

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Selección de Genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Mediante
Criterios Fenológicos, Rendimiento y Calidad de Fruto en Condiciones de
Invernadero

Por:

JUAN ANTONIO TEPEXPA RAMÍREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.
Mayo 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Selección de Genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Mediante
Criterios Fenológicos, Rendimiento y Calidad de Fruto en Condiciones de
Invernadero

Por:

JUAN ANTONIO TEPEXPA RAMÍREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



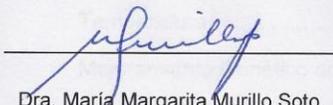
Dr. Fernando Borrego Escalante

Asesor Principal



M.C. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza

Coasesor



Dra. María Margarita Murillo Soto

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación

División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo 2016

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
DEDICATORIAS	ix
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
Hipótesis	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
Origen del cultivo del Tomate	6
Características botánicas del tomate.....	6
Clasificación taxonómica	7
Requerimientos del cultivo.....	7
Temperatura	8
Mejoramiento Genético en Tomate.....	8
Fotosíntesis	9
Respiración.....	9
Transpiración.....	10
Fotorespiración	11
Conductividad Estomática	11
Uso eficiente fisiológico del agua	12
Vitamina C	13

Licopeno.....	14
Grados Brix.....	15
MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
Localización geográfica del experimento.....	16
Material genético	16
Establecimiento del experimento.....	18
Siembra del material genético	18
Trasplante.....	18
Tutorado	18
Podas	18
Riegos	19
Densidad	19
Fertilización	19
Cosecha	20
Diseño Experimental.....	20
Variables evaluadas de rendimiento en tomate.....	20
Características fenológicas.....	21
Calidad del fruto	21
Metodología para pruebas de calidad.....	21
Determinación de Vitamina C.....	22
Determinación de Licopeno	23
Análisis Estadístico.....	23
Modelo estadístico individual.....	24
Análisis de componentes principales (ACP).....	24
Calificación final.....	26

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Características fenológicas.....	27
Características de rendimiento en tomate	28
ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	39
CONCLUSIONES	43
LITERATURA CITADA.....	44
APÉNDICE.....	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Material Genético utilizando 32 progenitores, cruzas e híbridos	17
Cuadro 2. Dosis de fertilización aplicada a partir del trasplante hasta la aparición del primer racimo floral.....	19
Cuadro 3. Dosis de fertilización aplicada a partir de la aparición del primer racimo floral hasta la cosecha	20
Cuadro 4 Calificación final para 7 variables	26
Cuadro 5. Análisis de varianza (cuadrados medios) para tres variables fenológicas de 32 genotipos de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2014.....	28
Cuadro 6. Análisis de varianza (cuadrados medios) para tres variables de rendimiento de 32 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en Buenavista, Saltillo Coahuila, 2014.	29
Cuadro 7. Comparación de medias, para variables fenológicas y de rendimiento en 32 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2014.....	30
Cuadro 8. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cuatro variables de nutricionales de 32 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2014.	31
Cuadro 9. Comparación, para variables de contenido nutricional en 32 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2014.....	33
Cuadro 10. Análisis de componentes principales (Eigenvalores) entre variables de 32 genotipos de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) en invernadero.....	39
Cuadro 11. Contribución relativa de cada variable en 4 componentes principales (Factor Loadings) de 32 genotipos de Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento de 32 genotipos de Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) con tres variables el primer factor RNDTHA (Rendimiento en Toneladas por Hectárea), PPF (Peso Promedio del Fruto) y °BRIX (Grados Brix).....	34
Figura 2. Comportamiento de 32 genotipos de Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), en cuanto a las variables RNDTHA (Rendimiento en Toneladas por Hectárea), DPC (Días a Primer Corte) y °Brix (Grados Brix).....	35
Figura 3. Comportamientos de 32 genotipos de Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) en cuanto a las variables; RNDTHA (Rendimiento en Toneladas por Hectárea), LICOP (Licopeno) y °Brix (GRADOS BRIX).....	36
Figura 4. Comportamiento de 32 genotipos de Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), en las variables, VITC (Vitamina C), LICOP (Licopeno) y °Brix (Grados Brix).	37
Figura 5. Comportamiento de 32 genotipos de Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), en cuanto a sus variables RNDTHA (Rendimiento en Toneladas por Hectárea), PPF (Peso Promedio por Fruto) y DPC (Días a Primer Corte).....	38
Figura 6. Comportamiento de 32 genotipos de Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) en cuanto a las variables en RDNTHA y LICOP (Rendimiento y Licopeno), F (Fenología) y °Brix (Grados Brix).	41
Figura 7. Calificación final de los 32 genotipos de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) evaluados en invernadero.	42

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 contento por ser un egresado más de esta gran institución.

A Dios todopoderoso, por permitirme llegar a esta gran etapa tan importante de mi vida, gracias señor por darme sabiduría y la habilidad de haber concluido mi carrera profesional, gracias de todo corazón.

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

A la Dra. Margarita Murillo Soto, por formar parte de este gran jurado, por el apoyo prestado y tiempo en la revisión de este trabajo de tesis.

Al M.C. Francisco A. Gordillo Melgoza, por formar parte del jurado, por el apoyo, tiempo en la revisión de este trabajo y por toda la atención prestada durante mi servicio social y como un buen amigo que siempre nos motivó para llegar a cumplir esta meta de podernos titular como Ing. Agrónomos. Gracias por todo.

A la Ingeniera María de Lourdes Hernández por todo el apoyo que me brindo en la toma de datos en mi tesis, el apoyo que medio durante mi estancia profesional y por la buena persona que es en apoyarnos en cualquier duda que tenía uno durante la carrera.

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

A mis compañeros de la generación CXX, 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 MAJESTIC SEMILLAS, por haberme permitido realizar mis prácticas profesionales y por haberme dado algunos conocimientos de cómo se trabaja en el campo laboral y gracias por todo el gran apoyo prestado durante esta estancia.

DEDICATORIAS

A mis padres: Juan Tepexpa Cortes y Anabel Ramírez Manzanarez

Gracias a ellos que me dieron la vida, que lograron que yo pudiera cumplir una más de mis metas y mi sueños, gracias a ellos soy lo que soy ahora, mil gracias por todo su apoyo incondicional, por haberme sabido educar, guiarme por el camino del bien, por brindarme todo su amor, comprensión y depositar su confianza. Le doy gracias a dios por tenerlos conmigo mil gracias los amo.

A mi hermana: Adriana Tepexpa Ramírez

Gracias por todo su apoyo cariño, confianza y consejos que siempre estarán en mí en todo momento de mi vida, has sido mi motivación para seguir cumpliendo mis metas y me siento totalmente contento de tenerte conmigo mil gracias te quiero mucho hermana.

A mis abuelos: Antonio Tepexpa, Eduviges Cortes, Artemio Ramírez y Sofía Manzanarez

Quienes han sido la base de mi bonita familia que Dios me ha dado, por todos 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: Rodolfo Ramírez, Raúl Ramírez, José Luis Ramírez y Laura Ramírez

Que desde niño me han dado respeto, confianza y que siempre se han preocupado porque cumpla mis metas como las que ellos han cumplido

como profesionistas y buenas personas. Gracias por todo el apoyo económico que me ofrecieron y por motivarme de seguir adelante.

A mis primos: Juan Pablo, Miriam, Gimena, Frida, Elías, Gerardo, Víctor Hugo, Javier, Oscar y Héctor.

Gracias por brindarme todo su apoyo y cariño para que yo pudiera continuar mis estudios y mis metas que me he propuesto.

A mis amigos

José Arizpe, Jesús Arizpe, Mario, Nazario, Alfredo, Epifanio Castro, José Luis Ramírez, Masin, Mariguas, Tomas, José Luis Gutiérrez, Israel, 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.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de seleccionar los mejores genotipos en cuanto a su fenología, así como también en base a su calidad del fruto. El experimento se realizó en las 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 2014 bajo condiciones de invernadero. Se utilizaron 32 genotipos de los cuales 5 son híbridos comerciales: Don Raúl, Floradade, Montecarlo, Río Grande y Toro. El resto (27) materiales genéticos del programa de Fitomejoramiento de la UAAAN los cuales son: K3x(Y4xR1), (R1xQ3), Y4, PobTom11, Q3, (Y4xR1), (45xTq), (45x47)xR1, Y41, F3, (K3xL1), R1, F3x(Q3xR1), K3(Q3xR1), L1, F3x(45x47), Y533, Q3x(45x47), (Q3xR1), (S1xL1), F3x(Y4xR1), (Q3xL1), (Q3xR1)xF3, (45x47)xF3, (Y4xQ3)x(45x47), (Q3xR1), (45x47)xQ3.

Las variables que se evaluaron 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.

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", y "CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON LOS GRADOS BRIX", son: F3x(Q3xR1), F3, (Q3xR1), K3x(Y4xR1) y (45x47)xF3 y (45xTq).

Los genotipos más sobresalientes en cuanto a los factores “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON VITAMINA C” y el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON EL LICOPENO” son: Y41, (Q3xR1), (45x47)xF3, Q3, (Q3xR1) y (R1xQ3).

Los genotipos más sobresalientes en cuanto a los factores “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON RENDIMIENTO”, y el factor “CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS CON EL PESO PROMEDIO DEL FRUTO”, son: F3x(Q3xR1), F3, (Q3xL1), K3x(Q3xR1) y (R1xQ3).

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”, K3x(Y4xR1), (45x47)xF3, (45xTq), Y41, (Q3xR1), (K3xL1), F3x(Y4xR1), Q3 y (R1xQ3).

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L Selección de Genotipos en Rendimiento, Vitamina C, Grados Brix, Licopenos, DPC y PPF.

Correo Electronico; Juan Antonio Tepexpa Ramírez, Tepexpa_93@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es un cultivo importante a nivel mundial China, en primer lugar con una producción de 50 millones de toneladas, 30.9% del total; en segundo lugar lo ocupa India con 17.500 millones de toneladas, 10.82%; en tercer lugar Estados Unidos de América con una producción de 13.206 millones de toneladas con el 8.6% del total, cuarto lugar lo ocupa Turquía con una producción de 11.350 millones de toneladas con el 7.01% de la producción total, le sigue en el quinto lugar Egipto con una producción de 8.625 millones de toneladas con un 5.33% de total, en el sexto lugar se encuentra Irán con una producción de 6.000 millones de toneladas y con un 3.71% del total, España se encuentra en el octavo lugar con una producción de 4.007 millones de toneladas con un 2.48% del total, Brasil en el noveno lugar con 3.873 millones de toneladas con 3.28% del total y México en la décima posición con 3.437 millones de toneladas con un 2.12% del total de producción a nivel mundial de tomate (Hortoinfo 2014).

A nivel nacional la importancia que tiene este fruto, en el consumo nacional no solo para comercialización interna sino también para la exportación; pues en el año 2014 la producción anual de tomate fue alrededor de 2.8 millones de toneladas en tanto las exportaciones ascendieron a los 20 mil millones de pesos; actualmente la mayoría de la producción nacional de tomate se exporta a mercados de Estados Unidos, Canadá y Países Europeos. (SAGARPA 2015). Los principales países exportadores de tomate en el mundo son: México, Países Bajos, España, Turquía y Jordania esto en el año 2011 (FAOSTAT). Actualmente en los últimos años se ha aumentado la producción tomatera alrededor de un 50% y la de consumo.

En México durante el ciclo agrícola 2014, hasta febrero del 2015 se han obtenido 2.4 millones de toneladas de tomate rojo, la cual complementa la

producción de tomate saladette, en los últimos ocho años se han sembrado y cosechado alrededor de 48 y 55 mil hectáreas de tomate rojo en todo el país, con rendimientos que van desde los 37 a 57 t ha⁻¹. Siendo así que en el año 2012 que se obtuvo la mayor producción de este cultivo que fue de 2.8 millones de toneladas con rendimientos promedio de 51.38 t ha⁻¹. Durante el año agrícola 2014 los principales estados productores de tomate rojo son: Sinaloa con una producción de 550,900 toneladas con rendimientos por hectárea de 40.5 toneladas, San Luis Potosí con una producción de 196,011 con rendimientos de 74 t ha⁻¹, Michoacán con una producción de 163,425 toneladas y rendimientos de 27.8 t ha⁻¹, Jalisco produjo 158,408 toneladas, con rendimientos por hectárea de 70 toneladas y Zacatecas con una producción de 145,907 ton, con rendimientos hasta 54 t ha⁻¹ (SIAP,2014).

El sistema de producción puede ser en invernadero o a campo abierto, directamente que están al suelo. La selección de variedades para el establecimiento del cultivo en campo abierto son temperaturas extremas, tipo de suelo, cantidad de agua, altitud, latitud, sistema y/o ambiente de producción, etc., dependiendo de la información genética. La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo, es a una temperatura que es de 23°C durante el día y durante la noche es de 13-17° centígrados, entre su humedad relativa oscila entre un 60 y un 80% (SAGARPA, 2010).

El tomate es una de las plantas más consumidas por los seres humanos, por su sabor, su valor nutritivo, contenido de licopeno, vitamina A y C, además por tener un alto valor comercial por unidad de superficie cultivada. (Santiago *et al.*, 1998). Es un importante generador de divisas y generador de empleos para el país, el área cultivada del tomate comprende alrededor de un 30 % del total de las hortalizas sembradas en México.

La importancia que tiene el licopeno en su color rojo característico en el tomate se debe a un pigmento (carotenoide) que abunda en los frutos maduros. Ya que dicho pigmento al igual que la vitamina C, es un antioxidante que

protege contra varios tipos de cáncer en el ser humano; ya que ambas sustancias junto con las de la vitamina A y E, que actúan de una forma benéfica sobre nuestro sistema inmunológico que protegen al organismo gracias a la reducción del efecto nocivo de los radicales libres. Quien consuma habitualmente 10 o más alimentos ricos en licopeno, reducen el riesgo de ciertos tipos de cáncer como próstata, de páncreas, pulmón y de colon.

El mejoramiento genético en tomate está orientado en todo el mundo para generar materiales con un alto potencial de rendimiento, precoces, contenido nutricional y con la tolerancia a algunas plagas y enfermedades, en la región de Saltillo, no hay oferta por la que se traen de otros lados, por lo mismo encareciendo los productos.

Objetivo general

Seleccionar los mejores genotipos de tomate en base a su fenología, rendimiento y calidad del fruto, en condiciones de invernadero.

Objetivos específicos

- Determinar la fenología de algunos genotipos de tomate.
- Determinar características relacionadas con el rendimiento del cultivo.
- Determinar características relacionadas con los Grados Brix, Vitamina c, pH y Licopeno.

Hipótesis

Al menos un genotipo presentará mayor y mejor rendimiento y fenología en comparación a los testigos comerciales.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del cultivo del Tomate

El cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas, el origen del genero *Lycopersicum* que se reporta en la región andina lo que hoy se conoce como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile, donde se presenta la mayor variabilidad genética y abundancia de materiales silvestres (Rodríguez *et al.*, 2001). México es considerado a nivel mundial como el centro más importante de domesticación del Tomate (Valdez, 1997).

Existe una gran variabilidad genética en el cultivo del tomate en América del Sur, esto se debe a que hay por lo menos 7 especies silvestres de *Solanum* que se encuentran ubicadas en el continente Americano (Warnock, 1991).

El tomate es utilizado para ensaladas y para bebidas, en la industria alimenticia se utiliza en diferentes formas como son: salsas, purés, jugos, conservas y saborizantes entre otras cosas más (SAGARPA, 2010).

Características botánicas del tomate

El tomate es una planta dicotiledónea potencialmente perenne perteneciente a la familia de las solanáceas, denominada científicamente como: *Solanum lycopersicum* L. El sistema radicular de la planta es una raíz principal pivotante, simultáneamente le crecen raíces adventicias y ramificaciones. El tallo es rígido durante los primeros estadios de desarrollo, su superficie es angulosa provista de pelos agudos y glándulas que desprenden un líquido muy característico; las hojas están compuestas insertadas en los nudos de forma

alterna. Las flores se presentan formando inflorescencias que pueden ser de cuatro tipos: racimo simple o cima unípara, cima bípara y cima multípara, pudiendo llegar a 50 flores por inflorescencia; la flor está formada por un pedúnculo corto, el cáliz es gamosépalo y la corona gamopétala.

El fruto es una baya que puede ser redondeada, achatada o en forma como de una pera y su superficie lisa o asurcada, la semilla es de color grisáceo y de forma oval.

Clasificación taxonómica (Foolad, 2007)

Reino: Plantae

Subreino: Traqueobinta

Superdivisión: Spermatophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Suborden: Solanineae

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum*

Requerimientos del cultivo

Temperatura: La óptima oscila de 23°C en el día y de 13 – 17 durante la noche.

Humedad: Oscila entre el 60 y el 80%.

Luminosidad: 0.85 Megajoules por m² óptimos para floración y cuajado.

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

Temperatura

La temperatura es otro factor determinante del medio ambiente que influye en todo el desarrollo de la planta, por lo tanto es muy importante la información de la temperatura óptima en cada etapa de desarrollo de planta.

Uno de los rangos de temperatura del suelo deben de ser de 12 a 16°C con una mínima y una máxima de 10 a 30°C, y una temperatura ambiente para su desarrollo de 21 a 24°C, siendo su temperatura óptima de 22°C y con una temperatura menor de 15°C y mayores que pueden hacer detener su crecimiento (Hernández 2000).

Mejoramiento Genético en Tomate

Para la obtención de nuevos materiales genéticos se basa en una selección por el fenotipo de los individuos de interés por alguna característica distintiva a los demás, entre los individuos de progenies segregantes de la hibridación para esta vía se toma un tiempo mínimo de 8 a 10 años y puede ser que en ocasiones no garantice la obtención que se desea (Alvares. 2011).

En programas de mejoramiento se centran en la mejora de genotipos con tolerancias a estrés biótico y adaptabilidad a diferentes ambientes con el fin de tener mayores rendimientos en los cultivos. Los Fitomejoradores, en particular las de instituciones públicas, tienen el interés en la reducción de algunos impactos negativos en la agricultura, en el ecosistema y en la creación de nuevos paradigmas agrícolas (Brummer *et al.* 2011).

Fotosíntesis

La fotosíntesis es uno de los más importantes procesos físico-químico por el cual las plantas, algas y bacterias fotosintetizan la energía de la luz solar para poder sintetizar los compuestos orgánicos, este proceso lleva al proceso de la liberación de oxígeno molecular y a la utilización de dióxido de carbono atmosférico para la síntesis de compuestos orgánicos. El proceso de la fotosíntesis es fundamental para la vida en la tierra y que tiene un profundo impacto sobre la atmósfera y en el clima terrestre (Pérez y Carril, 2009).

Es uno de los procesos más importantes que integran el proceso metabólico de la planta, ya que maximiza el uso de la luz disponible y reduce los efectos que puedan perjudicar a la planta por el exceso de la luz solar, además optimiza el uso de los recursos limitantes de carbono y nitrógeno; las fitohormonas particularmente las citoquininas, el desarrollo en las hojas, y la distribución del nitrógeno en las plantas, que proveen la base dominante de la fotosíntesis (Hernández y F, 2001).

La fotosíntesis es un proceso mediante la cual la planta sintetiza carbohidratos, que son sustancias con un alto potencial energético, a partir de agua y CO_2 , utilizando la luz radiante del sol que es ocupada por la clorofila de las células vegetales; ya que dichas sustancias son necesarias para el metabolismo de planta. Es un proceso complejo que funciona con la interacción de varios factores ambientales externos é internos de la planta y la calidad de la luz disponible en estos espacios, que pueden variar según al espacio que se encuentre el cultivo. (Douglas, 1998).

Respiración

La respiración de las plantas permite a las células producir energía para que puedan realizar sus funciones vitales, como crecer, reproducirse, transportar nutrientes, etc. La respiración consume los carbohidratos formados

durante la fotosíntesis y se eliminan en CO_2 con este proceso se obtiene la energía para desarrollar sus funciones.

Transpiración

La transpiración es la evaporación de agua desde un tejido vivo hacia el exterior, tal fenómeno puede tener lugar en cualquier parte de la planta que esté expuesta al aire. La transpiración presenta una periodicidad diurna relacionada con altas condiciones meteorológicas, generalmente baja durante la noche, pero aumenta rápidamente después del amanecer, hasta un máximo al final de la mañana o también a principios de la tarde, que posteriormente disminuye gradualmente hasta la noche. La transpiración en una planta o parte de ella, puede variar de un momento a otro debido a que los efectos ambientales que modifican las condiciones fisiológicas necesarias de la planta, como son la radiación solar, humedad relativa, temperatura, viento, y la más importante, la disponibilidad de agua en el suelo (Lallana, 2003).

Se entiende como evaporación del agua de la superficie de las hojas de plantas. La planta controla su temperatura mediante la transpiración, teniendo hasta un 50% de la energía que esta consume, ya que en todas las especies responden a un rango de temperatura, dado que las reacciones bioquímicas están controladas por las enzimas (Leskovar, 2001).

La transpiración es la función vital con más importancia para el crecimiento de las plantas como también de la fotosíntesis. Los factores ambientales no influyen solo en los procesos físicos de difusión o evaporación sino también en la apertura y el cierre de los estomas de la superficie foliar, a través de los cuales pasan el CO_2 y más del 90% del agua se transporta. Un incremento de la temperatura de la hoja, estimula la transpiración, pero puede ser que los estomas se cierren o que se abran más, dependiendo de las

especies y otros factores como son: temperatura, humedad, viento y aire (Salisbury y Ross 1994).

Fotorespiración

Es el proceso mediante el cual las plantas iluminadas que consumen oxígeno y desprenden CO₂, como mecanismo de protección del aparato fotosintético frente a la fotooxidación. La fotorespiración se incrementa conforme aumenta la temperatura ambiente, lo cual sucede cuando los días son totalmente claros y días soleados, a una mayor temperatura más tasa de fotorespiración llegando a la tasa de la fotosíntesis.

El CO₂ es la principal fuente de carbono para la producción vegetal, ya que a partir de él las plantas pueden producir los carbohidratos que son necesarios para su crecimiento. La fotorespiración es el principal proceso limitante de la fotosíntesis, lo que favorece la acumulación de biomasa para todos los tejidos vegetales que la planta necesita. Algunos estudios que se han llevado a cabo bajo condiciones de invernadero y de campo abierto, han mostrado que con altas concentraciones de CO₂, aumenta la fotosíntesis y la producción de biomasa de las plantas (Ramírez, 2004).

Conductividad Estomática

La apertura y cierre estomático varía a un ritmo que es en el transcurso (día/noche), la luz normalmente se induce a través de una evaluación del potencial hídrico, que es la apertura estomática esto se lleva a cabo cuando disminuye la concentración del CO₂, que dan como resultado la fotosíntesis. En un aumento de la concentración del ácido abscísico, en condiciones de estrés hídrico que producen el cierre de los estomas y una disminución en la transpiración (Hernández, 2001).

Cuando la humedad relativa es baja en el ambiente, disminuye las aperturas de los estomas de los genotipos, y con eso se incrementa el amarre

del fruto, lo que refleja un mayor rendimiento por planta y con una mayor duración del ciclo de cosecha en el cultivo del tomate (Delgado, 2002).

La capacidad de algunas plantas de mantenerse túrgidas bajo condiciones de escasez de agua en el suelo, es una característica que beneficia 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).

Uso eficiente fisiológico del agua

El uso eficiente del agua es una característica física en cada una de las especies ya que es sumamente importante para los fisiólogos y genetistas, pues por este medio se puede medir la relación en cuanto al uso del agua y ganancia de nutrientes y desarrollo de los nutrientes o respuestas al estrés (Ehleringer *et al.* 1993).

El cultivo del tomate es bastante resistente a la sequía pero también es muy importante suministrarle riegos para lograr altos rendimientos y buena calidad de los frutos (Gil *et al.*, 1997).

El agua es uno de los factores más importantes de la producción esencial en la agricultura hortícola en torno a la sostenibilidad en los sistemas agrarios, que están altamente comprometidas con el uso racional con este recurso que es tan como lo es el agua. Se le entiende como la eficiencia del uso del agua, con la relación existente entre la biomasa que se encuentra presente en un determinado momento en un cultivo, por unidad de agua. (Fernández y Camacho, 2005).

Cuando el suministro del agua es limitado, es muy importante considerar la eficiencia en el uso del agua, ya que en términos de la materia seca producida por la unidad de agua utilizada en la evapotranspiración, en la eficiencia en el uso del agua que es un parámetro en el uso del producción y un

objetivo de la investigación en esta área que consiste en una elevada eficiencia en el uso del agua manteniendo al mismo tiempo una elevada productividad. Por lo general en un kilo de tomate cultivado en campo abierto se necesitan 100 litros de agua, y sin embargo si se planta en sustrato solo se llega a necesitar 10 litros de agua por cada kilogramo de tomate, también el proceso de crecimiento se desarrolla de una forma más sencilla. (Sánchez y Aguirreolea, 2008).

El uso eficiente del agua es más a menudo considerada uno de los factores importantes en el rendimiento bajo estrés e incluso un componente de los cultivos en la resistencia a la sequía. El uso del agua depende principalmente de características de las plantas que reducen la transpiración que son de mucha importancia para la producción de la planta (Blum, 2009).

Vitamina C

El contenido nutricional en el tomate ha sido de una gran importancia desde su domesticación, ya que es una fuente poseedora de Vitamina C, con antioxidantes como el licopeno y el β -Caroteno, además que contiene un alto contenido de azúcares, ya que todas estas propiedades contienen un alto potencial benéfico en la salud de cuerpo humano (Hanson *et al.*, 2004).

El tomate es una de las hortalizas relativamente ricas en vitaminas, que contienen de 20 a 45 mg, Vitamina A; 0.08 mg, Vitamina B, etc. y en los frutos podemos encontrar de 0.03 a 0.5% de ácido cítrico y ácido málico y alrededor de 0.15% de pectina (Pérez *et al.*, 1997).

Actúa como un agente reductor, es necesario 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 presente en pigmentos y se encuentra en el plasma de los tejidos, caracterizado por una estructura simétrica y acíclico que está constituido únicamente por átomos de carbono e hidrogeno, que contienen 11 dobles enlaces conjugados y 2 enlaces no conjugados. El licopeno se puede encontrar en un número limitado de alimentos, como principalmente en el tomate y los derivados son los aportes como los podemos encontrar en las dietas sino que también son muy buenas fuentes con este elemento, que también en otros frutos los podemos encontrar como en: papaya, guayaba rosa, cereza y la sandía. Estudios han demostrado una relación inversa entre el consumo de alimentos que contienen licopeno con la contribución en la reducción del riesgo de la aparición de cáncer esofágico, gástrico y de próstata, así como en el cáncer de páncreas, cáncer de mama, cáncer de colon, cavidad oral y de cuello uterino (Bettina Moritz, 2006).

Una estimación directa para determinar el contenido de licopeno en genotipos de tomate mediante el análisis de colorimetría, para las formas de muestreo son: lectura de la superficie externa del fruto, lectura de la superficie interna del fruto y la lectura del color de la pulpa (Carvalho *et al.*, 2005).

El licopeno es uno de los carotenoides que se encuentran en una mayor abundancia y distribuido en mayores cantidades en el suero humano, de un 21-43% de carotenoides totales, y en los diferentes tejidos del cuerpo humano (hígado, riñón, testículos, ovarios y próstata), todo depende de la ingestión de alimentación, pero está poco influenciada por la variación del día (Bojórquez-Reyna *et al.*, 2013).

Grados Brix

La cantidad de azúcares es muy importante para el tomate, el cual se mide indirectamente en toma de °Brix, que presenta un porcentaje de sólidos solubles, el °Brix se mide con un refractómetro, siendo que un °Brix es el índice de refracción que da el 1% de sacarosa (Gil, 2010).

La calidad óptima para que el tomate se consuma en fresco con sus condiciones ideales, se deben de dejar los frutos que se maduren naturalmente en la planta para que obtengan todas sus características nutricionales adecuada y naturalmente (Karder y Ben- Yehoshua, 2000).

Un estudio sobre tipos y especificaciones de calidad del cultivo de tomate para el procesamiento industrial, se encontró que el contenido de sólidos totales y sólidos solubles están correlacionados por lo que normalmente se usa en el contenido de sólidos solubles, lo cual indica que en la mayor parte de la variedades de tomate en el contenido de solidos solubles se encuentra entre 4.5 y 5.5 °Brix; menciona que las condiciones agroclimáticas como la lluvia, el sol y también el pH, son factores que afectan directamente la cantidad de sólidos solubles (De Prado, 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica del experimento

El experimento se llevó a cabo en el invernadero N°-6 de Fisiotecnia, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), que se encuentra ubicada al sur de la ciudad de Saltillo Coahuila, a 25°22', latitud Norte; 101°00' longitud W, con una altitud de 1742 msnm. Que cuenta con una temperatura media anual que es de 16.8°C, el clima es seco, semiárido y muy extremo, que tiene lluvias en verano, con una precipitación anual que es de 350 a 450 mm (INEGI, 2008). El experimento se llevó a cabo en el ciclo primavera/verano del año 2014.

Material genético

Los materiales genéticos que se utilizaron fueron 27 genotipos, que se sembraron en el ciclo anterior; son materiales genéticos provenientes del programa de Fitomejoramiento, del área de Fisiotecnia del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN, los materiales fueron comparados con 5 testigos comerciales, los cuales fueron un total de 32 genotipos a evaluar.

Cuadro 1. Material Genético utilizando 32 progenitores, cruzas e híbridos

NUM	GENEALOGÍA	TIPO	CARACTERÍSTICA	HÁBITO
1	K3x(Y4xR1)	HÍBRIDO	BOLA	INDETERMINADO
2	(R1xQ3)	PROGENITOR	BOLA	DETERMINADO
3	Y4	PROGENITOR	SALADETTE	INDETERMINADO
4	PobTom11	POBLACIÓN	SALADETTE	DETERMINADO
5	Q3	PROGENITOR	BOLA	DETERMINADO
6	(Y4xR1)	PROGENITOR	SALADETTE	INDETERMINADO
7	(45xTq)	PROGENITOR	SALADETTE	INDETERMINADO
8	(45x47)xR1	HÍBRIDO	SALADETTE	INDETERMINADO
9	Y41	PROGENITOR	SALADETTE	INDETERMINADO
10	F3	PROGENITOR	BOLA	INDETERMINADO
11	(K3xL1)	PROGENITOR	BOLA	INDETERMINADO
12	R1	PROGENITOR	BOLA	DETERMINADO
13	F3x(Q3xR1)	HÍBRIDO	BOLA	INDETERMINADO
14	K3(Q3xR1)	HÍBRIDO	BOLA	INDETERMINADO
15	L1	PROGENITOR	BOLA	SEMINDETERMINADO
16	F3x(45x47)	HÍBRIDO	BOLA	INDETERMINADO
17	Y533	PROGENITOR	SALADETTE	DETERMINADO
18	Q3x(45x47)	HÍBRIDO	BOLA	DETERMINADO
19	(Q3xR1)	HÍBRIDO	BOLA	DETERMINADO
20	Toro	TESTIGO H	SALADETTE	DETERMINADO
21	(S1xL1)	PROGENITOR	BOLA	INDETERMINADO
22	F3x(Y4xR1)	HÍBRIDO	BOLA	INDETERMINADO
23	(Q3xL1)	HÍBRIDO	BOLA	DETERMINADO
24	(Q3xR1)xF3	HÍBRIDO	BOLA	SEMINDETERMINADO
25	Don Raúl	TESTIGO H	SALADETTE	INDETERMINADO
26	(45x47)xF3	HÍBRIDO	SALADETTE	INDETERMINADO
27	Montecarlo	TESTIGO H	BOLA	INDETERMINADO
28	(Y4xQ3)x(45x47)	HÍBRIDO	SALADETTE	INDETERMINADO
29	(Q3xR1)	PROGENITOR	BOLA	DETERMINADO
30	(45x47)xQ3	HÍBRIDO	SALADETTE	INDETERMINADO
31	Floradade	TESTIGO V	BOLA	DETERMINADO
32	Río Grande	TESTIGO V	SALADETTE	DETERMINADO

Establecimiento del experimento

Siembra del material genético

La siembra se realizó el 23 de Febrero del 2014, utilizando charolas de poliestireno de 200 cavidades, que fueron desinfectadas con agua clorada; y posteriormente fueron llenadas de sustrato de Peat-moss; se humedecieron previamente y posteriormente se sembraron 20 semillas de cada genotipo en cada cavidad, y a continuación se le aplicó Biozyme TS 0.1 g, por litro de agua para acelerar la germinación de las semillas. Las charolas se colocaron una sobre otra y se envolvieron con un plástico negro, con la finalidad de que las semillas tuvieran las condiciones necesarias para su germinación, después se dejaron en la bodega durante 3 días y al tercer día se trasladaron al invernadero.

Trasplante

El trasplante se realizó el 15 de Abril del 2014, se realizó de forma manual, en bolsas de polietileno de 20 kg, que fueron llenadas de sustrato de (tierra, peat-moss, perlita, fibra de coco y estiércol de vaca). Las plántulas fueron colocadas a una distancia de 33 cm entre planta y planta, y con una distancia de 1.5 m de cama entre cama a doble hilera.

Tutorado

La colocación de los tutores se colocó a los 20 días después del trasplante, se amarró cada una de las plantas con hilo de rafia para sostener la estructura de las plantas, y que eran sostenidas a las estructuras metálicas del invernadero; con el hilo se fueron guiando las plantas para que se tuviera un mejor manejo.

Podas

Las podas se realizaron 20 días después del trasplante, que posteriormente después se hacían podas cada semana; el propósito era eliminar el crecimiento de tallos laterales en los genotipos de ámbito indeterminado y estos se continuaron hasta el final del ciclo del cultivo, permitiendo esto un mejor desarrollo de la planta y de los frutos, así como un mejor manejo en plagas y enfermedades.

Riegos

Los riegos fueron programados al principio con cada tercer día, con una duración de 4 minutos y 4 veces al día. Posteriormente se fueron incrementando las frecuencias, de acuerdo a las demandas de la planta y a las condiciones prevalecientes del ambiente. La aplicación del riego durante la germinación de las plantas fue manual, para mantener todas las plantas vigorosas.

Densidad

Las plántulas fueron colocadas a una distancia de 33 cm entre planta y planta y 1.5 m entre cama y cama a doble hilera. Con una densidad de plantas por hectárea que fue de 37 036.

Fertilización

La fertilización se hizo a través de fertirriego.

Cuadro 2. Dosis de fertilización aplicada a partir del trasplante hasta la aparición del primer racimo floral.

Macronutrientes	Micronutrientes
Nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 700 g	Sulfato ferroso 5.5 g
Sulfato de magnesio MgSO_4 250 g	Sulfato de manganeso 4.75 g
(12-61-00) Fosfato de amonio 96 g	Sulfato de boro 5.8 g
(13-2-44) Fosfato de potasio 315 g	Sulfato de cobre 11 g

Sulfato de zinc 5.18g

Concentraciones proporcionadas por el CEAC, Tucson, Az. USA. Abril, 2009. Para 1000 litros de agua.

Cuadro 3. Dosis de fertilización aplicada a partir de la aparición del primer racimo floral hasta la cosecha

Macronutrientes	Micronutrientes
Nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 800 g	Sulfato ferroso 7.7 g
Sulfato de magnesio MgSO_4 340 g	Sulfato de manganeso 6.75 g
(12-61-00) Fosfato de amonio 98 g	Sulfato de boro 7.5 g
(13-2-44) Fosfato de potasio 370 g	Sulfato de cobre 13.5 g
	Sulfato de zinc 8.18g

Concentraciones proporcionadas por el CEAC, Tucson, Az. USA. Abril, 2009. Para 1000 litros de agua.

Cosecha

Los cortes de cosecha se realizaron manualmente, con frutos de clase rompimiento de color Breaker caracterizado por que los frutos presentan la primera coloración rosa o amarilla en el punto de floreo, con una planta de competencia de cada genotipo, por repetición.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, el número genotipos fue de 27 materiales experimentales y 5 testigos comerciales, teniendo un total de 32 materiales genéticos.

Variables Evaluadas

Variables evaluadas de rendimiento en tomate

Número de cortes por planta (NCORTES), Peso promedio del fruto (PPF), Rendimiento en toneladas por hectárea (RNDTHA).

Al realizar el último corte se realizaron los cálculos pertinentes para obtener el rendimiento total de cada uno de los genotipos, el peso total se dividió entre el número total de frutos, para obtener el peso promedio de los frutos de cada genotipo por planta, para obtener el rendimiento en toneladas por hectárea se multiplicó el promedio de frutos por la densidad de plantas por hectárea y se dividió entre 1000 g.

Características fenológicas

El total de los días a cosecha (días a primer corte) se obtuvo el conteo de los días a partir de la fecha de trasplante y el inicio de cosecha de cada uno de los genotipos, esto con la finalidad de determinar la precocidad de cada uno de los genotipos; para los días a último corte se realizó un conteo de días a partir de la fecha del trasplante hasta el final del último corte. Esto fue con la finalidad de determinar cuáles eran los materiales más tardíos. Los días en cosecha, se determinó por diferencia entre los días a último corte y los días a primer corte.

Calidad del fruto

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

Metodología para pruebas de calidad

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

Determinación de Vitamina C

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

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 (20g)

Determinación de Licopeno

1. Se licuó cada uno de los tomates y se les extrajo 1 g de cada muestra, posteriormente se colocó en tubos de ensayo, se le agregó 1 ml de buffer fosfato y se agitó por un tiempo de 15 minutos.
2. Se eliminó el excedente de muestra de 3 ml y se colocó en un tubo de ensayo, al que se le agregaron 6 ml de hexano y acetona. Posteriormente se centrifugó por 5 minutos a 500 revoluciones por minuto.
3. Se tomó 1 ml de muestra y se colocó en celdillas para poder identificar cada una de ellas, agregándole 2 ml de acetona a cada una de las muestras.
4. Se tomó una lectura de 502 nm de absorbancia en un espectrofotómetro.

Análisis Estadístico

El análisis de los datos obtenidos se realizó con el programa estadístico SAS V 9.0, bajo los modelos estadísticos (Steel & Torrie, 1980):

Modelo estadístico individual

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

Donde:

Y_{ij} = Observación del i-ésimo genotipo en su j-ésima repetición.

μ = Efecto de la media general.

α_i = Efecto de los tratamientos.

β_j = Efecto de los bloques ó repeticiones.

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental.

Las diferencias en cada uno de ellos se realizaron mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para la comparación de medias.

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, 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: $X_{ij} = a_{i1} \cdot Z_{1j} + \dots + a_{ik} \cdot Z_{kj} = \sum_{s=1}^k a_{is} \cdot Z_{sk}$

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).

Calificación final

Calificación final de las variables obtenidas de los 32 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero.

Cuadro 4 Calificación final para 7 variables

Variables	Calificación Final %
Rendimiento	45%
PPF	15%
DPC	15%
DC	5%
°BRIX	5%
VIT C	7.50%
LICOP	7.50%
Total	100%

Rendimiento (RDNTHA), Peso Promedio del Fruto(PPF), Días Primer Corte (DPC), Días Corte (DC), Grados Brix (°BRIX), Vitamina C (VIT C) Licopeno (LICOP).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características fenológicas

Datos tomados durante el inicio de la cosecha y fin de la cosecha, se procedió al análisis de varianza en las variables días a primer corte (DPC), días en corte (DC) y días a último corte (DUC). Los cuadrados medios para las variables fenológicas de 32 genotipos de tomate (cuadro 5). Se encontró diferencia ($p \leq 0.01$) en la fuente de variación repetición y genotipo, para las variable DPC y DC, pero no existió diferencia significativa en días último de corte; de igual forma se encontró que los resultados de los coeficientes de variación muestran que ciertamente existió variabilidad del 3.1 y 12.3 % respectivamente; mientras que en promedio de los genotipos fue de 92 días en la variable DPC, 23 días de corte y 115 días al último corte, por tanto el cultivo de tomate tiene un ciclo promedio de 3 meses y 24 días, durando 23 días en corte o cosecha.

En el Cuadro 7 se reporta que los genotipos más precoces en la variable DPC fueron: K3x(Y4xR1), Y4, (Y4xR1), (45x47)xR1, Y41, F3, F3x(Q3xR1), Q3x(45x47), F3x(Y4xR1), (Q3xL1), (Q3xR1)xF3, Don Raúl, (Y4xQ3)x(45x47) y (Q3xR1), con 89 días, mientras que los más tardíos K3(Q3xR1), L1, Y533, Toro y Río Grande con 98 días, por otra parte los materiales con un mayor rango de días en corte fueron: Y4, (Y4xR1), (45x47)xR1, Y41, F3, F3x(Q3xR1), Q3x(45x47), F3x(Y4xR1), (Q3xL1), (Q3xR1)xF3, Don Raúl, (Y4xQ3)x(45x47) y (Q3xR1) con un promedio de 26 días en corte; los de menor rango en días en corte fueron: K3(Q3xR1), L1, Y533, junto con los testigos Toro y Río Grande con un promedio de 17 días de corte.

En cuanto a Días a Último de Corte, se obtuvo un promedio de 115 días, por lo cual los genotipos no tuvieron diferencias en esta variable.

Cuadro 5. Análisis de varianza (cuadrados medios) para tres variables fenológicas de 32 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2014

FV	GL	DPC	DC	DUC
REP	2	104.625**	104.625**	0
GEN	31	33.096**	33.096**	0
ERROR	62	7.497	7.947	0
CV(%)		3.064	12.257	0
MEDIA		92.000	23.000	115.000
MAX		98.000	26.000	115.000
MIN		89.000	17.000	115.000

**Nivel de probabilidad de 0.01, *Nivel de probabilidad de 0.05, DPC (Días a Primer Corte), DC (Días Corte), DUC (Días a Último Corte), FV (Fuente de Variación), GL (Grados de Libertad), REP (Repeticiones), Gen (Genotipos), CV (Coeficiente de Variación), MEDIA (Valor Promedio) MAX (Valor Máximo), MIN (Valor Mínimo).

Características de rendimiento en tomate

En el Cuadro 6, se observan diferencias ($p \leq 0.01$) en la fuente de variación repetición para la variable número de cortes (NC); En la fuente de variación para repetición y genotipo hubo diferencia con ($p \leq 0.01$) para las variables número de cortes, peso promedio fruto (PPF) y Rendimiento en toneladas por hectárea, (RNDTHA); mientras que se obtuvieron coeficiente de variación alrededor de 8.5, 17.4 y 19.3 % respectivamente; por otra parte en promedio se obtuvieron valores cercanos a 4 días en número de cortes, 98 g en cuanto a peso promedio del fruto y 57 t ha^{-1} en cuanto a rendimiento promedio de los genotipos de tomate.

Cuadro 6. Análisis de varianza (cuadrados medios) para tres variables de rendimiento de 32 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo Coahuila, 2014.

FV	GL	NC	PPF	RNDTHA
REP	2	1.291**	150.147	87.914
GEN	31	0.408**	2775.112**	666.863**
ERROR	62	0.098	292.481	122.175
CV(%)		8.542	17.443	19.305
MEDIA		3.666	98.040	57.255
MAX		4.000	148.76	92.579
MIN		3.000	35.93	27.865

**Nivel de probabilidad de 0.01, *Nivel de probabilidad de 0.05, NC (Número de Cortes), PPF (Peso Promedio de Frutos), RNDTHA (Rendimiento en Toneladas por Hectárea), FV (Fuente de Variación), GL (Grados de Libertad), REP (Repeticiones), GEN (Genotipos), CV (Coeficiente de Variación), MEDIA (Valor Promedio), MAX (Valor Máximo), MIN (Valor Mínimo).

Los genotipos con más Número de cortes (NC) fueron: K3x(Y4xR1), Y4, (Y4xR1), (45x47)xR1, Y41, F3, F3x(Q3xR1), Q3x(45x47), F3x(Y4xR1), (Q3xL1), (Q3xR1)xF3, Don Raúl, (Y4xQ3)x(45x47) y (Q3xR1), de 4 cortes por ciclo de producción, y el de menor número de cortes fueron: K3(Q3xR1), L1, Y533, Río Grande y Toro con un promedio de 3 cortes por ciclo; para la variable PPF, los genotipos con valor más altos fueron: F3x(Q3xR1), K3x(Q3xR1), F3, (R1xQ3) y F3x(Y4xR1) con 148.76, 147.95, 136.83, 136.44 136.00 g respectivamente y el genotipo con valor más bajo fue: (45x47)xQ3 y Y41, con 11.07 y 35.93 g; por otra parte para la variable rendimiento en tonelada por hectárea, un mayores rendimientos lo mostraron los genotipos F3x(Q3xR1), F3, (Q3xL1) y (Q3xR1) con un promedio de 92.58, 79.93, 76.58 y 75.31 t ha⁻¹, mientras que el Y41, (45xTp), Y533 y testigo Río Grande, obtuvieron el menor rendimiento con 35.40, 34.81, 30.79 y 27.86 t ha⁻¹. Todo lo anterior se puede observar en el cuadro 6. El número de cortes depende del manejo en el cultivo, condiciones climáticas durante su ciclo de cultivo, Grijalva *et. al.*, (2011), en un invernadero de baja tecnología reporta un rendimiento de 25.2 kg m⁻² (252 t ha⁻¹), atribuido a una

temperatura mayor a 36°C, arriba de su umbral, que es de 30°C, ocasionando una disminución en cantidad de flores, al bajo amarre de frutos y por lo tanto, un bajo rendimiento de tres cortes.

Cuadro 7. Comparación de medias, para variables fenológicas y de rendimiento en 32 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2014.

GENOTIPO	DPC	DC	DUC	NC	PPF	RNDT/Ha
K3x(Y4xR1)	89.00a	26.00a	115.00	4.00a	95.76b-f	49.06b-f
(R1xQ3)	92.00a	23.00a	115.00	3.67 ^a	136.44ab	71.38ab
Y4	89.00a	26.00a	115.00	4.00a	85.25b-f	73.01a-c
PobTom11	92.00a	23.00a	115.00	3.67 ^a	92.46b-f	66.05a-c
Q3	95.00a	20.00a	115.00	3.33 ^a	106.88b-f	52.03a-c
(Y4xR1)	89.00a	26.00a	115.00	4.00a	91.53b-f	58.38a-c
(45xTq)	92.00a	23.00a	115.00	3.67 ^a	45.21hi	34.81a-c
(45x47)xR1	89.00a	26.00a	115.00	4.00a	102.93b-f	63.21a-d
Y41	89.00a	26.00a	115.00	4.00a	35.93i	35.40a-d
F3	89.00a	26.00a	115.00	4.00a	136.83ab	79.93a-d
(K3xL1)	95.00a	20.00a	115.00	3.33 ^a	118.77a-d	43.29a-f
R1	92.00a	23.00a	115.00	3.67 ^a	128.4a-c	63.78 b-f
F3x(Q3xR1)	89.00a	26.00a	115.00	4.00a	148.76a	92.58 a
K3(Q3xR1)	98.00a	17.00a	115.00	3.00a	147.95a	61.42b-f
L1	98.00a	17.00a	115.00	3.00a	103.26b-g	47.79b-f
F3x(45x47)	95.00a	20.00a	115.00	3.33 ^a	86.83b-i	53.92b-f
Y533	98.00a	17.00a	115.00	3.00a	106.75b-f	30.79b-f
Q3x(45x47)	89.00a	26.00a	115.00	4.00a	83.30b-i	56.71b-f
(Q3xR1)	92.00a	23.00a	115.00	3.67 ^a	102.31b-f	75.31 b-f
Toro	98.00a	17.00a	115.00	3.00a	61.15e-i	54.30b-f
(S1xL1)	95.00a	20.00a	115.00	3.33 ^a	116.67a-c	61.60b-f
F3x(Y4xR1)	89.00a	26.00a	115.00	4.00a	136.00ab	68.14b-f
(Q3xL1)	89 ^a	26a	115	4.00a	118.16a-c	76.58b-f
(Q3xR1)xF3	89 ^a	26a	115	4.00a	130.18a-c	71.56b-f
Don Raúl	89 ^a	26a	115	4.00a	51.89f-i	41.28b-f
(45x47)xF3	92 ^a	23a	115	3.67 ^a	77.78d-i	58.96b-f
Montecarlo	92 ^a	23a	115	3.67 ^a	91.87b-h	46.21c-f
(Y4xQ3)x(45x47)	89 ^a	26a	115	4.00a	61.05e-i	49.76c-f
(Q3xR1)	89 ^a	26a	115	4.00a	105.08a-e	61.66d-f
(45x47)xQ3	92 ^a	23a	115	3.67 ^a	11.07a-e	56.17d-f
Floradade	92 ^a	23a	115	3.67 ^a	71.45d-i	49.25ef
Río Grande	98 ^a	17a	115	3.00a	49.41g-i	27.87f

DPC (Días a Primer Corte), DUC (Días a Último Corte), DC (Días en Cosecha), NC (Número de Cortes), PPF (Peso Promedio de Fruto), RNDHA (Rendimiento en Toneladas por Hectárea). Medias con letras distintas presentan diferencia significativa, Tukey 0.05

En el Cuadro 8 se observan diferencias altamente significativas para la fuente de variación genotipo ($p \leq 0.01$) en las variables pH, Sólidos solubles totales ($^{\circ}$ BRIX), Vitamina C (VITC) y Licopeno (LICOP), en cuanto al coeficiente de variación obtenidos para las variables anteriormente mencionadas aparecieron los resultados 14.2, 10.5, 12.5 y 63.5% respectivamente, indicando los valores menores que existió poca variabilidad en la variable pH, $^{\circ}$ brix y vitamina C mientras que licopeno posee un alto valor por lo cual quiere decir que existió mucha variabilidad con respecto a esta variable.

El valor promedio se obtuvo pH cercano al 4.5, un contenido de sólidos solubles o $^{\circ}$ brix de 4., con un contenido de vitamina C alrededor de 14 y un contenido de licopeno de 1.9.

Cuadro 8. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cuatro variables de nutricionales de 32 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2014.

FV	GL	pH	BRIX	VITC	LICOP
REP	2	1.529	0.180	1.429	3.453
GEN	31	1.080**	1.554**	42.414**	6.332**
ERROR	62	0.410	0.246	3.060	1.457
CV(%)		14.195	10.442	12.474	63.404
MEDIA		4.511	4.756	14.022	1.904
MAX		5.400	6.266	22.223	6.846
MIN		3.500	3.133	4.899	0.0667

**Nivel de probabilidad de 0.01, *Nivel de probabilidad de 0.05, pH (Potencial Iones Hidrógeno), $^{\circ}$ BRIX(Grados Brix), VITC (Vitamina C), LICOP (Licopeno), FV (Fuente de Variación), GL (Grados de Libertad), REP (Repeticiones), GEN (Genotipos), CV (Coeficiente de Variación), MEDIA (Valor Promedio), MAX(Valor Máximo), MIN(Valor Mínimo).

En el cuadro 9 se reportan los valores medios para las variables de calidad en pH. El genotipo con el valor más alto fue: (K3xL1), Y41 y F3x(Y4xR1) con 5.40 y 5.33 y 5.27 respectivamente; por otra parte Q3 y Rio Grande, fue el más bajo con 3.500 y 3.33, en cuanto a °Brix, K3x(Y4xR1), (45x47)xF3 y (45xTq) presentó el valor más alto con 6.266, 6.13 y 6.00, mientras que el más bajo fue Y533, PobTom11 y F3 con un valor de 3.13, 3.53 y 3.93. En Vit C, Y41, (Q3xR1) y (45x47)xF3 presentó el mayor contenido con 22.223, 20.79 y 19.94 mg 100 g⁻¹, mientras el testigo Toro, R1 y (Q3xR1) presentó un bajo contenido con 4.90, 11.01 y 11.02 mg 100 g⁻¹. En Licop el mayor contenido lo obtuvo Q3, (Q3xR1) y (R1xQ3) con 6.846, 4.72 y 4.08; los de menor contenido fue: (Q3xR1), Y41 y (45xTq), con un valor de 0.07, 0.15 y 0.23; (Crisanto-Juárez *et al.*, 2010), reportan en colectas de tomate silvestre evaluadas en invernadero, un contenido de ácido ascórbico de 6.1 a 16.1 mg 100g⁻¹, el valor máximo es superado en el presente trabajo con 22.223 mg 100g⁻¹; en sólidos solubles reporta un contenido desde 4.5 a 9.3 °Brix, estos valores son mayores, donde el máximo fue de 6.266 °Brix; (García *et al.*, 2010), mencionan que lo que más influye sobre el contenido de sólidos solubles son los factores agrológicos, especialmente el clima durante el período de maduración y el riego, que pueden hacer variar el contenido en °Brix entre 4 y 7 (Boada *et al.*, 2010), encontraron valores extremos de 3.8-6.3 °Brix en tomate cereza, estos valores son iguales al presente trabajo. En un estudio realizado por (Hernández *et al.*, 2014), obtuvo valores de pH en el rango de 4.10-4.33 y en vitamina C de 16.03 a 20.36 mg 100 g⁻¹, valores similares encontrados para este ambiente.

Cuadro 9. Comparación, para variables de contenido nutricional en 32 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila, 2014.

GENOTIPO	pH	BRIX	VITC	LICOP	
K3x(Y4xR1)	3.93a	6.27a	13.93c-g	0.57dc	pH(Potencial de iones de Hidrogeno), °BRIX (Grados Brix), VITC (Vitamina C) LICOP (Licopeno) Medias con letras distintas presentan diferencia significativ a, Tukey 0.05 (Zn) idarčić et al., 2010), reportan un
(R1xQ3)	5.03a	5.47a-d	15.17c-g	4.08a-c	
Y4	5.03a	4.53c-f	18.31a-d	0.25dc	
PobTom11	4.37a	3.53ef	11.54f-h	1.85b-d	
Q3	3.50a	4.60c-f	15.24c-g	6.84a	
(Y4xR1)	4.90a	5.40a-d	15.96c-g	2.52b-d	
(45xTq)	5.07a	6.00a-c	18.05a-e	0.23dc	
(45x47)xR1	3.77a	5.27a-d	15.31c-g	2.40b-d	
Y41	5.33a	4.07d-f	22.22 ^a	0.15d	
F3	5.20a	3.93d-f	12.07f-h	1.21b-d	
(K3xL1)	5.40a	4.07d-f	11.47f.h	2.18b-d	
R1	4.93a	5.20a-d	11.01f-h	3.35a-d	
F3x(Q3xR1)	4.13a	4.73a-f	12.84d-h	2.14b-d	
K3(Q3xR1)	4.87a	4.40c-f	11.84f-h	2.14b-d	
L1	4.97a	4.93a-e	13.67c-g	1.91b-d	
F3x(45x47)	4.27a	4.80a-e	18.67a-c	1.79b-d	
Y533	4.43a	3.13f	12.13f-h	1.45b-d	
Q3x(45x47)	4.73a	4.40c-f	11.37f-h	1.49 b-d	
(Q3xR1)	5.20a	4.07d-f	11.02f-h	4.72ab	
Toro	3.87a	5.13a-e	4.90i	1.51b-d	
(S1xL1)	5.03a	4.20d-f	12.81d-h	2.16b-d	
F3x(Y4xR1)	5.27a	4.80a-e	10.62hg	2.66b-d	
(Q3xL1)	4.57a	4.07d-f	12.23f-h	3.01a-d	
(Q3xR1)xF3	4.07a	4.07d-f	12.48e-h	1.95b-d	
Don Raúl	3.77a	4.87a-e	7.98hi	0.66cd	
(45x47)xF3	4.67a	6.13ab	19.94ab	2.90b-d	
Montecarlo	3.67a	4.93a-e	16.52c-f	0.50cd	
(Y4xQ3)x(45x47)	5.07a	5.53a-d	12.88d-h	1.78b-d	
(Q3xR1)	3.83a	4.53b-e	20.79ab	0.07d	
(45x47)xQ3	3.90a	5.07a-e	11.37f-h	1.49b-d	
Floradade	4.07a	5.13a-e	17.94a-e	0.27cd	
Río Grande	3.53a	4.93a-e	16.45c-f	0.70cd	

contenido de sólidos solubles de 5.23 a 6.8°Brix y vitamina C 7.7 mg 100 g⁻¹, en condiciones de invernadero el valor máximo fue de 6.26 °Brix, valores muy similares, en el presente estudio.

En la Figura 1. Se observa la gráfica tridimensional mostrando 3 variables, en el eje de las **Z** está RENDIMIENTO TONELADAS POR

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

En el análisis de componentes principales (ACP) es una de las técnicas de estadística de síntesis de la información o reducción de la dimensión en (número de componentes), que constituyen combinaciones lineales de variables originales, los cuales son correlacionadas y tomadas dos a dos (Vega, 2011).

En el análisis de componentes principales (CP) Cuadro 9, está representado los cuatro componentes resultado del análisis multivariado donde el cp1 explica el 37.07% de la varianza explicada, cp2 24.92%, cp3 11.36% y Cp4 10.32%, dando un total de la varianza explicada del 83.67% de toda la varianza total.

Cuadro 10. Análisis de componentes principales (Eigenvalores) entre variables de 32 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero.

CP	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	3.34	37.07	3.34	37.07
2	2.24	24.92	5.58	61.99
3	1.02	11.36	6.60	73.35
4	0.93	10.32	7.53	83.67

En el cuadro 11. Se muestra la correlación de las variables y su contribución relativa (Factor Loadings o carga de factores) de cada componente arrojados por el programa estadístico "Statistica" sintetizando la dimensión de los datos en 4 componentes principales de los cuales se describirán 2 de ellos que son los más representativos en la tabla que a continuación se mencionan.

Cuadro 11. Contribución relativa de cada variable en 4 componentes principales (Factor Loadings) de 32 genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Variables	FENOLOGÍA	REND Y LICOP	pH	°BRIX
DPC	-0.992066	-0.007631	-0.037268	0.057676
DC	0.992066	0.007631	0.037268	-0.057676
NC	0.992116	0.007199	0.036949	-0.058815
PPF	0.029420	0.767591	0.244084	0.281067
RNDTHA	0.485252	0.724205	0.050295	0.202334
pH	0.064004	0.157195	0.865420	0.146455
BRIX	0.121501	-0.037633	-0.178505	-0.876663
VITC	0.147847	-0.363042	0.452641	-0.544356
LICOP	-0.207316	0.833722	-0.022021	-0.148794
Expl.Var	3.272717	1.966855	1.052434	1.238501
Prp.Totl	0.363635	0.218539	0.116937	0.137611

Para el análisis de componentes principales se puede observar que el primer factor tiene la mayor contribución positiva en la variable DC y NC, explicando el 37.07 por ciento de la varianza acumulada, denominando a este componente como CACTERISTICAS RELACIONADAS CON ALTO NUMERO DE CORTES. En el componente principal dos, las variables que sobre salió fue para PPF, RNDTHA y LICOP, explicando un 61.99, porciento de la varianza acumulada; a este componente se le denomino como; CARACTERISTICAS RELACIONADAS CON EL RENDIMIENTO Y LICOPENO. Para el factor tres la mayor contribución fue pH, seguido de Vitamina C y Peso Promedio del Fruto, explicando un 73.35 % de la varianza a este componente se le llamo CARACTERISTICAS RELACIONADAS CON ALTO CONTENIDO DE VITAMINA C. Para el factor cuatro el valor más alto fue para Grados Brix, seguido de Vit C y Licop, con un valor de 83.67 % de la varianza acomulada a este componente se le llama CARACTERISTICAS RELACIONADAS CON GRADOS BRIX.

En la **Figura 6** se observa la grafica tredimensional mostrando a los 3 factores, en el eje de las **Z** se encuentra el factor: RENDIMIENTO Y LICOPENO, en el factor en el de las **Y** tenemos FENOLOGIA en el eje de las **X** el factor es GRADOS BRIX, donde los genotipos mas sobresalientes en cuanto a estos factores con el mejor rendimiento, F3x(Q3xR1), Licop Q3, Fenologia; los dos precentan la misma fenologia siendo variedad de Tomate Bola, el que presenta mejor contenido de °Brix, K3x(Y4xR1) y (45x47)xF3.

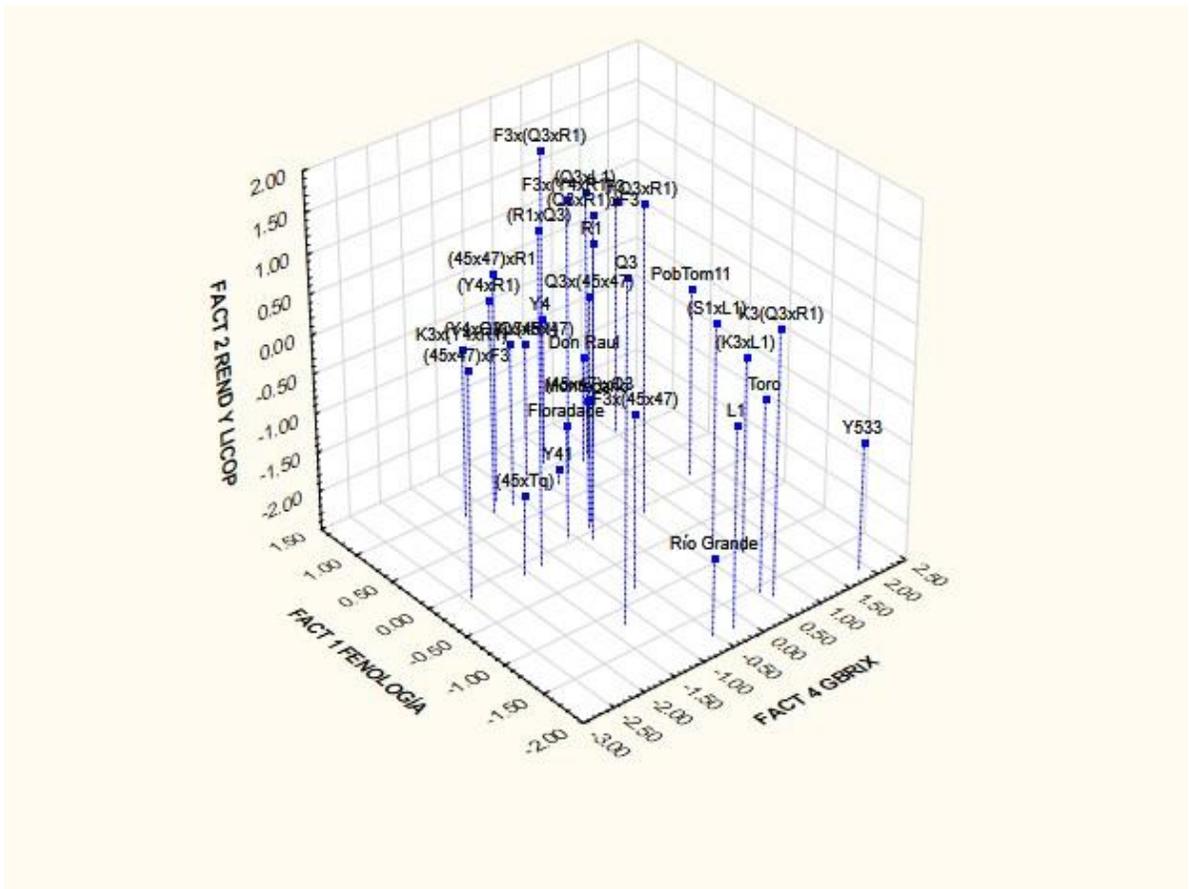


Figura 6. Comportamiento de 32 genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en cuanto a las variables en RDNTHA y LICOP (Rendimiento y Licopeno), F (Fenología) y °Brix (Grados Brix).

En la figura 7 se presentan los variables de RDNTHA, PPF, DPF, DC, °BRIX, VIT C y LICOP para obtener en un valor total.

Para la variables los genotipos que obtuvieron los resultados más altos más fueron: F3x(Q3xR1) 90.24, F3 81.06, (R1xQ1) 80.94 y (Q3xL1) 79.52 % que obtuvieron los más altos valores en las variables evaluadas. El genotipo y el testigo que obtuvieron los valores más bajos fueron: Y533 50.66 y Rio Grande 45.60%.

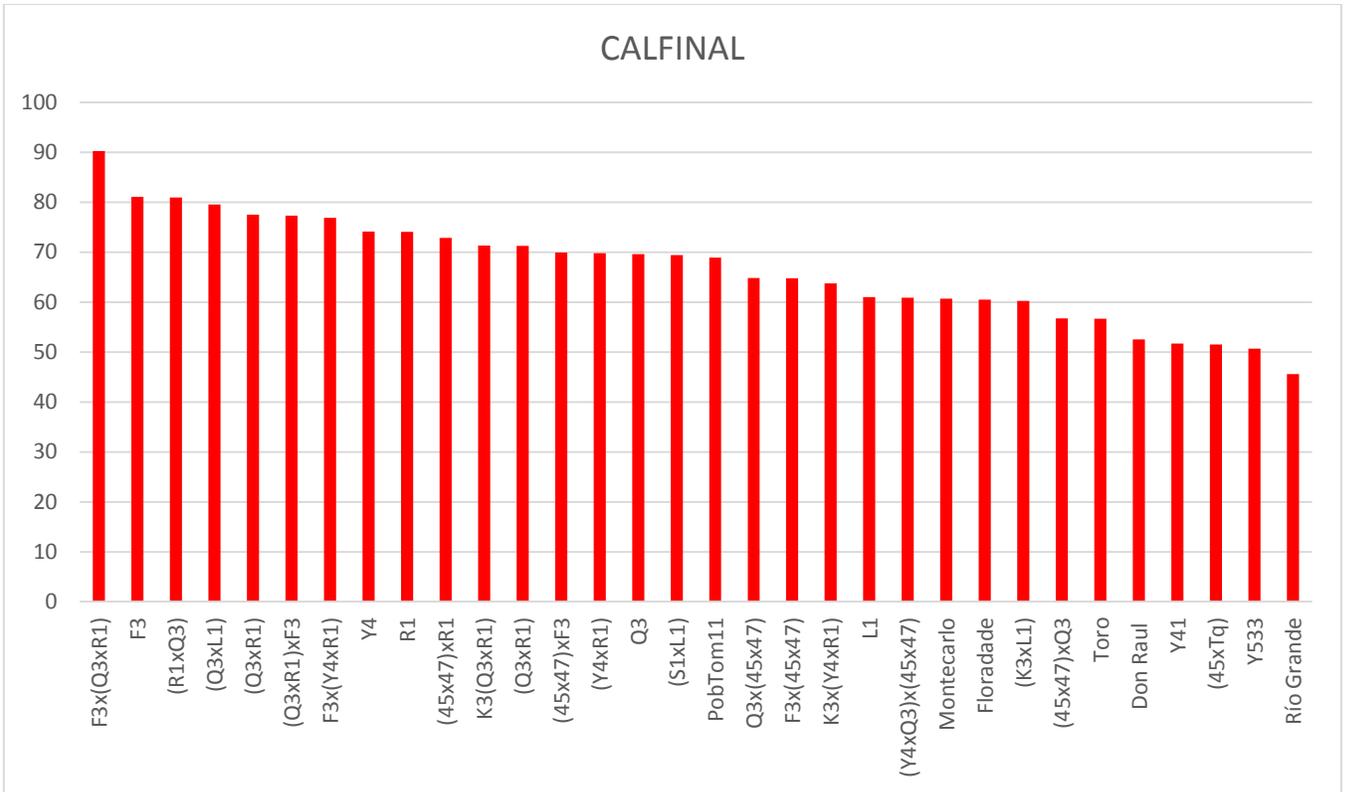


Figura 7. Calificación final de los 32 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), evaluados en invernadero.

CONCLUSIONES

En base a los resultados que se obtuvieron en el análisis realizado para este trabajo, los materiales formados mediante cruzas se evaluaron algunas de las variables.

El uso de híbridos es un método muy importante que permite explotar su vigor, expresándose en precocidad, rendimiento, calidad de frutos, desarrollo de planta, tolerancia a plagas y enfermedades, esto puede ser posible para generar mejores materiales genéticos con alto potencial para zonas áridas y ambientes extremos.

En base a este trabajo se encontraron algunos genotipos con características sobresalientes, con los que se puede continuar un programa de mejoramiento, ya que se han estado evaluando en diferentes localidades y que han mostrado muy buenas adaptaciones con rendimiento, la calidad de sus frutos y la tolerancia a las condiciones de estrés tanto abióticas como bióticas.

Para los mejores materiales con rendimientos $t\ ha^{-1}$ fueron: F3x(Q3xR1), F3, (Q3xL1) y (Q3xR1). Algunos otros materiales más sobresalientes en Vitamina C, Y41, (Q3xR1) y (45x47)xF3, en Licopeno son: Q3, (Q3xR1) y (R1xQ3).

Los materiales genéticos mencionados tienen características agronómicas que pueden seguirse utilizando para su continuo mejoramiento genético y evaluaciones en diferentes ambientes o localidades más productoras de tomate y con el fin de poder ser liberados como híbridos o variedades.

LITERATURA CITADA

- Agraria, H., B. Hever y N. Zieslin. 1995. Effects of grafting on transpiration, CO₂ fixation and growth of rose plants (*Rosa x hybrida* cvs. Ilseta and Mercedes). *J. of Hort. Sci.* 70 (4): 651-656.
- Agrichem (Octubre 2015). Principales productos agrícolas en México
<http://agrichem.mx/cuales-son-los-10-principales-productos-agricolas-de-mexico/>
- Agromatica (21 de mayo 2014). Guía del cultivo del tomate.
<http://www.agromatica.es/cultivo-de-tomates/>
- Álvarez, G. M. 2011. La Selección Asistida por Marcadores (Marker-assisted selection) en el Mejoramiento Genético del Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Cultivos Tropicales. 32-46-38.
- 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 in Ecology and the Environment.* 122:119-123.
- Brummer, E.C., W. T. Barber., S. M. Collier., T. S. Cox., R. Johndon., S. C. Murray, R. T. Olsen., R. C. Pratt., and A. M. Thro. 2011. Plant Breeding for Harmony Between Agriculture and the Environment. *Frontier in Ecology and the Environment.* 9:561. 568.
- Bojórquez, Reyna M^a 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).
- Boada, M. Y., Mejía, J. L., Ceballos, N., and Orozco, F. J. (2010). Evaluación agronómica de treinta introducciones de tomate silvestre tipo cereza (*Solanum lycopersicum* L). *Agron*, 18(2), 59–67.

- Chechetkin, A. V., Vornianski, V. I., y Pokusy, G. G. (1984). Prácticas de bioquímica del Ganado y aves de corral. (E. M. Moscú., Ed.) (p. 55).
- Carvalho, W., M. E. Fonseca, H. R. de Silva, Boiteux, S. L. and Giordano, L. B. 2005. Estimativa indirecta de teores de licopeno en frutos de genotipos de tomateiro via análise colorimétrica. Horticultura Brasileira, Brasília, 232 (3): 819-825.
- Crisanto-Juárez, A. U., Vera-Guzmán, A. M., Chávez-Servia, J. L., y Carrillo-Rodríguez, J. C. (2010). Calidad de frutos de tomates silvestres (*Lycopersicon esculentum* Var. Cerasiforme dunal) de Oaxaca, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 33, 7-13.
- Delgado, Z.C. 2002. Clasificación de genotipos (progenitores y cruas) de tomate (*lycopersicon esculentum* Mill.) Para características fisiotécnicas por método multivariado. Tesis de licenciatura. Uaaan. Saltillo. Coahuila. México.
- De Prado, R.J. L. 2002. Tipos y especificaciones de calidad en el cultivo del tomate. Vida Rural. No. 148. Ed. Eumedia S.A. Madrid.
- Ehleringer, J. R., A. E. Hall and G. D. Farquhar. 1993. Stable isotopes and plant carbon/water relations. Academic Press. San Diego. 555p.
- El Economista (Mayo 2015). Situación Actual y Tendencias del Tomate Rojo en México.[http://eleconomista.com.mx/columnas/agronegocios/2015/05/27/situacion-actual-tendencias-tomate-rojo México](http://eleconomista.com.mx/columnas/agronegocios/2015/05/27/situacion-actual-tendencias-tomate-rojo-México).
- <http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/07/15/mexico-principalexportador-tomate-mundo>.
- Fehr, W. R. 1991. Principles of cultivar development. Vol. I. Theory and technique. Macmillan Publishing Co., New York.
- Fernandez, R. E. J. y F. Camacho. F. 2005 Eficiencia en el Uso del Agua Universidad de Almería. Pp. 86-89. España.

- Faostat. 2010. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Foolad, M. R. 2007. Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics*, (1), 52.
- García, A., Contreras, A., Rodríguez, M., y Trujillo, N. Y. (2010). Características físicas y químicas del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad pera. @ Limentech, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 8(1), 75–82.
- Gil V.I; Hernández O.J; Bastida T.A.; Miranda V.I.; y Reyes R.D.S. 1997. Manual Práctico de Producción de Jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Hidropónico bajo Invernadero. Publicaciones ACRIBOT. UACH. Mexico.
- Gil, H. A. 2010. Tratado de nutrición: composición y calidad nutritiva de los alimentos.
- Grijalva, R. L., Macías, R., y Robles, F. (2011). Comportamiento de híbridos de tomate bola en invernadero bajo condiciones desérticas del noroeste de Sonora. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 675-682.
- Hanson, P.M., R. Yang, J. Wu, Jen-tzu, Ch. Dolores, L. and Samson C.S. Tsou. 2004. Variation for Antioxidant Activity and antioxidants in tomato. *Hort. Sci.* 129(5):704.
- Hernández, P. J. S. 2000. Las Sustancias Húmicas en el Tomate. Monografía de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Hernández, M., Chailloux, M., Moreno, V., Mojena, M., y Salgado, J. (2014). Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego en tomate de primavera-verano. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 106–115.
- Hernández, M. R. 2001. Fotosíntesis. Libro Botánica Online. Universidad de los Andes. Merida, Venezuela.
- HortoInfo. (Marzo 2014). Diario Digital de Actualidad Hortofrutícola
<http://www.hortoinfo.es/index.php/noticias/1543-tomate-mundo-15-07>

Inegi, 2008. Instituto Nacional De Estadística y Geografía. Mexico.

Santiago, J., Mendoza, M., & Borrego, F. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 9, 59-65.

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

Leskovar, D. I. 2001. Producción y ecofisiología del trasplante hortícola. Primer simposio nacional; técnicas modernas de producción de tomate, papa y otras solanáceas. Uaaan. Saltillo. Coahuila. México.

Lallana. V. H. y M. C. Lallana. 2003. Manual de Prácticas de Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Pp. 32-35. Argentina.

Moritz, Bettina, and Vera Lúcia Cardoso Tramonte. "La biodisponibilidad del licopeno." *Rev. Nutr* 19.2 (2006).

Monografías cultivos Jitomate Sargarpa 2010

Nuez, F. D.; M. J. Pico; B. De Córdova, F. P. 1996. Catálogo de semillas de tomate. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 177p.

Observatorio de precios, al servició de productores y consumidores de alimentos. <http://observatoriodeprecios.com.mx/index.php/precios-productos/productos-agropecuarios/jitomate/2821>

Pérez, E. y U. Carril. 2009. Fotosíntesis. Aspectos Básicos. Reduca. Universidad Complutense de Madrid. pp. 1-2. España.

Producción de Tomates en invernadero en México (Agosto 2010)

<http://www.hortalizas.com/poscosecha-y-mercados/produccion-de-tomates-en-mexico/>

[http://www.hortalizas.com/uncategorized/opciones-de-produccion-de-tomate-en-mexico /](http://www.hortalizas.com/uncategorized/opciones-de-produccion-de-tomate-en-mexico/)

- Ramírez G, J. A. "Incremento de las concentraciones de CO₂ y su efecto sobre la bioquímica y fisiología fotosintética de/*Coffea arabica*/L."
- Rodríguez, R. R., J. M. Tavares R. & J. A. Medina J. 2001. Cultivo Moderno del Tomate. Mundi-Prensa. Madrid, España. 255 p.
- Sánchez, D. M. y Aguirreolea. 2008. Absorción de Agua por la Raíz y Transporte por el Xilema. Balance Hídrico de la Planta. En Fundamentos de la Fisiología Vegetal. Azcón. B. J, y Talón. M. (eds) Segunda edición. 75 p. España.
- Sakata America. (Mayo 2014). Producción Mundial de Tomate.
<http://www.sakata.com.br/cas/noticias/70>
- SAGARPA (Julio 2015). México principal exportador de Tomate en el Mundo.
<http://www.gob.mx/presidencia/articulos/mexico-principal-exportador-de-tomate-en-el-mundo>
- SIAP. (2014). Producción agrícola.
- Steel, R. G. D., and Torrie, J. H. (1980). Principles and procedures of statistics. (N. Y. McGraw-Hill, Ed.) (p. 481).
- Valdés, F. 2006. Vitamina C, Actas Dermo-Sifiliográficas, Volume 97, Issue 9, Unidad de Dermatología.
- Vega, V. J.C. 2011. Introducción al Análisis Multivariado. Universidad de Puerto Rico. 4 p. Puerto Rico.
- Zobel, H. (1988). Starch crystal transformations and their industrial importance. *Starch-Stärke*, 40(1), 1–7.
- Žnidarčič, D., Ban, D., Oplanić, M., Karić, L., and Požrl, T. (2010). Influence of postharvest temperatures on physicochemical quality of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(1), 21-25.

APÉNDICE

Cuadro A1. Calificaciones finales de 32 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), por sus características agronómicas.

GENOTIPO	Lugar	CALFINAL
F3x(Q3xR1)	1	90.2458632
F3	2	81.0663231
(R1xQ3)	3	80.9495041
(Q3xL1)	4	79.5210873
(Q3xR1)	5	77.5411021
(Q3xR1)xF3	6	77.3174383
F3x(Y4xR1)	7	76.9062679
Y4	8	74.1264303
R1	9	74.0952485
(45x47)xR1	10	72.8732302
K3(Q3xR1)	11	71.3093563
(Q3xR1)	12	71.2661932
(45x47)xF3	13	69.9540184
(Y4xR1)	14	69.8190935
Q3	15	69.6181714
(S1xL1)	16	69.4377983
PobTom11	17	68.921815
Q3x(45x47)	18	64.8007749
F3x(45x47)	19	64.782354
K3x(Y4xR1)	20	63.7740698
L1	21	60.9883579
(Y4xQ3)x(45x47)	22	60.8798612
Montecarlo	23	60.6661172
Floradade	24	60.4935245
(K3xL1)	25	60.2137149
(45x47)xQ3	26	56.7233281
Toro	27	56.7058658
Don Raul	28	52.534154
Y41	29	51.7253039
(45xTq)	30	51.519766
Y533	31	50.6619346
Río Grande	32	45.6043779