

**FORMACIÓN Y SELECCIÓN DE GENOTIPOS SOBRESALIENTES DE  
TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN BASE A CARACTERÍSTICAS DE  
RENDIMIENTO, CALIDAD DE FRUTO Y ADAPTACIÓN**

**GABRIELA OVANDO SOLIS**

**T E S I S**

**Presentada como requisito parcial  
para obtener el grado de**

**Maestro en Ciencias en Fitomejoramiento**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**Saltillo, Coahuila, México**

**Junio de 2015**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO  
FORMACIÓN Y SELECCIÓN DE GENOTIPOS SOBRESALIENTES DE  
TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN BASE A CARACTERÍSTICAS DE  
RENDIMIENTO, CALIDAD DE FRUTO Y ADAPTACIÓN

TESIS POR:  
GABRIELA OVANDO SOLIS

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO  
COMITÉ DE ASESORÍA

Asesor Principal:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Fernando Borrego Escalante

Asesor:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alfonso López Benitez

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Asesor:

  
\_\_\_\_\_  
Dra. María Margarita Murillo Soto

\_\_\_\_\_  
Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Subdirector de Postgrado

Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2015.

## **DEDICATORIAS**

A Jehová mi Dios, por darme vida, salud y fortaleza en todo momento.

A mi esposo Pedro por todo el apoyo en el manejo del cultivo y las evaluaciones en el laboratorio y por su paciencia y sensatez para con migo.

A mis hijos: María Luisa y Pedro Isaí. Por ser mi motivación y la herencia que Dios me dió.

Con profundo amor a mi madre la Sra. Guadalupe Solis Ramos, a quien admiro y respeto porque me ha dado buen ejemplo para superar las adversidades.

A mis hermanos: Ana, Mario, José Ángel y Roney, quienes han sido buen ejemplo de superación.

A mi cuñado José Nicolás Parada y a mi cuñada Lucy Santiago, por la confianza y el apoyo en todo tiempo; al Sr. Belisario Santiago y Sra. Francisca Vázquez, por la confianza y su amistad sincera.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, especialmente al Postgrado en Fitomejoramiento por darme la oportunidad de prepararme profesionalmente.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el financiamiento para llevar a cabo el trabajo de investigación.

Al Dr. Fernando Borrego Escalante, por su excelencia como profesor, por todas sus enseñanzas y disposición en las asesorías otorgadas durante la realización de este trabajo de investigación, pero sobre todo por ser parte esencial de mi formación académica.

Al Dr. Alfonso López Benítez, por todas sus observaciones y consejos para enriquecer este trabajo de investigación.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza por su disponibilidad y sugerencias para mejorar este trabajo.

A la Dra. María Margarita Murillo Soto por todas las sugerencias, por ser guía, apoyo y por todas las facilidades para terminar este trabajo.

A los trabajadores de campo: Germán Gaytán, Francisco Mendoza, Adrián Gaytán y Ambrosio por todo el apoyo en las labores agronómicas del cultivo.

Al MC. Francisco Gordillo por el apoyo en campo y laboratorio.

A Nury Deyanira Gutiérrez, Lino Cesar Espinoza, Julio Narciso Ek, José Alejandro Loyo, Yonis Alberto Morales, Odilón Gayosso, por su amistad.

**COMPENDIO**

**FORMACIÓN Y SELECCIÓN DE GENOTIPOS SOBRESALIENTES DE  
TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN BASE A CARACTERÍSTICAS DE  
RENDIMIENTO, CALIDAD DE FRUTO Y ADAPTACIÓN**

**FORMATION AND SELECTION OF OUTSTANDING GENOTYPES OF  
TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) BASED ON CHARACTERISTICS OF  
YIELD, QUALITY OF FRUIT AND ADAPTATION**

POR

**GABRIELA OVANDO SOLIS**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNIO 2015**

**Dr. Fernando Borrego Escalante –Asesor principal**

**Palabras Clave:** *Solanum lycopersicum* L. selección, genotipos, contenido nutrimental.

El objetivo de este trabajo fue formar y seleccionar genotipos sobresalientes de tomate *Solanum lycopersicum* L. en base a sus características de precocidad, rendimiento y contenido nutrimental en diferentes ambientes. Los genotipos evaluados fueron formados de acuerdo con el programa de mejoramiento fisiotécnico, en invernadero y campo. Con base en esto se ha logrado su avance generacional y la formación de híbridos de acuerdo a la metodología y filosofía propuesta para el área de

Fisiotecnia del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

Este trabajo se evaluó en tres ambientes: ambiente uno: Invernadero UAAAN Verano-Otoño 2013, ambiente dos: Parras de la Fuente Coahuila, Invierno 2013-2014, y ambiente tres: Invernadero UAAAN Primavera-Verano 2014.

En el primer ambiente se utilizaron catorce líneas y veintidos cruzas, y ocho poblaciones base, en el segundo ambiente se evaluaron cuarenta y cinco genotipos y cinco híbridos comerciales (testigos), para el tercer ambiente se evaluaron treinta y dos genotipos, cuatro de ellos híbridos comerciales como testigos.

El trabajo se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en los tres ambientes. Las variables presentaron diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$  y  $p \leq 0.01$ ) para los tres ambientes de evaluación. La unidad experimental constó de una planta intermedia con competencia completa. Para las variables de contenido nutrimental se utilizó el mismo diseño experimental, seleccionando tres frutos al azar de cada genotipo en el tercer corte. Para conocer la interacción genotipo ambiente, se realizó un análisis combinado con tres repeticiones para cada ambiente y solo se utilizaron los genotipos comunes en los tres ambientes, dando un total de veinticuatro genotipos.

Los genotipos más precoces para el ambiente uno fueron: F3x(45x47), K3x(Y4xR1),(Q3xL1), R1x(45x47) y (45x47)xR1, PobTom5, PobTom7, PobTom8,

Y41x(Y4xR1) realizándose el primer corte 95 después del trasplante; en el ambiente dos todos los materiales se cortaron a los 92 días y en el tercer ambiente los genotipos más precoces fueron K3x(Y4xR1), Y4, (Y4xR1), (45x47)xR1, Y41, F3, F3x(Q3xR1), Q3x(45x47), F3x(Y4xR1), Q3xL1, (Q3xR1)xF3, Don Raúl y (Y4xQ3)x(45x47) en los que el primer corte se realizó 89 días después del trasplante.

Los genotipos de mayor rendimiento en el ambiente uno fueron, en t ha<sup>-1</sup>: F3 (122.82), K3x(Y4xR1) (110.7), R1(106.34) , Q3xR1 (103.28) y D1 (102.43). En el ambiente dos los genotipos K3xL1 (105.43) y (Q3xR1)xF3 (76.43); para el ambiente tres los genotipos F3x(Q3xR1) (92.579) y F3 (79.929).

Para contenido nutrimental, en índice de sólidos solubles (°Brix) se obtuvieron genotipos en el ambiente uno con valor mínimo de 3.26 °Brix para L1 y valor máximo de 5.3°Brix para PobTom6, en el ambiente dos Y533 con (2.2 °Brix) y Q3xL1 (5.66 °Brix) y en el ambiente tres Y533 (3.13 °Brix) y K3x(Y4xR1) (6.26 °Brix); para contenido de vitamina C (en mg 100g<sup>-1</sup>) en el ambiente uno, el genotipo de menor contenido fue PobTom9 (10.09) y el máximo (45x47)xF3 (24.118), y en el ambiente dos: (CBxTq) (6.45) y F3x(45x47) (19.95), para el ambiente tres: Toro (4.89) y Y41 (22.22); para contenido de licopeno (en mg 100g<sup>-1</sup>), en el ambiente uno: (Q3xL1) (0.385) y Y4x(45xTq) (5.979); en el ambiente dos: Floradade (0.615), F3x(Q3xR1) (8.792), y para el ambiente tres: (Q3xR1) (0.0667) y Q3 (6.84).

En el análisis combinado se evaluaron 24 genotipos comunes para los tres ambientes, se obtuvieron diferencias con significancia de  $p \leq 0.01$  entre ambientes para

Días a Primer Corte (DPC), Días en Cosecha (DC) y Días a Último Corte (DUC); entre genotipos se obtuvo significancia para DC y DUC; para interacción genotipo por ambiente hubo significancia en DC y DUC. En REP(AMB) solo DPC presentó significancia con  $p \leq 0.05$ . Para las variables de rendimiento se encontró diferencia, con significancia de  $p \leq 0.01$  entre ambientes, para las variables Número de Cortes (NC), Peso Promedio de Fruto (PPF) y Rendimiento, interpolado a toneladas por hectárea (RNDTHA). Los mismos resultados se encontraron entre genotipos, de igual forma para GEN\*AMB; en REP(AMB) solo NC presentó significancia.

Para las variables en contenido nutricional se encontró diferencia ( $p \leq 0.01$ ) entre ambientes para las variables Potencial de Iones Hidrógeno (pH), sólidos solubles (BRIX), y Vitamina C (VITC), excepto en Licopeno (LICOP). Entre genotipos todas las variables fueron significativas en GEN\*AMB, solo LICOPENO no presentó significancia.

Para el análisis de Interacción Genotipo-Ambiente (IGA) se utilizó el Método de Efectos Aditivos y Multiplicativos (AMMI). Los genotipos más estables para rendimiento fueron: K3xL1, Q3x(45x47), (45x47)xR1. Los más inestables fueron: F3, Y533, Y4xR1, Q3xR1, Floradade y Río Grande. Para contenido de licopeno el mejor ambiente fue ambiente tres (INV014) con  $3.43 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ . la línea Q3 obtuvo  $6.19 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  que fue el contenido más alto. El ambiente uno (INV013) obtuvo el contenido más alto para contenido de vitamina C con  $15.58 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ . El genotipo (45x47)xF3 obtuvo el contenido más alto  $20.03 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ . En contenido de sólidos solubles el

ambiente con mas alto contenido fue ambiente tres (INV014) con 4.68 °Brix y el genotipo K3x(Y4xR1) con 5.35 °Brix.

El análisis de heterosis para el ambiente uno (INV013), las cruzas que presentaron el porcentaje de heterosis más alto respecto a la media de ambos progenitores para rendimiento, fueron: K3x(Y4xR1) (65.81%), (Q3xL1) (23.87%), (K3xL1) (20.41%). En contenido de solidos solubles, las cruzas que presentaron los porcentajes de heterosis más altos fueron: (Y4xQ3)x(45x47) (74.47%), K3xL1 (22.86%), K3x(Y4xR1) (14.63%). En licopeno: (45x47)xF3 (152.94%), (45x47)x(S1xL1) (116.35%), (45x47)xR1 (39.60%). Para vitamina C: (45x47)xF3 (31.17%) y K3x(Y4xR1) (18.85%)

## COMPENDIUM

### FORMATION AND SELECTION OF OUTSTANDING GENOTYPES OF TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) BASED ON CHARACTERISTICS OF YIELD, QUALITY OF FRUIT AND ADAPTATION

BY

GABRIELA OVANDO SOLIS

MASTER OF SCIENCE IN PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. JUNE OF 2015

**Dr. Fernando Borrgo Escalante -ADVISER –**

**Keywords:** *Solanum lycopersicum* L., selection, genotypes, nutrient content.

The objective of this study was to form and select the outstanding genotypes of tomato *Solanum lycopersicum* L. based on its characteristics of precocity, yield and nutrient content in different environments. The evaluated genotypes were formed in accordance with the programme of improvement physiotechnical, in greenhouse and field. With base in this there has been achieved his generational advance and the formation of hybrids in accordance with the methodology and philosophy proposed for the area of Fisiotecnia of the Department of Fitomejoramiento of the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro.

This work was evaluated in three different environments: environment one: greenhouse UAAAN Summer-Autumn 2013, environment two: Parras de la Fuente

Coahuila Winter 2013-2014 and environment three, Greenhouse UAAAN Spring-Summer 2014.

The first environment used fourteen lines and twenty-two crosses, in the second environment commercial (witnesses) were evaluated forty-five genotypes and five hybrid, thirty-two genotypes, four of them hybrid commercial as witnesses were evaluated for the third environment.

The three environment were established under a completely randomized experimental design with three replications. The variables presented statistical differences ( $p \leq 0.05$  and  $p \leq 0.01$ ) for the three evaluation environments. The experimental unit consisted of an intermediate plant fully competitive. The same experimental design was used for nutrient content variables by selecting three fruits at random from each genotype in the third cut. To know the interaction genotype-environment realized an analysis combined with three repetitions for every environment and only the common genotypes were used in three environments giving a whole of twenty-four genotypes.

The most precocious genotypes they were: F3x(45x47), K3x(Y4xR1), (Q3xL1), R1x(45x47) and (45x47)xR1, PobTom5, PobTom7, PobTom8, Y41x (Y4xR1) for the environment one the first one being realized cuts 95 after the transplant; In the environment two all the materials are cut at 92 days and in the third environment K3x(Y4xR1), Y4, (Y4xR1), (45x47)xR1, Y41, F3, F3x(Q3xR1), Q3x(45x47), F3x(Y4xR1), Q3xL1, (Q3xR1)xF3, Don Raul, (Y4xQ3)x(45x47) in the first cutting was performed 89 days after the transplant.

The genotypes of major yield (in ton ha<sup>-1</sup>) in the environment one was F3, K3x(Y4xR1), R1, in the environment two the best were: F3 (122.82), K3x(Y4xR1) (110.7), R1 (106.34), Q3xR1 (103.28), D1 (102.43), in the environment two (K3xL1) (105.43), (Q3xR1)xF3 (76.43), for the environment three F3x(Q3xR1) (92.579), F3 (79.929).

For nutrient content in refractive index genotypes were obtained with minimum value of 3.26 °Brix for L1 and maximum value of 5.3 °Brix for PobTom6 in the environment two Y533 with (2.2 ° Brix) and (Q3xL1) (5.66 °Brix) and in the three Y533 (3,13 °Brix) and K3X (Y4xR1) (6.26 °Brix) environment; for vitamin C (in mg 100g<sup>-1</sup>) in environment one genotype was PobTom9 lower content (10.09) and maximum (45x47)xF3 (24,118), and the environment two (CBxTq) (6.45) and F3x (45x47) (19.95), for the three environment Toro (4.89) and Y41 (22.22); for content of lycopene in the environment one (Q3xL1) (0.385) and Y4x (45xTq) (5.97) in the environment two Floradade (0.615), F3x(Q3xR1) (8.792), for the environment three (Q3xR1) (0.066), Q3 (6.84).

In the combined analysis were evaluated 24 common genotypes for all three environments, differences were obtained with significance of  $p \leq 0.01$  between environments for DPC, DC and DUC, between genotypes were observed significance for DC and DUC; for genotype by environment interaction was significant in DC and DUC. In REP (AMB) DPC only present significance with  $p \leq 0.05$  for the performance variables difference they found  $p \leq 0.01$  significance between environments for NC, PPF

and RNDTHA variables as between genotypes equally to GEN\*AMB in REP (AMB) NC only present significance.

For the variables in nutritional content were found with significative difference of  $p \leq 0.01$  between environments for the variables pH, Brix, VITC, except in lycopene. Among genotypes all the variables were significant in GEN\*AMB only LYCOPENE not presented significance.

For the analysis of Interaction Genotipo-Environment (IGA) used the Method of Effects Additives and Multiplicatives (AMMI). The stables genotypes for yield were: K3xL1, Q3x(45x47), (45x47)xR1. The most unstable were: F3, Y533, Y4xR1, Q3xR1, Floradade y Río Grande. For content of lycopene (in mg 100g<sup>-1</sup>) the best environment was INV014 with 3.43. the line Q3 obtained 6.19 that was the highest content. INV013 obtained the highest content for content of vitamin C (in mg 100g<sup>-1</sup>) with 15.58. The genotype (45x47)xF3 obtained the highest contained 20.03. Content of soluble solid, environment with high content was INV014 with 4.68 °Brix and genotype K3x (Y4xR1) with 5.35 °Brix.

Analysis of heterosis for INV013, the crosses that showed the percentage of highest heterosis with respect to the average of both parents for yield, were: K3x(Y4xR1) (65.81%), (Q3xL1) (23.87%), (K3xL1) (20.41%). In soluble solids content of the crosses that showed the percentages of heterosis highest were: (Y4Xq3)x(45x47) (74.47%), K3xL1 (22.86%), K3x(Y4XR1) (14.63%). In lycopene: (45x47)xF3

(152.94%), (45x47)x(S1xL1) (116.35%), (45x47)xR1 (39.60%). For vitamin C:  
(45x47)xF3 (31.17%), K3x(Y4xR1) (18.85%).

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	XIX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XXI
I INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivos e Hipótesis .....	6
II REVISIÓN DE LITERATURA .....	7
Generalidades.....	7
Taxonomía.....	7
Producción mundial .....	8
Producción nacional .....	8
Importancia del mejoramiento genético.....	8
Resistencia de tomate a patógenos.....	9
Heterosis.....	10
Usos de macrotúnel .....	11
Ventajas de producción en macrotúnel.....	12
Interacción Genotipo*Ambiente (IGA) .....	12
Calidad en frutos de tomate .....	13
Color y licopeno .....	13
Licopeno como nutracéutico .....	14
Vitamina C .....	15
Importancia de la vitamina C para el consumidor .....	16

Sólidos solubles y Potencial de iones de Hidrógeno.....	17
Importancia de los Carbohidratos en la dieta.....	18
IV MATERIALES Y METODOS.....	19
Localización del área de estudio .....	19
Material genético.....	20
Siembra del material genético.....	22
Diseño Experimental.....	23
Manejo agronómico .....	24
Construcción de macrotúneles .....	24
Trasplante.....	24
Tutorado .....	25
Podas .....	25
Riegos.....	25
Fertilización.....	25
Cosecha .....	26
Variables evaluadas .....	26
Rendimiento .....	26
Fenológicas .....	27
Calidad del Fruto.....	27
Metodología usada para Pruebas de Calidad .....	28
Determinación de Vitamina C.....	28
Determinación de Licopeno .....	29
Análisis Estadístico .....	30
Modelo estadístico individual .....	30

Modelo estadístico combinado.....	31
Análisis AMMI .....	31
Análisis de heterosis.....	32
<b>V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>33</b>
Análisis de varianza en ambientes individuales.....	33
Variables Fenológicas.....	33
Variables de Rendimiento .....	36
Contenido nutricional.....	39
Análisis combinado.....	43
Variables fenológicas .....	43
Variables de rendimiento.....	45
Variables de calidad.....	46
Interacción Genotipo*Ambiente (IGA) .....	46
Variable Rendimiento.....	47
Variables nutrimentales .....	49
Sólidos solubles (°Brix) .....	49
Licopeno.....	50
Vitamina C .....	51
Heterosis sobre la Media de los Progenitores (HMP).....	52
Heterosis en rendimiento.....	52
Heterosis en calidad de frutos .....	53
Sólidos solubles (°Brix) .....	53
Vitamina C .....	53
Licopeno.....	54
Heterosis en precocidad de frutos .....	54
Selección de los mejores genotipos.....	55

V CONCLUSIONES .....	58
VI LITERATURA CITADA .....	61
VII APÉNDICES .....	70

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del tomate .....	7
Cuadro 2. Cruzas .....	21
Cuadro 3. Poblaciones.....	21
Cuadro 4. Testigos comerciales.....	22
Cuadro 5. Líneas progenitoras .....	22
Cuadro 6. Dosis de fertilización aplicada a partir del trasplante hasta la aparición del primer racimo floral .....	26
Cuadro 7. Dosis de fertilización aplicada a partir de la aparición del primer racimo floral hasta la cosecha .....	26
Cuadro 8. Análisis de varianza (cuadrados medios) para tres variables fenológicas de 44 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en Buenavista, Saltillo Coahuila. 2013.	33
Cuadro 9. Análisis de varianza (cuadrados medios) para tres variables fenológicas de 50 genotipos de tomate en Parras de la Fuente Coahuila 2014.....	35
Cuadro 10. Análisis de varianza (cuadrados medios) para tres variables fenológicas de 32 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L en Buenavista, Saltillo, Coahuila. 2014.....	36
Cuadro 11. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cuatro variables de rendimiento de 44 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en Buenavista, Saltillo Coahuila. 2013. ....	37
Cuadro 12. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cuatro variables de rendimiento de 50 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en Parras de la Fuente, Coahuila. 2014. ....	38
Cuadro 13. 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.....	39
Cuadro 14. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cuatro variables de nutricionales de 44 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en Buenavista, Saltillo Coahuila 2013. ....	40
Cuadro 15. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cuatro variables nutricionales de 50 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. Parras de la Fuente Coahuila. 2014. ....	41

Cuadro 16. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cuatro variables de nutricionales de 32 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en Buenavista, Saltillo Coahuila 2014. ....	42
Cuadro 17. Análisis de varianza combinado (cuadrados medios) para tres variables fenológicas en 24 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en Buenavista, Saltillo Coahuila 2013-2014. ....	44
Cuadro 18. Análisis de varianza combinado (cuadrados medios) para tres variables de rendimiento en 24 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en Buenavista, Saltillo Coahuila 2013-2014. ....	45
Cuadro 19. Análisis de varianza combinado (cuadrados medios) para cuatro variables nutricionales en 24 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila 2013-2014. ....	46
Cuadro 20. Medias y valores escalares de los componentes principales de 24 genotipos y tres ambientes, para REND, LICOP, VITAMINA C y BRUX. ....	47
Cuadro 21. Cuadrados medios de las variables de rendimiento y nutrimentales en 24 genotipos de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en tres ambientes. ....	52
Cuadro 22. Porcentaje de heterosis en 13 cruza de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) respecto a la media de los progenitores, para características de rendimiento, calidad de fruto y fenológicas para el ambiente uno. Buenavista, Saltillo, Coahuila 2013 .....	54
Cuadro 23. Calificación asignada a cada variable para la selección de los mejores genotipos de tomate.....	55
Cuadro 24. Resultados obtenidos de los porcentajes para cada genotipo de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. en los tres ambientes de evaluación 2013-2014 .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento de 24 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en base a la relación existente entre rendimiento y contenido nutricional.....	43
Figura 2. Distribución de los genotipos en los ambientes de evaluación para rendimiento (t ha-1) y componente principal 1 (CP1), de acuerdo al análisis AMMI.....	49
Figura 3. Distribución de los genotipos en los ambientes de evaluación para índice refractométrico (°Brix), y componente principal 1 (CP1), de acuerdo al análisis AMMI.....	50
Figura 4. Distribución de los genotipos en los ambientes de evaluación para licopeno (mg 100g-1, y componente principal 1 (CP1), de acuerdo al análisis AMMI.....	51
Figura 5. Distribución de los genotipos en los ambientes de evaluación para vitamina C mg 100g-1, y componente principal 1 (CP1), de acuerdo al análisis AMMI.....	51
Figura 6. Calificación final para los genotipos de tomate, resultados obtenidos en el análisis combinado para los tres ambientes de evaluación.....	55
Figura 7. Calificación final dada a la variable rendimiento en los genotipos de tomate, resultados obtenidos en el análisis combinado para los tres ambientes de evaluación.....	56

## I INTRODUCCIÓN

El tomate, además de su importancia como hortaliza fresca, es el ingrediente principal de productos como puré de tomate y salsa de tomate. El consumidor demanda una mejor calidad y sabor, disponibilidad todo el año y por sus beneficios en la salud, es importante que los encargados en el mejoramiento tengan los conocimientos sobre los factores genéticos y bioquímicos que se encuentran involucrados en este cultivo (Kusano y Fukushima, 2013).

El cultivo del tomate en el país se realiza en todos los estados, pero algunos concentran la mayor producción. Sinaloa como mayor productor con 983,288.14 toneladas; le siguen en importancia Baja California con 196,452.90, Zacatecas con 143,905.20, San Luis Potosí 141,108.25, Jalisco 134,436.65 y Baja California Sur 108,421.60. (SIAP, 2014).

En el norte del país se ha estado incrementando la superficie del cultivo de tomate en condiciones protegidas, en donde se realizan dos ciclos cortos de producción al año. En esta región, los problemas del cultivo están asociados con aspectos de clima, de manejo y fitosanitarios, lo que provoca bajos niveles de productividad (Chew *et al.*, 2012).

El mejoramiento del tomate se ha beneficiado de los avances tecnológicos disponibles para obtener variedades con tolerancia y resistencia a plagas y enfermedades. Así como también se ha enfocado en obtener mejoras organolépticas como sabor, acidez, contenido de azúcares. También se ha buscado el incremento en la calidad y vida de anaquel.

El tomate es uno de los alimentos más consumidos en todo el mundo, por las múltiples formas de preparación: en fresco, de forma procesada como puré, salsas, jugos, tomate deshidratado en polvo como aditivo de alimentos, es ingrediente principal de muchos platillos. La elección por parte del consumidor está muy relacionada con las características visuales, prefiriendo los tomates de color rojo vivo, de piel lisa y firmes; son rechazados aquellos que están demasiado maduros, con magulladuras, de coloración no uniforme. Todas las características deseables son el producto de muchos factores pre-cosecha: características genéticas, manejo agronómico, factores ambientales, manejo post-cosecha.

El tomate va más allá de solo ser un ingrediente de los platillos, es considerado un alimento funcional principalmente por el licopeno, un carotenoide que le confiere el color rojo, este antioxidante está asociado a una disminución en los riesgos de padecer enfermedades como el cáncer o cardiovasculares. Muchos resultados demuestran que el licopeno puede reducir el efecto oxidativo celular o activando enzimas antioxidantes que se encuentran de forma natural como las peroxidasas y lipoxigenasas.

En el tomate no solo esta presente el licopeno sino otros antioxidantes como la vitamina C y E, por lo que la acción sinérgica de todos estos componentes influyen con respuesta positiva para abatir las células precursoras del cáncer (Nishino *et al.*, 2009). Es un alimento ideal para incluirlo como parte de la alimentación diaria, debido a su riqueza en antioxidantes como el licopeno y vitaminas, que al ser parte de la dieta permitirá una absorción constante en el organismo evitando así el daño celular (Luna-Guevara y Delgado-Alvarado, 2014).

Actualmente existe una alta competitividad entre las casas productoras de materiales híbridos, por lo que constantemente aparecen nuevos cultivares para luego ser desplazados por otros con atributos mejorados. Las exigencia son altas para el tomate destinado a consumo en fresco tanto en productividad, como en calidad de los frutos que incluyen sabor, aroma, textura y valor nutricional (Rivas *et al.*, 2012).

En México del 2000-2012 el tomate ha sido la hortaliza con el nivel más alto en ventas al exterior, presentando 1,582 millones de dólares. En el 2013 se sembró 48 234.01 hectáreas y se cosechó 47 099.36 hectáreas, y un rendimiento de 57.21 toneladas por hectárea (SIAP 2014).

El estudio de las variedades en los diferentes ambientes es muy importante porque permite recomendar al productor la mejor variedad para la región. Por eso es importante el estudio de los materiales en diferentes ambientes y ciclos. Esto permitirá conocer la interacción genotipo ambiente y permitirá evaluar la estabilidad de los materiales y el desempeño de los mismos, obteniendo variedades con mayor adaptación.

La amplia adaptación del tomate en diferentes ambientes, métodos de producción y versatilidad en sus usos se atribuye a la variación genética existente en el género *Lycopersicon*. A través de su capacidad de floración, la variabilidad genética del tomate se puede explotar para obtener híbridos con altos rendimientos y características deseables (Shah *et al.*, 2014).

Actualmente la agricultura protegida esta tomando bastante importancia debido a todos los factores tanto bióticos y abióticos que disminuyen los rendimientos y la calidad de los cultivos, entre estas opciones se encuentran los cultivos en macrotúneles que ofrecen muchas ventajas a los productores que no tienen el presupuesto para un invernadero; el cultivo bajo macrotúnel ofrece muchas ventajas, entre ellas: facilitan el manejo de plagas y enfermedades, permiten la producción en cualquier época del año, programación eficiente de la producción, permite obtener productos de calidad, limpios y sanos.

El presente estudio se enfoca en la importancia que tiene la generación de híbridos de tomate que se adapten a las condiciones áridas, debido a que los productores establecen el cultivo a campo abierto, o en invernadero de mediana tecnología o en macrotuneles, y que al no contar con híbridos con características para su explotación en zonas áridas optan por los híbridos de las empresas semilleras que han sido desarrollados bajo las mejores condiciones, por lo que estas variedades alcanzan su máximo potencial solo bajo dichas condiciones. Los factores abióticos son otro importante factor para este estudio debido al alto costo que genera el control de plagas y enfermedades, y el poder seleccionar genotipos con tolerancia o resistencia contribuiría a disminuir dichos riesgos

al cultivo y la salud humana y del medio ambiente. Y debido a la alta exigencia del mercado por alimentos de origen natural con alto valor nutrimental no se puede omitir el estudio nutricional del tomate con objetivo de obtener cultivares con alto contenido nutrimental.

## **Objetivos**

- 1.- Formar y seleccionar materiales a partir de líneas que han sido creadas y mejoradas por el programa de mejoramiento fisiotécnico de la UAAAN.
  
- 2.- Determinar los materiales más prominentes para tres ambientes de evaluación, en cuanto a características fenológicas, de rendimiento, contenido nutrimental y adaptación.
  
- 3.- Estimar la heterosis con base a la media de ambos progenitores, para los híbridos F1 del primer ambiente.

## **Hipótesis**

- Los genotipos experimentales pueden superar a los testigos comerciales en cuanto a rendimiento, características fenológicas y de calidad de fruto.
  
- Existen genotipos experimentales con excelente desempeño para los tres ambientes de evaluación.
  
- Existen cruzas que superan a sus progenitores, en rendimiento, precocidad y contenido nutrimental.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Generalidades

El tomate es originario de América del Sur, de la región andina, particularmente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile, fue domesticado en México (SAGARPA, 2010). El tomate pertenece a una familia grande y diversa de las Solanáceas.

### Taxonomía

#### Cuadro 1. Clasificación taxonómica del tomate

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta (Plantas vasculares)
Subdivisión	Spermathofita (Plantas con semillas)
División	Magnoliofita (Plantas con flores)
Clase	Magnoliopsida (dicotiledoneas)
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceas
Genero	<i>Solanum</i> L.
Especie	<i>Solanum lycopersicum</i> L.

(USDA, 2014).

### **Producción mundial**

De acuerdo con la FAO, (2014) los principales países productores de tomate son: China con 50,000,000 ton., India con 17,500,000 ton., Estados Unidos con 13,206,950 ton.; México se ubica en el décimo lugar con 3,433,567 ton.

### **Producción nacional**

Los principales estados productores de tomate a nivel nacional son: Sinaloa 983,288.14 ton., Baja California 19,652.9 ton., Zacatecas 143,905.2 ton., San Luis Potosí 141,108.25 ton. y Jalisco, con 134,436.65 ton (SIAP, 2014).

### **Importancia del mejoramiento genético**

La semilla mejorada genéticamente es el principal vehículo de agregación de valor en productos primarios agrícolas. Las semillas importadas, aunque satisfacen el rendimiento buscado por los productores locales, carecen de la calidad requerida y son materiales que fueron desarrollados para otros ambientes y condiciones de cultivo. (Rodríguez *et al.*, 2013).

El estudio sistemático y la evaluación del germoplasma es de gran importancia para el presente y futuro del mejoramiento genético del cultivo. Además, si en un programa de mejoramiento se está realizando la evaluación del germoplasma es imprescindible comprender la base genética y valor genético del germoplasma disponible (Reddy *et al.*, 2013).

El mejoramiento genético en tomate se ha orientado al rendimiento, adaptación a condiciones cálidas y húmedas, resistencia a enfermedades y calidad del fruto (Hernández-Leal *et al.*, 2013).

En todo proceso de mejoramiento genético se requiere conocer las características genéticas de las poblaciones, en términos de los caracteres métricos objeto del mejoramiento, sus variaciones por efectos ambientales, y por efectos génicos o genotípicos (Gaspar-Peralta *et al.*, 2012).

### **Resistencia de tomate a patógenos**

Las enfermedades constituyen un factor limitante en la producción de tomate en muchas partes del mundo, cuando no se utilizan cultivares con resistencia a varias de ellas. Existen diversas enfermedades del tomate con diferentes agentes causales y etiologías, para cuyo control se utilizan cultivares resistentes, así como medidas de exclusión, erradicación y protección, en el contexto de un programa de control integrado (Gómez *et al.*, 2011).

Tomando en cuenta que las variedades actualmente comercializadas en el mundo provienen de especímenes silvestres colectados desde su hábitat natural, y que en el proceso se han relegado genes de enorme interés agronómico y de resistencia específica a las razas fisiológicas locales, este material puede ser empleado para incorporar a los cultivos comerciales genes de resistencia específicos para las condiciones del país (Morales *et al.*, 2014).

Dentro de los organismos que atacan con mayor frecuencia al cultivo del tomate se encuentran los siguientes: Plagas: mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), Pulgón myzus (*Myzus persicae*), Paratrioza (*Bactericera cockerelli*), Trips (*Frankiniella occidentalis*), Gusano del fruto (*Helicoverpa zea*), Gusano soldado (*Spodoptera exigua*), Acaros, Araña roja (*Tetranychus* spp.), Ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*); Enfermedades: Tizón tardío (*Phytophthora infestans*), Cenicilla (*Oidiopsis taurica* –fase asexual, *Leveillula taurica* –fase sexual), Damping-off (*Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Rhizoctonia*, *Verticillium*), Mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*), Tizón temprano (*Alternaria solani*), Botritis (*Botrytis cinerea*) (Bayer de México, 2012). La resistencia y la variación que manifiesta está gobernada por genes mayores.

### **Heterosis**

La heterosis es un fenómeno en el cual la progenie de diversas variedades de una especie o entre especies exhibe mayor biomasa, velocidad de desarrollo, fertilidad y rendimiento, de la que poseen sus progenitores. Existen teorías que tratan de explicar los efectos de la heterosis: dominancia, sobredominancia y la epistasis (Birchler *et al.*, 2010).

Hernández-Bautista *et al.*, (2014), realizaron un cruzamiento interespecífico entre *S. pimpinellifolium* línea 11904 y *S. lycopersicum* línea LOR82 para obtener una población F1, encontrando heterosis solo en número total de frutos y número de frutos por repetición.

Amaefula *et al.*, (2014), realizaron cruzamientos y se tomaron datos cuantitativos y de rendimiento, heterosis, variaciones genéticas, efecto de genes y heredabilidad. Encontraron heterosis (358.36%) en la cruce WildxPetomech para rendimiento.

Mendoza-de Jesús *et al.*, (2010), hicieron un estudio para evaluar el potencial genotécnico de nueve híbridos de tomate saladette indeterminado, y encontraron que seis cruces superaban el rendimiento total de fruto, con efectos de heterosis con respecto al mejor progenitor y al progenitor medio, fluctuando entre 9 y 11 y entre 7 y 16 kg parcela<sup>-1</sup> de ocho plantas respectivamente ( $p \leq 0.01$  o  $p \leq 0.05$ ).

### **Usos de macrotúnel**

Los macrotúneles pueden ser contruidos con arcos de bambú, tubos de PVC o hierro galvanizado, cubiertos con una o más capas de plástico de tipo invernadero, agrotexil o malla anti-insectos. Su altura, generalmente entre 3 y 3.5 m, favorece el uso de variedades indeterminadas, lo cual no es posible en el caso de los túneles bajos, y el paso a personas e implementos por su interior. La ventilación es pasiva y se realiza enrollando mecánica o manualmente los lados del túnel para permitir la circulación del aire. Los macrotúneles pueden contruirse como unidades móviles, lo cual permite manejar la rotación de cultivos en el campo, razón por la cual no son considerados estructuras permanentes (Santos *et al.*, 2010).

El uso de macrotúneles es una opción para aumentar la producción en algunos cultivos a un costo accesible para los productores. Los macrotúneles permiten extender la temporada de producción, proveyendo mayor protección contra los elementos

naturales. Aunque la opción más atractiva es la utilización de invernaderos de mediana y alta tecnología, el macrotúnel con ventilación pasiva es mucho más económico y recomendable como primer invernadero (Meléndez, 2013).

INTAGRI (2013), menciona que el cultivo de fresa bajo macrotúnel puede incrementar el rendimiento hasta 300% y que las ventajas obtenidas por este sistema son: cosecha de frutas de excelente calidad, rendimiento de  $70 \text{ t ha}^{-1}$ . Ahorro de agua de  $24\,600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  comparado con el sistema convencional, manejo eficiente de la nutrición vegetal, menor incidencia de plagas y enfermedades y por tanto menos aplicación de pesticidas, mejor posicionamiento del producto en el mercado, productos más saludables, creación de empleo por la demanda de mano de obra, cosecha en todas las temporadas del año.

### **Ventajas de producción en macrotúnel**

Hortalizas de alta calidad, ventajas competitivas de mercado, uso eficiente y sustentable de los recursos. Se puede tener producción durante todo el año, se puede hacer buen manejo de plagas, evitar estrés por condiciones ambientales evita estancamiento de agua en las hojas evitando así el desarrollo de patógenos. Se puede controlar la ventilación enrollando las paredes laterales, en invierno son de 5-10 grados mas calientes que en el exterior (Alexander, 2015).

### **Interacción genotipo ambiente (IGA)**

El modelo AMMI permite un análisis más detallado de la interacción GxA que garantiza la selección de genotipos más productivos, proporcionando estimados más

precisos de respuesta genotípica, generando una mejor interpretación gráfica de los resultados del análisis estadístico (Acevedo *et al.*, 2010).

El procedimiento AMMI consiste en combinar las técnicas del análisis de varianza y el análisis de componentes principales (CP) en un solo modelo, donde el análisis de varianza permite estudiar los efectos principales de los genotipos y ambientes y los análisis de CP la interacción GxA, la cual es tratada de forma multivariada para su interpretación. Este modelo ha demostrado ser más eficiente que otras técnicas tradicionales de análisis, donde es imprescindible discernir en detalle sobre las características de la interacción GxA (Rodríguez-González *et al.*, 2011).

## **Calidad en frutos de tomate**

### **Color y licopeno**

Ilahy *et al.*, (2011) encontraron que la etapa de maduración tiene una influencia significativa en los carotenoides y contenido total de licopeno; utilizando el cultivar Río grande y tres cultivares con alto contenido de licopeno (HLY 13, HLY 18 y Lyco 2) de éstos sólo HLY 13 y HLY 18 exhibieron durante la maduración más del 100% del total de carotenoides y licopeno en comparación con el material Río Grande.

Cruz *et al.*, (2013), menciona que el licopeno es sintetizado exclusivamente por plantas y microorganismos y una de sus funciones en la planta es absorber la luz durante la fotosíntesis para proteger a la planta contra la fotosensibilización. Los tomates contienen cerca de 3 a 5 mg de licopeno por 100 g de material crudo (Waliszewski y Blasco, 2010).

Las condiciones de crecimiento, especialmente luz y temperatura, influyen de forma importante en la composición y calidad de los frutos; los frutos cosechados a campo abierto tienen mayor contenido de sólidos solubles totales, ácido ascórbico y licopeno, que aquellos materiales cultivados bajo un sistema protegido, pero los parámetros de peso y rendimiento de fruto son mejores en el sistema protegido (Rana *et al.*, 2014).

### **Licopeno como nutraceutico**

Un nutraceutico es una sustancia que tiene un efecto benéfico en la salud humana. La función de los nutraceuticos es complementaria y preventiva, su ausencia no repercute en la salud de las personas. Entre los nutraceuticos más conocidos se encuentran: las antocianinas, proantocianidinas, flavonones, resveratrol, isoflavones, ácido elágico y elagitaninas (Delgadillo y Calani 2014).

Constantemente millones de radicales libres bombardean las células del cuerpo humano, el exceso continuo ocasiona enfermedades, la contaminación ambiental, el humo del cigarro, y grasas oxidadas que se incluyen en la dieta, contribuyen a la acumulación en el organismo de radicales libres los beneficios que se le atribuyen al licopeno como un antioxidante se basa en la capacidad de neutralizar los radicales libres los cuales son moléculas que tienen un electrón desapareado que los hace altamente reactivos, estas moléculas intentan estabilizarse robando un electrón de otra molécula que a su vez puede convertirse en radical libre y así se puede iniciar una reacción en cadena (Perrone *et al.*, 2012). Una dieta con buen contenido de antioxidantes naturales permitirán a las células del cuerpo una mayor defensa contra los radicales libres evitando así un menor daño a las células con este tipo de moléculas. Los antioxidantes pueden

volverse radicales pero son menos reactivos y peligrosos y pueden ser neutralizados o destruidos por otros antioxidantes (Lü *et al.*, 2010).

El licopeno es un pigmento de la familia de los carotenoides, esta contenido de forma natural en frutos de color rojo: tomate, sandía, fresas, arándanos y alimentos procesados como salsas ketchup y alimentos preparados con estos. La acción benéfica de este carotenoide ha llevado a muchos investigadores del campo de la medicina y nutrición a realizar trabajos científicos para comprobar su efecto benéfico. Su importancia esta centrada en el modo de acción a nivel molecular como un quimiopreventivo de la degeneración celular ocasionada por la oxidación celular (Chauhan *et al.*, 2011). Diversos estudios han demostrado su actividad para disminuir los riesgos de padecer cáncer y mutaciones (Richelle *et al.*, 2012)

### **Vitamina C**

Brunele *et al.*, (2010), realizaron un estudio para medir el efecto del ambiente en la calidad de fruto de dos híbridos; una evaluación consistió de un ambiente protegido con una película de plástico de 150 µm y el otro ambiente fue sin protección a campo abierto. Los resultados fueron que los frutos producidos a campo abierto tenían mayor acidez, mayor contenido de solidos solubles totales, mayor relación solidos soluble totales (TSS)/acidez total (TA), más contenido de azúcar y ácido ascórbico que los producidos en condición protegida.

Valle y Rodríguez, (2011), mencionan que la vitamina C varía dependiendo del grado de madurez; aumenta su cantidad cuando el fruto sigue en la planta, después

disminuye desde el inicio de su cosecha, debido a que el tomate es un fruto climatérico y continúa respirando aun después de la cosecha y utiliza azúcares y ácidos orgánicos para llevar a cabo este proceso.

### **Importancia de la vitamina C para el consumidor**

La vitamina C, también conocida como ácido ascórbico, es una vitamina hidrosoluble. A diferencia de la mayoría de mamíferos y otros animales, los humanos no tienen la habilidad de producir ácido ascórbico y deben de obtener la vitamina C de su dieta. Dentro de nuestro cuerpo, las funciones de la vitamina son un cofactor esencial en numerosas reacciones enzimáticas, p. ej., en la biosíntesis del colágeno, carnitina, y catecolaminas, y como un potente antioxidante. La vitamina C es un potente agente reductor, esto significa que fácilmente dona electrones a moléculas receptoras. Relacionadas al potencial de oxidación-reducción (reacción redox), dos de las principales funciones de la vitamina C son actuar como antioxidante y como un cofactor de enzimas (Centro de Información de Micronutrientes). Se encuentra en forma natural en frutas y verduras: mangos, cítricos, kiwi, papa, piña, fresas, melón, sandía. Brócoli, col, tomate, espinacas, pimiento, chile. La carencia de esta vitamina o niveles por debajo de los requeridos, se ha asociado a presión arterial alta, enfermedades de la vesícula biliar, enfermedades cerebrovasculares, algunos tipos de cáncer, aterosclerosis, obstrucción en arterias que ocasionan ataques cardíacos y padecimientos cerebrovascular. El consumo adecuado de vitamina C como parte de la dieta reduce los riesgos de padecer algunas de las enfermedades ya mencionadas (University of Maryland Medical Center). Su fórmula química es  $C_6H_8O_6$  y tiene un peso molecular de 176.13 g/mol. Se absorbe rápidamente en el tracto intestinal mediante transporte activo

dependiente de iones de sodio, proceso saturable y dependiente de la dosis. En el plasma el ácido ascórbico es transportado en forma de ascorbato. En las células sanguíneas es transportado en forma de dehidroascorbato ya que la membrana es más permeable a esta forma. En el interior de la célula se transforma en ascorbato. La acumulación de ascorbato en neutrófilos y linfocitos es mediada por transportadores de alta y baja afinidad y la vitamina se localiza en el citosol. La concentración de vitamina c es mayor en los tejidos que en el plasma y la saliva. Los requerimientos de esta vitamina estarán dados por la edad del individuo desde que nace hasta que es un adulto mayor (Gil 2005).

El tomate es rico en vitamina C, pero existe variabilidad en cuanto a contenido dependiendo principalmente del cultivar, las variaciones también se atribuyen a la función antioxidante en las células de maduración que absorben altas cantidades de oxígeno debido a su tasa de respiración (Hdider *et al.*, 2013)

### **Sólidos solubles y Potencial de iones de Hidrógeno**

Una restricción del riego en la última fase del cultivo supone un aumento en °Brix sin una disminución importante de la producción (Fortes *et al.*, 2013). La relación sólidos soluble y acidez de titulación (SS/AT) es utilizada para indicar el equilibrio dulce-ácido de los alimentos. En ciertos frutos, si esta relación presenta gran desequilibrio, o sea, si la acidez disminuye mucho y aumentan los SS, puede ocurrir rechazo por parte de algunos consumidores (Pacco *et al.*, 2014). Los azúcares presentes en el jugo de tomate son fructosa y glucosa, a los que se atribuye el sabor dulce.

### **Importancia de los Carbohidratos en la dieta**

Es uno de los tres tipos de macronutrientes que forma parte de nuestra alimentación, se encuentran distribuidos en vegetales y animales. En los vegetales como los jugos de frutas, granos, semillas; en productos lácteos y carnes. Los carbohidratos son la fuente de energía más importante para el organismo (European Food Information Council).

Los carbohidratos están ampliamente distribuidos en vegetales y animales, donde desempeñan funciones estructurales y metabólicas. En los vegetales, la glucosa es sintetizada por fotosíntesis a partir de bióxido de carbono y agua y almacenada como almidón o convertida a celulosa que forma parte de la estructura de soporte vegetal. Los carbohidratos se clasifican en monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos polisacáridos. La glucosa es el monosacárido más importante porque es el azúcar que transporta la sangre y la que usan principalmente los tejidos. Los monosacáridos de importancia fisiológica incluyen glucosa, que es el "azúcar sanguíneo", y ribosa, constituyente importante de nucleótidos y ácidos nucleicos. Los disacáridos de importancia fisiológica son maltosa, intermedio importante en la digestión de almidón y glucógeno; sacarosa, importante como constituyente dietético que se compone de fructosa y glucosa; y lactosa, único azúcar encontrado en la leche y que contiene galactosa y glucosa. El almidón y el glucógeno son polímeros de almacenaje de glucosa en vegetales y animales, respectivamente. Son fuentes importantes de energía de la alimentación (Murray *et al.*, 2005).

## **IV MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del área de estudio**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en tres ambientes; el ambiente uno se estableció durante el ciclo (Verano-Otoño 2013) en el invernadero No. seis de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada al sur de la ciudad de Saltillo Coahuila, con las coordenadas 25° 22 Latitud N; 101° 00 Longitud W, cuenta con una altitud de 1742 msnm, la temperatura media anual es de 16.8 °C, el clima es muy seco, semiárido y extremoso con lluvias en verano, la precipitación anual es de 350 a 450 mm. En el ambiente dos el cultivo se estableció en el ciclo Invierno 2013-2014 en el CBTA No. 21 del municipio de Parras de la Fuente, Coahuila, ubicada a 25° 25' 13"N. 102°11'01" O y 1533 msnm. En el ambiente tres el cultivo se estableció en Primavera-Verano del 2014 en el invernadero No. seis de la UAAAN. En el ambiente uno los materiales se sembraron el 21 de julio y se efectuó el transplante el 01 de agosto. En el segundo ambiente la siembra se realizó el 28 de septiembre de 2013 y el transplante el 29 de noviembre de 2013, las condiciones de manejo fueron bajo macrotúneles. En el tercer ambiente se estableció en el invernadero número seis de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la siembra se realizó el 23 de febrero y el transplante el 15 de abril.

### **Material genético**

En el ambiente uno se sembraron veintidós cruzas (Cuadro 2), ocho poblaciones base (Cuadro 3) y catorce líneas (Cuadro 5); provenientes del programa de mejoramiento fisiotécnico de tomate (*Solanum lycopersicum* L.); Los genotipos han sido obtenidos a través de evaluación de progenitores en campo e invernadero y cruzamientos y derivación de líneas sobresalientes (Mendoza, 2010); (Aspeytia, 1994), de acuerdo con la metodología y filosofía propuesta para el área académica de Fisiotecnia del departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN. En el ambiente dos se sembraron veintitrés cruzas (Cuadro 2), nueve poblaciones avanzadas a F2 (Cuadro 3), cuatro testigos comerciales (Cuadro 4) y catorce líneas (Cuadro 5). En el ambiente tres se sembraron los mejores materiales obtenidos del primer experimento, quince cruzas (Cuadro 2), una población en F2 (Cuadro 3), cinco testigos comerciales (Cuadro 4) para hacer la comparación, y once líneas (Cuadro 5), bajo condiciones de invernadero, evaluando un total de 32 genotipos.

**Cuadro 2. Cruzas**

<b>GENEALOGÍA</b>	<b>GENOTIPO</b>	<b>HABITO DECRECIMIENTO</b>	<b>TIPO</b>
<sup>1-3</sup> F3x(Q3xR1)	Cruza	Semi-indeterminado	Bola
<sup>1-3</sup> F3x(Y4xR1)	Cruza	Semi-indeterminado	Bola
<sup>1-3</sup> F3x(45x47)	Cruza	Indeterminado	Bola
<sup>1-3</sup> K3xL1	Cruza	Indeterminado	Bola
<sup>1-3</sup> K3x(Q3xR1)	Cruza	Indeterminado	Bola
<sup>1-3</sup> K3x(Y4xR1)	Cruza	Semi-indeterminado	Bola
<sup>1-3</sup> Q3xL1	Cruza	Indeterminado	Bola
<sup>1-3</sup> Q3xR1	Cruza	Determinado	Bola
<sup>1-3</sup> (Q3xR1)xF3	Cruza	Semi-indeterminado	Bola
<sup>1-3</sup> Q3x(45x47)	Cruza	Semi-indeterminado	Bola
<sup>1-3</sup> R1xQ3	Cruza	Determinado	Bola
<sup>1-2</sup> R1x(45x47)	Cruza	Semi-indeterminado	Bola
<sup>1-3</sup> (Y4xQ3)x(45x47)	Cruza	Semi-indeterminado	Saladette
<sup>1</sup> Y4x(45xTq)	Cruza	Semi-indeterminado	Saladette
<sup>1-3</sup> (45x47)xF3	Cruza	Indeterminado	Bola
<sup>1-3</sup> (45x47)xR1	Cruza	Semi-indeterminado	Bola
<sup>1-2</sup> (45x47)x(S1xL1)	Cruza	Semi-indeterminado	Bola
<sup>1</sup> (Y4xQ3)xL1	Cruza	Semi-indeterminado	Bola
<sup>1-2</sup> Y41x(45xTq)	Cruza	Semi-indeterminado	Saladette
<sup>1-2</sup> (Y4xQ3)x(Y4)	Cruza	Semi-indeterminado	Saladette
<sup>1</sup> (Y4)x(Y4xQ3)	Cruza	Semi-indeterminado	Saladette
<sup>1-2</sup> Y41x(Y4xR1)	Cruza	Semi-indeterminado	Saladette
<sup>2</sup> Q3x(11x12x47)	Cruza	Semi-indeterminado	Bola
<sup>2</sup> D1x(Y4xQ3)	Cruza	Semi-indeterminado	Bola
<sup>2</sup> Y533x(45xTq)	Cruza	Determinado	Saladette
<sup>2</sup> (Y4xQ3)xD1	Cruza	Semi-indeterminado	Bola

<sup>1-3</sup> Cruza evaluada en los tres ambientes.

<sup>1-2</sup> Cruza evaluada en ambiente uno y dos.

<sup>1</sup> Cruza evaluada en ambiente uno.

<sup>2</sup> Cruza evaluada en el ambiente dos.

**Cuadro 3. Poblaciones**

<b>GENEALOGÍA</b>	<b>GENOTIPO</b>	<b>HABITO</b>
<sup>1-2</sup> PobTom2	Población	Determinado
<sup>1-2</sup> PobTom4	Población	Determinado
<sup>1-2</sup> Pobtom5	Población	Determinado
<sup>1-2</sup> PobTom6	Población	Determinado
<sup>1-2</sup> PobTom7	Población	Determinado
<sup>1-2</sup> PobTom8	Población	Determinado
<sup>1-2</sup> PobTom9	Población	Determinado
<sup>1-3</sup> PobTom11	Población	Determinado

<sup>1-2</sup> Población evaluada en ambiente uno y dos.

<sup>1-3</sup> Población evaluada en los tres ambientes.

**Cuadro 4. Testigos comerciales**

ENTRADA	GENEALOGÍA	HÁBITO DE CRECIMIENTO	TIPO
1	<sup>2-3</sup> Don Raúl	Indeterminado	Saladette
2	<sup>1-3</sup> Floradade	Determinado	Bola
3	<sup>2-3</sup> Montecarlo	Indeterminado	Bola
4	<sup>1-3</sup> Río Grande	Determinado	Saladette
5	<sup>3</sup> Toro	Determinado	Saladette
6	<sup>1</sup> Palomo	Determinado	Saladette
7	<sup>1</sup> Pony express	Determinado	Saladette
8	<sup>1</sup> Torero	Determinado	Saladette
9	<sup>1</sup> Palacio	Determinado	Saladette
10	<sup>1</sup> Pegasso	Determinado	Saladette

**Cuadro 5. Líneas progenitoras**

GENEALOGÍA	TIPO	HABITO	TIPO
<sup>1-2</sup> B2	Progenitor	Indeterminado	Bola
<sup>1-2</sup> (CBxTq)	Progenitor	Indeterminado	Bola
<sup>1-2</sup> D1	Progenitor	Indeterminado	Bola
<sup>1-3</sup> F3	Progenitor	Indeterminado	Bola
<sup>1-2</sup> K3	Progenitor	Indeterminado	Bola
<sup>1-3</sup> L1	Progenitor	Indeterminado	Bola
<sup>1-3</sup> Q3	Progenitor	Determinado	Bola
<sup>1-3</sup> R1	Progenitor	Determinado	Bola
<sup>1-3</sup> (S1xL1)	Progenitor	Semi-Indeterminado	Bola
<sup>1-2</sup> (Y4xQ3)	Progenitor	Determinado	Bola
<sup>1-3</sup> (Y4xR1)	Progenitor	Determinado	Bola
<sup>1-3</sup> Y533	Progenitor	Determinado	Saladette
<sup>1-2</sup> (45x47)	Progenitor	Indeterminado	Bola
<sup>1-2</sup> (11x12)x47	Progenitor	Indeterminado	Bola
<sup>3</sup> Y4	Progenitor	Determinado	Saladette
<sup>3</sup> (45xTq)	Progenitor	Indeterminado	Saladette
<sup>3</sup> Y41	Progenitor	Semi-Indeterminado	Saladette
<sup>3</sup> (Q3xR1)	Progenitor	Determinado	Bola

<sup>1-3</sup> Línea evaluada en los tres ambientes.

<sup>1-2</sup> Línea evaluada en los ambientes uno y dos.

<sup>3</sup> Línea evaluada en el ambiente tres.

### Siembra del material genético

El cultivo evaluado en el ambiente uno fue establecido en el ciclo Verano-Otoño (V-O) 2013. En el ambiente dos el cultivo se estableció durante el ciclo Invierno 2013. En el ambiente tres durante el ciclo Primavera-Verano (P-V) 2014. Para los tres ambientes, los materiales fueron sembrados en charolas de poliestireno de 200 cavidades, las

charolas fueron llenadas con sustrato Peat-moss humedecido previamente, posteriormente se sembró 20 semillas de cada genotipo en cada cavidad, posteriormente se asperjó con Biozyme TS 0.1 g por litro de agua para estimular la germinación de las semillas. Las charolas se apilaron unas sobre otras en la bodega y se envolvieron con plástico negro con la finalidad de darles a las semillas las condiciones necesarias para la germinación, se trasladaron al invernadero tres días después. Los riegos se efectuaron en base a las necesidades hídricas de la planta, se mantuvieron hasta que presentaron las primeras hojas verdaderas y el desarrollo radicular alcanzó el adecuado para su trasplante. Días antes del trasplante se pusieron fuera del invernadero bajo malla sombra.

### **Diseño Experimental**

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar. Para el ambiente uno se utilizó 5 plantas por genotipo con tres repeticiones. En el ambiente dos se sembraron siete plantas por genotipo con tres repeticiones y en el experimento se eligieron tres plantas por genotipo con tres repeticiones. La parcela útil en el ambiente uno y tres constó de una planta con competencia completa de cada material por repetición. En el ambiente uno se utilizaron bolsas de plástico de 20 kg cada una se llenaron con tierra, arena, peat-moss, perlita y estiércol de vaca. En cada cama se fueron colocando las macetas con fertirriego, se establecieron cuarenta y cuatro materiales en tres repeticiones.

El ambiente dos se estableció en el ciclo Invierno 2013-2014 en dos macrotúneles con tres camas. En cada macrotúnel se manejaron 50 genotipos, siendo cuarenta y seis

materiales experimentales y cuatro testigos comerciales. La distancia entre plantas fue de 40 cm a doble hilera, a tres bolillados.

El ambiente tres se estableció en el ciclo (P-V) 2014, en invernadero en bolsas de polietileno rellenas con mezcla de tierra, fibra de coco y estiércol de vaca. El número de genotipos fue de veintiocho materiales experimentales y cuatro testigos comerciales, teniendo un total de 32 materiales genéticos.

### **Manejo agronómico**

#### **Construcción de macrotúneles.**

Para la colocación de los macrotúneles se realizó un barbecho y rastreo para aflojar la tierra. Se hicieron las camas y en la parte media de la cama se aplicó fertilizante, y la cintilla de riego por goteo, se colocó el plástico. Posterior a esto se inició la colocación de los tubos galvanizados que sirven de soporte, se colocó un plástico transparente para cubrir la parte del techo y finalmente se colocaron los plásticos laterales y dos puertas, una en la parte de enfrente y otra al fondo.

#### **Trasplante**

En el ambiente uno el trasplante se llevó a cabo el día 01 de agosto de 2013, en el ambiente dos el 29 de noviembre de 2013, en el ambiente tres se trasplantó el día 15 de abril de 2014. El trasplante se llevó a cabo a una distancia de 30 cm entre planta para el experimento dos. En los tres ambientes el trasplante se realizó de forma manual con riego previo, apoyado de una estaca para perforar la tierra y posteriormente se colocaron las plántulas.

### **Tutorado**

Los tutores se colocaron 20 días después del trasplante en los tres ambientes. Para los materiales indeterminados se dejó a un solo tallo y para los determinados, 2 tallos.

### **Podas**

Las podas se efectuaron 20 días después del trasplante, y posteriormente cada semana para los experimentos establecidos en invernadero, y cada 15 días para el ambiente dos establecido en macrotúneles. Para los tomates de hábito de crecimiento indeterminado se continuaron las podas laterales hasta el término de ciclo y para los de hábito determinado, sólo hasta el inicio de la fructificación.

### **Riegos**

Para el cultivo establecido en los ambientes uno y tres, los riegos fueron programados al principio cada tercer día con una duración de 4 minutos 4 veces al día, posteriormente fueron incrementando su frecuencia de acuerdo a las demandas del cultivo y a las condiciones ambientales prevalecientes. En el ambiente dos, los riegos iniciales se llevaron a cabo dos veces por semana, modificando el tiempo y la frecuencia, de acuerdo a las necesidades del cultivo.

### **Fertilización**

En los ambientes uno y tres se hizo mediante fertirriego (Cuadro 6) y (Cuadro 7). En el ambiente dos la dosis de fertilización fue 200-200-100-100Ca, la forma de aplicación fue en banda subsuperficial a una profundidad de 15 cm, antes del trasplante, cuando se formaron las camas con el acolchado.

**Cuadro 6. Dosis de fertilización aplicada a partir del transplante hasta la aparición del primer racimo floral**

Macronutrientes	Micronutrientes
Nitrato de calcio Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 700 g	Sulfato ferroso 5.5 g
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> 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 5.18 g

Soluciones proporcionadas por el CEAC, Tucson, Az. USA. Abril, 2009

**Cuadro 7. Dosis de fertilización aplicada a partir de la aparición del primer racimo floral hasta la cosecha**

Macronutrientes	Micronutrientes
Nitrato de calcio Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 800 g	Sulfato ferroso 7.7 g
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> 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 8.18 g

Soluciones proporcionadas por el CEAC, Tucson, Az. USA. Abril, 2009

### Cosecha

La cosecha se realizó manualmente, con frutos de clase Rompimiento de color o Breaker caracterizado porque los frutos presentan la primera coloración rosa o amarilla en el punto de floreo de una planta con competencia completa de cada genotipo por repetición, esto se llevó a cabo en el ambiente uno y tres, en el ambiente dos se tomaron tres plantas con competencia completa de cada genotipo.

### VARIABLES EVALUADAS

#### Rendimiento

Número de cortes (NCORTES), Número de frutos por planta (NFPP), Peso total del fruto por planta (PTFPP), Peso Promedio del Fruto (PPF), Diámetro Polar (DP), Diámetro Ecuatorial (DE) y el Rendimiento proyectado en toneladas por hectárea

(RNDTHA). Al finalizar el último corte se realizaron los cálculos pertinentes para obtener el rendimiento total de cada genotipo, esto se obtuvo sumando el peso de cada uno de los cortes realizados a cada genotipo, el peso total que se obtuvo se dividió entre el número de frutos totales para obtener el peso promedio de los frutos de cada genotipo por planta. Para obtener el rendimiento en toneladas por hectárea, se multiplicó el peso promedio de frutos por la densidad de plantas por hectárea y se dividió entre 1 000 000 g. Para tamaño del fruto, al corte se tomaron 3 frutos al azar de cada genotipo y de cada repetición y se le tomó su peso, diámetro polar y ecuatorial del fruto y al final se reportó la media de los 3 frutos.

### **Fenológicas**

Días a Primer Corte (DPC), Días a Último Corte (DUC) y Días en Cosecha (DC). Para los días a primer corte se realizó un conteo de días a partir de la fecha de transplante y el inicio de cosecha de cada uno de los genotipos, esto con la finalidad de determinar la precocidad de los materiales genéticos. Para los días a último corte se realizó un conteo de días a partir de la fecha de transplante hasta el final del último corte y esto fue con la finalidad de determinar los materiales más tardíos. Los días en cosecha se tomaron contando los días desde el primero hasta el último corte y posteriormente se hizo el cálculo del número de días en producción y así determinar el número de cortes por genotipo

### **Calidad del Fruto**

Potencial de Iones Hidrógeno (pH), Grados Brix (BRIX), por ciento de Vitamina C (VitC), Color del Fruto (COLOR) y Licopeno (LICOP). Los frutos se colocaron en

bolsas de papel y se llevaron al laboratorio de Fisiotecnia y ahí se dejaron hasta que estuvieran completamente maduros, una vez que presentaron un color rojo intenso se llevaron a cabo las pruebas para determinar su calidad, se determinó sólidos solubles, Vitamina C, pH, color y licopeno.

### **Metodología usada para Pruebas de Calidad**

- 1.- Se registró cada uno de los tres frutos (genotipo, repetición y número).
- 2.- Cada uno de los frutos (3) de cada uno de los genotipos se colocó en un vaso de precipitado y se le asignó un número, cada genotipo tenía tres vasos y cada uno de ellos representaba a una repetición, se tenían en total tres repeticiones por material.
- 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 y molieron cada uno de los tomates en sus respectivos vasos.
- 4.- Con el Refractómetro portátil (ATAGO 01018) se determinó Grados Brix para cada uno de los materiales.
- 5.- Con el potenciómetro (CONDUCTRONIC Modelo 10) se determinó el pH.

### **Determinación de Vitamina C**

- 1.- De los frutos ya molidos contenidos en los vasos de precipitado, se tomó una muestra de 20 gramos de cada tratamiento.
- 2.- Se le agregaron 10 ml de ácido clorhídrico al 2 %.
- 3.- Se colocaron los vasos en el agitador Vortex por un tiempo de 20 minutos.
- 4.- Una vez agitada la muestra, se filtró el contenido en matraces Erlenmeyer agregándole 100 ml de agua destilada.

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

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

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

En donde:

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

- Se licuó el tomate y se extrajo 1 g. de muestra, y se colocó en un tubo de ensaye. Se agregó 1 ml de buffer fosfato y se agitó por 15 minutos.
- Se eliminó el excedente de muestra (3 ml) y se colocó en tubo de ensaye, al que se le agregó 6 ml de hexano-acetona (3:2) y se agitó bien. Se centrifugó por 5 minutos a 5000 revoluciones por minuto (rpm).
- Se tomó 1 ml de la muestra y se colocó en las celdillas, identificando cada una de ellas. Se agregó 2 ml de acetona a cada una de las celdillas.
- Se tomo lectura a 502 nm de absorbancia en un espectrofotómetro (Spectronic

21).

Todos estos análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de Fisiotecnia del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN.

### **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.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Efecto de los tratamientos.

$\beta_j$  = Efecto de los bloques ó repeticiones.

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

Las diferencias en cada uno de ellos se realizó mediante la prueba de medias de Tukey.

### Modelo estadístico combinado

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

Donde:

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

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Efecto del tratamiento.

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

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

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

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

### Análisis AMMI

El análisis multivariado AMMI se analizó con el siguiente modelo, según (Zobel, 1988):

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + R_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Valor observado del i-ésimo genotipo en el j-ésimo ambiente

$\mu$  = Media general

$g_i$  = Media del i-ésimo genotipo menos la media general

$a_j$  = media del j-ésimo ambiente menos la media general

$\lambda_k$  = Raíz cuadrada del valor característico del k-ésimo eje del análisis de componentes principales (ACP)<sub>k</sub>

$\alpha_{ik} \gamma_{jk}$  = Calificaciones del ACP para el k-ésimo eje del i-ésimo genotipo y el j-ésimo ambiente

$R_{ij}$  = Residual del modelo

El análisis y las figuras (Biplot) se obtuvieron mediante el Software libre R versión 3.0.2.

### **Análisis de heterosis**

El cálculo de heterosis sobre la media de los progenitores, se utilizó la fórmula propuesta por (Fehr, 1991):

Heterosis sobre la media de los progenitores, 
$$Heterosis = \frac{F1 - MP}{MP} \times 100$$

$$MP = \frac{P1 + P2}{2}$$

Donde:

F1 = Filial 1

MP = media de los progenitores

P1 = progenitor 1.

P2 = progenitor 2.

## V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de varianza en ambientes individuales

#### Variables Fenológicas

Los cuadrados medios para las variables fenológicas en cada ambiente (Cuadros 8, 9 y 10) 44, 50 y 32 genotipos respectivamente con tres repeticiones, observándose diferencia ( $p \leq 0.01$ ) en la fuente de variación genotipo, para las variables DPC y DC en el ambiente uno. Lo anterior indica la precocidad de algunos materiales y la diferencia en la fructificación de los genotipos. Para DUC no se encontró diferencia estadística.

**Cuadro 8. Análisis de varianza (cuadrados medios) para tres variables fenológicas de 44 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo Coahuila. 2013.**

FV	GL	DPC	DC	DUC
REP	2	3.280	8.053	1.848
GEN	43	228.644**	220.825**	5.019
ERROR	86	10.567	16.068	5.569
CV(%)		2.938	8.361	1.488
MEDIA		110.621	47.939	158.561
MAX		121.333	64.000	159.000
MIN		95.000	37.667	153.000

\*\*Nivel de probabilidad de 0.01, \*Nivel de probabilidad de 0.05, DPC (Días a Primer Corte), DC (Días en 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).

Los materiales más precoces, de acuerdo a la prueba de medias presentadas en el apéndice (Cuadro A1), con 95 días, fueron: F3x(45x47), K3x(Y4xR1), Q3xL1,

R1x(45x47), (45x47)xR1, PobTom5, PobTom7, PobTom8, Y41x(Y4xR1) y el más tardío fue K3x(Q3xR1) con 121 días; para DC los genotipos con más días en fructificación fueron: F3x(45x47), K3x(Y4xR1), Q3xL1, R1x(45x47), (45x47)xR1, PobTom5; en DUC todos los genotipos presentaron 159 días; (Grijalva *et al.*, 2011) reportan 94 días a primer corte, y un período de producción de 159 días, en invernadero de baja tecnología para la región del Noroeste de Sonora. De acuerdo con (Bell *et al.*, 2014), el hábito de crecimiento también es un aspecto importante en el tiempo de la primera cosecha. Variedades de hábito de crecimiento determinado se pueden cosechar de forma más temprana que las de hábito indeterminado, este autor también afirma que las temperaturas nocturnas más bajas retrasan el crecimiento de las plantas y la maduración de los frutos. En este experimento los genotipos precoces fueron para plantas con hábito de crecimiento semi-indeterminado y determinado.

Los cuadrados medios para las variables fenológicas en el ambiente dos (Cuadro 9); para la variable DPC todos los materiales se hicieron el primer corte en la misma fecha, en la fuente de variación genotipo hubo significancia ( $p \leq 0.01$ ) en las variables DC y DUC; las condiciones prevalecientes bajo los macrotúneles son un factor importante para estas diferencias. Los genotipos con más días en fructificación (Cuadro A2) fueron: PobTom8, Y41x(Y4xR1), PobTom11, Y41x(45xTq) con 39.667 días, y el de menos días fue el testigo comercial Río Grande; para DUC los genotipos con más días fue para Y41x(Y4xR1), PobTom11, Y533 y Y4x(45xTq) con 131.667 días, y el de menos días fue para el testigo Río Grande, con 106 días. La significancia en las repeticiones para las variables DC y DUC puede deberse a la falta de ventilación uniforme en los macrotúneles, ya que las partes cercanas a las puertas son más frescas por la circulación

del aire, comparadas con la parte central, donde el movimiento de las corrientes de aire es menor, por lo que la concentración del calor es mayor.

**Cuadro 9. Análisis de varianza (cuadrados medios) para tres variables fenológicas de 50 genotipos de tomate en Parras de la Fuente Coahuila 2014**

FV	GL	DPC	DC	DUC
REP	2	0	304.126**	304.126**
GEN	49	0	108.106**	108.106**
ERROR	98	0	23.126	23.126
CV(%)		0	16.567	3.973
MEDIA		92.000	29.026	121.026
MAX		92.000	39.667	131.667
MIN		92.000	14.000	106.000

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

Florido *et. al.*, (2011), menciona que uno de los indicadores más importantes de la tolerancia al calor en el tomate a nivel de planta es la capacidad de fructificación o cuajado de los frutos en ambientes estresantes, de manera que aquellas variedades con mayor capacidad para la fructificación en altas temperaturas y humedad, resultan las más adecuadas para la producción del tomate en los trópicos.

Los cuadrados medios para las variables fenológicas de 32 genotipos de tomate en el ambiente tres (Cuadro 10). Se encontró diferencia ( $p \leq 0.01$ ) en la fuente de variación repetición y genotipo, para las variable DPC y DC; los genotipos más precoces (Cuadro A3) fueron: K3x(Y4xR1), Y4, Y4xR1, (45x47)xR1, Y41, F3, F3x(Q3xR1), Q3x(45x47), F3x(Y4xR1), (Q3xL1), (Q3xR1)xF3, con 89 días, y los más tardíos, con 98 días, fueron: K3x(Q3xR1), L1, Y533, Toro y Río Grande; los genotipos que tuvieron más días en fructificación fueron: K3x(Y4xR1), Y4, (Y4xR1), (45x47)xR1, Y41, F3, F3x(Q3xR1), Q3x(45x47), F3x(Y4xR1), Q3xL1, (Q3xR1)xF3, Don Raúl, (Y4xQ3)x(45x47), Q3xR1

los que presentaron menos días en fructificación con 115 días fueron: K3x(Q3xR1), L1, Y533, Toro y Río Grande. Estas diferencias son atribuidas a la diferencia en los genotipos y a las condiciones prevalecientes dentro del invernadero debido a que es un invernadero de mediana tecnología, no hay uniformidad en temperatura y humedad dentro de él y la época del año en el que las temperaturas son altas, más de 37.5°C, afectan el comportamiento de los genotipos dentro de él. El proceso de maduración de los frutos es controlado por genes (Reyes *et. al.*, 2013). En general, los genotipos más tardíos son aquellos que presentan frutos de mayor tamaño y los más precoces tienen frutos más pequeños (Monge-Perez, 2014).

**Cuadro 10. 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), DEC (Días en Corte), DUC (Días a Último Corte), FV (Fuente de Variación), GL (Grados de Libertad), REP (Repeticiones), Gen (Genotipos), CV (Coeficientes de Variación), MEDIA (Valor Promedio) MAX (Valor Máximo), MIN (Valor Mínimo).

### **Variables de Rendimiento**

Los cuadrados medios para las variables de rendimiento en el ambiente uno (Cuadro 11). Se observan diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) para la fuente de variación genotipo en las variables NC, PPF y ( $p \leq 0.01$ ) en RNDTHA, lo cual indica amplia variabilidad entre los genotipos. En NC los genotipos de valor más alto fueron PobTom5, PobTom8 y (45x47)xR1 con una media de 6.0 cortes, los más bajos fueron Q3, Y533,

(45x47)x(S1xL1) y CBxTq con una media de 4.33 cortes. En PPF, K3x(Q3xR1) obtuvo la media más alta con 149.06 g y con la media más baja, Y4xQ3 con 50.01 g; La línea F3 obtuvo mayor rendimiento con una media de 122.82 t ha<sup>-1</sup>, mientras que el más bajo fue Y533 con 44.87 t ha<sup>-1</sup>. (Leyva *et. al.*, 2013), menciona que el rendimiento se asocia con mayor productividad (número de frutos por planta) y las frutas más grandes. (Magaña *et. al.*, 2013) encontró rendimientos de PPF similares en híbridos comerciales en generaciones filiales F2.

**Cuadro 11. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cuatro variables de rendimiento de 44 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo Coahuila. 2013**

FV	GL	NC	PPF	RNDTHA
REP	2	0.007	94.017	221.911
GEN	43	0.588**	1887.523**	801.870**
ERROR	86	0.193	240.679	372.213
CV(%)		8.773	17.169	24.372
MEDIA		5.015	90.358	79.157
MAX		6.000	149.06	122.82
MIN		4.333	50.01	44.87

\*\*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 Hectáreas), 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 ambiente dos (Cuadro 12), existen diferencias ( $p \leq 0.01$ ) en la fuente de variación repetición para las variables NC y para la fuente de variación genotipo, las variables NC, PPF, RNDTHA presentan diferencias ( $p \leq 0.01$ ). En NC los genotipos de mayor valor fueron Y41x(45xTq), Y533, Y41x(Y4xR1), PobTom8 y PobTom11, con una media de 5.666 cortes, mientras que el testigo comercial Río Grande fue el más bajo con 2.0 cortes. En PPF, K3xL1 obtuvo la media más alta con 154.0 g, el testigo comercial Floradade obtuvo la media mas baja con 20.67 g. En RNDTHA el genotipo K3xL1 presento el más alto rendimiento, con una media de 105.43 t ha<sup>-1</sup>, y el menor fue

el testigo Río Grande con 4.74 t ha<sup>-1</sup>. Pérez *et al.*, (2012), realizaron una evaluación de híbridos bajo una estructura provista de tubos galvanizados, con ventilación cenital tipo cupulino, y reportan rendimientos de 100 a 150 tm por hectárea con temperaturas en un rango de 31 a 41°C que están por encima de los valores óptimos para el crecimiento y desarrollo del cultivo. Lo anterior concuerda con nuestros resultados porque confirman que existen genotipos que pueden adaptarse y dar buen rendimiento aun bajo altas temperaturas.

**Cuadro 12. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cuatro variables de rendimiento de 50 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Parras de la Fuente, Coahuila. 2014**

FV	GL	NC	PPF	RNDTHA
REP	2	6.206**	240.309	153.471
GEN	49	2.206**	3556.758**	1641.240**
ERROR	98	0.471	413.716	287.680
CV(%)		16.567	33.774	46.097
MEDIA		4.146	60.223	36.794
MAX		5.666	154.000	105.43
MIN		2.000	20.67	4.74

\*\*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).

El ambiente tres (Cuadro 13), se observan diferencias ( $p \leq 0.01$ ) en la fuente de variación repetición para la variable NC; En la fuente de variación genotipo hubo diferencia con ( $p \leq 0.01$ ) para las variables NC, PPF, y RNDTHA; para NC los genotipos con más número de cortes fueron: PobTom8, Y41x(Y4xR1), PobTom11, Y4x(45xTq), con 5 cortes, y el de menor número de cortes fue el testigo comercial Río Grande; para PPF los genotipos con valor más altos fueron: F3x(Q3xR1) y K3x(Q3xR1) con 148.76 y 147.95 g respectivamente y el genotipo con valor más bajo fue Y41 con 35.93; para la variable rendimiento en tonelada por hectárea fue Río Grande con 27.865 t ha<sup>-1</sup>. El

número de cortes depende del manejo en el cultivo, condiciones climáticas durante su ciclo de cultivo, del hábito de crecimiento y sanidad en las plantas. Un estudio realizado por Grijalva *et. al.*, (2011), en un invernadero de baja tecnología reporta un rendimiento de 25.2 kg m<sup>-2</sup> alcanzado en dos años del cual el 89% se concentró en los meses de febrero a mayo, y reportando una baja en el rendimiento en el mes de junio, atribuido a una temperatura mayor a 36°C muy por arriba de su umbral que es de 30°C, ocasionando una disminución en cantidad de flores aunado al bajo amarre de frutos y consecutivamente un bajo rendimiento.

**Cuadro 13. 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).

### Contenido nutricional

En el ambiente uno (Cuadro 14), la fuente de variación genotipo presentó diferencia ( $p \leq 0.01$ ), para todas las variables. Para pH el genotipo con el valor más alto fue para el genotipo PobTom6 con 5.3, el más bajo fue para Q3x(45x47) con 2.433, en la variable BRIX el genotipo Y4x(45xTq) obtuvo el mayor valor con una media de 5.206, L1 obtuvo el valor más bajo con 3.266, en la variable VITC el genotipo con mayor contenido lo obtuvo (45x47)xF3 con 23.118 mg 100 g<sup>-1</sup>, el menor contenido fue para

PobTom9 con 10.091 mg 100 g<sup>-1</sup>. La variable LICOP el genotipo con mayor contenido fue el genotipo Y4x(45xTq) con 5.979 y el menor fue para Q3xL1 con 0.385. En un estudio realizado por Mazuela *et. al.*, (2010), con tomate cherry, encontraron que la calidad de frutos, tanto en los sólidos solubles como el porcentaje de materia seca, aumentan al cultivar en un invernadero de baja tecnología, sugiriendo susceptibilidad a las condiciones ambientales en este tipo de invernadero.

En el ambiente dos (Cuadro 15), se observan diferencias ( $p \leq 0.01$ ) para la fuente de variación genotipo para todas las variables evaluadas. Para pH el genotipo con el valor más alto fue PobTom6 con 5.773 y el más bajo fue Y4xR1 con 4.333. En la variable BRIX el genotipo Q3xL1 obtuvo 5.666 y Y533 con 2.200. En VITC el testigo comercial Montecarlo obtuvo el mayor contenido con 22.106 mg 100 g<sup>-1</sup> y CBxTq obtuvo el menor con 6.456 mg 100 g<sup>-1</sup>. En LICOP Q3 obtuvo 8.792 mg 100 g<sup>-1</sup> y (45x47)xR1 el menor contenido con 0.615 mg 100 g<sup>-1</sup>.

**Cuadro 14. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cuatro variables de nutricionales de 44 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo Coahuila 2013**

FV	GL	pH	BRIX	VITC	LICOP
REP	2	0.0100	0.741	1.778	0.702
GEN	43	0.575**	0.649**	28.724**	6.128**
ERROR	86	0.026	0.107**	4.592	2.366
CV(%)		3.311	7.636	13.577	66.441
MEDIA		4.937	4.284	15.783	2.315
MAX		5.300	5.206	23.118	5.979
MIN		2.433	3.266	10.091	0.385

\*\*Nivel de probabilidad de 0.01, \*Nivel de probabilidad de 0.05, pH (Potencial Iones Hidrógeno), 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).

Flores *et al.*, (2011), reporta un contenido de vitamina C de 19-21 mg 100 g<sup>-1</sup> de fruto; en la línea Q3 muy similar a lo encontrado en este estudio para el testigo con mayor contenido de esta vitamina; Jarquín, (2013), explica que el contenido de licopeno a campo abierto puede ser tres veces mayor que en invernadero, considerando como

causa principal la intensidad y longitud de onda interceptada por las cubiertas plásticas, que es alta, lo cual afecta la síntesis de carotenoides, aunado a la interacción con altas temperaturas dentro del invernadero, teniendo un efecto negativo en el proceso de síntesis y acumulación del licopeno. Las diferencias encontradas en los contenidos de vitamina C y licopeno se deben principalmente a factores ambientales por las variaciones que se presentaron en los genotipos en los ambiente de evaluación estos resultados concuerdan con lo inferido por Leyva *et al.*, (2013), quienes mencionan que los factores ambientales más importantes que influyen en el contenido nutricional del tomate son la luz y la temperatura; estos investigadores mencionan que los fitonutrientes como la vitamina C, carotenoides y fenoles en el fruto de tomate son muy afectados por la intensidad, duración y calidad de la luz.

**Cuadro 15. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cuatro variables nutricionales de 50 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. Parras de la Fuente Coahuila. 2014**

FV	GL	pH	BRIX	VITC	LICOP
REP	2	0.084	0.426	6.725	11.616
GEN	49	0.210**	1.226**	48.325**	10.822**
ERROR	98	0.085	0.450	14.099	4.437
CV(%)		5.556	16.099	30.163	85.142
MEDIA		5.253	4.170	12.44	2.474
MAX		5.733	5.666	22.106	8.792
MIN		4.333	2.200	6.456	0.615

\*\*Nivel de probabilidad de 0.01, \*Nivel de probabilidad de 0.05, pH (Potencial Iones Hidrógeno), 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 ambiente tres (Cuadro 16), se observan diferencias para la fuente de variación genotipo ( $p \leq 0.01$ ) en las variables pH, BRIX, VITC y LICOP. En pH el genotipo con el valor más alto fue K3xL1 con 5.400 y Q3 fue el más bajo con 3.500, en BRIX, K3x(Y4xR1) presentó el valor más alto con 6.266 y el más bajo fue Y533 con 3.133. En

VITC, Y41 presento el mayor contenido con 22.223 mg 100 g<sup>-1</sup>, y el testigo Toro presento un bajo contenido con 4.899 mg 100 g<sup>-1</sup>. En LICOP el mayor contenido lo obtuvo Q3 con 6.846 y Q3xR1 fue el de menor contenido.

**Cuadro 16. Análisis de varianza (cuadrados medios) para cuatro variables de nutricionales de 32 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo Coahuila 2014**

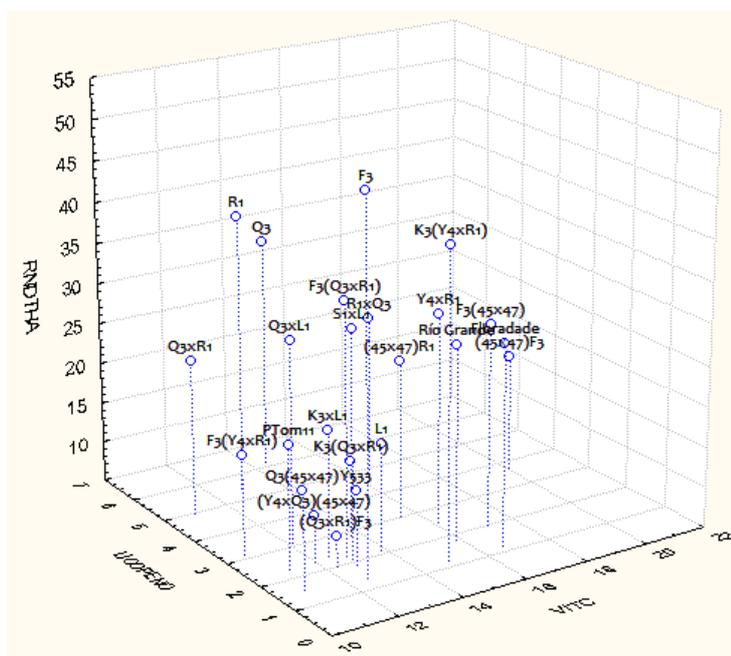
FV	GL	pH	BRIX	VITC	LICOP
REP	2	1.529	0.180	1.429	3.453
GEN	31	1.080**	1.554**	42.414**	6.332**
ERROR	62	0.410	0.246	3.060	1.457
CV(%)		14.195	10.442	12.474	63.404
MEDIA		4.511	4.756	14.022	1.904
MAX		5.400	6.266	22.223	6.846
MIN		3.500	3.133	4.899	0.0667

\*\*Nivel de probabilidad de 0.01, \*Nivel de probabilidad de 0.05, pH (Potencial Iones Hidrógeno), 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).

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<sup>-1</sup>, el valor máximo es superado en este trabajo con 22.223 mg 100g<sup>-1</sup>, en sólidos solubles reporta un contenido desde 4.5 a 9.3 °Brix, estos valores son mayores a los que se encontró en el tercer ambiente, donde el máximo fue de 6.266 °Brix; García *et al.*, (2010), mencionan que los que influyen 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 a los valores encontrados para el tercer ambiente. 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<sup>-1</sup>, valores similares encontrados para este ambiente.

Žnidarčič *et al.*, (2010), reportan un contenido de sólidos solubles de 5.23 a 6.8°Brix y vitamina C 7.7mg/100g, en este ambiente el valor máximo fue de 6.26°Brix valores muy similares a lo que reportan estos autores.

En la figura 1 se observa el comportamiento del rendimiento y las variables de calidad, licopeno y vitamina C, sobresaliendo las líneas R1 y F3 en rendimiento, para licopeno Q3, Q3xR1y R1xQ3, y para vitamina C (45x47)xF3



**Figura 1. Comportamiento de 24 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en base a la relación existente entre rendimiento y contenido nutricional.**

### **Análisis combinado**

#### **Variables fenológicas**

Los cuadrados medios de los análisis de varianza combinado para las variables fenológicas (Cuadro 17), se observa diferencia ( $p \leq 0.01$ ) para las variables DPC, DC y DUC en la fuente de variación AMB y REP(AMB), esto indica que los ambientes son diferentes entre sí. Los materiales más precoces fueron los evaluados en los ambientes

dos y tres con 92 y 89 días de precocidad respectivamente. En el ambiente uno se cosecho por más tiempo debido a que las condiciones bajo invernadero permiten un mejor control de las condiciones ambientales. Los genotipos más precoces fueron K3x(Y4xR1), (45x47)xR1 y Q3xL1 con 92 días y el más tardío fue K3x(Q3xR1) con 103.77 días; en días en corte (DC) hubo diferencia, encontrándose al genotipo Q3xL1 con 40.88 días y el más bajo fue para el genotipo K3x(Q3xR1) con 26.77 días; en la variable días a último corte (DUC) el genotipo con la media más alta fue para PobTom11 y Y533 con 135.22 días y los que presentaron el valor más bajo fueron los genotipos K3x(Y4xR1) y Q3 con 129 días. Flores *et al.*, (2011) menciona que las diferencias entre ambientes puede cambiar frecuentemente la magnitud del comportamiento de una variedad a través de las diferentes localidades de prueba; debido a esto es necesario desarrollar cultivares que interaccionen de forma positiva con el ambiente.

**Cuadro 17. Análisis de varianza combinado (cuadrados medios) para tres variables fenológicas en 24 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo Coahuila 2013-2014.**

FV	GL	DPC	DC	DUC
AMB	2	7942.00**	11078.787**	37260.787**
REP(AMB)	6	31.469*	84.873**	49.010**
GEN	21	98.412	110.414**	24.107**
GEN*AMB	42	80.984	115.242**	25.824**
ERROR	126	7.834	14.635	7.010
CV(%)		2.799	11.487	2.011
MEDIA		98.333	33.303	131.636
MAX		111.000	47.848	158.848
MIN		92.000	23.000	115.000

\*\*Nivel de probabilidad de 0.01, \*Nivel de probabilidad de 0.05, DPC (Días a Primer Corte), DC (Días en Corte), DUC (Días a Último Corte), GL (Grados de Libertad), FV (Fuente de Variación), AMB (Ambientes), REP(AMB) (Repetición dentro de Ambientes), GEN (Genotipos), GEN\*AMB (Genotipos por Ambiente), CV (Coeficiente de Variación), MEDIA (Valor Promedio), MAX (Valor Máximo), MIN (Valor Mínimo).

### VARIABLES DE RENDIMIENTO

Los cuadrados medios del análisis de varianza combinado, las variables NC, PPF y RNDTHA (Cuadro 18), presentaron diferencia ( $p \leq 0.01$ ) en la fuente de variación AMB hubo diferencia ( $p \leq 0.01$ ) para todas las variables. REP(AMB) solo NC presento diferencia ( $p \leq 0.01$ ), en la fuente de variación GEN todas las variables presentaron diferencias ( $p \leq 0.01$ ) al igual que para la fuente de variación GEN\*AMB. Porres *et al.*, (2014), mencionan que el rendimiento del tomate depende de la morfología de la planta, la fisiología, condiciones de crecimiento (clima y suelo) que pueden causar diferencia en el rendimiento en los sitios de evaluación, además del manejo agronómico y el aspectos fitosanitario del cultivo.

Las variables de calidad (Cuadro 19) pH, BRIX, VITC y LICOP hubo diferencias ( $p \leq 0.01$ ), lo que indica variabilidad en los genotipos. Todas las variables mostraron diferencia ( $p \leq 0.01$ ) para la fuente de variación AMB, no encontrándose significancia para LICOP. En la fuente de variación GEN\*AMB hubo significancia ( $p \leq 0.01$ ) en pH y ( $p \leq 0.05$ ) para las variables BRIX y VITC.

**Cuadro 18. Análisis de varianza combinado (cuadrados medios) para tres variables de rendimiento en 24 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo Coahuila 2013-2014**

FV	GL	NC	PPF	RNDTHA
AMB	2	30.792**	22419.997**	27145.982**
REP(AMB)	6	1.257**	381.434	185.911
GEN	21	0.801**	2855.720**	1275.616**
GEN*AMB	42	0.840**	1950.086**	863.842**
ERROR	126	0.241	426.667	335.400
CV(%)		11.492	21.635	29.150
MEDIA		4.277	95.472	62.825
MAX		5.015	110.408	83.752
MIN		3.666	74.875	43.259

\*\*Nivel de probabilidad de 0.01, \*Nivel de probabilidad de 0.05, NC (Numero de Cortes), PPF (Peso Promedio de Fruto), RNDTHA (Rendimiento en Toneladas por Hectárea), (Grados de Libertad), FV (Fuente de Variación), AMB (Ambientes), REP(AMB) (Repetición dentro de Ambientes), GEN (Genotipos), GEN\*AMB (Genotipos por Ambiente), CV (Coeficiente de Variación), MEDIA (Valor Promedio), MAX (Valor Máximo), MIN (Valor Mínimo).

### Variables de calidad

La calidad en los frutos de tomate es influida por factores como el genotipo, condiciones ambientales y el sistema de producción (Martín-Hernández *et al.*, 2012). Gaspar-Peralta *et al.*, (2012), encontraron valores de 9.6-16.18 mg/100g. de licopeno en base húmeda.

**Cuadro 19. Análisis de varianza combinado (cuadrados medios) para cuatro variables nutricionales en 24 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila 2013-2014**

FV	GL	pH	BRIX	VITC	LICOP
AMB	2	7.603**	6.896**	321.311**	0.699
REP(AMB)	6	0.220	0.316	3.442	2.694
GEN	21	0.635**	2.406**	54.446**	16.087**
GEN*AMB	42	0.687**	0.739*	9.825*	3.956
ERROR	126	0.179	0.366	4.949	3.105
CV(%)		8.570	14.049	16.636	70.358
MEDIA		4.943	4.308	13.372	2.504
MAX		5.315	4.681	15.578	2.607
MIN		4.650	4.084	11.165	2.401

\*\*Nivel de probabilidad de 0.01, \*Nivel de probabilidad de 0.05, pH (Potencial de Iones de Hidrógeno), BRIX (Grados Brix), VITC (Vitamina C), LICOP (Licopeno), GL (Grados de Libertad), FV (Fuente de Variación), AMB (Ambientes), REP(AMB) (Repetición dentro de Ambientes), GEN (Genotipo), GEN\*AMB (Genotipos por Ambiente), CV (Coeficiente de Variación), MEDIA (Valor Promedio), MAX (Valor Máximo), MIN (Valor Mínimo).

### Interacción Genotipo\*Ambiente (IGA)

Los valores de los componentes principales y la media para cada ambiente y genotipo (Cuadro 20), el signo y magnitud del valor indican interacción; en rendimiento los genotipos con mayor rendimiento fueron (Q3xR1) con 81.95 t ha<sup>-1</sup>, PobTom11 con 77.7t ha<sup>-1</sup>, (Q3xR1)xF3 con 73.80 t ha<sup>-1</sup>.estos materiales tienen buen potencial de rendimiento, son promisorios en próximos trabajos de mejoramiento. Además se puede apreciar la media de los ambientes, en donde el ambiente con más alto rendimiento fue el ambiente uno seguido del ambiente tres y ambiente dos. Pérez *et al.*, (2012)

mencionan que debido a la diversidad de variedades y cultivares, es importante evaluar los tipos que mejor se adapten a condiciones climáticas y edáficas de un determinado lugar y que cumpla con las exigencias del consumidor.

**Cuadro 20. Medias y valores escalares de los componentes principales de 24 genotipos y tres ambientes, para REND, LICOP, VITAMINA C y BRIX**

GENOTIPO	RNDTHA	CP1	CP2	LICOP	CP1	CP2	VITC	CP1	CP2	BRIX	CP1	CP2
1.-K3x(Y4xR1)	63.68	-2.00	-3.38	1.20	0.16	-0.46	14.96	-1.15	-0.26	5.36	-0.19	0.60
2.-R1xQ3)	69.56	0.96	1.03	4.96	0.96	-0.18	16.67	0.17	-1.28	4.93	-0.07	0.14
3.-PobTom11	77.78	1.96	-1.05	2.31	0.48	0.07	11.20	-0.45	0.69	3.78	0.54	0.01
4.-Q3	48.56	-2.00	0.00	6.19	-1.11	0.44	14.49	0.75	0.53	4.60	0.20	-0.29
5.-Y4xR1)	42.19	-1.63	2.55	2.53	-0.33	0.08	16.20	0.22	-0.14	4.89	-0.19	-0.19
6.-45x47)xR1	67.22	0.13	-0.43	3.05	1.00	0.21	15.53	0.76	-0.37	4.52	-0.30	0.03
7.-F3	70.53	-5.16	-0.32	1.35	0.02	0.17	12.56	-0.94	0.14	3.76	0.15	-0.05
8.-K3xL1)	59.73	1.10	-2.32	2.38	0.35	0.33	12.50	0.31	-0.91	4.38	0.57	-0.05
9.-R1	64.65	-2.70	-1.13	4.05	0.48	-0.31	11.54	-0.24	-0.21	4.20	-0.56	-0.07
10.-F3x(Q3xR1)	72.68	-2.55	2.83	2.24	0.23	0.41	12.89	-0.07	0.15	4.58	0.21	0.03
11.-K3(Q3xR1)	59.49	1.30	1.20	2.84	0.52	-0.27	13.71	-1.46	-0.89	4.11	-0.04	-0.27
12.-L1	58.14	2.20	-0.69	2.09	0.60	0.59	13.84	0.77	-0.33	4.16	-0.08	0.61
13.-F3x(45x47)	69.00	2.45	-1.46	1.97	-0.43	-0.27	17.20	1.57	0.82	4.60	0.23	0.17
14.-Y533	32.58	1.33	0.52	1.87	0.13	-0.18	12.81	-0.96	-0.02	2.89	-0.11	-0.52
15.-Q3x(45x47)	62.48	1.56	-0.12	1.55	-0.40	-0.07	10.83	0.53	0.43	3.96	-0.21	-0.36
16.-Q3xR1)	81.95	0.62	-0.71	4.95	-0.32	-0.26	10.91	0.28	0.15	4.20	0.45	0.02
17.-S1xL1)	54.98	-2.07	0.56	2.06	-0.70	-0.07	12.89	-0.71	0.42	3.84	-0.15	-0.39
18.-F3x(Y4xR1)	69.79	1.07	0.43	3.14	-0.18	-0.52	10.65	0.10	0.11	4.24	-0.33	-0.41
19.-Q3xL1)	71.43	-0.79	0.86	3.11	-1.11	-0.71	12.12	-0.16	0.34	4.22	0.45	-0.02
20.-Q3xR1)xF3	73.81	3.07	1.22	1.98	-0.30	0.08	12.30	0.34	0.18	4.09	0.41	0.14
21.-45x47)xF3	64.28	2.47	0.37	3.71	0.78	-0.21	20.03	-0.78	0.44	4.87	-0.59	0.38
22.-Y4xQ3)x(45x47)	47.66	1.54	1.35	2.32	0.36	-0.17	12.01	-0.47	1.18	4.62	-0.32	0.31
23.-FLORADE	46.04	-1.56	0.15	1.19	-0.28	0.83	16.72	0.41	-0.57	4.71	0.12	0.36
24.-RÍO GRANDE	33.95	-1.31	-1.47	1.79	-0.89	0.46	15.90	1.17	-0.60	4.44	-0.17	-0.17
INV013	82.83	-5.63	-4.08	2.30	1.29	1.24	15.58	-1.95	1.74	4.17	0.10	-1.18
INV014	59.56	-2.41	5.34	3.18	1.09	-1.31	14.15	-0.97	-2.17	4.71	-1.17	0.51
PARRAS014	40.38	8.05	-1.26	2.63	-2.38	0.07	11.58	2.92	0.44	4.11	1.07	0.68

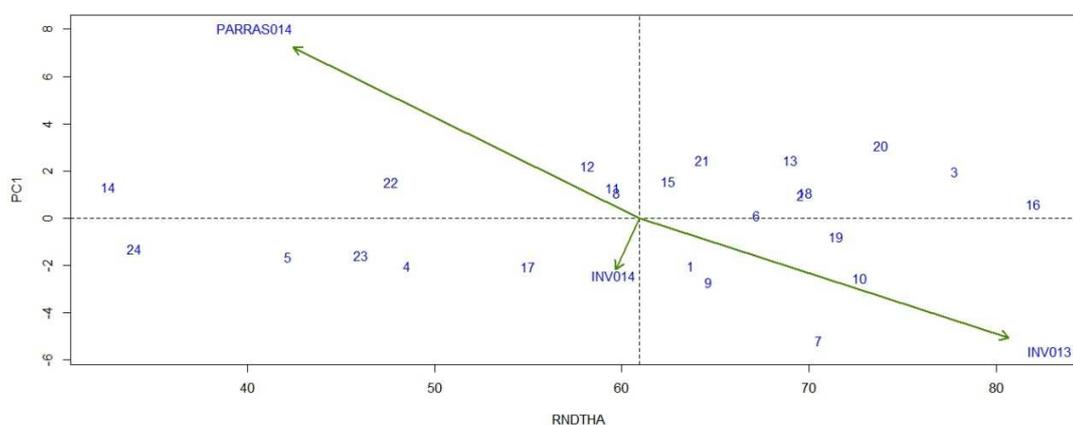
### Variable Rendimiento

El resultado del modelo (Figura 2), el eje x corresponde al rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) y el eje y representa el Componente Principal 1 (CP1), el cual representa el 82.8% de la

varianza de la interacción genotipo x ambiente. Se observa que los ambientes mostraron diferente potencial de rendimiento, el más alto fue el ambiente uno (INV013), además de que presenta alta sensibilidad para discriminar a los genotipos, debido a la longitud de su vector, al igual que en el ambiente dos (PARRAS014) la longitud de su vector es indicativo de su alta capacidad discriminante, por lo que se recomiendan estos dos ambiente para discriminar genotipos.

Los genotipos con alto potencial de rendimiento fueron las cruzas (Q3xR1), F3, y (Q3xR1)xF3 y los genotipos más estables fueron:(45x47)xF3, (K3xL1), K3x(Q3xR1), Q3x(45x47) por estar cercano al origen. El genotipo F3x(Q3xR1) por su grado de asociación con el ambiente uno (INV013), se considera que en este ambiente expreso su máximo potencial de rendimiento. Alanís *et. al.*, (2010), realizaron un trabajo en sorgo usando AMMI y mencionan que este modelo permite analizar detalladamente la interacción GxA, muy importante en la evaluación del rendimiento de cualquier cultivo, además este modelo permite una mayor eficiencia en el proceso de selección de genotipos para cierta región.

Los materiales genéticos de amplia adaptación poseen estabilidad en el rendimiento ante la variabilidad ambiental y la adaptación específica permite incrementar el rendimiento significativamente en ambientes de mayor aplicación de insumos y tecnología; la estabilidad del rendimiento a lo largo del tiempo es conveniente para los productores (Acosta-Gallegos *et. al.*, 2012).

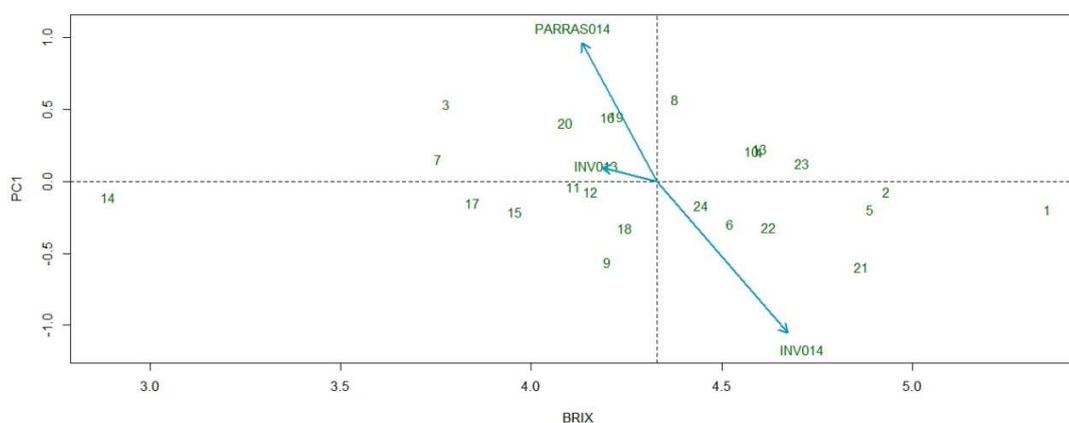


**Figura 2. Distribución de los genotipos en los ambientes de evaluación para rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) y componente principal 1 (CP1), de acuerdo al análisis AMMI.**

### **Variables nutrimentales**

#### **Sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix)**

Los valores de sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) (Figura 3). El ambiente con más poder discriminante es el ambiente tres (INV014) por lo largo de su vector. El ambiente uno (INV2013) y dos (PARRAS014) tienen la capacidad de agrupar a los genotipos en forma similar. El análisis PCA permite identificar los atributos sensoriales ligados a las condiciones ambientales y las que están ligadas a la constitución genética en el tomate. La dulzura, la acidez, y el sabor se agrupan en el mismo factor de PCA y permiten discriminar los genotipos en los tres campos evaluados (Carli *et al.*, 2011). Un componente importante del sabor en los frutos de tomate es el contenido de azúcares, y que está influenciado por el cultivar y el manejo durante el desarrollo del cultivo. Las condiciones ambientales, principalmente la cantidad de luz y temperatura afectan de manera importante la calidad en las hortalizas (Rouphael *et al.*, 2012).

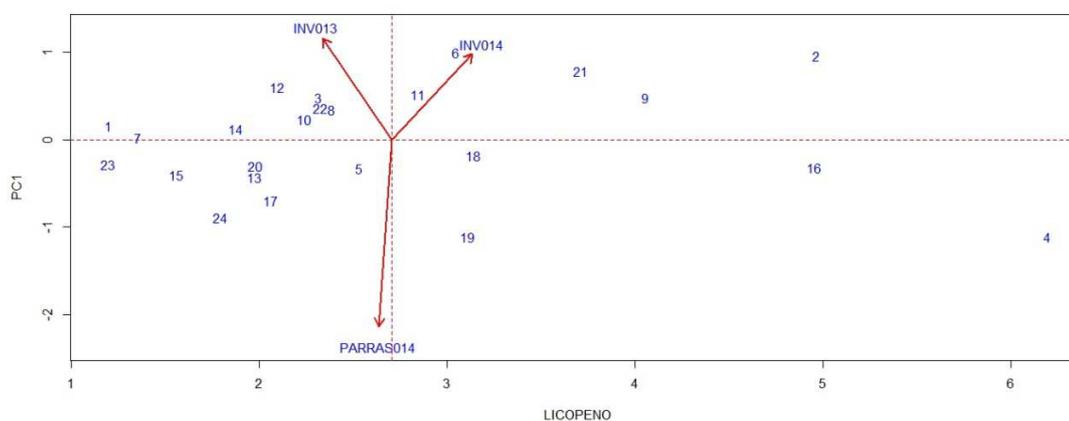


**Figura 3. Distribución de los genotipos en los ambientes de evaluación para índice refractométrico (°Brix), y componente principal 1 (CP1), de acuerdo al análisis AMMI.**

### Licopeno

Los valores en contenido de licopeno (Figura 4); el componente principal uno explica el 90% de la variación total; el mejor ambiente fue el tres (INV014) con una media de  $3.18 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  y la línea Q3 presentó el mayor contenido,  $6.19 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ . El ambiente que presenta el contenido más bajo fue el ambiente uno (INV013) con un contenido de  $2.30 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ .

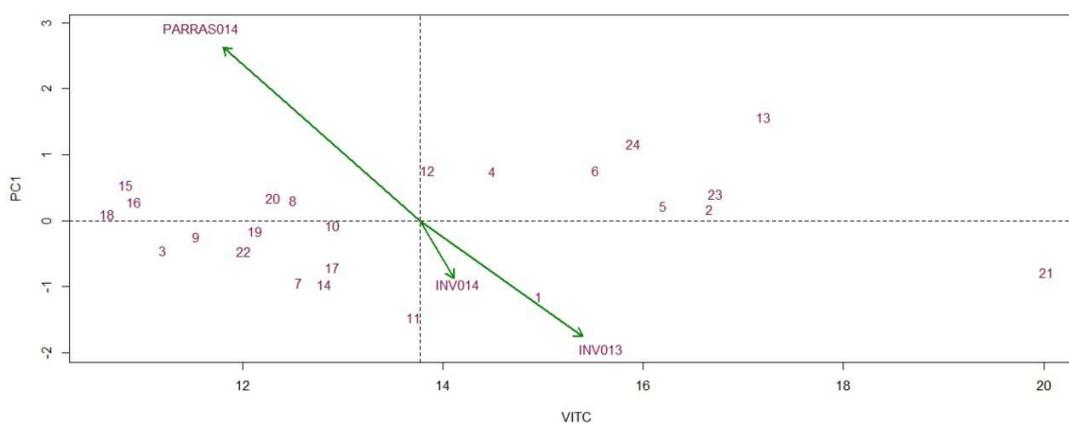
Uno de los motivos por los que se presentó el menor contenido en el ambiente uno es debido a la radiación fotosintéticamente activa interceptada por el cultivo es clave en la producción, en el invernadero depende de: la radiación incidente, subordinada a la latitud y variable a lo largo del ciclo anual; el régimen de nubosidad, y la contaminación del aire. La transmisión de la radiación a través de la cubierta está sujeto a variaciones de la posición solar que modifican el ángulo de incidencia de la radiación sobre la cubierta a lo largo del día (Lorenzo 2012).



**Figura 4. Distribución de los genotipos en los ambientes de evaluación para licopeno ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ), y componente principal 1 (CP1), de acuerdo al análisis AMMI.**

### Vitamina C

Los valores de contenido de vitamina C (Figura 5), el ambiente uno presentó el contenido más alto con una media de  $15.58 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ , el genotipo (45x47)xF3 que obtuvo el contenido más alto con  $20.03 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ . El genotipo K3x(Y4xR1) expresó su máximo potencial para esta variable en el ambiente uno (INV013) por el grado de asociación que se muestra.



**Figura 5. Distribución de los genotipos en los ambientes de evaluación para vitamina C  $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ , y componente principal 1 (CP1), de acuerdo al análisis AMMI.**

**Cuadro 21. Cuadrados medios de las variables de rendimiento y nutrimentales en 24 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en tres ambientes**

FV	GL	RENTHA	LICOP	VITC	SOLIDOS SOLUBLES
GEN*AMB	46.00	826**	5.408**	15.602**	0.7045**
CP1	24.00	9.040**	22.043**	22.042**	0.790**
CP2	22.00	1.445	8.576	8.575	0.610*
Residual	138	316	2.888	7.988	0.349

\*\* , \* Nivel de probabilidad de 0.01y 0.05, RENTHA(Rendimiento), LICOP (Licopeno), VIT C (Vitamina C).

### Heterosis sobre la Media de los Progenitores (HMP)

La heterosis en tomate se manifiesta presentando mayor vigor en las plantas, crecimiento y desarrollo más rápido, precocidad en madurez de frutos, más productividad y más resistencia al estrés biótico y abiótico (Kumar *et al.*, 2013).

### Heterosis en rendimiento

Se hizo el cálculo de (HMP) para los materiales evaluados en el ambiente uno Buenavista Saltillo Coahuila 2013.

Las cruzas que presentaron heterosis respecto a la media de ambos progenitores para rendimiento (Cuadro 22), fueron K3x(Y4xR1), (Q3xL1), (K3xL1), (Q3xR1), Q3x(45x47), R1x(45x47), (Y4xQ3)x(45x47) y (45x47)xR1 con 65.81, 23.87, 20.41, 9.81, 15.10, 8.51, 9.74 y 14.99 % respectivamente. Jiang *et al.*, (2013), mencionan que en el tomate, en una copia del gen que codifica la hormona de la floración llamada florigen producen aumentos en el rendimiento, pero no hay una explicación del por qué, y un aumento en los niveles de florigen causan retraso en el tiempo que toman los brotes

en producir flores. Pinacho-Hernández *et al.*, (2011), encontraron híbridos que superaron significativamente a sus progenitores en peso y tamaño medio de frutos.

### **Heterosis en calidad de frutos**

Las cruzas que exhibieron alta heterosis para las variables de calidad evaluadas (Cuadro 22).

### **Sólidos solubles (°Brix)**

Las cruzas que exhibieron alta heterosis para sólidos solubles (°Brix) fueron (Y4xQ3)x(45x47) (74.47%), K3xL1 (22.86%), K3x(Y4xR1) (14.63%), (45x47)x(S1xL1) (6.82%), F3x(Y4xR1) (4.65%), R1xQ3 (3.37%) y F3x(45x47) (2.38%). Rodríguez *et al.*, (2010), encontraron valores de heterosis menor al 100% en °Brix. Las cruzas heteróticas indican segregación transgresiva. La magnitud de la heterosis da una idea del control genético y ayuda a decidir si los híbridos tienen valor económico (Shankar *et al.*, 2014).

### **Vitamina C**

Para vitamina C presentaron heterosis los genotipos (45x47)xF3 (31.17%), K3x(Y4xR1) (18.85%), (R1xQ3) (7.80%) y (45x47)x(S1xL1) (4.02%). Solieman *et al.*, (2013), encontraron heterosis para vitamina C de 15.66% en base a la media de los progenitores.

## Licopeno

Los genotipos que presentaron heterosis para licopeno fueron (45x47)xF3 (152.94%), (45x47)x(S1xL1) (116.35%), (45x47)xR1 (39.60%), (R1xQ3) (23.73%), F3x(Y4xR1) (12.50%) y (Y4xQ3)x(45x47) (6.20%). Garg y Cheema, (2011), reportan un valor de heterosis en licopeno de 31.65%. Los híbridos que muestran alta heterosis tienen buenas posibilidades de identificar líneas promisorias en sucesivas generaciones, en comparación con bajos efectos de heterosis (Saeed, *et al.*, 2014).

## Heterosis en precocidad de frutos

Los genotipos con heterosis favorable para esta variable fueron: F3x(45x47)(-16.54%), K3x(Y4xR1) (-18.10%), (Q3xL1) (-14.91%), Q3x(45x47), R1x(45x47) (-16.54%), (45x47)xR1 (-16.54%). La heterosis negativa es deseable para la evaluación de días a primer corte, porque es un indicativo de los materiales más precoces.

**Cuadro 22. Porcentaje de heterosis en 13 cruzas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) respecto a la media de los progenitores, para características de rendimiento, calidad de fruto y fenológicas para el ambiente uno. Buenavista, Saltillo, Coahuila 2013**

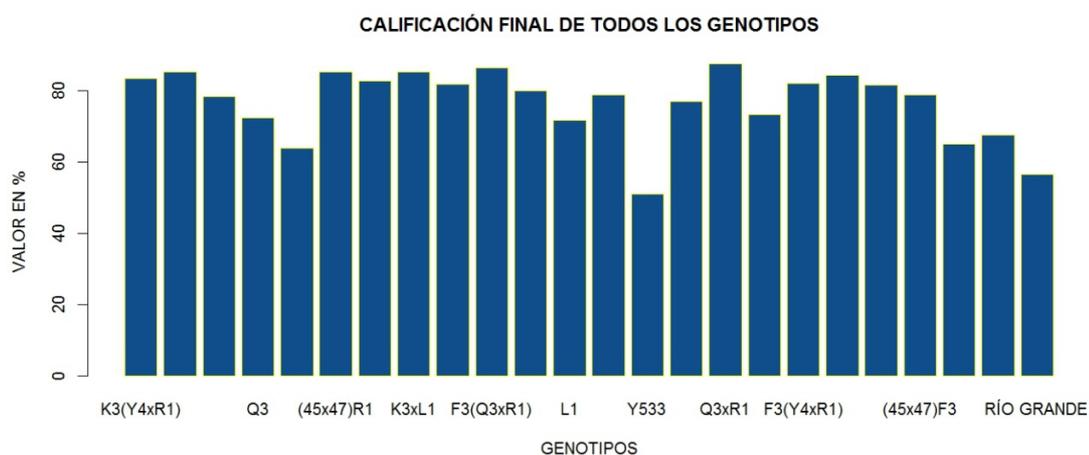
CRUZA	RNDTHA	PPF	NC	°BRIX	VIT C	LICOP	DPC
F3x(Y4xR1)	-9.67	-1.00	3.09	4.65	-26.41	12.50	0.00
F3x(45x47)	-4.16	-2.19	17.53	2.38	-5.69	-57.38	-16.54
(K3xL1)	20.41	-5.38	0.00	22.86	-12.32	-0.39	0.00
K3x(Y4xR1)	65.81	9.69	17.53	14.63	18.85	-81.24	-18.10
(Q3xL1)	23.87	13.32	22.58	-2.82	0.00	-83.37	-14.91
(Q3xR1)	9.81	2.95	7.53	-7.87	-15.93	-15.40	3.90
Q3x(45x47)	15.10	9.84	17.78	-5.26	-32.05	-84.37	-6.83
(R1xQ3)	-13.00	-5.57	7.53	3.37	7.80	23.73	3.90
R1x(45x47)	8.51	11.32	17.53	-2.27	-5.88	-79.70	-16.54
(Y4xQ3)x(45x47)	9.74	26.48	0.00	74.47	-6.85	6.20	3.89
(45x47)xF3	-18.33	27.23	3.09	0.00	31.17	152.94	1.91
(45x47)xR1	14.99	0.34	23.71	-2.27	-10.59	39.60	-16.54
(45x47)x(S1xL1)	-5.30	10.16	-8.51	6.82	4.02	116.35	1.91

### Selección de los mejores genotipos

Para realizar la selección de los mejores genotipos se les dio una calificación a cada variable, con base a nuestro interés. Los puntos que se otorgo a cada variable (Cuadro 23).

**Cuadro 23. Calificación asignada a cada variable para la selección de los mejores genotipos de tomate.**

Variable	Calificación
Rendimiento	50
Estabilidad	15
Peso promedio de fruto	10
Precocidad	5
Vitamina C	5
Solidos solubles	5
Licopeno	5
Número de cortes	5
Total	100



**Figura 6. Calificación final para los genotipos de tomate, resultados obtenidos en el análisis combinado para los tres ambientes de evaluación.**

La calificación de la variable rendimiento, a la cual se le otorgo 50% al valor más alto (Figura 7).



**Figura 7. Calificación final dada a la variable rendimiento en los genotipos de tomate, resultados obtenidos en el análisis combinado para los tres ambientes de evaluación.**

**Cuadro 24. Resultados obtenidos de los porcentajes para cada genotipo de tomate *Solanum lycopersicum* L. en los tres ambientes de evaluación 2013-2014**

GENOTIPO	RNDT HA	CLF %	ESTABILI DAD	CLF %	PPF	CLF %	PRECOCID AD	CLF %	VITAMIN A C	CLF %	SÓLIDOS SOLUBLES	CLF %	LICOP ENO	CLF %
1.-K3(Y4xR1)	60.20	42.55	75.00	13.24	106.49	8.01	92.00	5.00	14.96	3.73	5.36	5.00	1.20	0.97
2.-R1xQ3	60.30	42.62	75.00	13.24	99.99	7.52	100.00	4.60	16.67	4.16	4.93	4.61	4.96	4.01
3.-PTom11	61.61	43.55	65.00	11.47	79.40	5.97	100.00	4.60	11.20	2.80	3.78	3.53	2.31	1.87
4.-Q3	47.23	33.39	65.00	11.47	78.01	5.87	98.11	4.69	14.49	3.62	4.60	4.29	6.19	5.00
5.-Y4xR1	41.38	29.25	55.00	9.71	69.05	5.20	99.00	4.65	16.20	4.04	4.89	4.56	2.53	2.04
6.- (45x47)R1	59.60	42.12	85.00	15.00	99.24	7.47	92.00	5.00	15.53	3.88	4.52	4.22	3.05	2.46
7.-F3	68.93	48.72	55.00	9.71	99.41	7.48	99.00	4.65	12.56	3.14	3.76	3.51	1.35	1.09
8.-K3xL1	60.31	42.63	85.00	15.00	126.13	9.49	101.00	4.55	12.50	3.12	4.38	4.09	2.39	1.93
9.-R1	60.16	42.52	75.00	13.24	93.98	7.07	100.00	4.60	11.54	2.88	4.20	3.92	4.05	3.27
10.-F3(Q3xR1)	68.00	48.06	65.00	11.47	112.92	8.50	99.00	4.65	12.89	3.22	4.58	4.27	2.24	1.81
11.-K3(Q3xR1)	52.20	36.90	85.00	15.00	132.92	10.00	103.78	4.43	13.71	3.42	4.11	3.84	2.84	2.29
12.-L1	48.77	34.47	75.00	13.24	81.62	6.14	102.00	4.51	13.84	3.46	4.16	3.88	2.09	1.69
13.-F3(45x47)	55.48	39.21	70.00	12.35	101.02	7.60	94.00	4.89	17.20	4.30	4.60	4.29	1.97	1.59
14.-Y533	27.85	19.68	55.00	9.71	74.58	5.61	99.11	4.64	12.81	3.20	2.89	2.70	1.87	1.51
15.-Q3(45x47)	54.45	38.48	85.00	15.00	82.24	6.19	94.33	4.88	10.83	2.70	3.96	3.69	1.55	1.26
16.-Q3xR1	70.74	50.00	55.00	9.71	107.92	8.12	100.00	4.60	10.91	2.72	4.20	3.92	4.95	4.00
17.-S1xL1	52.40	37.04	70.00	12.35	88.89	6.69	101.00	4.55	12.89	3.22	3.84	3.59	2.06	1.66
18.-F3(Y4xR1)	58.03	41.01	75.00	13.24	127.27	9.57	99.00	4.65	10.65	2.66	4.24	3.96	3.14	2.53
19.-Q3xL1	63.46	44.85	70.00	12.35	102.94	7.74	92.00	5.00	12.12	3.03	4.22	3.94	3.10	2.51
20.- (Q3xR1)F3	61.67	43.59	65.00	11.47	115.85	8.72	99.00	4.65	12.30	3.07	4.09	3.82	1.98	1.60
21.- (45x47)F3	52.72	37.26	75.00	13.24	88.62	6.67	100.00	4.60	20.03	5.00	4.87	4.54	3.71	3.00
22.- (Y4xQ3)(45x47)	40.49	28.62	75.00	13.24	64.55	4.86	99.00	4.65	12.01	3.00	4.62	4.32	2.33	1.88
23.-FLORADADE	46.04	32.54	65.00	11.47	58.64	4.41	100.00	4.60	16.72	4.17	4.71	4.40	1.19	0.96
24.-RÍO GRANDE	33.95	24.00	60.00	10.59	44.70	3.36	95.00	4.84	15.90	3.97	4.44	4.15	1.79	1.45

## V CONCLUSIONES

De acuerdo con las calificaciones finales de cada genotipo, la selección de los genotipos se dividió en tres grupos, la primera corresponde a los genotipos con los porcentajes más altos y que superan a los dos testigos comerciales, los cuales son: Q3xR1 (87.51%), F3x(Q3xR1)(86.42%), R1xQ3(85.19%), (45x47)xR1(85.14%), K3xL1(85.11%), Q3xL1(84.28%), K3x(Y4xR1) (83.36%), F3 (82.72%), F3x(Y4xR1)(82.06%), R1(81.80%), (Q3xR1)xF3(81.48%). El segundo grupo corresponde al grupo que superan a Floradade los cuales son: k3x(Q3xR1)(79.90%), F3x(45x47)(78.82%), (45x47)xF3(78.74%), PobTom11(78.22%), Q3x(45x47) (76.92%), S1xL1(73.26%), Q3(72.35%), L1(71.54). El tercer grupo corresponde a los que superan al testigo Río Grande, los cuales son: Floradade (67.56%), (Y4xQ3)x(45x47) (64.99%), (Y4xR1) (63.89%). La selección se lleva a cabo los que están en el rango de 70-100%.

La selección final de los genotipos es para aquellos que obtuvieron un porcentaje a partir de 70 hasta los que presentaron valores arriba de 80%, los cuales son: F3x(Q3xR1), R1xQ3, (45x47)xR1, K3xL1, Q3xL1, K3x(Y4xR1), F3, F3x(Y4xR1), R1, (Q3xR1)xF3, K3x(Q3xR1), F3x(45x47), (45x47)xF3, PobTom11, Q3x(45x47), S1xL1, Q3, L1.

En base a los resultados obtenidos en los análisis realizados para este trabajo se aceptan las hipótesis planteadas al inicio, de que los híbridos formados mediante cruces dirigidos pueden superar a los progenitores en algunas de las variables evaluadas.

El uso de la hibridación como método permite explotar el vigor híbrido, expresándose en precocidad, rendimiento y calidad de frutos, además deja en claro que es posible generar materiales genéticos con alto potencial para zonas áridas o con ambientes extremos.

En este trabajo se encontraron líneas con características sobresalientes, con las que puede continuar un programa de mejoramiento, ya que han sido evaluadas bajo diferentes condiciones ambientales y han mostrado buena adaptación, rendimiento y calidad en sus frutos, y tolerancia a condiciones de estrés bióticas y abióticas.

El análisis de heterosis mostró que la mayoría de las variables de rendimiento muestran heterosis en comparación con las variables de calidad donde pocos genotipos presentan más del 100% de heterosis para calidad nutrimental.

Para rendimiento los mejores materiales fueron: F3, K3xL1, F3x(Q3xR1), Los materiales más promisorios como Q3, 45x47xR1, Y4x(45xTq) fueron más sobresalientes en licopeno y en vitamina C (45x47)xF3, Y41. Los más precoces fueron F3(45x47), K3xY4xR1, Q3xL1, R1x(45x47).

Los materiales que mejor comportamiento tuvieron en el ambiente uno, invernadero 2013, fueron: Q3, R1, F3 en rendimiento, en el ambiente dos los mejores fueron: Q3x(45x47), PobTom11, L1, F3(45x47), (Q3xR1), en el tercer ambiente los mejores son S1xL1, Q3xL1, Y4xR1, F3(Q3xR1).

Se recomienda que los materiales antes mencionados con buenas características agronómicas puedan realizarse más trabajos en más ambientes y ser liberados algunos de ellos como variedad híbridos ó variedades, en el caso de las líneas.

## VI. LITERATURA CITADA

- Acevedo, M., Reyes, E., Castrillo, W., Torres, O., Marín, C., Álvarez, R., Torres, E. (2010). Estabilidad fenotípica de arroz de riego en Venezuela utilizando los modelos LIN-BINNS y AMMI. *Agronomía Tropical*, 60(2), 131–138.
- Acosta-Gallegos, J. A., Espinoza-Trujillo, E., Sanchez-Garcia, B. M., Jimenez-Hernandez, Y., Salinas-Perez, R. A., Rosales-Serna, R., Gonzalez-Rivas, C. (2012). Adaptación del frijol tipo Flor de Junio a diferentes ambientes de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15, 427–438.
- Alanís, H. W., Quintero, V. P., García, F. Z., García, N. M., Gámez, A. J., Cavazos, G. A., Alcalá, L. (2010). Modelo de Finlay y Wilkinson vs. el modelo AMMI para analizar la interacción genotipo-ambiente en sorgo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(2), 117–123.
- Alexander, L. *Productores de Hortalizas*. (2015). De campo abierto a producción en macrotúneles. Retrieved February 06, 2015, from <http://www.hortalizas.com/cultivos/de-campo-abierto-a-produccion-en-macrotuneles>.
- Amaefula, C., Agbo, C. U., & Nwofia, G. E. (2014). Hybrid Vigour and Genetic Control of Some Quantitative Traits of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Open Journal of Genetics*, 4(01), 30.
- Aspeytia, H. F. (1994). Rendimiento y fenología de genotipos de tomate bajo condiciones de altas temperaturas en invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Bayer de México. (2012). Guía de identificación de plagas y enfermedades del tomate (pp. 1–40).

Bell, N., Detweiler, A. J., Noordijk, H., and Bubl, C. (2014). Cultive sus propios tomates y tomatillos. Corvallis, Or.: Extension Service, Oregon State University (pp. 1–14).

Amaefula, C., Agbo, C. U., & Nwofia, G. E. (2014). Hybrid Vigour and Genetic Control of Some Quantitative Traits of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Open Journal of Genetics*, 4(01), 30.

Aspeytia, H. F. (1994). Rendimiento y fenología de genotipos de tomate bajo condiciones de altas temperaturas en invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Bayer de México. (2012). Guía de identificación de plagas y enfermedades del tomate (pp. 1–40).

Bell, N., Detweiler, A. J., Noordijk, H., and Bubl, C. (2014). Cultive sus propios tomates y tomatillos. Corvallis, Or.: Extension Service, Oregon State University (pp. 1–14).

Birchler, J. A., Yao, H., Chudalayandi, S., Vaiman, D., and Veitia, R. A. (2010). Heterosis. *The Plant Cell*, 22(7), 2105–12.

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.

Brunele, F. R., Henriques, D. J., Stringheta, P. C., Rezende, P. C., Rodrigues, G., and Chartuni, E. (2010). Quality of tomatoes grown under a protected environment and field conditions. *Idesia (Chile)*, 28(2), 75–82.

Carli, P., Barone, A., Fogliano, V., Frusciante, L., & Ercolano, M. R. (2011). Dissection of genetic and environmental factors involved in tomato organoleptic quality. *BMC plant biology*, 11(1), 58.

Cruz, B, R. M., González Gallego, J., & Sánchez Collado, P. (2013). Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno. *Nutrición Hospitalaria*, 28(1), 6-15.

Centro de Información de Micronutrientes. Linus Pauling Institute.

<http://ipi.oregonstate.edu/es/mic/vitaminas/vitamina-C>

Chauhan, K., Sharma, S., Agarwal, N., & Chauhan, B. (2011). Lycopene of tomato fame: its role in health and disease. *International Journal of Pharmace.*

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).

Chew, Y., Gaytán, A., Espinoza, J. de J., Reta, D., Reyes, I., Chew, R., and Ramírez, R. (2012). Planta de tomate injertada bajo condiciones de invernadero: rendimiento y calidad del fruto. *AGROFAZ.*

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.

Cruz, B. R. M., González, G. J., & Sánchez, C. P. (2013). Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno. *Nutrición Hospitalaria*, 28(1), 6-15.

Delgadillo Villarroel, J. E., & Calani Viadez, L. A. (2014). Nutraceuticos. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 42, 2190

European Food Information Council.

<http://www.eufic.org/article/es/expid/basics-carbohidratos/>

FAO. (n.d.). *FAO statistic.*

Fehr, W. R. (1991). *Principles of cultivar development. Vol. I. Theory and technique.* Macmillan Publishing. (M. P. CO., Ed.). New York.

Flores, N. A., Vázquez B. M. y Borrego E. F. (2011). Análisis de la homogeneidad, distinción y estabilidad de tres variedades sobresalientes de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2, 5–16.

Florido, M., Plana, D., Álvarez, M., Moya, C., Lara, R., Valera, M., & Shagarodski, T. (2011). Relación entre la termoestabilidad de la membrana, la viabilidad celular y los criterios de tolerancia en la evaluación de la tolerancia al calor en tomate (*Solanum L. sección Lycopersicon susección Lycopersicon*). *Cultivos Tropicales*, 32(1), 38–49.

- Fortes, R., Prieto, M. H., González, J. A., & Campillo, C. (2013). Evaluación del riego deficitario controlado sobre la calidad y la producción en las distintas fases fenológicas del tomate para industria. (pp. 1–6).
- García, A., Contreras, A., Rodríguez, M., & Trujillo, N. Y. (2010). Características físicas y químicas del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad pera. @ Limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria, 8(1), 75–82.
- Garg, N., & Cheema, D. S. (2011). Assessment of fruit quality attributes of tomato hybrids involving ripening mutants under high temperature conditions. *Scientia Horticulturae*, 131, 29–38.
- Gaspar-Peralta, P., Carrillo-Rodríguez, J. C., Chávez-Servia, J. L., Vera-Guzmán, A. M., & Pérez-León, I. (2012). Variación de caracteres agronómicos y licopeno en líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Phyton*, 81, 15–22.
- Gil Hernández, Á. (2005). Tratado de nutrición. Acción Médica. Tomo II
- Gómez, R., Hernández, L., Cossio, L., López, J., & Sánchez, R. (2011). Enfermedades fúngicas y bacterianas del cultivo de tomate en el estado de Nayarit (pp. 1–85).
- Grijalva, R. L., Macías, R., & 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.
- Hdider, C., Ilahy, R., Tlili, I., Lenucci, M. S., & Dalessandro, G. (2013). Effect of the stage of maturity on the antioxidant content and antioxidant activity of high-pigment tomato cultivars grown in Italy. *Food*, 7(1), 1-7.
- Hernandez, M., Chailloux, M., Moreno, V., Mojena, M., & Salgado, J. (2014). Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego de primavera-verano. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 106–115.
- Hernández-Bautista, A., Lobato-Ortiz, R., Cruz-Izquierdo, S., García-Zavala, J. J., & Chávez-Servia, J. L. (2014). Variación fenotípica, heterosis y heredabilidad de una cruce interespecífica de jitomate. *Interciencia*, 39(5), 327–332.

- Hernández-Leal, E., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., Reyes-López, D., Méndez-López, A., & Hernández-bautista, Olga Bonilla-Barrientos, A. (2013). Comportamiento agronómico de poblaciones f<sub>2</sub> de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(3), 209–215.
- Ilahy, R., Hdider, C., Lenucci, M. S., Tlili, I., & Dalessandro, G. (2011). Phytochemical composition and antioxidant activity of high-lycopene tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars grown in Southern Italy. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 255–261.
- INTRAGRI. (2013). Producción de fresas en macro túneles. Retrieved February 06, 2015, from [http://www.intagri.com.mx/noticia\\_8.html](http://www.intagri.com.mx/noticia_8.html)
- Jarquín, L. (2013). Estudios del efecto de la calidad de luz sobre la síntesis y la acumulación de licopeno en frutos de tomate cultivados en invernadero.
- Jiang, K., Liberatore, K. L., Park, S. J., Alvarez, J. P., & Lippman, Z. B. (2013). Tomato Yield Heterosis Is Triggered by a Dosage Sensitivity of the Florigen Pathway That Fine-Tunes Shoot Architecture. *PLoS Genetics*, 9(12).
- Kumar, R., Srivastava, K., Singh, N. P., Vasistha, N. K., Singh, R. K., & Singh, M. K. (2013). Combining Ability Analysis for Yield and Quality Traits in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.), 5(2), 213–218.
- Kusano, M., & Fukushima, A. (2013). Current challenges and future potential of tomato breeding using omics approaches. *Breeding Science*, 63(1), 31–41.
- Leyva, R., Constán-Aguilar, C., Blasco, B., Sánchez-Rodríguez, E., Romero, L., Soriano, T., & Ruíz, J. M. (2013). Effects of climatic control on tomato yield and nutritional quality in Mediterranean greenhouse. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(April), 63–70.
- Lorenzo, P. (2012). El cultivo en invernaderos y su relación con el clima. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios (CEA)*, 3, 23-44.
- Lü, J. M., Lin, P. H., Yao, Q., & Chen, C. (2010). Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: experimental approaches and model systems. *Journal of cellular and molecular medicine*, 14(4), 840-860.

- Luna-Guevara, M. L., & Delgado-Alvarado, A. (2014). Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(1), 51-66.
- Magaña-Lira, N., Peña-Lomelí, A., Sánchez-del Castillo, F., Rodríguez-Pérez, J. E., & Morno-Pérez, E. (2013). Comportamiento productivo de híbridos F1 de tomate y sus poblaciones F2. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(4), 371-379.
- Martín-Hernández, S., Ordaz-Chaparro, V. M., Sánchez-García, P., Colinas-Leon, B., María, T., & Borges-Gómez, L. (2012). Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponia con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia*, 46(3), 243-254.
- Mazuela, P., Acuña, L., Álvarez, M., & Fuentes, Á. (2010). Producción y calidad de un tomate cherry en dos tipos de invernadero en cultivo sin suelo. *IDESIA (Chile)*, 28(2), 97-100.
- Meléndez, L. de H. (2013). Consejos para tu primer macrotúnel. Retrieved from <http://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/consejos-para-tu-primer-macrotunel>
- Mendoza, A. (2010). Selección de genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) por su rendimiento y eficiencia fisiotécnica, bajo diferentes ambientes. Tesis de Maestría en Ciencias en Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Mendoza-de Jesús, V., Sahagún-Castellanos, J., Rodríguez-Pérez, J. E., Legaria-Solano, J. P., Peña-Lomelí, A., & Pérez-Grajales, M. (2010). Heterosis intervarietal en jitomate de crecimiento indeterminado tipo saladete. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 16(1), 57-66.
- Monge-Perez, J. E. (2014). Caracterización de 14 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill .) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 27(4), 58-68.
- Morales, M., Espinosa, G., Morales, Á., Sánchez, B., Jiménez, Á., & Milián-García, Y. (2014). Caracterización morfológica y evaluación de resistencia a *Fusarium oxysporum* en especies silvestres del género *Solanum* sección *Lycopersicon*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XVI(1), 62-73.

- Murray, R., Mayes, P., Granner, D., Rodwell, V. (2005). Bioquímica de Harper. México: Manual Moderno. PP.165, 166-170, 222.
- Nishino, H., Murakoshi, M., Tokuda, H., & Satomi, Y. (2009). Cancer prevention by carotenoids. Archives of biochemistry and biophysics, 483(2), 165-168.
- Pacco, H. C., Rinaldi, M. M., & Sandri, D. (2014). Características de tomate producido con agua tratada en interior y exterior de invernadero, 417–425.
- Peréz, M. B., Albarracín, M., Moratinos, H., y Zapata, F. (2012). Rendimiento y calidad de fruto en cuatro cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 29, 395–412.
- Perrone, S., Tataranno, M. L., Stazzoni, G., & Buonocore, G. (2012). Oxidative stress and free radicals related diseases of the newborn. Advances in Bioscience and Biotechnology 3, 1043-1050.
- Pinacho-Hernández, A., José-José, E., Carrillo-Rodríguez, J. C., Villegas-Aparicio, Y., Chávez-Servia, J. L., & Vera-Guzmán, A. M. (2011). Heterosis interpoblacional de híbridos F2 de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) nativo de Oaxaca, México. Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, 55, 74–77.
- Porres, V., de León, E., & Cifuentes, R. (2014). Evaluación de cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones de invernadero en los dep. Revista 27 de La Universidad Del Valle de Guatemala, 75–81.
- Rana, N., Kumar, M., Walia, A., & Sharma, S. (2014). Tomato Fruit Quality under Protected Environment and Open Field Conditions. International Journal of Bio-Resource and Stress Management, 5(3), 422
- Reddy, B. R., Begum, H., Sunil, N., & Reddy, M. T. (2013). Genetic divergence studies in exotic collections of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). International Journal of Agricultural Sciences, 9(2), 588–592.
- Reyes, A. I., Núñez, H. G., Héctor, G., Hernández, G., Alpuche, Á. G., Garcidueñas, C., & Morales, J. F. (2013). ADNC relacionados con la maduración del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.). Caracterización y análisis de expresión. Revista Fitotecnia Mexicana, 36(2), 117–125.

- Richelle, M., Lambelet, P., Rytz, A., Tavazzi, I., Mermoud, A. F., Juhel, C. & Bortlik, K. (2012). The proportion of lycopene isomers in human plasma is modulate.
- Rivas, M. P., Albarracín, M., Moratinos, H., & Navas, F. Z. (2012). Rendimiento y calidad de fruto en cuatro cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 29(3).
- Rodríguez, G., Cárdenas, Y., & Sánchez, L. (2010). Efectos de heterosis para el contenido de sólidos solubles y el tamaño del fruto en el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y su adaptación para los sistemas de cultivo protegido. Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova,” 66–77.
- Rodríguez, G., da Costa, J., Pratta, G., Zorzoli, R., & Picardi, L. (2013). Recursos Genéticos y Genómicos para Mejorar la Calidad del Fruto en Tomate. *AGROMENSAJES*, 35, 30–36.
- Rodríguez-González, R. E., Ponce-Medina, J. F., Rueda-Puente, E. O., Avendaño-Reyes, L., Paz-Hernández, J. J., Santillano-Cazares, J., & Cruz-Villegas, M. (2011). Interacción genotipo-ambiente para la estabilidad de rendimiento en trigo en la región de Mexicali, B. C., México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 543–558.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Bassal, A., Leonardi, C., Giuffrida, F., & Colla, G. (2012). Vegetable quality as affected by genetic, agronomic and environmental factors. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(3&4), 680-688.
- Saeed, A., Hasan, N., Shakeel, A., Saleem, M. F., Khan, N. H., Ziaf, K., & Saeed, N. (2014). (2014). Genetic analysis to find suitable parents for development of tomato hybrids. *Life Science Journal*, 11, 30–35.
- SAGARPA. (2010). Monografías de cultivos Jitomate (pp. 1–10).
- Santos, B. M., Obregón-Olivas, H. A., & Salamé-Donoso, T. P. (2010). Producción de Hortalizas en Ambientes Protegidos : Estructuras para la Agricultura Protegida 1. UF/IFAS (pp. 1–5).
- Sarawat, P., Stoddard, F. L., Marshall, D. R., & Ali, S. M. (1994). Heterosis for yield and related characters in pea. *Euphytica* 80(1-2), 39–48.

- Shah, M. A., Khan, A. I., Awan, F. S., Sadaqat, H. A., Bahadur, S., Rasheed, A., & Baloch, F. S. (2014). Genetic Diversity of Some Tomato Cultivars and Breeding Lines Commonly Used in Pakistani Breeding Program. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(3).
- Shankar, A., Reddy, R., Sujatha, M., & Pratap, M. (2014). Development of superior F 1 hybrids for commercial exploitation in tomato, *Solanum lycopersicum* L. *International Journal of Farm Sciences*, 4(2), 58–69.
- SIAP. (2014). Producción agrícola.
- Solieman, T. H. I., El-Gabry, M. A. H., & Abido, A. I. (2013). Heterosis, potence ratio and correlation of some important characters in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia Horticulturae*, 150, 25–30.
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1980). Principles and procedures of statistics. (N. Y. Graw, Mc Hill, Ed.) (p. 481).
- Taxonomia del tomate.  
<http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=SOLY2>
- University of Maryland Medical Center.  
<http://umm.edu/health/medical/altmed/supplement/vitamin-c-ascorbic-acid>
- Valle, M. E., & Rodríguez, G. (2011). Evaluación de vitamina C por HPLC en el desarrollo postcosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* v. Dominator). *Revista ECIPERÚ*.
- Waliszewski, K. N., & Blasco, G. (2010). Propiedades nutraceuticas del licopeno. *Salud Pública de México*, 52(3), 254–265.
- Žnidarčič, D., Ban, D., Oplanić, M., Karić, L., & Požrl, T. (2010). Influence of postharvest temperatures on physicochemical quality of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(1), 21-25.
- Zobel, H. (1988). Starch crystal transformations and their industrial importance. *Starch-Stärke*, 40(1), 1–7.

## VII. APÉNDICES

### A1. Comparación de medias en el ambiente uno, para variables fenológicas y de rendimiento en 44 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila. 2013.

GENOTIPO	DPC	DC	DUC	NC	PPF	RNDTHA
F3x(Q3xR1)	116.00ab	43.00c-e	159.00a	4.67ab	123.51a-d	97.38a-c
F3x(Y4xR1)	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	112.14a-g	83.88a-c
F3x(45x47)	95.00d	64.00a	159.00a	5.67ab	96.42b-j	83.04a-c
K3xL1	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	105.62a-g	84.93a-c
K3x(Q3xR1)	121.33a	37.67e	159.00a	4.67ab	149.06a	69.17a-c
K3x(Y4xR1)	95.00d	64.00a	159.00a	5.67ab	124.83a-d	110.70ab
Q3xL1	95.00d	64.00a	159.00a	5.67ab	98.28a-j	94.26a-c
Q3xR1	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	103.44a-i	103.28a-c
(Q3xR1)xF3	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	97.78a-j	73.43a-c
Q3x(45x47)	102.00dc	57.00ab	159.00a	5.33ab	81.50d-j	76.10a-c
R1xQ3	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	94.88b-j	81.82a-c
R1x(45X47)	95.00d	64.00a	159.00a	5.67ab	97.41a-j	85.08a-c
(Y4xQ3)x(45x47)	116.00ab	39.67de	155.67a	4.67ab	70.35e-j	55.37bc
Y4x(45xTq)	116.00ab	43.00c-e	159.00a	4.67ab	71.19e-j	84.81a-c
(45x47)xF3	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	71.73e-j	70.76a-c
(45x47)xR1	95.00d	64.00a	159.00a	6.00a	87.80b-j	90.16a-c
(45x47)x(S1xL1)	116.00ab	39.67de	155.67a	4.33b	98.76a-j	64.73a-c
Pobtom5	95.00d	64.00a	159.00a	6.00a	59.53h-j	78.38a-c
PobTom7	95.00d	60.67ab	155.67a	5.33ab	62.96f-j	73.72a-c
PobTom8	95.00d	64.00a	159.00a	6.00a	59.34h-j	69.26a-c
PobTom9	116.00ab	39.67de	155.67a	4.67ab	67.22e-j	80.97a-c
PobTom11	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	79.47d-j	92.93a-c
B2	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	116.20a-e	73.37a-c
CBXTQ	103.00dc	56.00a-c	159.00a	4.33b	86.05b-j	61.80a-c
D1	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	134.93a-c	102.10a-c
F3	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	135.92ab	122.82a
K3	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	136.97ab	70.64a-c
L1	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	86.28b-j	70.43a-c
Q3	107.33bc	51.67a-d	159.00a	4.33b	87.17b-j	81.76a-c
R1	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	113.78a-f	106.34a-c
S1xL1	116.00ab	43.00c-e	159.00a	4.67ab	118.07a-e	86.24a-c
Y4XQ3	111.67a-c	47.33b-e	159.00a	4.67ab	50.01j	50.44bc
Y4xR1	116.00ab	43.00c-e	159.00a	4.67ab	90.63b-j	62.89a-c

Y533	107.33bc	51.67a-d	159.00a	4.33b	96.31b-j	44.87c
45x47	111.67a-c	47.33b-e	159.00a	4.67ab	61.23g-j	50.47bc
(11x12)x47	116.00ab	43.00c-e	159.00a	4.67ab	56.88h-j	59.28a-c
(Y4xQ3)xL1	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	96.40b-ij	85.46a-c
PobTom4	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	67.42e-j	80.42a-c
PobTom2	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	83.80c-j	76.10a-c
PobTom6	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	54.71h-j	69.28a-c
Y41x(45xTq)	116.00ab	43.00c-e	159.00a	4.67ab	52.16ij	73.72a-c
(Y4xQ3)x(Y4)	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	78.71d-j	68.07a-c
(Y4)x(Y4xQ3)	116.00ab	43.00c-e	159.00a	5.00ab	82.89d-j	91.16a-c
Y41x(Y4xR1)	95.00d	58.00ab	155.67a	5.67ab	76.03d-j	91.11a-c

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

## A2. Comparación de medias en el ambiente 2, para variables fenológicas y de rendimiento en 50 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Parras de la Fuente Coahuila 2014.

GENOTIPO	DPC	DC	DUC	NC	PPF	RNDTHA
(F3)x(Q3xR1)	92.00a	28.00a-e	120.00a-e	4.00a-e	66.50b-k	28.09-h
(F3)x(Y4xR1)	92.00a	30.33a-d	122.33a-d	4.33a-d	133.67ab	57.34a-h
(F3)x(45x47)	92.00a	32.66a-d	124.66a-d	4.66a-d	119.81a-c	70.05a-d
K3xL1	92.00a	28.00a-e	120.00a-e	4.00a-e	154.00a	105.43a
(K3)x(Q3xR1)	92.00a	25.66a-e	117.66a-e	3.66a-e	101.75a-g	47.86b-h
(K3)x(Y4xR1)	92.00a	21.00c-e	113.00c-e	3.00c-e	98.88a-h	31.27b-h
Q3xL1	92.00a	32.66a-d	124.66a-d	4.66a-d	92.36a-j	43.46b-h
Q3xR1	92.00a	28.00a-e	120.00a-e	4.00a-e	118.01a-e	67.27a-f
(Q3xR1)x(F3)	92.00a	28.00a-e	120.00a-e	4.00a-e	119.58a-d	76.43ab
(Q3)x(45x47)	92.00a	28.00a-e	120.00a-e	4.00a-e	81.92b-j	54.63a-h
R1xQ3	92.00a	28.00a-e	120.00a-e	4.00a-e	68.66b-k	55.49a-h
R1x(45x47)	92.00a	25.66a-e	117.66a-e	3.66a-e	95.50a-i	51.49a-h
(Y4xQ3)x(45x47)	92.00a	32.66a-d	124.66a-d	4.66a-d	62.25c-k	37.84b-h
(Y4xQ3)x(Y4)	92.00a	28.00a-e	120.00a-e	4.00a-e	87.30a-k	54.59a-h
(45x47)xF3	92.00a	32.66a-d	124.66a-d	4.66a-d	116.33a-e	63.13a-g
(45x47)xR1	92.00a	25.66a-e	117.66 a-e	3.66a-e	107.00a-f	48.29a-h
(45x47)x(S1xL1)	92.00a	28.00a-e	120.00a-e	4.00a-e	51.11d-k	29.00b-h
PobTom5	92.00a	35.00a-c	127.00a-c	5.00abc	36.59g-k	48.04b-h
PobTom7	92.00a	35.00a-c	127.00a-c	5.00abc	42.77f-k	65.24a-g
PobTom8	92.00a	39.66a	131.67a	5.66a	41.33f-k	39.92b-h
(Y41)x(Y4xR1)	92.00a	39.66a	131.67a	5.66a	38.09g-k	67.84a-e
PobTom11	92.00a	39.66a	131.67a	5.66a	66.27b-k	74.35a-c
B2	92.00a	28.00a-e	120.00a-e	4.00a-e	39.45f-k	35.26b-h

(CBxTq)	92.00a	37.33ab	129.33ab	5.33ab	27.95i-k	22.77b-h
D1	92.00a	25.66a-e	117.66a-e	3.66a-e	44.54f-k	10.28f-h
F3	92.00a	25.66a-e	117.66a-e	3.66a-e	25.47jk	8.83gh
K3xL1	92.00a	35.00a-c	127.00a-c	5.00a-c	56.09c-k	50.96a-h
L1	92.00a	28.00a-e	120.00a-e	4.00a-e	55.33c-k	56.19a-h
Q3	92.00a	21.00c-e	113.00c-e	3.00c-e	39.97f-k	11.88e-h
R1	92.00a	25.66a-e	117.66a-e	3.66a-e	39.75f-k	23.84b-h
(S1xL1)	92.00a	25.66a-e	117.66a-e	3.66a-e	31.93h-k	17.12d-h
(Y4xQ3)	92.00a	25.66a-e	117.66a-e	3.67a-e	41.67f-k	19.08c-h
(Y4xR1)	92.00a	25.67a-e	117.66a-e	3.66a-e	25.00jk	5.31h
Y533	92.00a	39.67a	131.66a	5.66a	20.70k	22.09b-h
(45x47)	92.00a	25.67a-e	117.66a-e	3.66a-e	36.33g-k	8.18gh
(11x12)x47	92.00a	23.33b-e	115.33b-e	3.33b-e	23.27k	15.34d-h
(Y533)x(45xTq)	92.00a	32.66a-d	124.66a-d	4.66a-d	51.86c-k	43.98b-g
PalacioxPool	92.00a	32.66a-d	124.66a-d	4.66a-d	30.24i-k	43.23b-h
FloradexPool	92.00a	32.66a-d	124.66a-d	4.66a-d	45.60f-k	55.96a-h
PegasoxPool	92.00a	35.00a-c	127.00a-c	5.00a-c	22.93k	12.72c-h
(Y41)x(45xTq)	92.00a	39.67a	131.67a	5.67a	25.03jk	15.67d-h
MontecarloxPool	92.00a	32.67a-d	124.67a-d	4.67a-d	47.38f-j	34.36b-h
ToroxPool	92.00a	30.33a-d	122.33a-d	4.33a-d	27.56i-k	18.69c-h
(Y4xQ3)xD1	92.00a	18.67de	110.67de	2.67de	62.83c-k	11.24e-h
D1x(Y4xQ3)	92.00a	18.67de	110.67de	2.67de	64.08c-k	10.52f-h
(Q3)x(11x12x47)	92.00a	21.00c-e	113.00c-e	3.00c-e	49.97e-k	10.28f-h
DON RAUL	92.00a	21.00c-e	113.00c-e	3.00c-e	35.01g-k	11.74e-h
MONTECARLO	92.00a	25.67a-e	117.67a-e	3.67a-e	95.50a-i	29.63b-h
RIO GRANDE	92.00a	14.00e	106.00e	2.00e	25.36kj	4.74h
FLORADADE	92.00a	32.67a-d	124.67a-d	4.67a-d	20.67k	12.78e-h

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

**A3. Comparación de medias en el ambiente 3, 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	RNDTHA
K3x(Y4xR1)	89.00a	26.00a	115.00	4.00a	95.76b-f	49.06b-f
(R1xQ3)	92.00a	23.00a	115.00	3.67a	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	3.67a	92.46b-f	66.05a-c
Q3	95.00a	20.00a	115.00	3.33a	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	3.67a	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	3.33a	118.77a-d	43.29a-f
R1	92.00a	23.00a	115.00	3.67a	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	3.33a	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	3.67a	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	3.33a	116.67a-c	61.60b-f
F3x(Y4xR1)	89.00a	26.00a	115.00	4.00a	136.00ab	68.14b-f
(Q3xL1)	89a	26a	115	4.00a	118.16a-c	76.58b-f
(Q3xR1)xF3	89a	26a	115	4.00a	130.18a-c	71.56b-f
Don Raul	89a	26a	115	4.00a	51.89f-i	41.28b-f
(45x47)xF3	92a	23a	115	3.67a	77.78d-i	58.96b-f
Montecarlo	92a	23a	115	3.67a	91.87b-h	46.21c-f
(Y4xQ3)x(45x47)	89a	26a	115	4.00a	61.05e-i	49.76c-f
(Q3xR1)	89a	26a	115	4.00a	105.08a-e	61.66d-f
(45x47)xQ3	92a	23a	115	3.67a	11.07a-e	56.17d-f
Floradade	92a	23a	115	3.67a	71.45d-i	49.25ef
Río Grande	98a	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

**A4. Comparación de medias en el ambiente 1, para variables de contenido nutricional en 44 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Buenavista, Saltillo, Coahuila 2013.**

GENOTIPO	pH	BRIX	VITC	LICOP
F3x(Q3xR1)	4.90ab	4.40a-f	15.11c-i	2.63a-c
F3x(Y4xR1)	4.87ab	4.53a-e	12.43f-i	1.86a-c
F3x(45x47)	4.80ab	4.27a-g	17.39a-h	0.68bc
K3xL1	4.97ab	4.333a-g	12.12g-i	2.84a-c
K3x(Q3xR1)	4.93ab	4.27a-g	16.82b-i	2.77a-c
K3x(Y4xR1)	4.73b	4.47a-e	18.56a-h	0.42c
Q3xL1	4.80ab	4.13b-g	14.83d-i	0.39c
Q3xR1	5.00ab	4.07b-g	12.42f-i	3.81a-c
(Q3xR1)xF3	4.97ab	3.80d-g	13.76d-i	1.28a-c
Q3x(45x47)	2.43d	4.20a-g	12.35f-i	0.55bc
R1xQ3	5.13ab	4.60a-e	15.92c-i	5.57ab
R1x(45x47)	4.80ab	4.33a-g	15.79c-i	0.61bc
(Y4xQ3)x(45x47)	5.13ab	4.07b-g	16.78c-i	2.18a-c
Y4x(45xTq)	5.20ab	5.27a	20.99a-c	5.98a
(45x47)xF3	5.03ab	4.20a-g	24.12a	4.05a-c
(45x47)xR1	4.80ab	4.30a-g	15.22c-i	4.19a-c
(45x47)x(S1xL1)	5.10ab	4.47b-d	19.38a-f	2.89a-c
Pobtom5	4.77ab	3.80d-g	12.78e-i	0.73bc
PobTom7	4.83ab	4.60a-e	11.65hi	0.73bc
PobTom8	4.00c	4.47a-e	14.38c-i	0.80bc
PobTom9	4.83ab	4.60a-e	10.09i	3.16a-c
PobTom11	5.10ab	3.67e-g	15.09c-i	2.62a-c
B2	5.17ab	4.93a-c	11.47hi	4.35a-c
CBXTQ	5.13ab	3.93c-g	14.43c-i	2.59a-c
D1	5.07 ab	3.80d-g	12.15g-i	0.99a-c
F3	5.13 ab	3.67e-g	16.44c-i	1.18a-c
K3	5.13 ab	3.33fg	13.99c-i	2.45a-c
L1	5.10 ab	3.27g	13.59d-i	3.20a-c
Q3	4.87 ab	4.80a-d	15.75c-i	4.90a-c
R1	5.03 ab	4.07b-g	13.45d-i	3.88a-c
S1xL1	5.00 ab	4.13b-g	16.81c-i	0.67bc
Y4XQ3	5.00 ab	4.47a-e	15.80c-i	2.10a-c
Y4xR1	5.17 ab	4.93a-c	17.33a-h	1.78a-c
Y533	5.13ab	3.33fg	16.46b-i	1.40a-c
45x47	5.13ab	4.73a-e	20.46a-d	2.02a-c
(11x12)x47	5.10ab	4.13b-g	14.77c-i	1.48a-c
(Y4xQ3)xL1	5.03ab	4.27a-g	19.23a-g	1.03a-c
PobTom4	5.17ab	4.07b-g	18.25a-h	2.50a-c
PobTom2	5.10ab	4.13b-g	16.73b-i	1.45a-c
PobTom6	5.30a	4.00c-g	22.77ab	3.31a-c
Y41x(45xTq)	5.17ab	5.13ab	18.89a-g	2.56a-c

(Y4xQ3)x(Y4)	5.03ab	4.87a-c	13.24e-i	3.65a-c
(Y4)x(Y4xQ3)	5.10ab	5.00a-c	19.80a-e	2.58a-c
Y41x(Y4xR1)	5.07ab	4.60a-e	14.71c-i	1.05a-c

pH (Potencial de iones Hidrogeno), BRIX (Grados Brix), VITC (Vitamina C) LICOP (Licopeno)  
Medias con letras distintas presentan diferencia significativa, Tukey 0.05

### A5. Comparación de medias en el ambiente dos, para variables de contenido nutricional en 50 genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. en Parras de la Fuente, Coahuila 2014.

GENOTIPO	PH	BRIX	VITC	LICOP
(F3)x(Q3xR1)	5.40a	4.60a-c	10.56a-c	8.79a
(F3)x(Y4xR1)	5.27ab	3.40b-d	8.81bc	8.76a
(F3)x(45x47)	5.47a	4.73a-c	19.95ab	7.88ab
K3xL1	5.33a	4.73a-c	10.83a-c	5.63a-c
(K3)x(Q3xR1)	5.53a	3.67a-c	6.86c	4.44a-c
(K3)x(Y4xR1)	5.40a	5.33ab	9.31bc	4.36a-c
Q3xL1	5.27ab	5.67a	13.45a-c	3.88a-c
Q3xR1	5.17ab	4.47a-c	9.62a-c	3.76a-c
(Q3xR1)x(F3)	4.93ab	4.40a-d	11.20a-c	3.65a-c
(Q3)x(45x47)	5.60a	3.27b-d	10.39a-c	3.46a-c
R1xQ3	5.33a	4.73a-c	14.42a-c	3.34a-c
R1x(45x47)	5.07ab	3.87a-d	12.05a-c	3.25a-c
(Y4xQ3)x(45x47)	5.67a	4.27a-d	8.98bc	2.90a-c
(Y4xQ3)x(Y4)	5.33a	3.87a-d	18.33a-c	2.89a-c
(45x47)xF3	5.20ab	4.27a-d	15.76a-c	2.82a-c
(45x47)xR1	5.20ab	4.00a-d	15.41a-c	2.78a-c
(45x47)x(S1xL1)	5.00ab	4.07a-d	12.50a-c	2.63a-c
PobTom5	5.40a	4.87a-c	8.46bc	2.58a-c
PobTom7	5.67a	4.40a-d	16.83a-c	2.44a-c
PobTom8	5.00ab	2.93dc	11.06a-c	2.31a-c
(Y41)x(Y4xR1)	5.07ab	3.87a-d	19.70ab	2.19a-c
PobTom11	5.53a	4.13a-d	7.99bc	2.08a-c
B2	5.33a	5.00a-c	13.39a-c	2.04a-c
(CBxTq)	5.47a	5.13a-c	6.46c	1.97a-c
D1	5.67a	4.27a-d	13.96a-c	1.92a-c
F3	5.40a	3.67a-d	7.70bc	1.87a-c
K3xL1	4.80ab	4.40a-d	12.21a-c	1.85a-c
L1	5.47a	4.27a-d	13.75a-c	1.76a-c
Q3	5.40a	4.40a-d	14.74a-c	1.66bc
R1	5.27ab	3.33b-d	8.60bc	1.65bc
(S1xL1)	5.20ab	3.20b-d	8.80bc	1.64bc
(Y4xQ3)	5.13ab	4.33a-d	7.99bc	1.52bc
(Y4xR1)	4.33b	4.33a-d	14.59a-c	1.52bc
Y533	5.67a	2.20d	7.80bc	1.49bc
(45x47)	5.10ab	4.27a-d	8.14bc	1.39bc

(11x12)x47	5.23ab	4.27a-d	16.15a-c	1.27bc
(Y533)x(45xTq)	5.17ab	3.60a-d	17.08a-c	1.27bc
PalacioxPool	4.93ab	4.40a-d	7.96bc	1.25bc
FloradadexPool	5.00ab	3.47a-d	15.03a-c	1.16bc
PegasoxPool	5.73a	4.40a-d	15.21a-c	1.15bc
(Y41)x(45xTq)	5.47a	4.60a-c	18.09a-c	1.13bc
Mont. x Pool	5.17ab	3.80a-d	18.56a-c	1.09bc
ToroxPool	4.90ab	3.83a-d	9.80a-c	1.09bc
(Y4xQ3)xD1	5.07ab	3.87a-d	7.35bc	1.02bc
D1x(Y4xQ3)	5.13ab	4.00a-d	12.84a-c	0.94bc
(Q3)x(11x12x47)	5.03ab	5.07a-c	7.81bc	0.71c
DON RAUL	5.03ab	3.47a-d	11.56a-c	0.67c
MONTECARLO	5.47a	4.60a-c	22.11a	0.65c
RIO GRANDE	5.17ab	3.93a-d	16.86a-c	0.63c
FLORADADE	5.10ab	4.87a-c	15.45a-c	0.62c

pH (Potencial de iones Hidrogeno), BRIX (Grados Brix), VITC (Vitamina C) LICOP (Licopeno)  
Medias con letras distintas presentan diferencia significativa, Tukey 0.05

#### A6. Comparación de medias en el ambiente 3, 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
(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	22.22a	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 Raul	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

PH (Potencial de iones de Hidrogeno), BRIX (Grados Brix), VITC (Vitamina C) LICOP (Licopeno)  
Medias con letras distintas presentan diferencia significativa, Tukey 0.05

#### A7. Comparación de medias para variables fenológicas y de rendimiento de genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. con base a su ambiente de evaluación.

AMBIENTE	DPC	DC	DUC	NC	PPF	RNDTHA
INVERNADERO 2013	110.541a	48.319a	158.861a	5.055a	98.672a	82.830a
PARRAS 2014	92.027b	28.583b	120.583b	4.083b	70.554b	40.385c
INVERNADERO 2014	92.250b	22.750c	115.00c	3.638c	106.243a	59.556b

DPC (Días a Primer Corte), DC (Días en Corte), DUC (Días a Último Corte), 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

#### A8. Comparación de medias para variables de contenido nutrimental de genotipos de tomate *Solanum lycopersicum* L. con base a su ambiente de evaluación.

AMBIENTE	PH	BRIX	VITC	LICOP
INVERNADERO 2013	4.838b	4.170b	15.576a	2.295b
PARRAS2014	5.301a	4.111b	11.583c	2.629ab
INVERNADERO 2014	4.579c	4.711a	14.148b	3.181a

PH (Potencial de iones de Hidrógeno), BRIX(Grados Brix), VITC (Vitamina C)  
Medias con letras distintas presentan diferencia significativa, Tukey 0.05

**A9. Medias de los progenitores y de la cruce F1 y porcentaje de heterosis en base a rendimiento para el primer ambiente Buenavista 2013.**

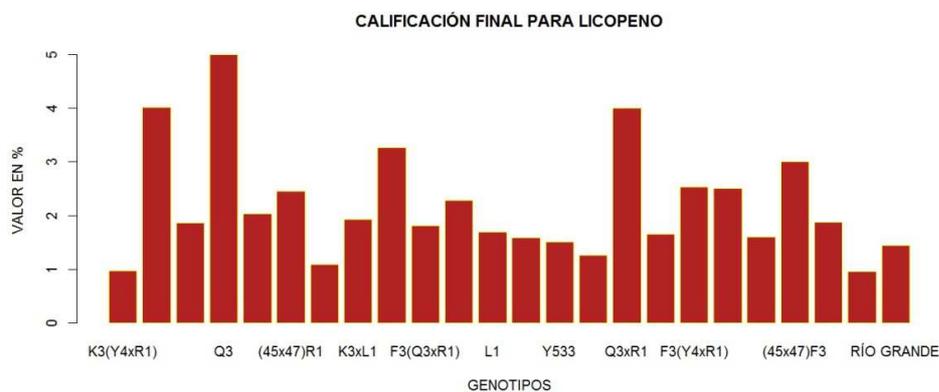
GENOTIPO F1	MEDIA DE LOS PROGENITORES (T/HA)	MEDIA DE LA F1(T/HA)	%HETEROSIS (T/HA)	MEDIA DE LOS PROGENITORES PPF(g.)	MEDIA DE LA F1 PPF(g.)	%HETEROSIS PPF
F3x(Y4xR1)	92.855	83.88	-9.67	113.27	112.14	-1.00
F3x(45X47)	86.645	83.04	-4.16	98.575	96.42	-2.19
K3x(Y4xR1)	66.765	110.7	65.81	113.8	124.83	9.69
(Q3xL1)	76.095	94.26	23.87	86.72	98.28	13.32
(Q3xR1)	94.05	103.28	9.81	100.47	103.44	2.95
Q3x(45x47)	66.115	76.1	15.10	74.2	81.5	9.84
(R1xQ3)	94.05	81.82	-13.00	100.475	94.88	-5.57
R1x(45x47)	78.405	85.08	8.51	87.50	97.41	11.32
(Y4xQ3)x(45x47)	50.455	55.37	9.74	55.62	70.35	26.48
(45x47)xF3	86.645	70.76	-18.33	98.57	71.73	-27.23
(45x47)xR1	78.405	90.16	14.99	87.50	87.8	0.34
(45x47)x(S1xL1)	68.355	64.73	-5.30	89.65	98.76	10.16

**A10. Medias de los progenitores y de la cruce F1 y porcentaje de heterosis en base a variables fenológicas para el primer ambiente Buenavista 2013.**

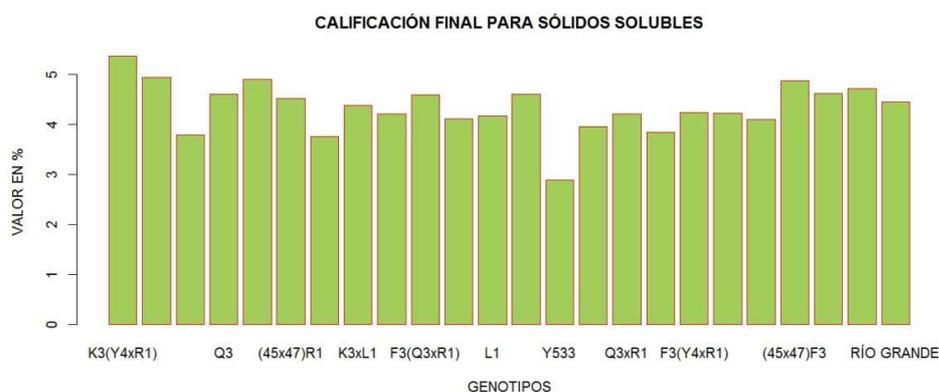
GENOTIPO F1	MEDIA DE LOS PROGENITORES (DPC)	MEDIA DE LA F1	%HETEROSIS (DPC)	MEDIA DE LOS PROGENITORES (DC)	MEDIA DE LA F1 DC	%HETEROSIS (DC)
F3x(Y4xR1)	116.00	116.00	0.00	43.00	43.00	0.00
F3x(45X47)	113.83	95.00	-16.54	45.17	64.00	41.70
(K3xL1)	116.00	116.00	0.00	43.00	43.00	0.00
K3x(Y4xR1)	116.00	95.00	-18.10	43.00	64.00	48.84
(Q3xL1)	111.65	95.00	-14.91	47.33	64.00	35.21
(Q3xR1)	111.65	116.00	3.90	47.33	43.00	-9.16
Q3x(45x47)	109.48	102.00	-6.83	49.50	57.00	15.16
(R1xQ3)	111.65	116.00	3.90	47.33	43.00	-9.16
R1x(45x47)	113.83	95.00	-16.54	45.17	64.00	41.70
(Y4xQ3)x(45x47)	111.66	116.00	3.89	47.33	39.67	-16.19
(45x47)xF3	113.83	116.00	1.91	45.17	43.00	-4.79
(45x47)xR1	113.83	95.00	-16.54	45.17	64.00	41.70
(45x47)x(S1xL1)	113.83	116.00	1.91	45.17	39.67	-12.17

**A11. Medias de los progenitores y de la craza F1 y porcentaje de heterosis en base a características nutrimentales para el primer ambiente. Buenavista 2013.**

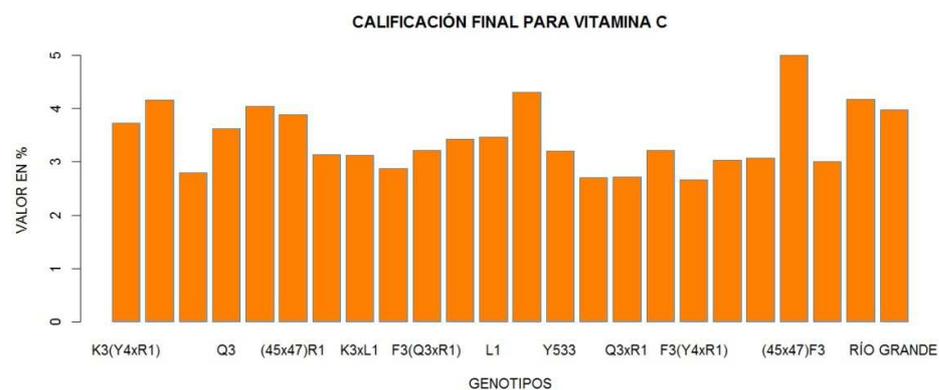
GENOTIPO F1	MEDIA DE LOS PROGENITORES (°BRIX)	MEDIA DE LA F1	%HETEROSIS (°BRIX)	MEDIA DE LOS PROGENITORES (VITAMINA C)	MEDIA DE LA F1 (VITAMINA C)	%HETEROSIS (VITAMINA C)	MEDIA DE LOS PROGENITORES (LICOPENO)	MEDIA DE LA F1	%HETEROSIS (LICOPENO)
F3x(Y4xR1)	4.3	4.5	4.65	16.85	12.4	-26.41	1.6	1.8	12.5
F3x(45X47)	4.2	4.3	2.38	18.45	17.4	-5.69	1.6	0.68	-57.38
(K3xL1)	3.5	4.3	22.86	13.8	12.1	-12.32	2.85	2.84	-0.39
K3x(Y4xR1)	4.1	4.7	14.63	15.65	18.6	18.85	2.25	0.42	-81.24
(Q3xL1)	4.25	4.13	-2.82	14.8	14.8	0	4.1	0.68	-83.37
(Q3xR1)	4.45	4.1	-7.87	14.75	12.4	-15.93	4.5	3.81	-15.4
Q3x(45x47)	4.75	4.5	-5.26	18.25	12.4	-32.05	3.5	0.55	-84.37
(R1xQ3)	4.45	4.6	3.37	14.75	15.9	7.8	4.5	5.57	23.73
R1x(45x47)	4.4	4.3	-2.27	17	16	-5.88	3	0.61	-79.7
(Y4xQ3)x(45x47)	2.35	4.1	74.47	18.25	17	-6.85	2.05	2.18	6.2
(45x47)xF3	4.2	4.2	0	18.45	24.2	31.17	1.6	4.05	152.94
(45x47)xR1	4.4	4.3	-2.27	17	15.2	-10.59	3	4.19	39.6
(45x47)X(S1xL1)	4.4	4.7	6.82	18.65	19.4	4.02	1.33	2.89	116.35



**A12. Calificación final dada a la variable licopeno en los genotipos de tomate, resultados obtenidos en el análisis combinado para los tres ambientes de evaluación.**



**A13. Calificación final dada a la variable sólidos solubles en los genotipos de tomate, resultados obtenidos en el análisis combinado para los tres ambientes de evaluación.**



**A14. Calificación final dada a la variable vitamina C en los genotipos de tomate, resultados obtenidos en el análisis combinado para los tres ambientes de evaluación.**