.34	-0.01	-0.98	0.03	1.27	-1.01	0.41	-0.67
Q3xR1	-0.11	-0.24	0.87	-1.69	-0.32	-1.87	0.94	-0.68	0.28	0.42
F3	-0.01	0.48	0.26	0.46	-1.32	-0.71	0.88	-0.41	-0.99	0.35
(Y4xQ3)R1	1.41	0.00	-0.34	-1.13	1.12	0.14	0.82	0.29	-1.09	-1.82
(Y4xR1)(CBxTQ)	-0.22	1.82	1.65	-0.57	1.28	-0.15	-0.22	-0.76	-0.89	-1.42
Y4(45xTq)	-0.13	-0.83	0.10	1.73	0.61	0.93	-0.65	-0.69	0.99	-1.63
(45xTQ)(CBxTQ)	-0.40	-0.40	0.47	1.06	0.49	0.66	-0.05	0.21	-1.73	-0.70
L1	-0.15	-0.37	1.28	0.50	-1.31	-0.31	-0.95	-0.18	-0.52	-0.21
Y4xR1(l)	-0.04	-0.40	1.88	-0.44	-0.96	-0.33	1.02	-0.49	-0.85	0.41
S1xL1(bi)	0.62	1.82	1.28	0.09	-2.11	-0.29	-0.43	-0.44	-0.22	0.13
S1xL1(bi-2)	1.04	0.88	0.54	-1.26	-1.74	-0.07	-1.41	-0.61	0.51	-0.33
Y533xY41	0.57	-0.58	1.44	0.55	0.86	0.14	-1.03	-0.25	1.02	0.36
(Y533)(45xTq)	1.10	-0.41	0.85	0.97	0.84	-0.13	-0.41	0.03	1.19	-0.23
Y41(Y4xR1)	-0.30	-0.81	0.28	2.40	0.58	0.58	0.65	0.43	1.70	-0.89
Y41(45xTq)	1.12	-1.95	1.59	0.38	0.46	0.49	-1.18	-0.58	-2.01	1.90
(45x47)(S1xL1)	2.00	0.39	-0.08	0.38	1.32	0.63	0.57	-0.20	0.15	0.94
(11x12x47)(S1xL1)	0.91	0.71	0.46	0.42	-0.48	-0.23	-0.55	-0.20	1.29	0.27
(11x12x47)(Q3XR1)	1.23	-0.40	1.35	0.34	-1.08	-0.60	-0.05	0.22	1.11	0.47
(45x47)R1	0.82	1.06	0.58	0.41	-0.70	-0.24	0.29	-0.07	1.62	0.72
K3(Y4xR1)	0.17	0.84	0.25	0.40	1.03	1.06	0.38	0.79	0.72	0.93
K3(45x47)	1.08	-0.30	-1.93	-0.58	1.75	1.82	1.93	0.88	-0.78	1.13
K3(11x12x47)	2.32	-0.32	-0.27	-1.11	0.62	0.48	-0.29	-0.72	0.68	0.60
K3xL1	0.63	0.92	0.42	0.77	0.49	-0.31	0.72	0.01	-0.42	1.89
R1xQ3	-0.48	1.09	1.11	0.95	1.24	-1.17	1.05	0.16	-1.50	1.86
R1(45x47)	2.54	0.81	0.00	0.98	0.95	0.41	0.29	0.19	-0.92	1.16
?	0.33	0.99	1.43	0.42	0.26	0.26	-1.30	0.58	-1.13	1.52
Q3(45x47)	0.91	-1.26	-0.71	-0.69	-0.55	-0.17	0.32	-1.31	1.04	0.35
Y4xR1(bd)	-0.33	-0.09	0.15	0.07	-1.32	-0.02	0.22	-0.21	-1.33	0.47
(45x47)	-1.09	-0.10	-1.59	0.25	-1.01	-0.46	2.08	0.18	2.08	0.55

(11x12x47)	-1.07	-0.20	-0.45	0.48	-0.96	-0.19	-0.10	0.57	1.08	0.79
B2	-1.13	-0.31	0.29	-0.02	-1.56	-2.91	1.67	-0.38	-1.48	0.38
Don Raúl	2.30	-1.85	-0.39	-0.23	0.86	-1.55	1.71	-0.22	-1.89	-1.20
Monte Carlo	0.52	-0.67	-0.75	-0.20	0.31	0.75	1.18	0.32	1.85	-0.24
Floradade	-1.73	1.46	0.15	1.40	-0.13	0.91	1.46	-0.58	0.59	-0.10
Rio Grande	-1.78	-1.46	0.50	0.24	1.42	0.82	0.84	0.44	-0.55	0.61
Y4xR1(sd)	-0.43	-0.60	-0.36	-0.64	-1.22	-0.88	-0.17	-0.49	-0.78	-0.35
Y4xR1(si)	-0.32	0.00	-0.61	0.57	-0.65	-0.73	0.81	1.54	-0.06	1.14
Y4(inv)	0.38	-0.77	1.50	0.19	-0.38	1.03	-0.36	5.20	0.96	0.23
Y4(sd)	-0.29	-0.78	-0.54	-0.74	-2.05	0.59	-0.74	0.40	-0.22	2.17
S1xL1(bd)	0.16	1.35	-1.12	1.82	-1.58	-0.08	-1.29	1.52	-1.07	-1.18
Q3xR1(bd)	0.17	0.11	-1.57	2.22	-1.64	-0.38	0.37	-0.25	0.76	-0.24
Q3xR1(bs)d	0.51	-0.27	-0.97	-0.28	-2.17	2.75	-0.21	-1.25	-0.53	0.46
Y533	-0.49	0.39	-1.06	0.42	-1.22	2.34	0.97	1.64	-1.68	-0.52
Y41(si)	0.15	-2.25	-1.95	0.88	-1.05	-0.60	-2.34	-0.36	-0.42	0.05
Y41(si-2)	-0.79	-1.79	-0.59	1.44	1.08	-1.00	-1.02	-0.08	-0.43	-1.13
Y4xQ3(si)	-0.20	0.48	0.17	-0.99	-1.04	1.30	-0.02	-0.12	-0.29	-0.12
K3(S1xL1)	0.23	1.38	-1.40	-0.53	0.63	1.39	-1.24	-0.50	-0.32	-0.47
K3(Q3xR1)	-0.58	0.84	-0.57	-0.15	1.33	0.21	-1.11	1.16	-1.00	0.29
(Y4xQ3)(45x47)	-0.33	-0.27	-0.49	0.07	0.39	-0.16	-0.46	-0.39	0.72	0.50
(Y4xQ3)(11x12x47)	1.58	-0.40	-1.88	-0.83	0.57	-0.35	0.47	-0.53	0.21	0.51
Y4si	0.12	-0.95	-0.73	-0.84	-0.94	0.49	0.22	-0.88	-0.26	0.54
(45xTq)	-0.12	-1.67	-0.49	0.70	0.04	0.24	-1.36	0.44	0.83	-0.66
CBxTQ(sd)	-0.41	-0.73	-0.02	-1.96	-0.34	0.75	1.24	1.05	1.81	-1.07
CBxTQ(si-2)	-3.33	-0.34	0.76	-1.73	0.16	2.53	0.21	-0.84	-0.66	1.02
F3(Q3xR1)	-0.82	0.98	-1.03	0.10	0.56	0.61	0.57	-0.93	-1.45	-0.36
F3xL1	-1.71	0.99	-0.97	-0.26	0.68	-0.23	0.17	-0.53	0.53	-0.68
D1(Y4xQ3)	-1.43	0.46	-0.85	1.06	1.35	-1.68	-1.02	-0.37	0.56	2.09
K3(Y4xQ3)	-0.24	0.52	-1.23	-0.59	0.53	-0.60	-0.95	-0.97	0.73	1.02
D1	-0.55	2.14	-0.78	-1.55	-0.18	-1.04	-1.47	0.66	0.73	0.39
D1?	0.64	1.36	-1.47	-0.91	0.02	-0.68	-1.11	1.43	0.09	-1.05
K3	-1.18	-0.07	0.15	-2.59	0.72	-0.42	0.57	0.88	-0.02	0.02
Y4xQ3(bd)	-0.09	-1.09	-0.26	-1.16	-0.65	-1.92	-0.49	2.52	-1.36	-2.43
(Y4xQ3)L1	-0.79	-0.09	0.03	-0.93	1.12	-1.96	1.43	1.17	0.45	0.43
(Y4xR1)(45x47)	0.71	0.04	0.43	-2.33	0.72	0.40	-0.53	-0.17	0.59	-0.85
(Y4xR1)(11x12x47)	-1.34	-0.50	-0.62	-0.77	1.55	-1.04	-3.13	-0.03	-0.20	0.53
(45x47)(11x12x47)	-0.20	-1.36	-0.32	0.34	0.76	-0.87	-0.32	-1.51	0.47	0.84

En la Figura 1 se observa la gráfica tridimensional mostrando tres factores, en el eje de las Z está el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON RENDIMIENTO”, en el eje de las Y se tiene el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LA EFICIENCIA DEL AGUA” y en el eje de las X el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LOS GRADOS BRIX”, en donde los genotipos más sobresalientes en cuanto a estos factores son: Y41 (Y4xR1), F3 (45x47) y Floradade.

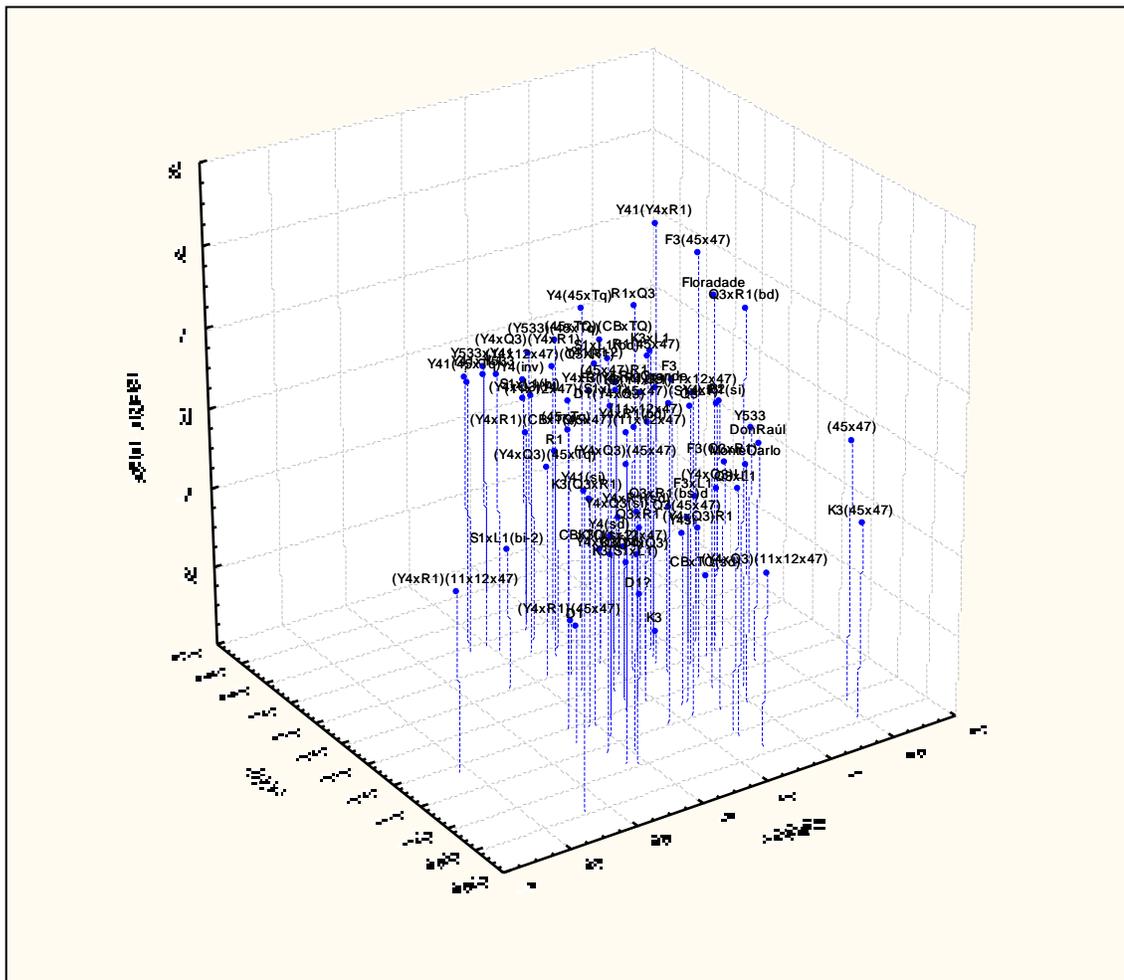


Figura 1. Comportamiento de 74 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con tres factores, factor 1 “RENDIMIENTO”, factor 2 “EFICIENCIA DEL AGUA” y factor 3 “GRADOS BRIX”.

En la Figura 2 se observa la gráfica tridimensional mostrando tres factores, en el eje de las Z está el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON RENDIMIENTO”, en el eje de las Y se tiene el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON VITAMINA C” y en el eje de las X el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON EL LICOPENO” donde se muestran los genotipos que sobresalieron en cuanto a estos factores los cuales son: D1(Y4xQ3), Y41(Y4xR1) R1xQ3.

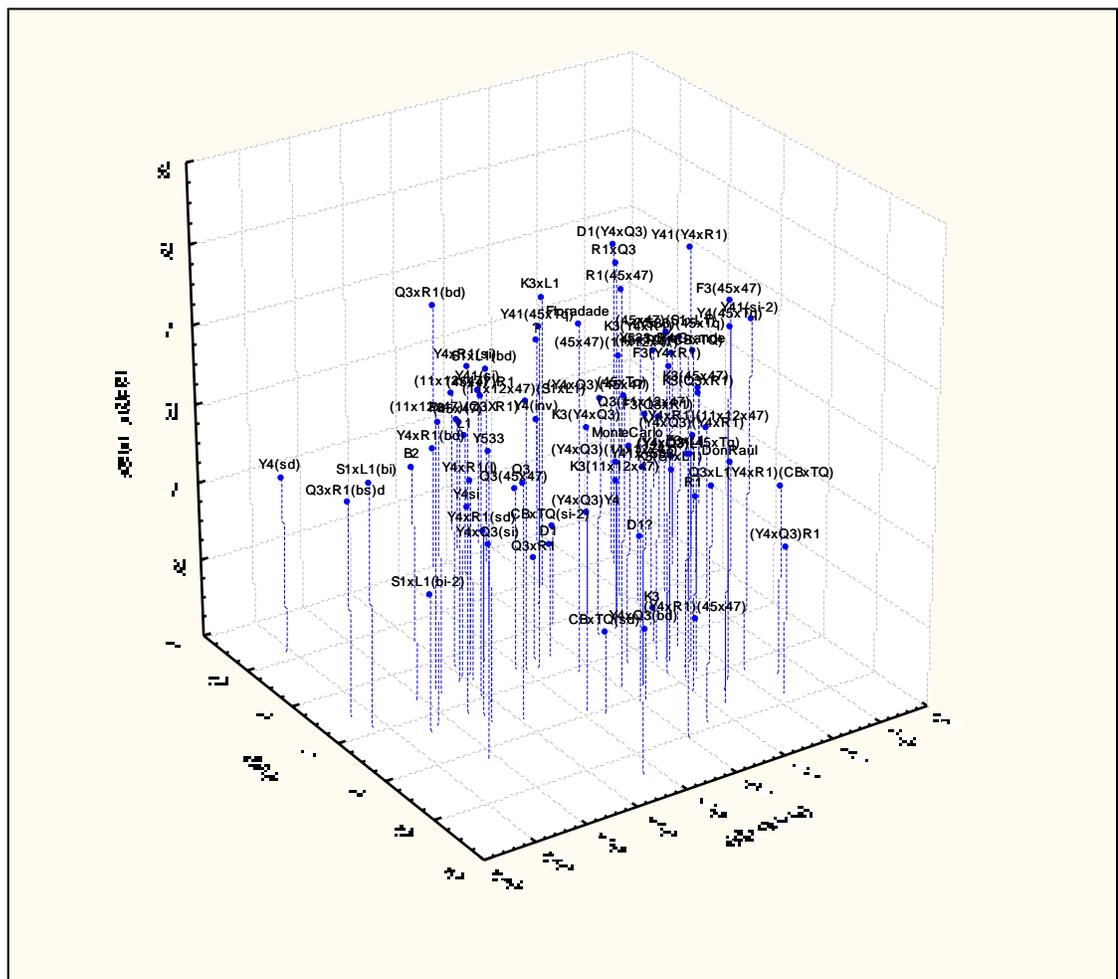
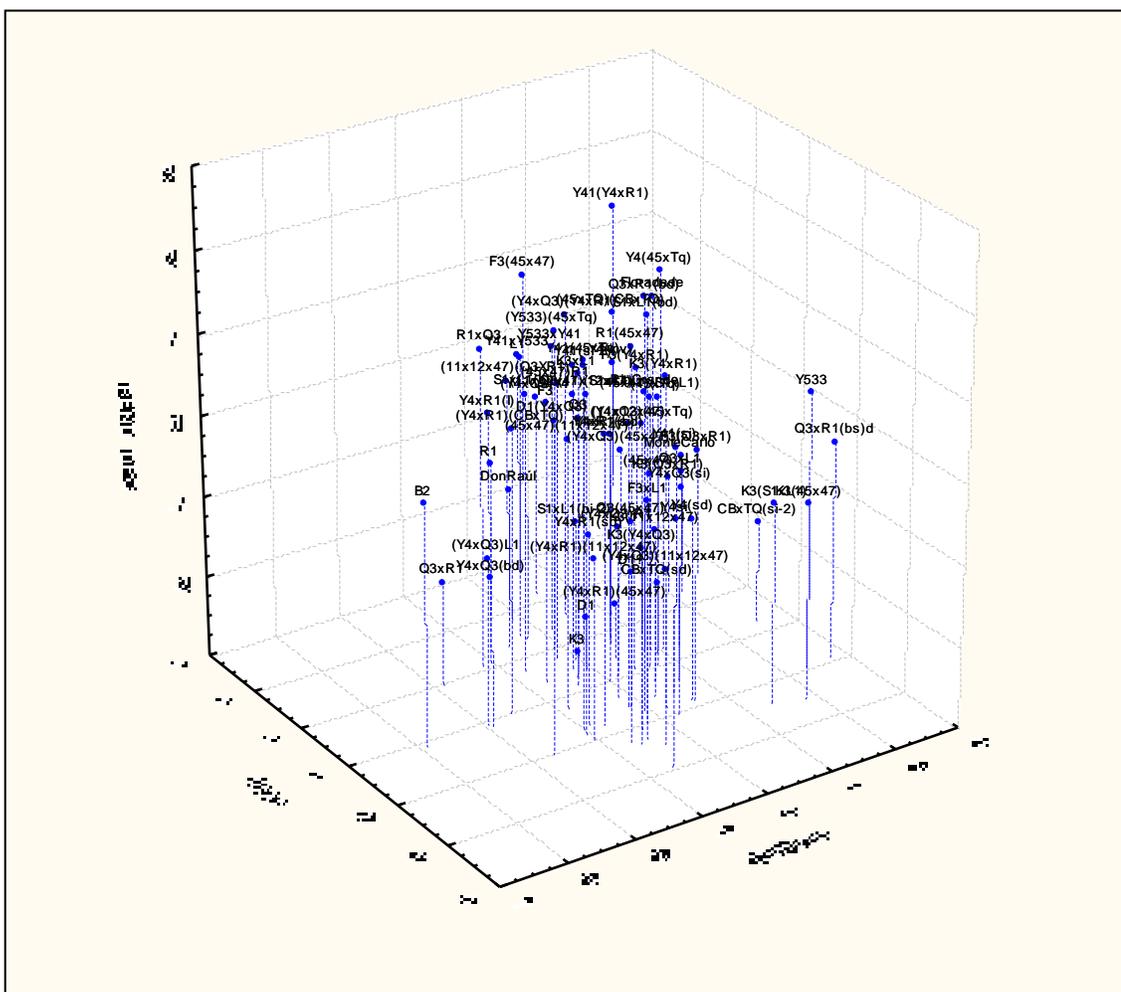


Figura 2. Comportamiento de 74 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con tres factores, factor 1 “RENDIMIENTO”, factor 2 “VITAMINA C” y factor 3 “LICOPENO”.

En la Figura 3 se observa la gráfica tridimensional mostrando factores, en el eje de las Z está el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON RENDIMIENTO”, en el eje de las Y se tiene el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LA EFICIENCIA DEL AGUA” y en el eje de las X el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON EL DIAMETRO PROMEDIO DEL FRUTO”, en donde los genotipos más sobresalientes en cuanto a estos factores son: Y4 (Y4xR1), F3(45x47) y Y4(45xTQ).



**Figura 3. Comportamiento de 74 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con tres factores, factor 1 “RENDIMIENTO”, factor 2 “EFICIENCIA DEL AGUA” y factor 3 “DIAMETRO PROMEDIO DEL FRUTO”.**

En la Figura 4 se observa la gráfica tridimensional mostrando tres factores, en el eje de las Z está el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON GRADOS BRIX”, en el eje de las Y se tiene el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON VITAMINA C” y en el eje de las X el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON pH Y LICOPENO”, en donde los genotipos más sobresalientes en cuanto a estos factores son: K3 (45x47), (R1xQ3) y (Y4xQ3) L1.

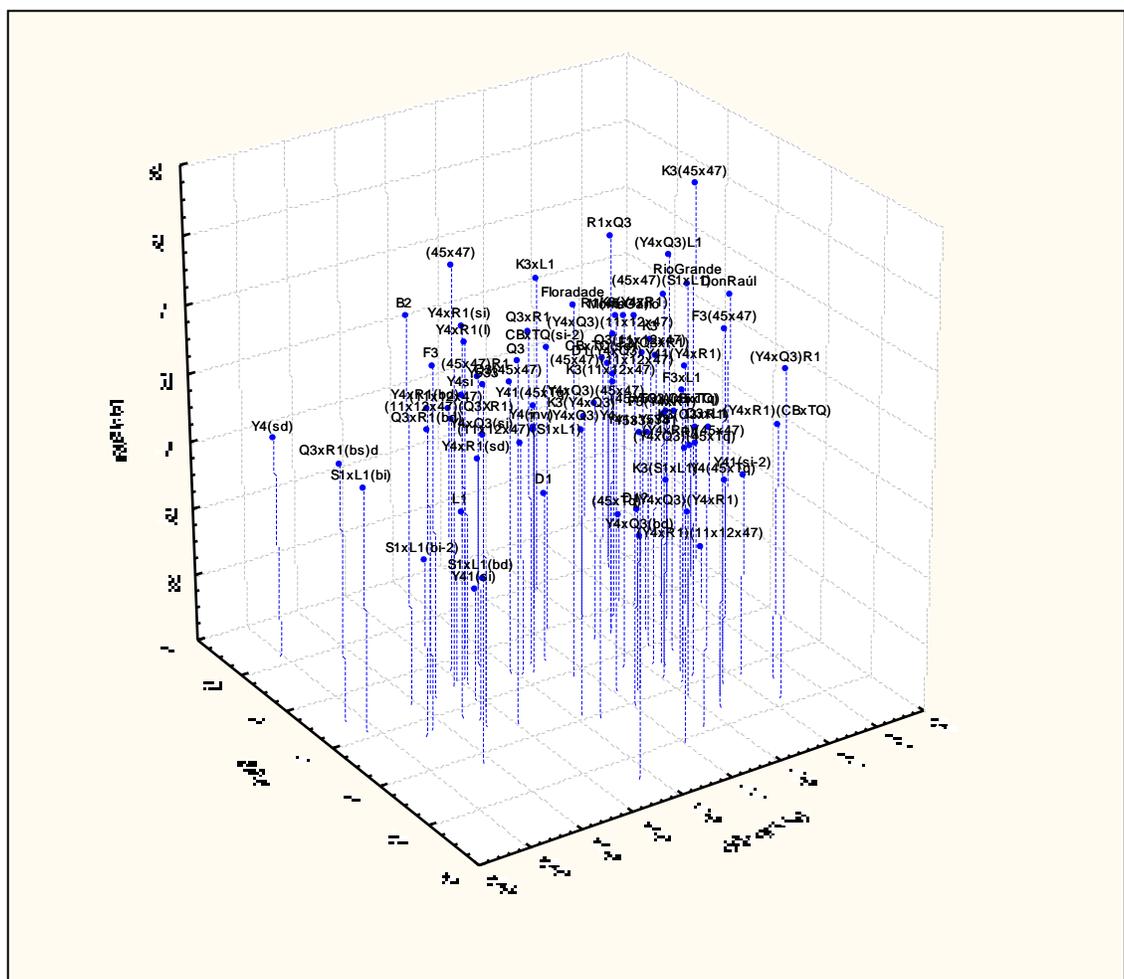


Figura 4. Comportamiento de 74 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con tres factores, factor 1 “GRADOS BRIX”, factor 2 “VITAMINA C” y factor 3 “pH Y LICOPENO”.

## CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis y resultados obtenidos en el estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

En el análisis de componentes principales, que en el factor uno las variables con mayor contribución fueron COND seguido de CS y TRANS llamándose como “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON ESTOMAS y TRANSPIRACION”. Para el factor tres las variables que más influyeron fueron UEAF Y FOTO llamándose como “CARACTERÍSTICAS RELACIONADA CON LA EFICIENCIA DEL AGUA”. Para el factor cinco las variables más influyeron fueron pH y LICOP llamándose como “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON ALTO LICOPENO”. En el factor seis la variable que mayor contribución obtuvo fue DP llamándose como “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON EL DIAMETRO POLAR”. Para el factor ocho el factor que más influyo fue CINT llamándose como “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON CO2 INTERCELULAR”. El factor diez la variable que más influyo fue VIT C llamándose como “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LA VITAMINA C”.

Los genotipos más sobresalientes en cuanto a los factores “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON RENDIMIENTO”, “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LA EFICIENCIA DEL AGUA” y “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LOS GRADOS BRUX”, son: Y41 (Y4xR1), F3 (45x47) y Floradade.

Los genotipos más sobresalientes en cuanto a los factores “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON RENDIMIENTO”, “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON VITAMINA C” y el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON EL LICOPENO” son: D1(Y4xQ3), Y41(Y4xR1) R1xQ3.

Los genotipos más sobresalientes en cuanto a los factores “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON RENDIMIENTO”, “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LA EFICIENCIA DEL AGUA” y el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON EL DIAMETRO PROMEDIO DEL FRUTO”, son: Y4 (Y4xR1), F3(45x47) y Y4(45xTQ).

Los genotipos más sobresalientes en cuanto a los factores “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON GRADOS BRIX”, “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON VITAMINA C” y el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON pH Y LICOPENO”, son: K3 (45x47), (R1xQ3) y (Y4xQ3)L1.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de seleccionar los mejores genotipos en cuanto a su rendimiento así como también evaluados en base a sus funciones fisiotécnicas y en calidad del fruto. El experimento se realizó en la instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, que se encuentra ubicada al sur de la Ciudad de Saltillo, Coahuila a 25°22' Latitud N; 101°00' Longitud W, Con una altitud de 1742 msnm, en el ciclo primavera/verano 2011 bajo condiciones de invernadero. Se utilizaron 75 genotipos de los cuales 4 son híbridos comerciales: Don Raúl, Floradade, Montecarlo y Rio Grande, se utilizaron 71 materiales progenitores y cruza del programa de Fitomejoramiento fisiotécnico de la UAAAN los cuales son:

Y41xY533, (Y4xQ3)(Y4xR1), (Y4xQ3)Y4, (Y4xQ3)(45xTq), Q3(11x12x47), Q3xL1, F3(Y4xR1), F3(45x47), R1, Q3, Q3xR1, F3, (Y4xQ3)R1, (Y4xR1)(CBxTQ), Y4(45xTq), (45xTQ)(CBxTQ), L1, Y4xR1(I), S1xL1(bi), S1xL1(bi-2), Y533xY41, (Y533)(45xTq), Y41(Y4xR1), Y41(45xTq), (45x47)(S1xL1), (11x12x47)(S1xL1), (11x12x47)(Q3XR1), (45x47)R1, K3(Y4xR1), K3(45x47), K3(11x12x47), K3xL1, R1xQ3, R1(45x47), X, Q3(45x47), Y4xR1(bd), (45x47), (11x12x47), B2, Y4xR1(sd), Y4xR1(si), Y4(inv), Y4(sd), S1xL1(bd), Q3xR1(bd), Q3xR1(bs)d, Y533, Y41(si), Y41(si-2), Y4xQ3(si), K3(S1xL1), K3(Q3xR1), (Y4xQ3)(45x47), (Y4xQ3)(11x12x47), Y4si, (45xTq), CBxTQ(sd), CBxTQ(sd), CBxTQ(si-2), F3(Q3xR1), F3xL1, D1(Y4xQ3), K3(Y4xQ3), D1, D1?, K3, Y4xQ3(bd), (Y4xQ3)L1, (Y4xR1)(45x47), (Y4xR1)(11x12x47), (45x47)(11x12x47).

Durante el establecimiento del experimento se realizaron las prácticas agronómicas correspondientes al cultivo las cuales fueron: siembra, trasplante, fertilización, riego, poda, tutorado, control de plagas, enfermedades, cosecha y pruebas de laboratorio durante los meses de junio a septiembre de 2011

Las variables que se evaluaron en el presente trabajo de investigación fueron: fenológicas; días a primer corte, días a último corte y días en cosecha. Las variables de rendimiento fueron; número de cortes, diámetro polar, diámetro ecuatorial, número de frutos por planta, peso total del fruto por planta, peso promedio del fruto y rendimiento. Las variables fisiológicas fueron; fotosíntesis, temperatura de la hoja, conductancia,  $\text{CO}_2$  Intercelular, resistencia estomatal, conductancia estomatal, transpiración y uso eficiente del agua fisiológica. Las variables agroclimáticas fueron: densidad de flujo de fotones fotosintéticos, temperatura del ambiente, concentración de  $\text{CO}_2$  en el ambiente y humedad relativa. Las variables de calidad fueron; pH, grados Brix, color del fruto, contenido de vitamina C y licopeno.

Para poder interpretar los datos se utilizó el programa estadístico “Statistica” para realizar un análisis de componentes principales reduciendo la dimensionalidad de los datos perdiendo la menor cantidad de información posible.

Los genotipos más sobresalientes en cuanto a los factores “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON RENDIMIENTO”, “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LA EFICIENCIA DEL AGUA” y “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LOS GRADOS BRUX”, son: Y41 (Y4xR1), F3 (45x47) y Floradade.

Los genotipos más sobresalientes en cuanto a los factores “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON RENDIMIENTO”, “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON VITAMINA C” y el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON EL LICOPENO” son: D1(Y4xQ3), Y41(Y4xR1) R1xQ3.

Los genotipos más sobresalientes en cuanto a los factores “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON RENDIMIENTO”, “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LA EFICIENCIA DEL AGUA” y el

factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON EL DIAMETRO PROMEDIO DEL FRUTO”, son: Y4 (Y4xR1), F3(45x47) y Y4(45xTQ).

Los genotipos más sobresalientes en cuanto a los factores “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON GRADOS BRIX”, “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON VITAMINA C” y el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON pH Y LICOPENO”, son: K3 (45x47), (R1xQ3) y (Y4xQ3)L1.

## LITERATURA CITADA

- Agraria, H., B. Hever y N. Zieslin. 1995. Effects of grafting on transpiration, CO<sub>2</sub>fixation and growth of rose plants (*Rosa x hybridacvs. Ilseta and Mercedes*).J. of Hort. Sci. 70 (4): 651-656.
- Benavides, M. A. 2011. La Importancia de la Temperatura en la Productividad de Hortalizas en Invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 2 p. México.
- Blum, A. 2009. Effective use of water (EUW) and not Water-Use Efficiency (WUE) is the target of crop yield Improvement under drought stress. Field CropsResearch. 122:119-123.
- Bojórquez, Reyna M<sup>a</sup> Cruz, Javier González Gallego, and Pilar Sánchez Collado. "Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno."Nutrición hospitalaria: Órgano oficial de la Sociedad española de nutrición parenteral y enteral 28.1 (2013): 6-15.
- Bombelli E C, E R Wright. 2006.Tomato fruit quality conservation during postharvest by application of potassium bicarbonate and its effect on Botrytis cinerea. Ciencia Inv. Agraria 33:167-172.
- Castilla, N. 2005. Invernaderos de plástico, tecnología y manejo. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Castillo, N y E. Ferreres 1990. The climate and water requirements of tomatoes in unheated plastic greenhouses, Agr. Med., vol. 120-274.
- Costa, P. and Giacomelli, G. 2005. Protected horticulture for tomato production in Mexico productivity based on technology alternative. VII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, B.C. México.
- Degiglio, M. A. 2003. Growth of the fresh greenhouse tomato market in the USA.Acta Horticulturae 611: 91-92.
- FAOSTAT. 2010. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Fernández, A. Butz, P. Tauscher, B. 2001. Effects of high-pressure processing on carotenoid extractability, antioxidant activity, glucosa diffusion, and water binding of tomato puree (*Lycopersicumesculentum*Mill.).Journal of fodd science. (US) 66(7):1033-1038.
- Fernández, R. E. J., y F. Camacho. F. 2005. Eficiencia en el Uso del Agua. Universidad de Almería. pp. 86-89. España.
- Garcia-Sahagun M L, V Martinez-Juarez, A N Avedano-Lopez, C Padilla-Sahagun, H Izquierdo-Oviedo (2009) Acción de oligosacaridos en el rendimiento y calidad de tomate. Rev. Fitotec. Mex. 32:295-301.
- Gil, H. A. 2010. Tratado de nutrición: composición y calidad nutritiva de los alimentos.

- González, N.J.F. 2009. La Agricultura Protegida. Horticultivos. Editorial Agro Síntesis S.A. de C.V. México, D.F.
- Harmen, T. H. 2006. Guía de Manejo: Nutrición Vegetal de Especialidad Tomate. SQM S.A. pp. 13-14.
- Lewinsohn E, F.Schalechet, J.Wilkinson, K.Matsui, Y.Tadmor, K. H.Nam, O Amar, E.Lastochkin, O.Larkov, U.Ravid, W.Hiatt, S.Gepstein, E.Pichersky. 2001.Enhances levels of the aroma and flavor compound S-Linalool by metabolic engineering of the terpenoid pathway in tomato fruits. *PlantPhysiol.* 127:1256-1265.
- Moya, C. "evaluación y selección de nuevas líneas de tomate (*Lycopersiconesculentum*Mill.) CON altos rendimientos y frutos de alta calidad." *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas* 26.3 (2013): 39-43.
- Muñiz, I. 2002. Jitomate: incomparable fuente de licopenos. *Nutrición Clínica. (MX)* 5(3):161-171.
- Nuez, F. D.; M. J. Pico; B. De Cordova, F. P. 1996. Catálogo de semillas de tomate. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.177 p.
- Nuez, F. 2001. El cultivo del tomate. Editorial. Mundi Prensa. 793p.
- Pérez G., M.; Castro B., R. 1999. Guía para la producción intensiva de jitomate en invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Programa de investigación y servicio en olericultura. *Boletín* 3.58 p.
- Pérez, E., y U. Carril. 2009. Fotosíntesis: Aspectos Básicos. Reduca. Universidad Complutense de Madrid. pp. 1-2. España.
- Pilatti, R. A., &Buyatti, M. A. 2002.Efecto de la calefacción nocturna y de su duración sobre la producción de un cultivo de tomate (" *Lycopersiconesculentum*" Mill.). *Investigación agraria. Producción y protección vegetales*, 17(3), 457-462.
- Quintero, M. F. González, C. A.Florez-Roncancio, V. J. 2006. Physical and hydraulic properties of four substrates used in the cut-flower industry in Colombia. *Acta Hort.* 718: 499-506.
- Rincón S. F.; Hernández C. J. M. 2003. Conservación de recursos fitogenéticos en México.52-68 pp.*In: Recursos fitogenéticos de México para la alimentación y la agricultura.* SNICS, SOMEFI. Chapingo, Estado de México.
- Salazar Moreno. Raquel. Pedro Cruz Meza.and Abraham Rojano Aguilar. 2013. "Eficiencia en el uso de la energía en invernaderos mexicanos." *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.*736-742.
- Santiago, J., Mendoza, M., & Borrego, F. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersiconesculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 9, 59-65.
- SIAP. 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA, México. Consultada el 23/09/12.

- SIAP, 2013. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la Producción Agrícola por Cultivo "Modalidad riego + temporal". SAGARPA, D.F., México. Consulta En: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=350](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350) (consulta julio 07, 2013)
- Sinesio F, M Cammareri, E Moneta, B Navez, M Preparaio, M Causse, S Grandillo (2010) Sensory quality of fresh french and dutch market tomatoes: A preference mapping study with italian consumers. *J. FoodSci.* 75:S55-S67.
- Squeo, F. A, & L. Cardemil, eds. 2007. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile, 3: 67-84.
- Vega, V. J.C. 2011. Introducción al Análisis Multivariado. Universidad de Puerto Rico. 4 p. Puerto Rico.
- Valdés, F. 2006. Vitamina C, *Actas Dermo-Sifiliográficas*, Volume 97, Issue 9, Unidad de Dermatología.
- Villela, J. 1993. El Cultivo del Tomate. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. pp. 1-57. (Proyecto de Desarrollo Agrícola).
- Waliszewski, K, N. and Blasco G. 20010. Propiedades Nutraceuticas del Licopeno. *Salud Pública México.* 52:254-265.
- Wingrove, A. Caret, R. 1984. *Química Orgánica*. México, Editorial Harla. pp. 401-402.
- (<http://transpiracionenlasplantas.blogspot.mx/>).
- (<http://es.wikiversity.org/wiki/Fotorrespiraci%C3%B3n>).
- (<http://www.botanical-online.com/tomates.htm>).