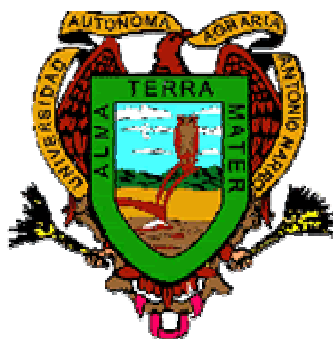


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**Selección de Genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) por su Rendimiento y Calidad de Fruto Bajo Condiciones de Hidroponía en Invernadero**

**Por:**

**MIGUEL ÁNGEL VALDEZ HERNÁNDEZ**

**T E S I S**

**Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener el Título De:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Febrero del 2010**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Selección de Genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) por su Rendimiento y Calidad de Fruto Bajo Condiciones de Hidroponía en Invernadero

Por:

MIGUEL ÁNGEL VALDEZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener el Título De:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

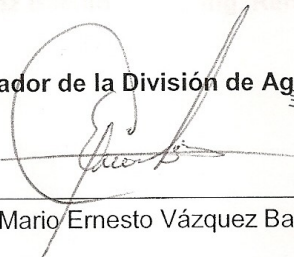
APROBADA

Asesor Principal



Dr. Fernando Borrego Escalante

Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía

Dr. Mario Ernesto Vázquez Bacillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero del 2010

Selección de Genotipos de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) por su Rendimiento y Calidad de Fruto Bajo Condiciones de Hidroponía en Invernadero

Por:

MIGUEL ÁNGEL VALDEZ HERNÁNDEZ

TESIS

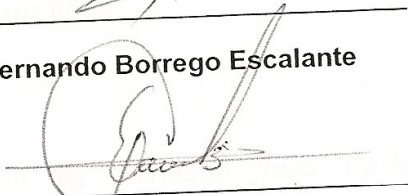
QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

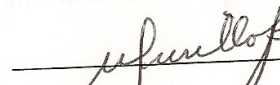
APROBADA POR EL COMITÉ ASESOR



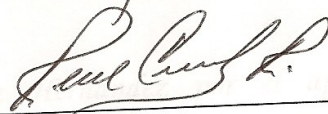
Dr. Fernando Borrego Escalante



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo



Dra. Margarita Murillo Soto



Ing. René de la Cruz Rodríguez

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero del 2010

## *Dedicatorias*

*A Díos por prestarme la vida y guiarme por el mejor camino, brindándome todo su inmenso amor que tiene para nosotros sus hijos.*

*A mis padres:*

*Sr. Matías Valdez Hernández por brindarme la oportunidad de la superación mediante la educación.*

*Sra. Maximina Hernández Olivares por darme lo más hermoso que es la vida, por la dedicación y preocupaciones que una buena Madre puede tener ante sus hijos.*

*A mi Hermano Juan Carlos Valdez Hernández por el apoyo incondicional que me dedico desde antes de que iniciara mis estudios profesionales.*

*Al Ing. M.Sc. Ignacio G. Gracia Casillas (+) por el diseño del sistema de riego dentro del invernadero lo que nos permitió realizar una investigación de calidad.*

## *Agradecimientos*

*A Díos por alentarme en los momentos más difíciles que é pasado en el trayecto de mi vida y permitirme ver el mejor camino para seguir adelante.*

*A mi Alma Terra Mater la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por permitirme formar parte de ella durante la realización de mis estudios.*

*A mi hermano Juan Carlos Valdez Hernández por la confianza que me brindo en esta ultima etapa de mi formación académica.*

*Al Dr. Fernando Borrego Escalante por permitirme aprender de él, por brindarme la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación siendo el asesor principal, por brindarme su amistad y sus buenos consejos en todo momento.*

*A la Dra. Margarita Murillo Soto por el apoyo en la realización, revisión de este trabajo y sus buenos consejos.*

*A la Ing. María de Lourdes Hernández por brindarme su linda amistad y confianza, por el apoyo durante la realización de la toma de datos de campo y laboratorio.*

*A la M. C Aurelia Mendoza Gómez por su amistad y cariño, por el esfuerzo dedicado en la realización del presente trabajo de investigación y el apoyo brindado durante la realización de la misma.*

*Al Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo por formar parte del comité asesor del presente trabajo y revisión de este.*

*Al ing. René de la cruz Rodríguez por formar parte del comité asesor en esta investigación.*

*A los señores Francisco, German y Adrián por su apoyo durante el trabajo de campo.*

*A mis amigos: Rosendo, Álvaro, Abel, Rubén, katy y Mary que me brindaron su amistad durante todo este tiempo.*

*A mis compañeros de generación con los cuales compartí más que clases: David, Carmelo, Alexander, Emilia, Alejandra, Ana luisa, Alejandro, Oscar, Raúl Gómez, Armando, Juan Carlos, Nolberto, Raúl Santiago y José Manuel.*

*A todos mis maestros con los que tome clases durante mi formación profesional.*

*A la Generación CIIX en la cual forme parte,,,,,,,,,,,,, Gracias.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	v
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
Origen é Historia.....	4
Clasificación Taxonómica.....	4
Generalidades sobre los invernaderos.....	5
Producción en Invernadero.....	6
Temperatura.....	8
Humedad Relativa.....	9
Luminosidad.....	10
Fertirrigación.....	11
Calefacción.....	12
Metabolismo vegetal.....	13
Fotosíntesis.....	13
Transpiración.....	14
Respiración.....	15
Conductancia estomática.....	15
Licopeno.....	16
Vitamina C.....	17
Grados Brix.....	18
Calidad.....	18
Sustratos.....	19

Fibra de coco.....	20
Objetivo del análisis de Componentes Principales.....	22

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Localización del área de investigación.....	24
Material genético.....	24
Manejo Agronómico.....	25
Siembra del Material Genético.....	25
Transplante.....	26
Riegos.....	26
Fertilización.....	26
Podas.....	27
Entutorado.....	28
Cosecha.....	28
Toma de datos fenológicos.....	28
Datos de Rendimiento.....	28
Pruebas de laboratorio.....	29
Variables Evaluadas.....	31
Procesamiento estadístico.....	31
Diseño experimental.....	31
Análisis de Componentes Principales.....	32



## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Análisis de Varianza de las Variables Fenológicas.....	33
Análisis de Varianza de las Variables de Rendimiento.....	35
Características Cualitativas de Rendimiento.....	38
Análisis de Componentes Principales.....	42
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>53</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>55</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>56</b>
<b>APÉNDICE</b> .....	<b>62</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cantidad de hectáreas de agricultura protegida para el año 2008 según los estados en los que están operando.....	7
Cuadro 2. Líneas y Cruzas utilizadas.....	24
Cuadro 3. Híbridos Comerciales.....	25
Cuadro 4. Solución nutritiva para 1000 litros de agua, para el ciclo P/V 2009.....	27
Cuadro 5. Solución nutritiva para 1000 litros de agua, para después del primer racimo floral hasta la finalización de la cosecha .....	27
Cuadro 6. Análisis de Varianza (cuadrados medios) de las variables fenológicas de 25 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en invernadero.....	34
Cuadro 7. Análisis de Varianza (cuadrados medios) de las características cuantitativas de rendimiento de 25 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en invernadero.....	36
Cuadro 8. Análisis de Varianza (cuadrados medios) de las características cualitativas de rendimiento de 25 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en invernadero.....	38
Cuadro 9. Cuadro 9. Calificación final de 25 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en las variables RENTH, DPC, PPF, LICOP, VITC y °BRIX. ....	41
Cuadro 10. Análisis de componentes principales (eigenvalores) entre variables de 25 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en invernadero.....	42
Cuadro 11. Contribución Relativa de Cada Variable (Factor loadings) en Cinco Componentes de 25 Genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	42
Cuadro 12. Puntuación de cada genotipo al factor correspondiente (Factor Scores) de 25 genotipos de tomate ( <i>Solanum Lycopersicum</i> L.).....	44

## ÍNDICIE DE FIGURAS

Figura 1. Exportaciones de tomate fresco de México a Estados Unidos en valor.....	8
Figura 2. Comportamiento de medias para las variables fenológicas de 25 genotipos de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L) en invernadero.....	35
Figura 3. Comportamiento de medias para las características Cuantitativas de Rendimiento de 25 genotipos de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L) en invernadero.....	37
Figura 4. Comportamiento de medias para las características Cualitativas de Rendimiento de 25 genotipos de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en invernadero.....	40
Figura 5. Comportamiento de los genotipos con dos factores “RENDIMIENTO” y “CALIDAD NUTRACEUTICA” para 25 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	45
Figura 6. Comportamiento de los genotipos con dos factores “RENDIMIENTO” y “FENOLOGIA y FRUTOS AMARRADOS”, para 25 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	46
Figura 7. Comportamiento de los genotipos con tres factores “RENDIMIENTO”, “CALIDAD NUTRACEUTICA” y “FENOLOGIA y FRUTOS AMARRADOS”, para 25 genotipos de tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	47
Figura 8. Comportamiento de 25 genotipos de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en los parámetros de Rendimiento, Licopeno y Vitamina C.....	48
Figura 9. Comportamiento de 25 genotipos de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en los parámetros de Rendimiento, °Brix y pH.....	49
Figura 10. Comportamiento de 25 genotipos de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en los parámetros de Rendimiento, DPC y DC.....	50

Figura 11. Comportamiento de 25 genotipos de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en los parámetros de Rendimiento, Licopeno y DPC.....	51
Figura 12. Comportamiento de 25 genotipos de Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) en los parámetros de Licopeno, Vitamina C y °Brix.....	52

## INTRODUCCIÓN

El tomate es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel mundial (Sánchez *et al.*, 2009), además de ser una de las de mayor valor económico. En Norte y Centroamérica, el consumo per cápita/año es alrededor de 27 Kg., mientras que a nivel mundial es de 12.6 Kg.

Los principales países productores de tomate son: China, Estados Unidos, Italia, Egipto, Turquía y la India, de los cuales China es quien ocupa el primer lugar en cuanto a su producción. A pesar de que Estados Unidos produce junto con China alrededor del 15 % de la producción mundial, a pesar de ello, Estados Unidos sigue demandando el 90 % de las exportaciones Mexicanas, especialmente en la temporada invernal (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2008).

La producción mundial de tomate en el 2008 fue de 33.456 millones de toneladas, mientras que el consumo mantiene un crecimiento sostenido de alrededor del 2.5% en los últimos 15 años (FAO, 2008). A nivel nacional, la producción de tomate es de 1, 657,061 toneladas, con un rendimiento promedio de 41.743 t ha<sup>-1</sup> y la superficie sembrada es de 58,540 has., de las cuales el 71.33 % corresponden a los estados de Baja California Norte (6.326%), Baja California Sur (4.387%), Sinaloa (27.306%), San Luis Potosí (5.381%), Jalisco (4.178%), Veracruz (5.524%), Michoacán (9.201%), Nayarit (5.012%) y Morelos (4.028%). Para la región lagunera de Coahuila y Durango se siembran 1,252 has. Las cuales corresponden solamente al 2.139% de la superficie sembrada a nivel nacional, aunque el rendimiento promedio es de 58.943 t ha<sup>-1</sup>, superando a la media nacional (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2008).

La producción en condiciones de invernadero representa múltiples ventajas, en relación con la producción en campo abierto (Bautista y Alvarado, 2005), y en México, la Agricultura protegida esta en aumento año tras año, y se tiene un estimado de 8,569 ha de las cuales: Invernaderos: 3,770 ha (44%), Malla sombra: 4,370 ha (51%) y Otros 4,280 ha (5%).

De las cuales, del 100% del total de agricultura protegida se cultiva tomate en un 37.9% (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, 2008).

En términos de inversión, la agricultura protegida en invernaderos y casas sombras es más rentable que la agricultura a campo abierto, por obtener mayores rendimientos y mejor calidad. La producción de tomate bajo invernadero es una parte importante del mercado de tomate fresco norteamericano (Calvin *et al.*, 2005).

Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), el mundo tendrá que producir 70 por ciento más de alimentos para el 2050 si quiere alimentar a 2,300 millones de personas más, y los principales retos para la agricultura mundial son el cambio climático y la demanda de combustibles.

La importancia de aumentar la producción por unidad de superficie es la posible alternativa para la agricultura mundial, en el caso del cultivo de tomate no es la excepción y esto se logrará bajo un programa de Fitomejoramiento como es en el caso de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), de donde se seleccionan Genotipos en base a diferentes criterios.

Teniendo conocimiento de la problemática mencionada, el Departamento de Fitomejoramiento, a través del área académica de fisiotecnia tienen los objetivos de seleccionar genotipos sobresalientes en base a su rendimiento y evaluar genotipos en base a parámetros cualitativos.

Palabras Claves: calidad, genotipos, hidroponía, invernadero, selección y tomate.

## **OBJETIVOS**

- Seleccionar Genotipos Sobresalientes en base a su Rendimiento.
- Evaluar Genotipos en Base a Parámetros Cualitativos.

## **HIPOTESIS**

- Determinar los materiales Genéticos que superen a los testigos en más de una de las variables evaluadas.
- Los materiales evaluados superarán a los testigos en cuanto a contenido nutricional.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen é Historia

El origen del Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile (Vavilov, 1951), Jones (1999) confirma que es de America el centro de origen. Investigaciones posteriores han precisado que ésta y otras hortalizas se cultivaron en forma continua por las culturas que florecieron en los Andes desde tiempos preincaicos.

En la región andina del Perú, Ecuador, Bolivia e islas Galápagos se encuentran gran diversidad genética y diversas condiciones ambientales basadas en latitud y altitud, representando un amplio grupo de genes para el mejoramiento de las especies (Alcazar, 1991).

El vocablo Tomate, introducido en la lengua castellana en 1532 (Corominas, 1990), procede del náhuatl “*tomatl*”, que se aplicaba genéricamente para plantas con frutos globosos o bayas, con muchas semillas y pulpa acuosa.

México esta considerado a nivel mundial como centro más importante de domesticación del tomate (Nuez, 2001).

### Clasificación Taxonómica

De acuerdo a Esquinas y Nuez (2001) la taxonomía del tomate es la siguiente:



Nombre común: Tomate o jitomate

Nombre científico: *Solanum lycopersicum* L.

Clase: Dicotyledoneas

Orden: Solanes

Familia: Solanáceae

Género: *Solanum*

Especie: *Solanum lycopersicum*

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. La planta puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta ó erecta, y el crecimiento es limitado en las variedades determinadas é ilimitado en las variedades indeterminadas (Nuez 1995).

### **Generalidades sobre los invernaderos**

Actualmente, el uso de invernaderos se justifica mediante la corriente mundial de calidad que se está viviendo, donde los mercados cada vez son más exigentes en calidad, inocuidad, presentación y certificación del contenido, ya que el cliente final observa las diferencias de este tipo de producto con respecto a otros. Esto hace que los productos de invernadero se ubiquen en nichos de mercado de alto nivel (Bautista y Alvarado, 2005).

En México, los primeros invernaderos con interés comercial se instalaron en la región oriente del estado de México, por inmigrantes alemanes y japoneses, destacando la casa Matsumoto como una empresa pionera en la construcción y manejo de invernaderos

En la década de 1980 se da un auge en el desarrollo de los invernaderos, principalmente para floricultura y producción de plántulas de hortalizas, para la década de 1990 ya existe todo tipo de invernadero en el país.

En los cultivos hortícolas bajo plástico, se demuestra la posibilidad de ahorrar agua y abonos, manteniendo el rendimiento de las cosechas. De esta manera se optimiza el uso del agua, se abaratan costos y se protege el medio ambiente (García *et al.*, 2003).

### **Producción en Invernadero**

La producción de tomate en invernadero, incluye diversas tecnologías de agricultura protegida es, sin lugar a dudas, una de las oportunidades de inversión más rentables y de mayor futuro en México. Sin embargo, un proyecto de inversión en esta línea, indudablemente ganadora, debe contener todos los elementos que el exigente mercado requiere.

México es un productor agrícola relativamente nuevo en producción bajo invernadero que ha sabido aprovechar las tecnologías de punta generadas en Estados Unidos, España, los Países Bajos, Francia, Canadá é Israel, entre otros.

Cuadro 1. En la siguiente tabla se muestra la cantidad de hectáreas de agricultura protegida para el año 2008 según los estados en los que se esta operando.

<b>Estado</b>	<b>Hectáreas</b>
Sinaloa	2,526
Baja California	1,314
Baja California Sur	1,268
México	978
Jalisco	619
Colima	418
Puebla	239
Tamaulipas	180
Zacatecas	156
Querétaro	87
Veracruz	85
Otros	699
<b>Total</b>	<b>8,569</b>

Fuentes: Delegaciones Estatales SAGARPA. 2008

La producción se concentra en seis estados: Sinaloa, Baja California, Baja California Sur, México, Jalisco y Colima (SAGARPA, 2008).- Del mismo modo, existe concentración en las hortalizas producidas bajo invernadero en México: tomate (37.9%), pimiento (16.0%) y pepino (10.8%) en el período 2008, (SAGARPA, 2008).

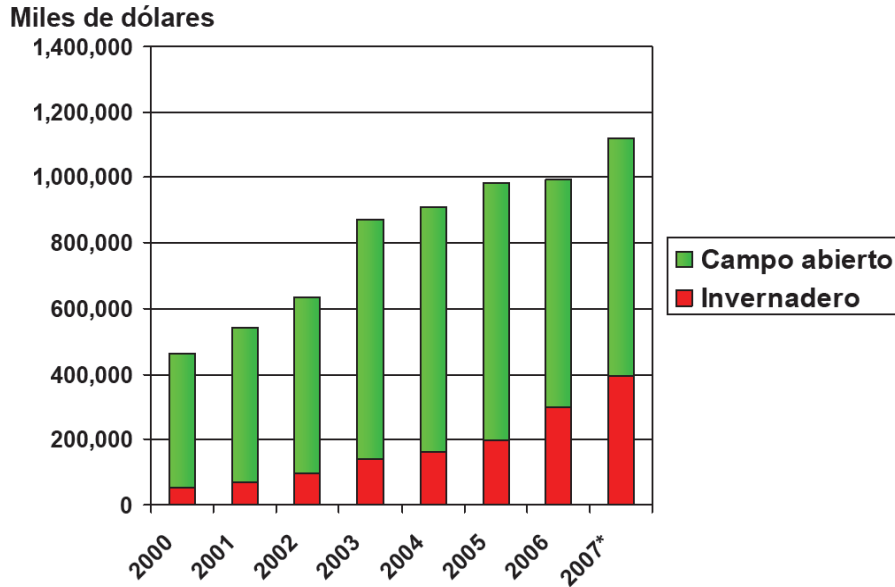


Figura 1. Exportaciones de tomate fresco de México a Estados Unidos

Fuente: Cook, 2007.

En México, la mayoría de las regiones ofrecen condiciones óptimas para producción bajo invernadero – días largos y suficiente intensidad de energía solar durante el invierno; sin embargo, es importante considerar los diferentes tipos de clima del país y el nivel de tecnificación requerido.

<http://www.hortalizas.com/pdh/?storyid=1135>.

## Temperatura

El desarrollo de las plantas depende de numerosos factores, entre los que cabe mencionar la variedad, iluminación, temperatura, nutrición, suministro de agua y la concentración de  $CO_2$ , que actúan en un complejo de interacciones.

La temperatura dentro del invernadero es uno de los parámetros más importantes que debe contemplarse, por ser el de mayor incidencia en el desarrollo de las plantas. La temperatura influye en la distribución de asimilados. Durante la fase de crecimiento vegetativo, temperatura más ó

bajas, afectan la acumulación de biomasa (Rivero *et al.*, 2003). La temperatura afecta la actividad metabólica celular, la absorción de agua y nutrientes, el intercambio gaseoso, la producción y gasto de carbohidratos y reguladores del crecimiento, entre otros (Tognoni, 2000).

Las temperaturas óptimas para el cultivo de tomate se encuentran en 25 °C en el día y entre 15 y 18 °C en la noche. Por debajo de los 12 °C se detiene el crecimiento y por encima de 30-35 °C también hay problemas, existe una disminución significativa en el jugo del fruto, viabilidad del polen y el número de granos de polen soltados (Sato *et al.*, 2006 y Pressmann *et al.*, 2002). La maduración del fruto está muy influida por la temperatura, en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10 °C, así como superiores a los 30 °C, originan tonalidades amarillentas. Temperaturas nocturnas bajas, disminuyen la fotosíntesis, reduciendo la producción de tomate, soya y maíz (Lyons *et al.*, 1996).

### **Humedad Relativa**

La humedad relativa óptima en el cultivo de tomate bajo invernadero oscila entre 60 y 80 %; valores más altos favorecen el desarrollo de enfermedades en el follaje y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen que se compacta y aborta parte de las flores. También una baja humedad relativa dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Rodríguez *et al.*, 2006)

En condiciones de baja humedad relativa, la tasa de transpiración crece, lo que puede acarrear, especialmente en la fase de fructificación cuando la actividad radical es menor, estrés hídrico, cierre estomático y reducción de fotosíntesis, induciendo desórdenes fisiológicos (podredumbre apical). (Salisbury y Ross 1994).

## Luminosidad

Una de las dos funciones esenciales de la luz en la fotosíntesis es impulsar a los electrones provenientes del  $H_2O$  para reducir el  $NADP^+$  a  $NADPH$ ; la otra función es proporcionar energía para la formación de  $ATP$  a partir de  $ADP$  (Salisbury y Ross 1994).

En invernadero son factores clave la intensidad y la calidad de la radiación (balance espectral), ya que modifican la temperatura interna y las respuestas morfológicas y fisiológicas de las plantas (Benavides, 1998).

Cuanto mayor es la luminosidad dentro del invernadero, mayor debe ser la temperatura, la humedad relativa y el dióxido de carbono, para que la fotosíntesis sea máxima. Si hay poca luz, descienden las necesidades de otros factores. (<http://www.eljardindejuana.com/consejos/climatizacion-de-invernaderos.php>)

En ciertas ocasiones es preciso aplicar iluminación artificial ó simplemente regular la iluminación natural en el interior del invernadero para aumentar la asimilación neta, forzando una mayor tasa de fotosíntesis, durante los meses invernales. ([http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/control\\_climatico4.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico4.htm))

Valores reducidos de luz pueden incidir de manera negativa sobre los procesos de la floración y fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta. El tomate rojo es un cultivo insensible a la duración del día, sin embargo, necesita buena iluminación, la cual se modifica por la densidad de siembra, sistema de poda, tutorado y prácticas culturales que optimizan la absorción de luz solar especialmente en época de lluvias cuando la radiación es más limitada.

## **Fertirrigación**

El riego tecnificado ha supuesto un incremento significativo en la eficiencia de los sistemas de producción de tomate en invernadero. Esto se debe principalmente al aumento de la eficiencia en el uso de fertilizantes y una disminución de la mano de obra.

El fertirriego en el tomate bajo invernadero, como en todos los cultivos, juega un papel fundamental en la determinación de los rendimientos y calidad del fruto. Un adecuado suministro hídrico implica que las cantidades proporcionadas, deben estar de acuerdo a las necesidades reales del cultivo para poder obtener un apropiado desarrollo vegetativo y reproductivo.

De acuerdo con León (2001), la planta de tomate crece bien en la solución suelo agua con pH de 5.5. á 6.8 con valores óptimos entre 6.0 y 6.8.

Ventajas de la fertirrigación ([http://www.tecnociencia.es/especiales/cultivos\\_hidroponicos/11.htm](http://www.tecnociencia.es/especiales/cultivos_hidroponicos/11.htm))

- Dosificación racional de los fertilizantes
- Ahorro considerable de agua
- Utilización de aguas incluso de mala calidad
- Nutrición del cultivo optimizada y por lo tanto aumento de rendimientos y calidad de frutos
- Control de la contaminación
- Mayor eficacia y rentabilidad de los fertilizantes
- Adaptación de los fertilizantes a un cultivo, sustrato, agua de riego y condiciones climáticas determinadas, durante todos y cada uno de los días del ciclo

No todos los fertilizantes pueden ser utilizados en fertirrigación: sólo los fertilizantes solubles son apropiados. (<http://www.smart-fertilizer.com/index2.php?id=84&lang=ESP>)

## **Calefacción**

El calor cedido por la calefacción puede ser aportado al invernadero básicamente por convección o por conducción. Por convección al calentar el aire del invernadero y por conducción se localiza la distribución del calor a nivel del cultivo

Los diferentes sistemas de calefacción aérea o de convección más utilizados se pueden clasificar en:

- Tuberías aéreas de agua caliente.
- Aerotermos.
- Generadores de aire caliente.
- Generadores y distribución del aire en mangas de polietileno.

Los sistemas de distribución de calor por conducción se basan en tuberías de agua caliente, las diferencias entre ellos se encuentran en la temperatura del agua y su localización:

- Suelo a nivel de cultivo.
- Tuberías enterradas.
- Banquetas.

<http://www.eljardindejuana.com/consejos/climatizacion-de-invernaderos.php>



## **Metabolismo vegetal**

El metabolismo vegetal es el conjunto de fenómenos físico-químicos que se producen en la planta, gracias a los cuales se llegan a sintetizar en una serie de procesos anabólicos, los diversos elementos que forman el organismo, a la vez que, por otra parte, y de manera catabólica la materia es degradada o simplificada. La relación entre el anabolismo y el catabolismo mantiene el equilibrio vital.

### **Anabolismo**

El anabolismo o biosíntesis es una de las dos partes del metabolismo, encargada de la síntesis o bioformación de moléculas orgánicas (biomoléculas) más complejas a partir de otras más sencillas o de los nutrientes, con requerimiento de energía, al contrario que el catabolismo.

### **Catabolismo**

El catabolismo es la parte del metabolismo que consiste en la transformación de moléculas orgánicas o biomoléculas complejas en moléculas sencillas y en el almacenamiento de la energía química desprendida en forma de enlaces fosfato de moléculas de ATP, mediante la destrucción de las moléculas que contienen gran cantidad de energía en los enlaces covalentes que la forman. ([http://es.wikipedia.org/wiki/Metabolismo\\_vegetal](http://es.wikipedia.org/wiki/Metabolismo_vegetal))

El metabolismo vegetal es el resultado oportuno de todos los factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de la planta.

## **Fotosíntesis**

Fotosíntesis, virtud de los organismos con clorofila, como las plantas verdes, las algas y algunas bacterias, capturan energía en forma de luz y la

transforman en energía química. Prácticamente toda la energía que consume la vida de la biósfera terrestre procede de la fotosíntesis (Encarta ® 2009).

La actividad fotosintética depende fundamentalmente de la iluminación y la concentración de CO<sub>2</sub>, y la velocidad de exportación de asimilados de la hoja durante el periodo de luz es proporcional a la actividad fotosintética, ya que estos son los principales factores que afectan al proceso fotosintético. Si el agua de riego presenta condiciones salinas tiene un efecto reductor en la fotosíntesis (Chávez *et al.*, 2009).

## **Transpiración**

En las plantas, es la pérdida de agua en forma de vapor a través de los estomas, cutículas y la epidermis, Es el resultado del proceso físico-biológico, por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, a través del metabolismo de las plantas, y pasa a la atmósfera (Encarta ® 2009).

La transpiración es un mal necesario, ya que los estomas se abren en presencia del estímulo luminoso, para absorber el CO<sub>2</sub> requerido en la fotosíntesis; aunque el balance hídrico se altere, al escaparse el agua de la planta y es afectada por muchos factores como luz, temperatura, humedad y viento (<http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/transpiracion/>).

La transpiración tiene efectos positivos y negativos. Los positivos le proporcionan la energía capaz de transportar agua, minerales y nutrientes a las hojas en la parte superior de la planta y una fuerte acción refrigerante. Los negativos son la mayor fuente de pérdida de agua, pérdida que puede amenazar la supervivencia de la planta, especialmente en climas muy secos y calientes ([http://www.sagan-gea.org/hojared\\_AGUA/paginas/4agua.html](http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/4agua.html))

## **Respiración**

La respiración vegetal es el intercambio gaseoso que se realiza principalmente a través de los estomas. Este proceso consiste en la transferencia de energía química desde los compuestos que contienen carbono al trifosfato de adenosina o ATP, la principal fuente de energía para las células (Encarta ® 2009).

Los factores del ambiente influyen decisivamente sobre la magnitud de las tasas respiratorias de los vegetales. Los efectos más importantes corresponden a las respuestas a la temperatura, las concentraciones respectivas de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> y la intensidad de la luz, pero también ejercen su influencia otros muy diversos como el estado de nutrición mineral, la disponibilidad y el balance hídricos, la presencia de heridas, las alteraciones por traumatismo, etc. (Salisbury y Ross 1994).

## **Conductancia estomática**

La pérdida de agua hacia la atmósfera puede darse a través de la cutícula o a través de poros formados por estructuras especializadas llamadas “estomas”, que se encuentran en la superficie de las hojas, el volumen de transpiración más importante ocurre a través de los estomas.

Sin embargo, las plantas se encuentran con el compromiso de obtener CO<sub>2</sub> para mantener la fotosíntesis, a través de los “estomas” se lleva a cabo el intercambio más importante de H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>, jugando la apertura estomática un papel crucial no sólo en la transpiración sino también en la fotosíntesis foliar.

Los estomas son los encargados de proveer la comida y de evitar la sed, por tanto el equilibrio entre la pérdida de agua y la obtención de CO<sub>2</sub> es de vital importancia para las plantas, debe maximizar la absorción de CO<sub>2</sub> y minimizar las pérdidas de agua.

La eficiencia en el uso de agua es una medida de la efectividad de los estomas en maximizar la fotosíntesis reduciendo la pérdida de agua por transpiración, desde el punto de vista productivo es importante que un cultivo sea capaz de extraer agua del suelo y transpirarla de manera de poder captar la mayor cantidad de CO<sub>2</sub> sin desecarse y permitir el transporte de nutrientes desde el suelo a toda la planta (Romero, 1991).

## Licopeno

El licopeno (C<sub>40</sub>H<sub>56</sub>) es un pigmento vegetal, soluble en grasas, que aporta el color rojo característico a los tomates, sandías y en menor cantidad a otras frutas y verduras. Pertenece a la familia de los carotenoides como el β-caroteno, sustancias que no sintetiza el cuerpo humano, sino los vegetales y algunos microorganismos.

Es el tomate, el fruto que contiene mayor cantidad de licopeno y se han hecho la mayoría de los estudios hasta la fecha para poder determinar la influencia en la prevención o control de diferentes padecimientos, el licopeno es utilizable en la prevención, pero no en el tratamiento de problemas oncológicos ya iniciados y actúa:

- Por su elevado poder antioxidante.
- Por la protección que otorga a las células del organismo ante el “Estrés Oxidativo” producido por los radicales libres.

El licopeno posee propiedades antioxidantes, y actúa protegiendo a las células humanas del estrés oxidativo, producido por la acción de los radicales libres, que son uno de los principales responsables de las enfermedades cardiovasculares, del cáncer y del envejecimiento (Basu, *et al.*, 2007, Gambelli *et al.*, 2001, Fröhlich *et al.*, 2006,).

La acción del licopeno en la prevención del cáncer de próstata fue puesta en evidencia también por Hadley (2002), Werts (2004), y el aumento en la actividad sexual en varones adultos (Rascon, 2005).

Un estudio realizado por investigadores de la Universidad de Harvard, reveló que el consumo de licopeno redujo en un 45% las posibilidades de desarrollar cáncer de próstata en una población de 48.000 sujetos que tenían en su dieta por lo menos 10 raciones semanales de tomate o subproductos de éste. La investigación duró seis años (<http://es.wikipedia.org/wiki/Licopeno>).

Actualmente se realiza mejoramiento genético para poder aumentar la cantidad de carotenoides presentes en los frutos sin la intervención de la ingeniería genética (Boches *et al.*, 2009).

## **Vitamina C**

La Vitamina C o ácido ascórbico ( $C_6H_8O_6$ ) ayuda al desarrollo de dientes, encías, huesos, cartílagos, a la absorción del hierro, al crecimiento y reparación del tejido conectivo normal (piel más suave, por la unión de las células que necesitan esta vitamina para unirse), a la producción de colágeno (actuando como cofactor en la hidroxilación de los aminoácidos lisina y prolina), metabolización de grasas, la cicatrización de heridas. Su carencia ocasiona el escorbuto, también resulta esta vitamina un factor potenciador para el sistema inmune.

La vitamina C sirve para:

- Evitar el envejecimiento prematuro (proteger el tejido conectivo, la "piel" de los vasos sanguíneos).
- Facilita la absorción de otras vitaminas y minerales.
- Antioxidante.

- Evita las enfermedades degenerativas tales como arteriosclerosis, cáncer, enfermedad de Alzheimer.
- Evita las enfermedades cardíacas

Estudios demostraron que ingerir cantidades de vitamina C previene la oxidación (Riso *et al.*, 2004) y tiene un gran poder antiinflamatorio (Upritchard *et al.*, 2000). En Agosto del 2008, un artículo publicado en Proceedings of the National Academy of Sciences por Mark Levine y colaboradores del Instituto Nacional de Diabetes y enfermedades del Riñón, encontraron que la inyección directa de altas dosis de vitamina C reduce el peso y crecimiento del tumor en 50% en modelos de ratones con cáncer de ovario, cerebro y pancreático ([http://es.wikipedia.org/wiki/Vitamina\\_C](http://es.wikipedia.org/wiki/Vitamina_C))

### **Grados Brix**

Los grados Brix (°Bx) miden la cantidad de sólidos solubles presentes en un jugo o pulpa expresados en porcentaje de sacarosa, se mide con un refractómetro (<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obpulpfru/p7.htm>). Brix se utiliza en la industria de alimentos para medir la cantidad aproximada de azúcares en las frutas, verduras, zumos, vino, refrescos y en la industria de fabricación de azúcar. ([http://es.wikipedia.org/wiki/Grado\\_Brix](http://es.wikipedia.org/wiki/Grado_Brix))

### **Calidad**

En el caso del tomate fresco deben considerarse todas las características valoradas por los consumidores, incluyendo el sabor, el aroma y la textura (Jaren, 2005). Las cualidades organolépticas están relacionadas con la composición química, Aguayo y Artés (2004) consideran que para tener un aroma y un sabor óptimos, los tomates deben tener un contenido en sólidos

solubles (TSS) de entre 4 y 6 °Brix y un pH entre 4 y 5. Cebolla (2005) menciona que las variedades tradicionales de tomate y pimiento cuentan con una calidad organoléptica excelente.

El atributo de textura más importante es la firmeza que ya fue perfectamente caracterizada por Cantwel (2004) que clasificaba los tomates en seis categorías, de muy firme a muy blando, en función a la máxima resistencia que ofrecían durante un ensayo normalizado de compresión.

Uno de los mayores atractivos de cualquier producto frente al consumidor es su diversidad. Hay variedades con distinto aspecto exterior (forma, tamaño y color) e interior (sabor, textura y dureza).

## **Sustratos**

La agricultura protegida en gran parte de esta se practicaba en los suelos utilizando acolchados o de manera directa, en la actualidad la principal razón de esta sustitución ha sido la existencia de factores limitantes para la continuidad del cultivo intensivo del tomate en el suelo natural, particularmente salinización, enfermedades y nematodos (Nuez 1995).

Por otra parte, debe señalarse que el cultivo de las plantas en sustrato permite un control riguroso del medio ambiente radicular, particularmente de los aspectos relacionados con el suministro de agua y de nutrientes, facilitando así una fuerte intensificación del cultivo

Las funciones más importantes de un sustrato de cultivo son proporcionar un medio ambiente "ideal" para el crecimiento de las raíces y constituir un sostén adecuado de la planta.

Para obtener buenos resultados en el crecimiento y el desarrollo de la planta del tomate, se requieren las siguientes características del medio de cultivo:

### Propiedades físicas

- 1) Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible
- 2) Suficiente suministro de aire.
- 3) Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones antes mencionadas.
- 4) Baja densidad aparente
- 5) Elevada porosidad.
- 6) Estructura estable que impida la concentración o hinchazón del medio.

### Propiedades químicas

- 1) Baja o moderada capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente.
- 2) Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- 3) Baja salinidad.
- 4) Elevada capacidad tampón y aptitud para mantener constante el pH.
- 5) Mínima velocidad de descomposición.

### Otras propiedades

- 1) libre de semillas de malas hierbas, nemátodos y otros patógenos.
- 2) Reproductibilidad y disponibilidad.
- 3) Bajo costo.
- 4) Fácil de mezclar.
- 5) Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- 6) Resistencia a cambios extremos físicos, químicos y ambientales.

### **Fibra de coco**

Este sustrato se obtiene a partir de la parte externa del fruto del cocotero, mediante un proceso de trituración, cribado, tamizado, lavado y



esterilizado, logrando así una textura adecuada y un nivel de sales aceptable para los cultivos hidropónicos de hoy en día.

Entre los sustratos agrícolas que se pueden conseguir en el mercado, la fibra de coco está siendo la que mayor incremento de utilización tiene, por parte del agricultor. La razón básica de este rápido incremento del consumo-utilización es debido a sus excelentes propiedades físicas, físico-químicas y químicas, las cuales son las más próximas que se conocen para un sustrato ideal.

### **Propiedades Químicas:**

Estabilidad de los valores de pH y conductividad eléctrica del medio. La fibra de coco es un material muy rico en carbono, lo que le otorga una gran resistencia a la degradación, así como una gran estabilidad. El pH de los bolis de fibra de coco se sitúa alrededor de 6.3-6.7 siendo el nivel óptimo para la mayoría de las plantas cultivadas.

### **Propiedades Físicas:**

**Una alta capacidad de retención de agua:** permite establecer frecuencias y dosis de riego de manera más exacta. Retiene las soluciones nutritivas por capilaridad y en consecuencia son fácilmente asimilables por las plantas.

**Agua fácilmente disponible:** La fibra de coco retiene el 22% de agua disponible, situándose entre el valor óptimo recomendable.

**Agua de reserva:** El valor para el agua de reserva de la fibra de coco es del 4%, encontrándose también entre el nivel óptimo, el cual esta entre 4 y 10%.

**Eficiencia en sistemas recirculantes:** Con el sistema recirculante se puede llegar a conseguir un ahorro de agua de más del 50%.

**Elevada aireación:** El valor de la fibra de coco en cuanto a aireación es de 58% favoreciendo el desarrollo de las raíces.

**Baja densidad aparente:** La fibra de coco es un sustrato ligero, siendo una ventaja para el transporte y la manipulación.

**Ideal para plantas de porte alto.** El boli de fibra de coco resulta muy eficiente para el cultivo de hortalizas de porte alto como son las variedades de jitomate, berenjena, chiles, pimientos, pepinos, sandías y melones. ([http://www.hydroenvironment.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=230](http://www.hydroenvironment.com.mx/catalogo/index.php?main_page=product_info&products_id=230))

Actualmente, la *National Aeronautics and space Administration* (NASA) evalúa técnicas hidropónicas para cultivar plantas de frutos comestibles en ambientes sin gravedad, lo que permitirá la realización exitosa de expediciones tripuladas de larga permanencia en la luna, Marte y otros planetas. La hidroponía, además, continuará siendo el sistema preferido por todas las personas que tienen como pasatiempo el cultivo casero de plantas ornamentales y hortalizas (Rodríguez *et al.*, 2006).

### **Objetivo del análisis de Componentes Principales**

El objetivo del análisis de componentes principales será el reducir la dimensión de un conjunto de “p” variables a un conjunto m de menor número de variables para mejorar la interpretabilidad de los datos (Broschat, 1979). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número, perdiendo la menor cantidad de información posible. Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí, técnicamente, el

PCA busca la proyección según la cual los datos queden mejor representados en términos de mínimos cuadrados ([http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_de\\_componentes\\_principales](http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_componentes_principales))

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del área de investigación

El presente trabajo se realizó en el invernadero de fisiotecnia # 6 localizado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, la cual se encuentra ubicada al sur de la Ciudad de Saltillo, Coahuila, a 25°22' Latitud N; 101°00' Longitud W, cuenta con una altitud de 1742 msnm, su temperatura media anual es de 16.8° C, el clima es muy seco, semiárido y extremo con lluvias en verano, la precipitación anual es de 350 a 450 mm. (INEGI, 2008). En el ciclo primavera/verano 2009 bajo condiciones de invernadero mediante el cultivo en hidroponía.

### Material genético

Cuadro 2. Líneas y Cruzas utilizadas

No.	Genotipo.	Tipo.	Habito de Crecimiento.
1	R1	Bola.	Determinado.
2	Q3	Bola.	Determinado.
3	Z533	Saladette	Determinado.
4	Q3xR1	Bola	Determinado.
5	J3	Bola	Determinado.
6	F3	Bola	Indeterminado.
7	S1xL1	Bola	Indeterminado.
8	D1	Bola	Indeterminado.
9	K3	Bola	Indeterminado.
10	S1	Bola	Determinado.
11	Z4	Saladette	Indeterminado.
12	45 x TQ	Saladette	Indeterminado.
13	B2	Bola	Determinado.
14	H2	Bola	Indeterminado.
15	L1	Bola	Indeterminado.

12 líneas y 3 cruza pertenecen al programa de mejoramiento fisiotécnico de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Cuadro 3. Híbridos Comerciales

No.	Genotipo.	Tipo.	Habito de Crecimiento.
1	EL CID	Saladette	Indeterminado.
2	TORO	Saladette	Determinado.
3	ANIBAL	Saladette	Indeterminado.
4	PEGASO	Saladette	Indeterminado.
5	GIRONDA	Bola	Indeterminado.
6	BADRO	Saladette	Indeterminado.
7	IMPERIAL 643	Bola	Indeterminado.
8	BEEF IMPERIAL	Bola	Indeterminado.
9	AMARAL BEEF	Bola	Indeterminado.
10	ENZAZADEN	Saladette	Indeterminado.

10 Híbridos comerciales utilizados como testigos

## Manejo Agronómico

### Siembra del Material Genético

La siembra se realizó el 13 de abril del 2009 en charolas de 200 cavidades rellenas de peat-moss previamente desinfectadas, las cuales se dejaron dentro del invernadero para su germinación aplicándoles un riego ligero con Biozyme TS a razón de 0.1 g por litro de agua, con la finalidad de estimular la germinación de las semillas para posteriormente realizar el transplante el 2 de junio del 2009 é iniciar con las labores culturales necesarias.

Se utilizaron 150 bolis de fibra de coco, los riegos fueron variados dependiendo de la fenología del cultivo y de la temperatura externa. La solución nutritiva aplicada fue la misma que utilizan en Controlled Enviroment Agriculture Center, University of Arizona (CEAC) en Arizona, USA., para una producción de calidad con altos rendimientos.

## **Transplante**

Se realizó el transplante el 2 de junio del 2009 de manera manual, en los bolis correspondientes a cada material genético, las perforaciones para la colocación de la plántula se realizó con estacas de madera a una profundidad aproximada de 10 cm de profundidad y 33.33 cm entre planta, tresbolillo.

Se utilizaron tres camas con bolis rellenos de fibra de coco cuya capacidad fue de 6 plantas por bolis, cada cama tenia 25 bolis destinando uno por genotipo y cada cama como repetición, se tuvieron un total de 25 genotipos con seis plantas cada uno, con tres repeticiones, todo esto bajo un sistema de fertirriego

## **Riegos**

Se utilizó fertirriego a partir del transplante, en el cual se programó el Timer cada dos horas para la efectuación del riego por un tiempo de 5 minutos, dichos tiempos variaron de acuerdo a la fenología de la planta y condiciones climáticas exteriores. La aplicación de riegos durante la germinación al transplante se realizó de forma manual procurando mantener las plantulitas turgentes.

## **Fertilización**

La fertilización se le incorporo al sistema de riego cuyas dosis de macros y micronutrientes fueron proporcionadas por el Controlled Environment Agriculture Center, University of Arizona (CEAC) en Arizona USA., para 1000 litros de agua siendo las siguientes:

Cuadro 4. Solución nutritiva para 1000 litros de agua, para el ciclo P/V 2009.

*Transplante al Primer Racimo Floral*

<b>Macronutrientes</b>	<b>Micronutrientes</b>
Nitrato de calcio: 700grs.	Sulfato ferroso: 5.5grs.
Sulfato de magnesio: 250grs.	Sulfato de manganeso: 4.75grs.
12-61-00 (Fosfato de amonio): 96grs.	Sulfato de boro: 5.8grs.
13-2-44 (Fosfato de potasio): 315grs.	Sulfato de cobre: 11grs.
	Sulfato de zinc: 5.18grs.

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

Cuadro 5. Solución nutritiva para 1000 litros de agua, para después del primer racimo floral hasta la finalización de la cosecha.

*Primer Racimo Floral a Cosecha*

<b>Macronutrientes</b>	<b>Micronutrientes</b>
Nitrato de calcio: 800grs.	Sulfato ferroso: 7.7grs.
Sulfato de magnesio: 340grs.	Sulfato de manganeso: 6.75grs.
12-61-00 (Fosfato de amonio): 98grs.	Sulfato de boro: 7.5grs.
13-2-44 (Fosfato de potasio): 370grs.	Sulfato de cobre: 13.5grs.
	Sulfato de zinc: 8.18grs.

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

## Podas

La realización de las podas se efectuó 15-20 días después del transplante, eliminando el desarrollo de tallos laterales, se eliminaron según el crecimiento de cada material genético utilizado, dejando a un tallo aquellos materiales de crecimiento indeterminado y varios tallos los determinados.

Se efectuaron podas de sanidad, las cuales consistieron en la eliminación de hojas laterales de los materiales, permitiendo una aireación adecuada previniendo el desarrollo de un microclima adecuado para el desarrollo de patógenos.

## **Entutorado**

Esta labor se realizó después de los 18 días cuando las plantas superaban los 20 cm de altura, que consistió en sujetar a cada planta a las estructuras metálicas del invernadero mediante el uso de rafia y en la cual se guiaron las plantas evitando el doblar o contacto de estas con el suelo.

## **Cosecha**

La cosecha se realizó en los meses de agosto y septiembre de manera manual, recolectando frutos con un grado de madurez de pinto a maduro. Para esto se seleccionó una planta con competencia completa para la toma de datos de rendimiento y pruebas de laboratorio.

## **Toma de datos fenológicos**

Para la obtención de los datos de días a primer corte, días a último corte y días en cosecha se registró la fecha de transplante, fecha del primer y último corte de cada material genético y mediante la diferencia de fechas, se obtiene cada variable antes mencionada.

## **Datos de Rendimiento**

Al realizar la última cosecha se procedió a 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 rendimiento por planta por la densidad de la población, la cual fue de 37,537 plantas por hectárea.



## **Pruebas de laboratorio**

Realizada la tercera cosecha se seleccionaron tres frutos de cada material genético, los frutos se colocaron en bolsas de papel, se llevaron al laboratorio dejando hasta que estuvieran completamente maduros, una vez que presentaron un color rojo intenso se llevaron a cabo las pruebas de laboratorio para determinar su calidad, se determinó: Grados Brix, Vitamina C, pH y Color. Para los datos de licopeno se estimó de forma indirecta mediante una ecuación de regresión lineal múltiple. Las actividades que se realizaron para determinar dichas pruebas fueron las siguientes:

- 1.- Se registró cada uno de los tres frutos (genotipo, repetición y número).
- 2.- Cada uno de los frutos de cada genotipo se colocó en un vaso de precipitado y se le asignó un número.
- 3.- Se tomó el color de cada uno de los frutos y se procedió a moler cada material hasta obtener puré.
- 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.**

- 6.- Del puré obtenido de cada material, se tomó una muestra de 20 g de cada tratamiento.
- 7.- Se le agregaron 10 ml de ácido clorhídrico al 2 %.
- 8.- Se colocaron los vasos en el agitador Vortex por un tiempo de 20 minutos.
- 9.- Una vez agitada la muestra, se le agrego 100ml de agua destilada y luego se filtró el contenido en matraces Erlenmeyer agregándole 100 ml de agua destilada.

10.- Del contenido de los matraces se tomaron 10 ml y se 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 1 ml de Reactivo de Thielman

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

VA = Volumen en ml de la alícuota valorada

P = Peso de la Muestra (20g)

Todos estos análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de fisiotecnia del departamento de fitomejoramiento de la UAAAN.

### **Determinación de Licopeno**

Para estimar esta variable se realizó de manera indirecta (Carvalho, 2005) mediante una correlación entre las variables que intervienen en la determinación de licopeno (pH, Color, Grados Brix, Vitamina C), la correlación con estas variables fue de 56% para invernadero. Las correlaciones se obtuvieron mediante el paquete estadístico **Statistica 6.0**.

La ecuación utilizada fue:

**Invernadero:**

$$y = (-22.5914 + 0.7579 (\text{Color}) + 5.0523 (\text{pH}) + 0.0163 (\text{Grados Brix}) + 0.0632 (\text{Vit. C}))$$

**Variables Evaluadas**

**Fenológicas:** Días a Primer Corte (DPC), Días a Último Corte (DUC) y Días en Cosecha (DC).

**Rendimiento:** Se evaluaron características cuantitativas: 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). Características cualitativas del fruto: Potencial de Iones Hidrógeno (pH), Grados Brix (BRIX), Vitamina C (VitC), Color del Fruto (COLOR) y Licopeno (LICOP).

**Procesamiento estadístico**

El procesamiento de los datos y análisis estadístico se realizó con el programa Statistical Analysis System (SAS) Versión 9.0 El cual permitió realizar el análisis de varianza.

**Diseño experimental**

Se utilizó un diseño Bloques Completos al Azar con 25 genotipos con tres repeticiones para cada variable evaluada.

Modelo estadístico:

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

i = Genotipos

j = Repeticiones

Donde:

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

$\mu$  = Efecto de la media general.

$a_i$  = Efecto de los tratamientos.

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

$e_{ij}$  = Efecto del error experimental.

Para los tratamientos donde se encontraron diferencias significativas, se determinaron las diferencias en cada uno de ellos, mediante la prueba de medias de Tukey.

### **Análisis de Componentes Principales**

El análisis de componentes principales se realizó con el paquete estadístico Statistica 6.0, utilizando las medias obtenidas de cada variable.

El objetivo es la reducción de la dimensión del número de variables, preservando en lo posible la estructura de varianza presente en la matriz X.

El planteamiento del análisis de factores principales es el siguiente:

- El primer componente principal será la combinación lineal  $Z_1 = Xa_1$  que tenga varianza máxima.
- El segundo componente principal será la combinación lineal  $Z_2 = Xa_2$  que tenga varianza máxima y que no esté correlacionada con  $Z_1$ .
- Los siguientes componentes se definen de manera similar, es decir, se intenta obtener la máxima varianza con combinaciones lineales que sean incorreladas con las componentes previamente calculadas. ([http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/aalonso/Docencia/ad-sl3.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/aalonso/Docencia/ad-sl3.pdf))

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para dar cumplimiento a los objetivos e hipótesis planteada en esta investigación, en este capítulo se muestran los resultados obtenidos para cada variable estudiada y correspondiente interpretación, permitiendo identificar aquellos materiales genéticos con mejores características agronómicas para una posterior recomendación.

### **Análisis de Varianza de las Variables Fenológicas**

Los cuadrados medios del análisis de varianza de las variables fenológicas se encuentran concentrados en el Cuadro 6, de donde podemos observar que solo la variable Días a Último Corte (DUC) de la fuente de variación repetición mostró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ); para las demás variables estudiadas: Días a primer corte (DPC), Días en Corte (DC) y Número de Cortes (NC) no hubo diferencia estadística, resultados similares a los que obtuvieron Trinidad, (2007) y Martínez, (2008) debido a que los genotipos se comportaron de manera similar dentro del invernadero.

Cuadro 6. Análisis de Varianza (cuadrados medios) de las variables fenológicas de 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>DPC</b>	<b>DUC</b>	<b>DC</b>	<b>NC</b>
<b>REP</b>	<b>2</b>	<b>49.29</b>	<b>127.96*</b>	<b>36.01</b>	<b>1.92</b>
<b>GEN</b>	<b>24</b>	<b>37.31</b>	<b>18.45</b>	<b>50.39</b>	<b>1.80</b>
<b>EE</b>	<b>24</b>	<b>35.23</b>	<b>42.52</b>	<b>62.36</b>	<b>1.55</b>
<b>C.V%</b>		<b>8.31</b>	<b>6.07</b>	<b>21.83</b>	<b>16.42</b>
<b>MÁX</b>		<b>79.33</b>	<b>111</b>	<b>43</b>	<b>8.66</b>
<b>MEDIA</b>		<b>71.37</b>	<b>107.32</b>	<b>36.17</b>	<b>7.6</b>
<b>MIN</b>		<b>68</b>	<b>101.33</b>	<b>27.66</b>	<b>6</b>

F.V. (Fuente de Variación), G.L. (Grados de Libertad), DPC (Días a Primer Corte), DUC (Días a Ultimo Corte), DC (Días en Corte), NC (Numero de Cortes), REP (Repeticiones), GEN (Genotipos), EE (Error Experimental), CV (Coeficiente de Variación), MÁX (Valor Máximo), MEDIA (Valor Medio, MIN (Valor Mínima). \*\* Nivel de Probabilidad de 0.01 \* Nivel de Probabilidad de 0.05

En la Figura 2 y Apéndice IV se muestran cada una de las medias obtenidas en las variables fenológicas.

Al analizar los resultados obtenidos para la prueba de Tukey para la variable Días a Primer Corte (DPC), los genotipos mas precoces fueron: J3, F3, D1y L1 con 68 días a cosecha y los mas tardíos fueron Q3 Y GIRONDA con 79 días a cosecha. Para la variable Numero de Cortes (NC), el mejor genotipo fue D1 con 8.6 cortes en promedio.

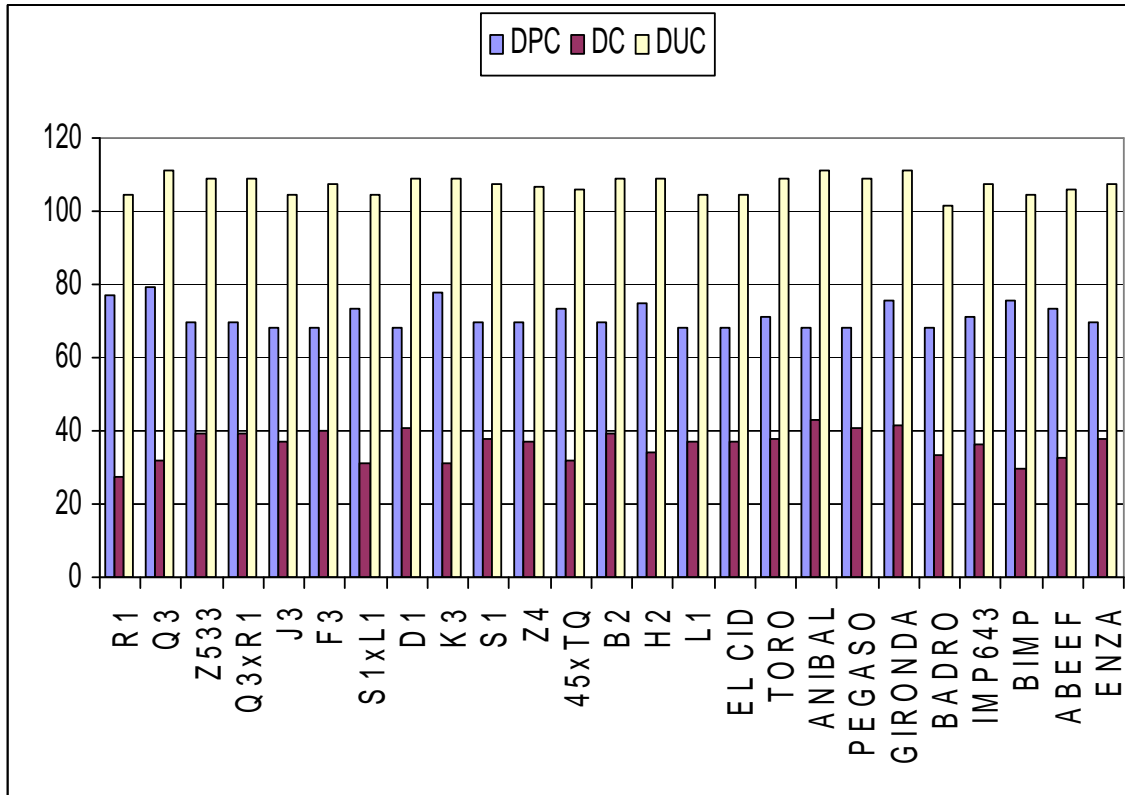


Figura 2. Comportamiento de medias para las variables fenológicas de 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero.

### Análisis de Varianza de las Variables de Rendimiento

En el Cuadro 7 muestra los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANVA) para las variables cuantitativas de rendimiento, observando los resultados obtenidos para Fuentes de Variación Genotipo, existen diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para las variables Numero de Frutos por Planta (NFPP), Peso Promedio de Fruto (PPF) y Rendimiento por Hectárea (REN) obteniendo resultados similares a Espinosa (2009), debido a que contamos con materiales con diversidad genética que nos permiten diferenciarlos unos de otros, para la fuente de variación de repeticiones no existieron diferencias, porque los materiales genéticos se comportaron similarmente en cada una de las repeticiones.

Cuadro 7. Análisis de varianza (cuadrados medios) de las características cuantitativas de rendimiento de 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>NFPP</b>	<b>PPF</b>	<b>REN</b>
<b>REP</b>	<b>2</b>	<b>74.25</b>	<b>431.13</b>	<b>963.63</b>
<b>GEN</b>	<b>24</b>	<b>64.90**</b>	<b>2590.81**</b>	<b>1602.26**</b>
<b>EE</b>	<b>24</b>	<b>28.60</b>	<b>571.77</b>	<b>689.36</b>
<b>C.V%</b>		<b>24.56</b>	<b>19.67</b>	<b>27.13</b>
<b>MÁX</b>		<b>31</b>	<b>173.73</b>	<b>146.88</b>
<b>MEDIA</b>		<b>21.77</b>	<b>121.51</b>	<b>96.76</b>
<b>MIN</b>		<b>14.33</b>	<b>73.43</b>	<b>54.8</b>

FV (Fuente de Variación), GL (Grados de Libertad), NFPP (Numero de Frutos Por Planta), PPF (Peso Promedio por Fruto), REN (Rendimiento en  $th^{-1}$ ), REP (Repeticiones), GEN (Genotipos), EE (Error Experimental), CV (Coeficiente de Variación), MÁX (Valor Máximo), MEDIA (Valor Medio), MIN (Valor Mínimo), \*\* Nivel de Probabilidad de 0.01, \* Nivel de Probabilidad de 0.05

En la Figura 3 y Apéndice V se muestran cada una de las medias obtenidas en las características cuantitativas de rendimiento.

Al realizar la prueba de Tukey para las variables cuantitativas de rendimiento, el material que obtuvo mayor Número de Frutos Por Planta (NFPP) fue EL CID con 31 frutos, y el que obtuvo menos fue el H2 con 14.33, al realizar la comparación de líneas e híbridos utilizados en esta investigación obtuvimos que la mejor línea en cuanto a esta variable es la Z4 con 29.6 frutos en promedio y el mejor testigo el híbrido EL CID con 31 frutos en promedio en esta variable el testigo supero a las líneas evaluadas.

Para la variable Peso Promedio de Fruto (PPF) la prueba de Tukey los agrupó en cuatro grupos y el material que obtuvo el mas alto promedio, fue el ENZA con 168.76 g. y el que obtuvo menor promedio fue el 45 x TQ con 73.43 g. la línea experimental con mejor promedio de fruto es la R1 con 173.7 g en



promedio y el mejor testigo el híbrido ENZA con 168.76 g., en promedio en estas ultima dos variable el testigo ha superado los materiales evaluados y es motivo de seguir mejorando estas característica para poder obtener una línea de calidad.

Para la variable REN (T. ha<sup>-1</sup>) los agrupó en dos grupos siendo los más rendidores el L1 con 146, F3 con 137.09 y el D1 con 123.76 y los de menor rendimiento son 45 x TQ con 54.8 y Q3 con 55.6, en la variable mas importante para determinar si un material es competente tenemos que la mejor línea es L1 con un promedio de 146.88 toneladas por hectárea y el mejor testigo el híbrido EL CID que obtuvo un promedio de 123.6 toneladas por hectárea, en esta variable se puede observar que la línea supera al testigo por mas de 20 toneladas por hectárea.

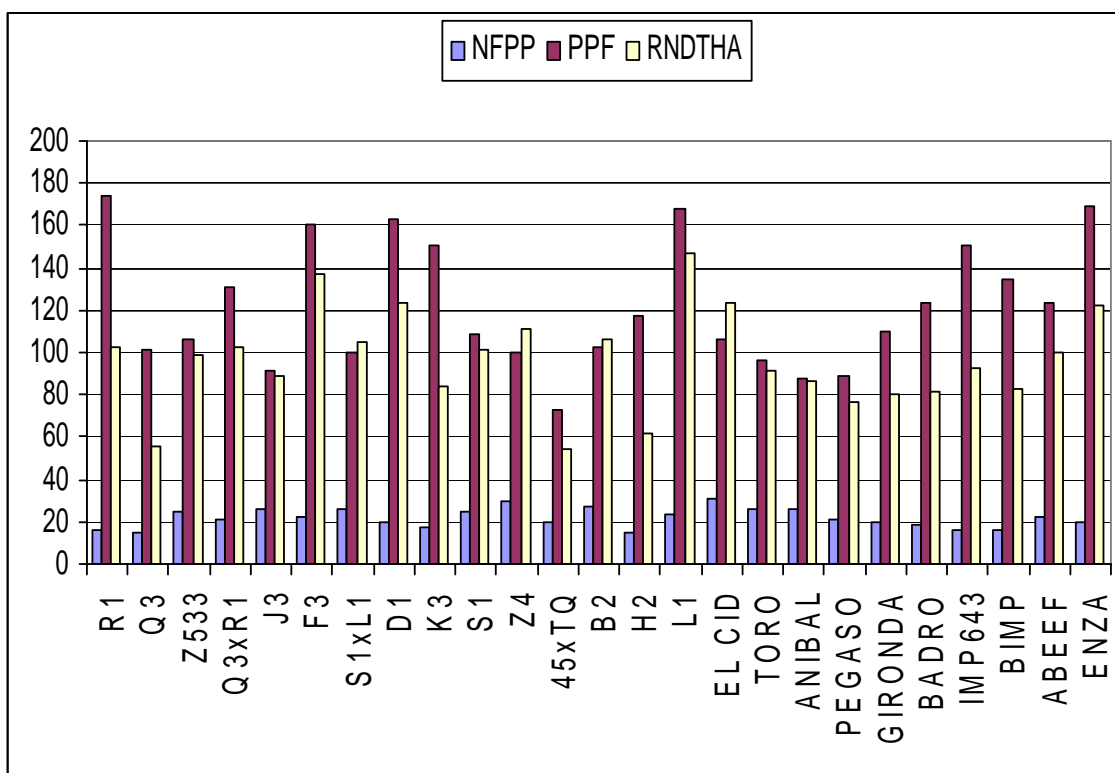


Figura 3. Comportamiento de medias para las características cuantitativas de rendimiento de 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero.

## Características Cualitativas de Rendimiento

Los cuadrados medios del Análisis de Varianza (ANVA) de las características cualitativas de rendimientos se muestran en el Cuadro 4, observando los resultados para el factor de variación genotipos existen diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para las variables: COLOR, pH, °BRIX, LICOP, VITC, DP y DE, resultados similares a Trinidad (2007), para el factor de variación repetición solo existió significancia ( $p < 0.05$ ) para la variable LICOP, mientras que las demás se comportaron similarmente dentro de las repeticiones, analizando los resultados obtenidos de este cuadro, podemos observar que los genotipos se comportan de diferente manera para las variables estudiadas debido a que contamos con una diversidad genética presente en los materiales, lo que nos permite seleccionar los genotipos mas sobresalientes.

Cuadro 8. Análisis de Varianza (cuadrados medios) de las características cualitativas de rendimiento de 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero.

FV	GL	COLOR	pH	°BRIX	LICOP	VITC	DP	DE
REP	2	0.36	0.02	0.03	1.63**	11.04	0.40	0.48
GEN	24	1.47**	0.017**	1.09**	1.75**	32.44**	1.35**	2.20**
EE	24	0.19	0.01	0.09	0.29	7.74	0.42	0.64
C.V%		16.66	1.77	5.72	18.14	12.83	11.76	13.20
MÁX		4.00	4.51	6.47	4.60	28.74	6.8	7.70
MEDIA		2.64	4.38	5.38	2.99	21.69	5.52	6.06
MIN		1.00	4.17	4.00	1.12	14.99	4.57	4.37

FV (Fuente de Variación), GL (Grados de Libertad), COLOR (Color), pH (Potencial de iones Hidrogeno), °BRIX (Grados Brix), LICOP (Licopeno), VITC (Vitamina C), DP (Diámetro Polar), DE (Diámetro Ecuatorial), REP (Repeticiones), GEN (Genotipos), EE (Error Experimental), CV (Coeficiente de Variación), MÁX (Valor Máxima), MEDIA (Valor Medio), MIN (Valor Mínimo), \*\* Nivel de Probabilidad de 0.01, \* Nivel de Probabilidad de 0.05

En la Figura 4 y Apéndice VI se muestran cada una de las medias obtenidas en las características cualitativas de rendimiento. Mediante la prueba de Tukey se puede observar que los agrupó en 4 grupos la variable COLOR siendo los mas altos el Q3 y Z4 con 4 y los de menor color fueron el 45 x TQ con 1.0 y el K3 con 1.33

Para la variable pH los agrupó en tres grupos, siendo los mas altos GIRONDA 4.51 y Z533 con 4,48, los de menor pH fueron el ABEFF con 4.16 y el S1 con 4.19, la mejor línea es la B2 con un pH de 4.4 y el mejor testigo es el hibrido GIRONDA con un pH de 4.51.

Para °BRIX los agrupó en seis grupos, siendo los mas altos GIRONDA con 6.46 y H2 con 6.13, los de menor pH son S1 con 4 y J3 con 4.33, la línea con mas alto contenido de °Brix es la H2 con 6.13 y el mejor testigo el hibrido GIRONDA con 6.46.

Para LICOP los agrupó en cuatro grupos, siendo los mas altos el Z4 con 4.6 mg 100g<sup>-1</sup> y GIRONDA con 4.39 mg 100g<sup>-1</sup>, los más bajos son el 45 x TQ con 1.12 mg 100 g<sup>-1</sup> y el S1 con 1.73 mg 100g<sup>-1</sup>, la mejor línea en cuanto a esta variable es el Z4 con 4.6 mg 100 g<sup>-1</sup> y el mejor hibrido es el testigo GIRONDA con 4.38 mg100 g<sup>-1</sup>.

Para VITC los agrupó en cinco grupos, siendo los de mayor contenido el GIRONDA con 28.73 mg 100 g<sup>-1</sup> y el S1 x L1 con 28.40 mg 100g<sup>-1</sup>, los de menor contenido son el 45 x TQ con 14.98 mg 100g<sup>-1</sup> y el L1 con 16.59 mg 100g<sup>-1</sup>.

Para Diámetro Polar (DP) los agrupó en tres grupos, siendo los de mayor diámetro polar los genotipos EL CID con 6.8 cm y Z4 con 6.4 cm, los de menor son el K3 con 4.5 cm y Z533 con 4.6 cm, y la mejor línea utilizada es la Z4 y el mejor testigo utilizado es el hibrido EL CID.

Para Diámetro Ecuatorial (DE) los agrupó en cuatro grupos, siendo los mas altos el R1 con 7.7 cm y ENZA con 7.4 cm, los de menor diámetro ecuatorial son 45 x TQ con 4.3cm y J3 con 4.9 cm, siendo la mejor línea la R1 y el mejor testigo en ENZA.

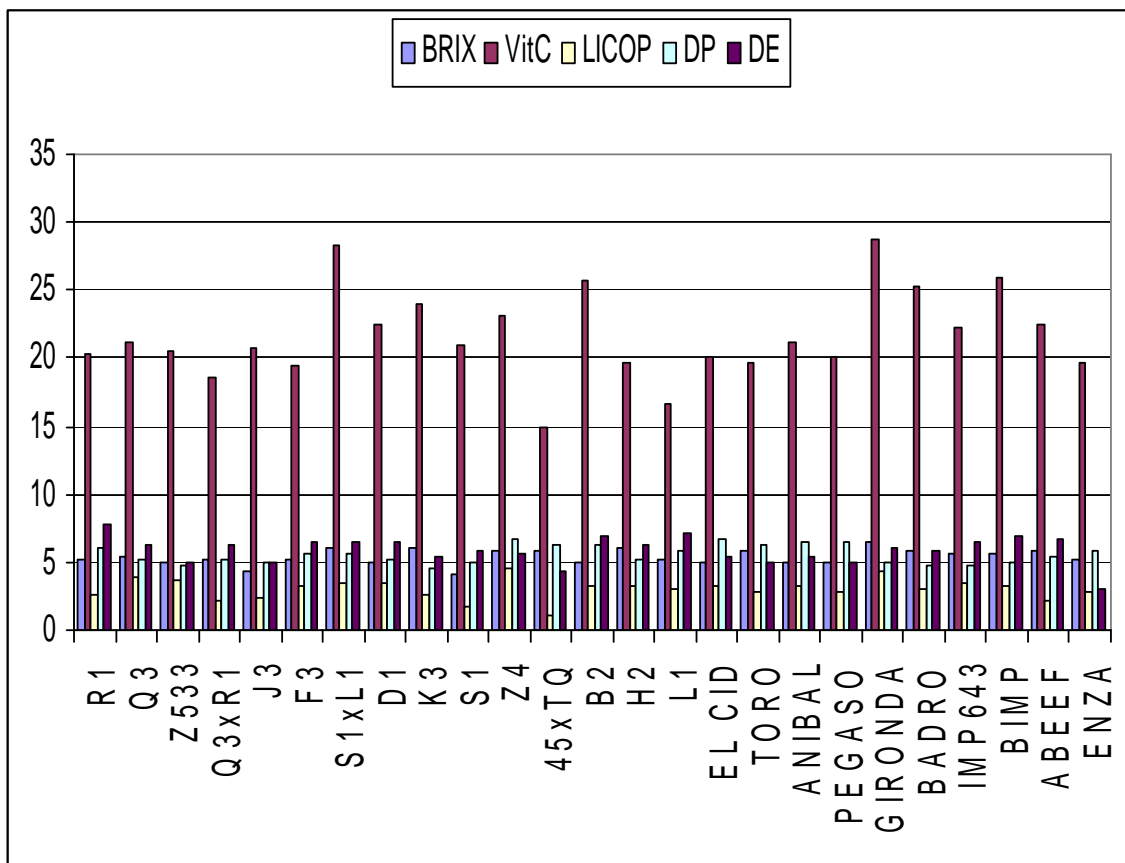


Figura 4. Comportamiento de medias para las características cualitativas de rendimiento de 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero.

En el cuadro 9 del apéndice I, se muestra la calificación final de los 25 genotipos de tomate en escala de 0 a 100% en cuanto las variables Rendimiento  $th^{-1}$  (50), Días a primer corte (15), Peso promedio del Fruto (15), Licopeno (7), Vitamina C (7) y  $^{\circ}Brix$  (6), destacando los materiales L1, F3 y D1 en comparación con los testigos mas sobresalientes que son el ENZA y EL CID, obteniendo resultado superiores a los testigos debido a que las líneas han sido seleccionadas anteriormente en base a características agronómicas favorables.

La mejor línea en cuanto a calificación la obtuvo la L1 con un promedio de 92.79, ocupando el primer lugar en la tabla general y el mejor testigo es el híbrido ENZA con un promedio de 84.23, ocupando el cuarto lugar en la tabla general, siendo superado por tres líneas experimentales.

Se pueden observar los mejores materiales de acuerdo con la fenología de cada material utilizado, teniendo que el mejor material de desarrollo determinado tipo bola es la línea B2 con un promedio de 74.83 ocupando el lugar séptimo en la tabla general, el mejor material de desarrollo determinado tipo Saladette es la línea Z533 con un promedio de 72.02 ocupando el lugar numero 12 en la tabla general, el mejor material de desarrollo indeterminado tipo bola es la línea L1 con un promedio 92.79 y ocupa el lugar numero uno en la tabla general de calificaciones y el mejor material de desarrollo indeterminado tipo saladtte es el hibrido ENZA con un promedio de 84.23 ocupando el cuarto lugar en la tabla general.

Cuadro 9. Calificación final de 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en las variables RENTH, DPC, PPF, LICOP, VITC y °BRIX.

<b>Genotipo</b>	<b>Calificación</b>	<b>Posición</b>
L1	92.79	1
F3	89.89	2
D1	86.49	3
ENZA	84.23	4
EL CID	80.64	5
Z4	78.84	6
B2	74.83	7
S1 x L1	74.29	8
R1	74.14	9
IMP643	73.75	10
Q3 x R1	73.08	11
Z533	72.02	12
ABEEF	71.84	13
BRADO	69.56	14
S1	69.53	15
GIRONDA	68.23	16
BIMP	67.65	17
TORO	67.36	18
K3	67.35	19
ANIBAL	66.63	20
J3	66.09	21
PEGASO	62.51	22
H2	58.41	23
Q3	53.49	24
45xTQ	48.20	25

## Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales es una técnica utilizada para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos, reduciéndolos a un menor número, perdiendo la menor cantidad de información posible.

En el Cuadro 10 se muestran los eigenvalores ó valores característicos y por ciento de varianza que explica cada uno. En esta investigación, fue razonable utilizar los cinco primeros componentes principales ya que con estos se puede explicar el 82.38 % de la varianza total.

Cuadro 10. Análisis de componentes principales (eigenvalores) entre variables de 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero.

	Valor Característico eigenvalores	%Variación Explicada	Eigenvalor Acumulado	%Varianza Acumulada
<b>1</b>	<b>4.008350</b>	<b>28.63107</b>	<b>4.00835</b>	<b>28.63107</b>
<b>2</b>	<b>2.634548</b>	<b>18.81820</b>	<b>6.64290</b>	<b>47.44927</b>
<b>3</b>	<b>2.424594</b>	<b>17.31853</b>	<b>9.06749</b>	<b>64.76780</b>
<b>4</b>	<b>1.401133</b>	<b>10.00809</b>	<b>10.46862</b>	<b>74.77589</b>
<b>5</b>	<b>1.065512</b>	<b>7.61080</b>	<b>11.53414</b>	<b>82.38669</b>

Cuadro 11. Contribución Relativa de Cada Variable (Factor loadings) en Cinco Componentes de 25 Genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
DPC	<b>-0.889383</b>	0.088510	0.025501	0.099218	0.125450
DUC	0.055450	0.159353	0.115838	<b>0.918494</b>	0.033870
DC	<b>0.773417</b>	0.140967	0.086652	0.533725	-0.017312
NCORTES	<b>0.860402</b>	0.068097	0.194846	0.276531	0.008873
NFPP	<b>0.751382</b>	0.169210	0.281820	-0.281834	-0.380190
PPF	-0.113516	-0.043582	<b>-0.923016</b>	0.005940	0.147956
RNDTHA	0.597493	0.121178	-0.658631	-0.228172	-0.213015
DP	0.159036	0.031073	0.144438	-0.070703	<b>-0.910448</b>
DE	-0.199178	0.152842	<b>-0.867222</b>	-0.113299	0.079158
COLOR	0.152456	0.698699	-0.295881	0.154959	-0.316429
BRIX	-0.692742	0.405457	0.159508	-0.063067	0.043876
pH	-0.070603	0.559135	0.193363	0.286186	0.092436
VitC	-0.084146	0.681939	0.075709	-0.275556	0.535710
LICOP	0.038040	<b>0.960751</b>	-0.084184	0.177717	-0.026290

En el Cuadro 11. Se muestra la contribución relativa (Factor loadings) arrojados por el programa Statistica “Componentes Principales” reduciendo la dimensión de los datos en 5 componentes que a continuación se describen.

En el componente principal uno, tienen la mayor contribución positiva las variables NCORTES, DC, NFPP y contribuyendo con una correlación negativa DPC, podemos denominar a este componente como “FACTOR FENOLOGÍA y FRUTOS AMARRADOS” en donde las variables antes mencionadas tienen una estrecha relación con la acumulación de compuestos de carbono por unidad de tiempo.

En el componente principal dos, tienen mayor correlación positiva LICOP seguido de COLOR y VITC, denominando a este componente como “FACTOR CALIDAD NUTRACÉUTICA” en donde la calidad del fruto está relacionada con las variables antes mencionadas.

En el componente principal tres, con una correlación negativa las variables PPF, DE y RENTHA, podemos denominar a este componente “FACTOR RENDIMIENTO” en donde el rendimiento está estrechamente relacionada con el peso y tamaño de cada uno de los frutos.

En el componente principal cuatro, teniendo una correlación alta, la variable DUC seguido de DC, podemos denominar a este factor como “FACTOR DE PERIODO VEGETATIVO” en donde las variables antes mencionadas determinan los periodos de cosecha.

En el componente principal cinco, presentando una correlación negativa la variable DP, denominamos a este factor como “FACTOR TAMAÑO LONGITUDINAL” en donde el DP es el mejor indicativo del tamaño de un fruto y por consecuencia directa en el rendimiento.

Cuadro 12. Puntuación de cada genotipo al factor correspondiente (Factor Scores) de 25 genotipos de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.).

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
R1	-1.67858	-0.70982	-1.70280	-0.75690	-0.99602
Q3	-1.74642	0.61545	0.05304	1.56376	-0.40679
Z533	0.92113	0.50630	0.62896	0.83098	0.76343
Q3 x R1	0.46965	-1.17793	-0.36423	0.87390	0.46557
J3	1.13558	-0.92922	1.07595	-0.92741	0.97482
F3	0.85388	0.08294	-1.40003	0.38832	-0.52032
S1 x L1	-0.41444	1.28999	0.31671	-2.04461	0.17223
D1	1.14793	0.31068	-1.30801	0.86704	0.61210
K3	-1.35752	-0.40042	0.25971	0.32089	1.50849
S1	1.18667	-1.69962	-0.02685	-0.23404	0.81081
Z4	0.24735	2.21395	0.57438	-0.61876	-1.92290
45xTQ	-1.25478	-2.21897	2.03018	-0.26164	-1.10110
B2	1.17309	0.48667	0.12941	-0.07364	0.67189
H2	-1.79482	-0.01634	0.06151	1.02701	-0.24216
L1	0.64173	-0.31279	-1.84678	-0.42806	-0.95104
EL CID	0.88004	0.41344	0.38383	-1.21446	-1.80261
TORO	0.23626	-0.13118	1.13327	0.53123	-0.86636
ANIBAL	1.02283	0.13691	0.82672	1.18673	-0.80747
PEGASO	0.55764	-0.50638	1.13649	0.92601	-0.68060
GIRONDA	-0.44204	2.09493	0.66810	1.09737	1.21751
BADRO	-0.17065	0.23548	0.48135	-1.92498	1.61696
IMP643	-0.26136	0.27904	-0.64327	0.58218	0.94421
BIMP	-1.04305	0.41339	-0.32925	-1.06230	0.97292
ABEEF	-0.30137	-0.49795	-0.43826	-1.07317	-0.12776
ENZA	-0.00877	-0.47855	-1.70017	0.42451	-0.30581

La Figura 5. se muestra la Grafica dimensional mostrando dos factores, Factor 3 “RENDIMIENTO” y Factor 2 “CALIDAD NUTRACÉUTICA”, en eje de las X tenemos al factor RENDIMIENTO en donde tenemos la puntuación de cada genotipo (Factor Scores) que es de -1.85 a 2.03, en donde los valores negativos influyeron al factor 3 debido al signo del componente (Factor loadings), en el eje de las Y tenemos al factor CALIDAD NUTRACEUTICA, en



donde tenemos la puntuación de cada genotipo (Factor Scores) que es de -2.22 a 2.09, en donde los valores positivos influyeron al factor 3 debido al signo del componente (Factor loadings), entonces podemos decir que los genotipos de mayor Rendimiento se encuentran al lado izquierdo del eje de las X y los de mayor Calidad Nutraceutica se encuentran en la parte superior del eje de las Y, los genotipos que sobresalen a estos dos factores son: D1, F3 é IMP643.

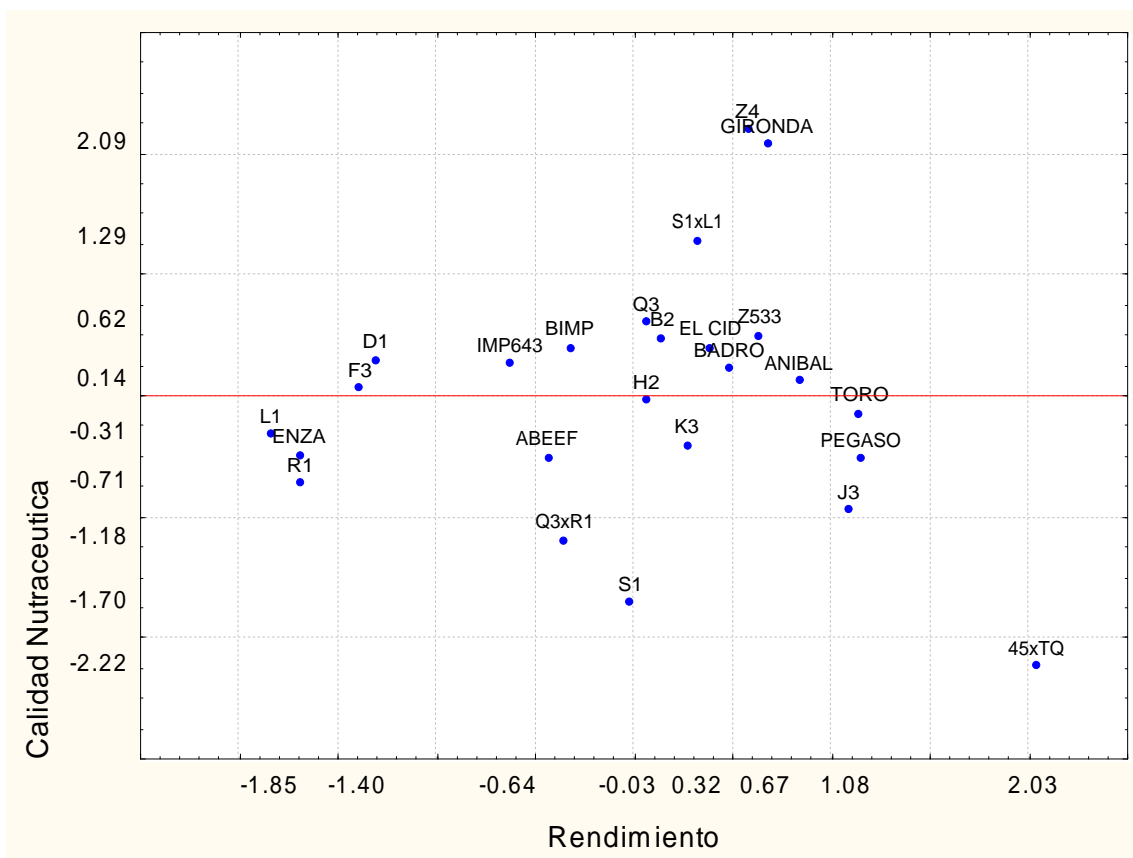


Figura 5. Comportamiento de los genotipos con dos factores “RENDIMIENTO” y “CALIDAD NUTRACEUTICA” para 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

En la Figura 6. Grafica dimensional muestra dos factores, Factor 3 “RENDIMIENTO” y Factor 1 “FENOLOGIA y FRUTOS AMARRADOS”, en el eje de las X tenemos el factor RENDIMIENTO en donde tenemos la puntuación de cada genotipo (Factor Scores) que es de -1.85 a 2.03, en donde los valores negativos influyeron al factor 3 debido al signo del componente (Factor loadings), en el eje de las Y tenemos al factor FENOLOGIA y FRUTOS

AMARRADOS en donde tenemos la puntuación de cada genotipo (Factor Scores) que es de -1.79 a 1.14, en donde los valores positivos influyeron al factor 1 debido al signo del componente (Factor loadings), los mejores genotipos al factor RENDIMIENTO se encuentran al lado izquierdo del eje de las X y los mejores genotipos al factor FENOLOGIA y FRUTOS AMARRADOS se encuentran en la parte superior del eje de las Y, los genotipos que sobresalen a estos dos factores son: F3, D1 y L1.

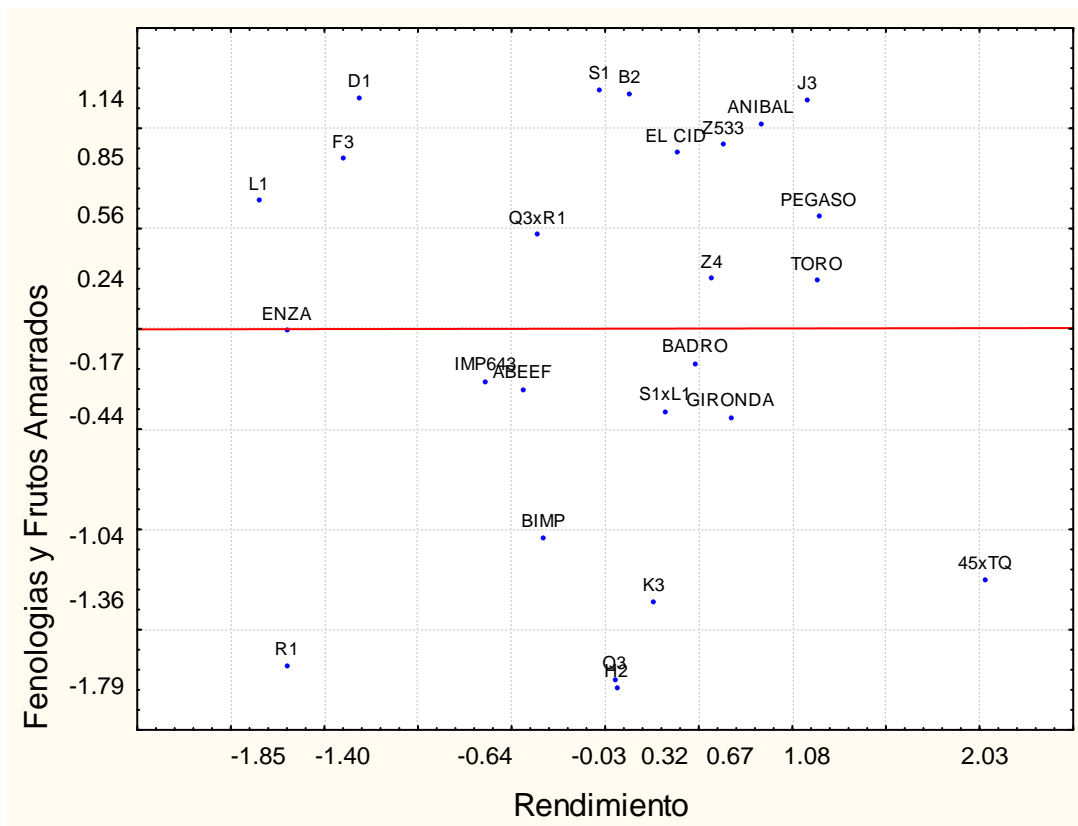


Figura 6. Comportamiento de los genotipos con dos factores “RENDIMIENTO” y “FENOLOGIA y FRUTOS AMARRADOS, para 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Grafica tridimensional en la Figura 7 muestra tres factores, Factor 3 “RENDIMIENTO”, Factor 2 “CALIDAD NUTRACEUTICA” y Factor 1 “FENOLOGIA y FRUTOS AMARRADOS”, en el eje de las Z tenemos el factor RENDIMIENTO en donde tenemos la puntuación de cada genotipo (Factor Scores) que es de -1.85 a 2.03, en donde los valores negativos influyeron al

factor 3 debido al signo del componente (Factor loadings), en el eje de las Y tenemos al factor CALIDAD NUTRACEUTICA en donde tenemos la puntuación de cada genotipo (Factor Scores) que es de -2.22 a 2.09 en donde los valores positivos influyeron al factor 2 debido al signo del componente (Factor loadings), en el eje de las X tenemos al factor FENOLOGIA y FRUTOS AMARRADOS en donde tenemos la puntuación de cada genotipo (Factor Scores) que es de -1.79 a 1.14 en donde los valores positivos influyeron al factor 1 debido al signo del componente (Factor loadings), los mejores genotipos al factor RENDIMIENTO se encuentran en la parte inferior del eje de las Z, los mejores genotipos al factor CALIDAD NUTRACEUTICA se encuentran al lado izquierdo del eje de las Y, y los mejores genotipos al factor FENOLOGIA y FRUTOS AMARRADOS se encuentran al lado derecho del eje de las X, los genotipos que sobresalen a estos tres factores son: D1 y F3.

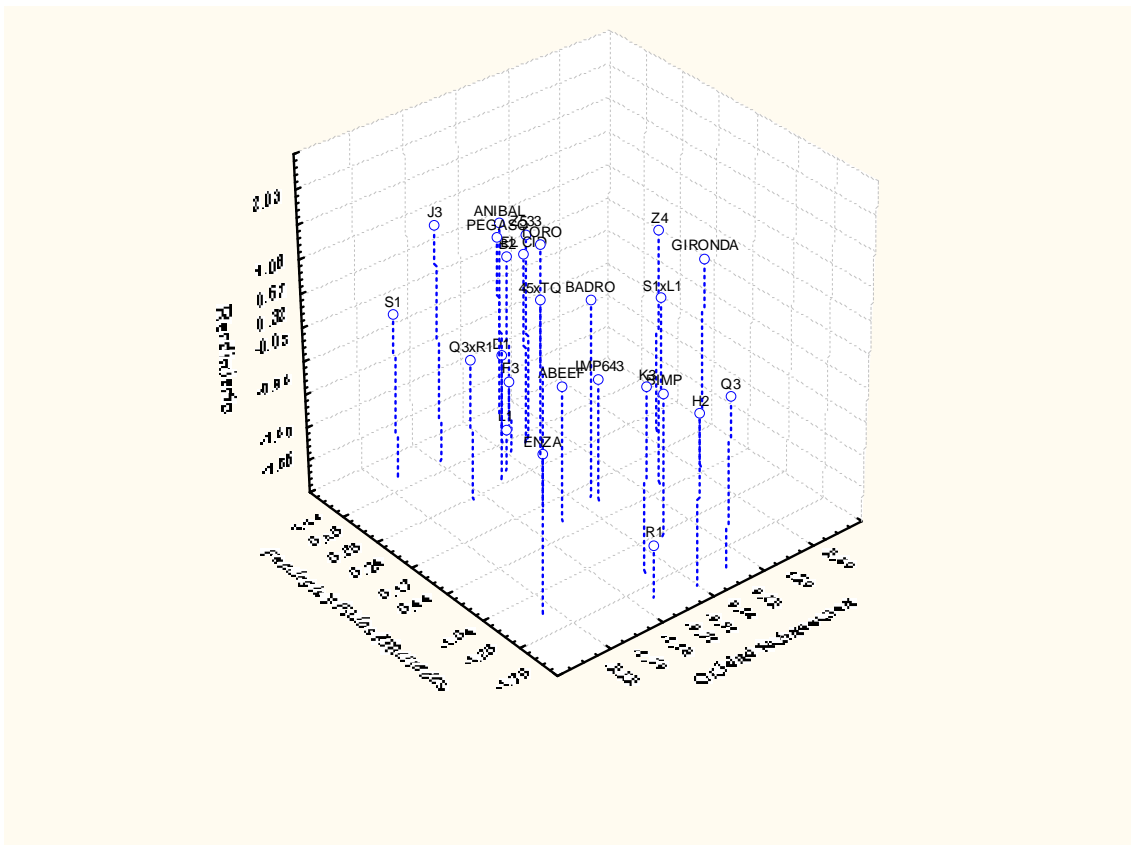


Figura 7. Comportamiento de los genotipos con tres factores “RENDIMIENTO”, “CALIDAD NUTRACEUTICA” y FENOLOGIA y FRUTOS AMARRADOS”, para 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

En la Figura 8. Observamos el comportamiento de los genotipos en cuanto a las variables Rendimiento, Licopeno y Vitamina C, en el eje de las Z observamos la variable RENTHA, en el eje de las Y observamos la variable VitC, y en el eje de las X observamos la variable LICOPENO, los mejores genotipos en cuanto a estas variables son: D1 y Z4.

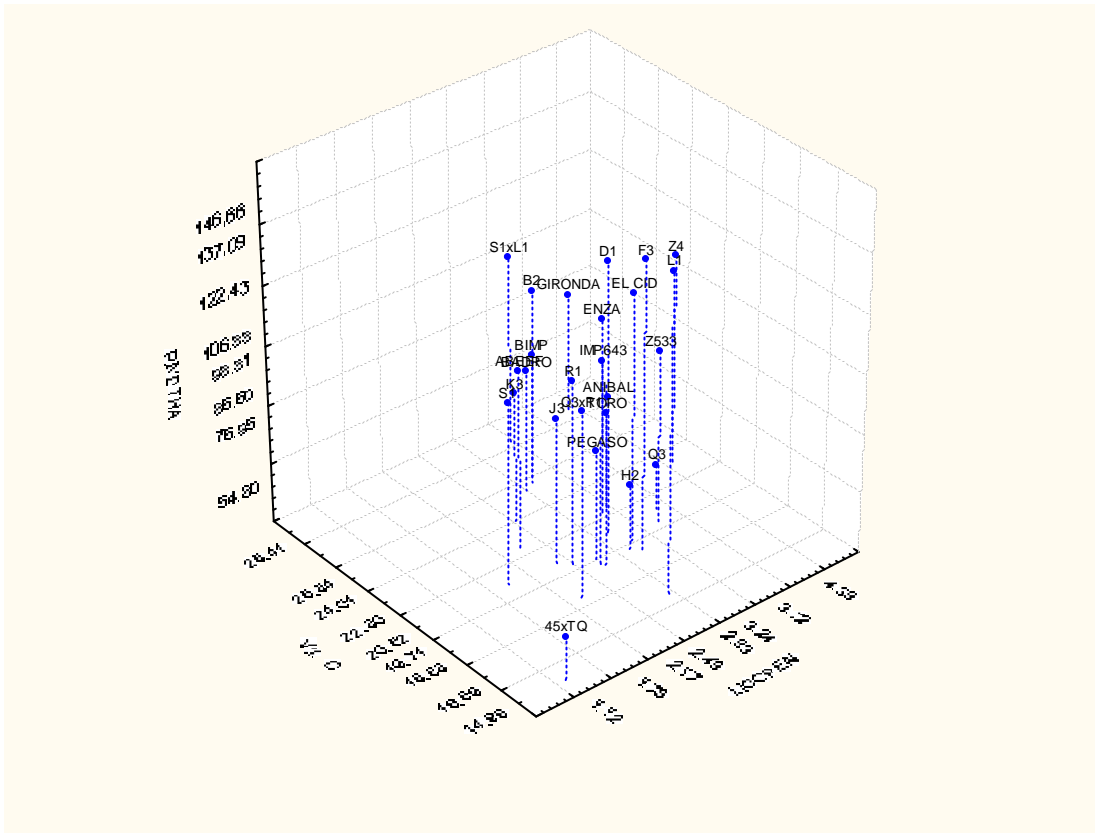


Figura 8. Comportamiento de 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en los parámetros de Rendimiento, Licopeno y Vitamina C.

En la Figura 9 observamos el comportamiento de los genotipos en cuanto a las variables Rendimiento, °Brix y PPF, en el eje de las Z observamos la variable RENDTHA, en el eje de las Y observamos la variable °BRIX y en el eje de las X observamos la variable PPF, los mejores genotipos en cuanto a estas variables son: L1, F3 y ENZA.

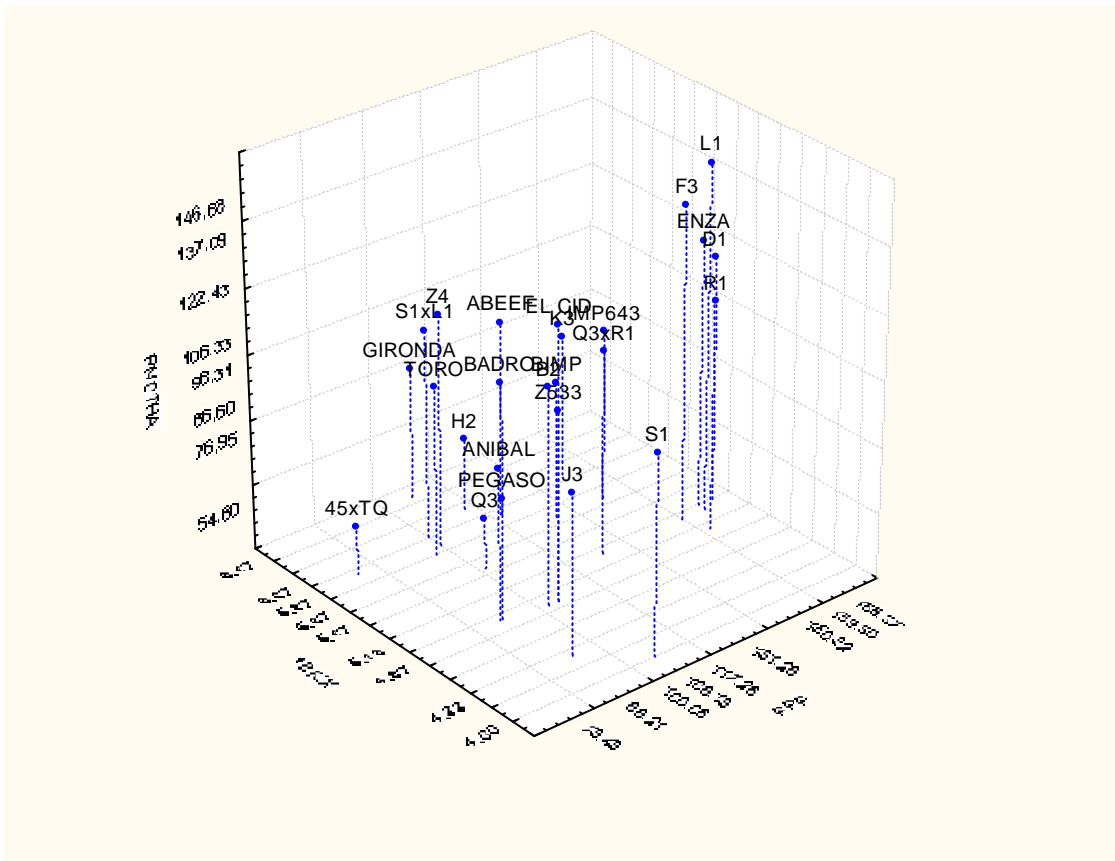


Figura 9. Comportamiento de 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en los parámetros de Rendimiento, °Brix y PPF.

En la Figura 10 observamos el comportamiento de los genotipos en cuanto a las variables Rendimiento, DPC y DC, en el eje de las Z observamos la variable RENDTHA, en el eje de las Y observamos la variable DPC y en el eje de las X observamos la variable DC, los mejores genotipos en cuanto a estas variables son: L1, F3, EL D1, ENZA y EL CID.

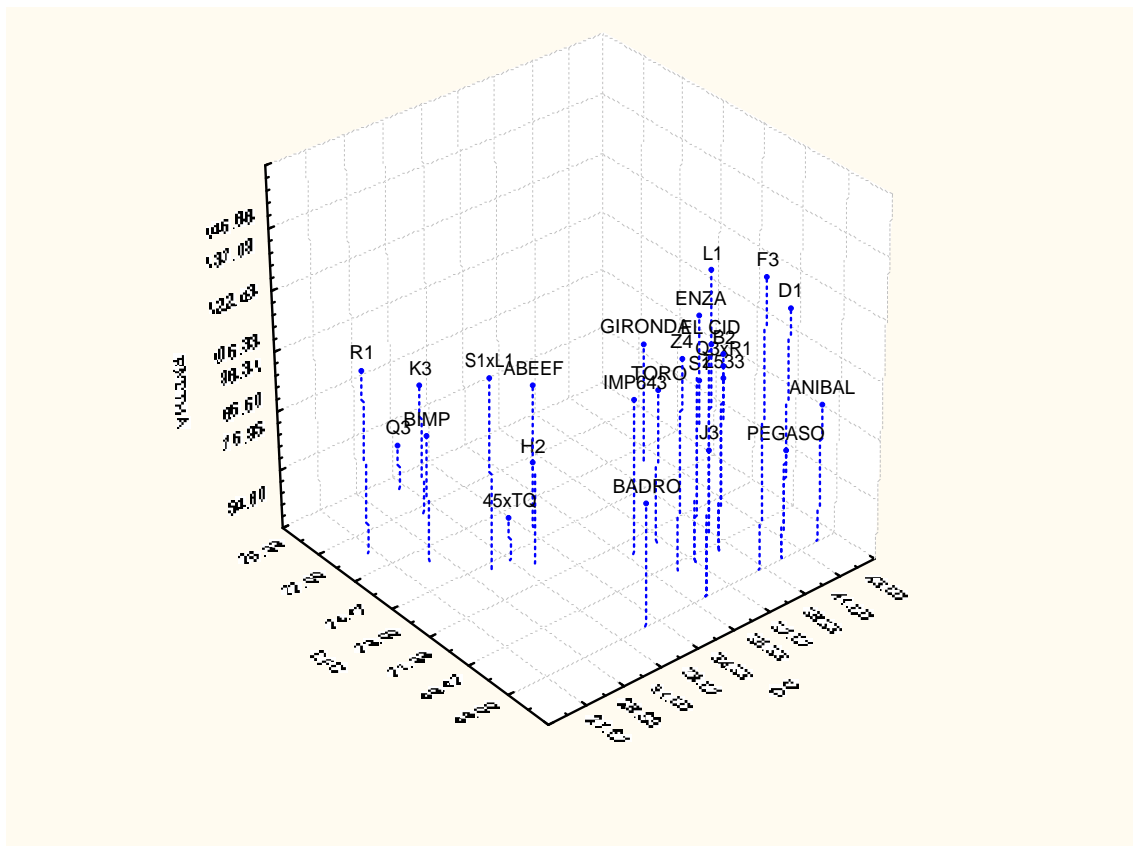


Figura 10. Comportamiento de 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en los parámetros de Rendimiento, DPC y DC.

En la Figura 11 observamos el comportamiento de los genotipos en cuanto a las variables Rendimiento, Licopeno y DPC, en el eje de las Z observamos a la variable RENTHA, en el eje de las Y observamos a la variable DPC y en el eje de las X observamos a la variable LICOPENO, los mejores genotipos en cuanto a estas variables son: L1, F3, EL CID y D1.

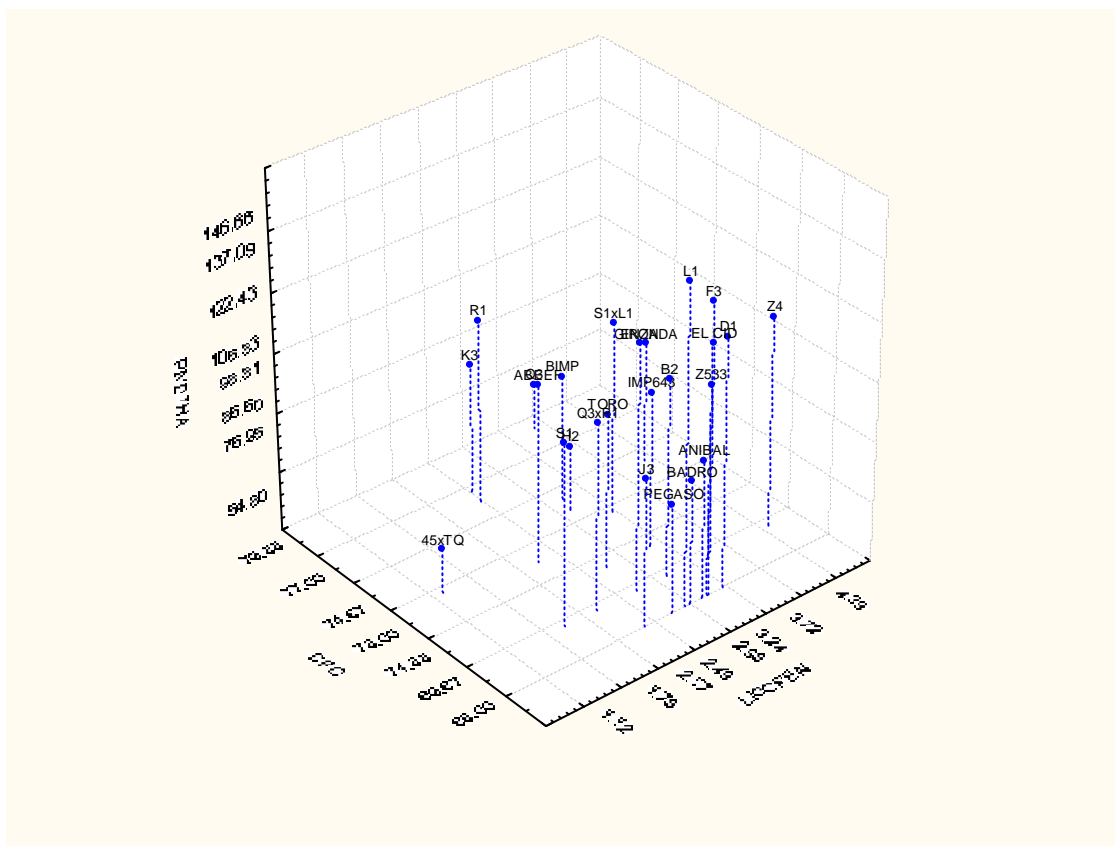


Figura 11. Comportamiento de 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en los parámetros de Rendimiento, Licopeno y DPC.

En la Figura 12 observamos el comportamiento de los genotipos en cuanto a las variables Licopeno, Vitamina C y °Brix, en el eje de las Z observamos la variable LICOPENO, en el eje de las Y observamos a la variable °BRIX y en el eje de las X observamos la variable VitC, los mejores genotipos en cuanto a estas variables son: GIRONDA, Z4, S1XL1 y IMP643.

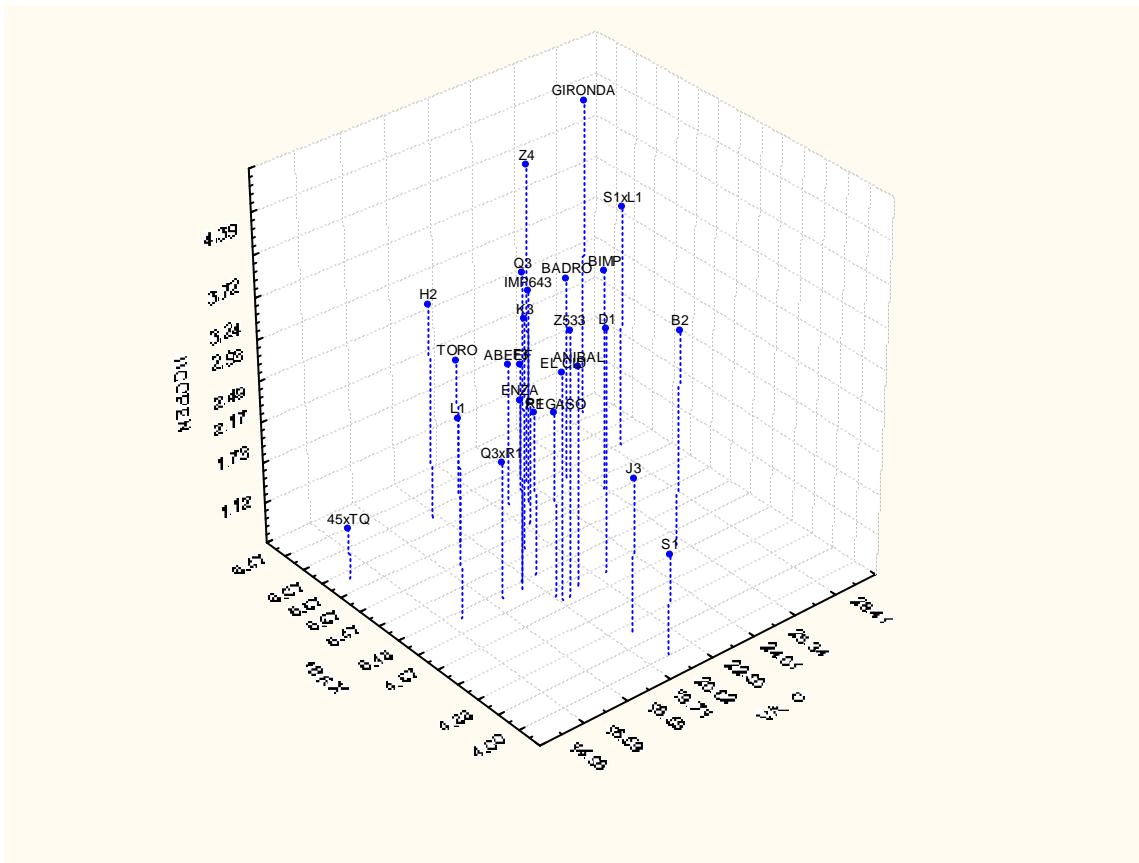


Figura 12. Comportamiento de 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en los parámetros de Licopeno, Vitamina C y °Brix.



## CONCLUSIONES

Analizando los resultados obtenidos en el análisis de varianza se puede concluir que existen diferencias altamente significativas para el factor genotipo, en cuanto a las características cuantitativas de rendimiento: NFPP los mejores genotipos son EL CID (31), Z4 (29.66) y B2 (27.66). En PPF los mejores genotipos son R1 (173.73 g), ENZA (168.76g) y L1 (168.37g), en REN los mejores son L1 (146.88 th<sup>-1</sup>), F3 (137.09 th<sup>-1</sup>) y EL CID (123.76 th<sup>-1</sup>).

En características cualitativas : En COLOR los mejores genotipos son Q3 (4), Z4 (4) y F3 (3,33), en pH los mejores son GIRONDA (4.51), Z533 (4.48) y Z4 (4.47), °BRIX son GIRONDA (6.46), H2 (6.13) y 45 x TQ (5.93), LICOP son Z4 (4.6mg 100 g<sup>-1</sup>), GIRONDA (4.39mg 100 g<sup>-1</sup>) y S1 x L1 (3.46mg 100 g<sup>-1</sup>), VITC son GIRONDA (28.73mg 100 g<sup>-1</sup>), S1 x L1 (28.40mg 100 g<sup>-1</sup>) y BIMP (25.95mg 100 g<sup>-1</sup>), DP son EL CID (6.8cm), Z4 (6.7cm) y PEGASO (6.4cm), y DE son R1 (7.8cm), ENZA (7.5cm) y L1 (7.0cm), las variables antes mencionadas se comportaron de manera distinta en cada genotipo debido a la diversidad genética con la que cuenta cada material genético estudiado anteriormente.

Para las variables fenológicas solo existió diferencia significativa la variable DUC en la FV en REP.

Al realizar el análisis de Componentes Principales se cumplió con uno de los objetivos principales, que es el de reducir la dimensionalidad de los datos sin perder la mayor cantidad de información, reduciéndola a 5 Componentes Principales, explicando un 82.3 % de variación total.

El primer componente principal se le llamo “FACTOR FENOLOGIA Y FRUTOS AMARRADOS” en donde las variables que mas influyeron a este factor son NCORTES, DC y NFPP, siendo los genotipos H2, Q3, R1 y K3 que mas sobresalieron a este factor.

El segundo componente principal se le llama “FACTOR CALIDAD NUTRACEUTICA” en donde las variables que mas influyeron en este factor son LICOP seguido de COLOR y VTC, siendo los genotipos Z4, GIRONDA y S1 x L1 que mas sobresalieron a este factor.

El tercer componente principal se le llamo “FACTOR RENDIMIENTO” en donde las variables que mas influyeron son PPF y DE, siendo los genotipos L1, R1, ENZA y F3, que mas sobresalieron a este factor.

El cuarto componente principal se le llamo “FACTOR PERIODO VEGETATIVO” en donde las variables que mas influyeron son DUC seguido de DC, siendo los genotipos Q3, ANIVAL y H2 que mas sobresalieron a este factor.

El quinto componente principal se le llamo “FACTOR TAMAÑO LONGITUDINAL” en donde las variable que mas influyo es DP, siendo los genotipos Z4, EL CID y 45 X TQ, que mas sobresalieron a este factor.

En cuanto a la calificación de los materiales evaluados los mejores materiales experimentales son L1, F3 y D1 que superan a los testigos utilizados en esta investigación debido que son materiales que han sido seleccionados con anterioridad en cuanto a características agronómicas.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo el de seleccionar los genotipos sobresalientes en rendimiento y calidad, evaluarlos en base a criterios fenológicos para una posterior recomendación para producción en campo e invernadero.

El trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, situada a una Latitud N; 101°00' Longitud W, cuenta con una altitud de 1742 msnm. En el ciclo primavera/verano 2009 bajo condiciones de invernadero mediante el cultivo en hidroponía. Contando con un total de 25 materiales genéticos de los cuales 10 son híbridos experimentales: EL CID, TORO, ANIBAL, PEGASO, GIRONDA, BRADO, IMPERIAL 643, BEE IMPERIAL, AMARAL BEEF y ENZAZADEN, y 15 líneas del programa de fitomejoramiento fisiotécnico de la UAAAN que son: R1, Q3, Z533, Q3 X R1, J3, F3, S1 X L1, D1, K3, S1, Z4, 45 X TQ, B2, H2 y L1.

Durante el transcurso del experimento se desarrollaron las prácticas agronómicas correspondientes a la fenología del cultivo las cuales fueron: Siembra, Transplante, Fertilización, Riego, Poda, Tutorado, Cosecha y la toma de datos de laboratorio durante los meses Junio-Septiembre del 2009.

Las variables de estudio fueron: fenológicas; Días a Primer Corte (DPC), Días a Ultimo Corte (DUC), Días en Corte (DC). Variables de Rendimiento de las cuales tenemos Características Cuantitativas de Rendimiento; Número de Frutos Por Planta (NFPP), Peso Promedio de Fruto (PPF) y Rendimiento por hectárea (REN), y Características Cualitativas de Rendimiento; Color del Fruto (COLOR), Potencial de Iones Hidrógeno (pH), Grados °Brix (°BRIX), Licopeno (LICOP), Vitamina C (VITC), Diámetro Polar (DP), Diámetro Ecuatorial (DE).

En el experimento se utilizó un modelo estadístico de un Diseño de Bloques Completos al Azar con 25 Genotipos y 3 Repeticiones para las variables Fenológicas.

Se obtuvieron diferencias altamente significativas en cuanto a variables cuantitativas de rendimiento: NFPP siendo el mejor EL CID (31), PPF siendo el mejor el R1 (173.73) y para REN el mejor fue el L1 con un rendimiento de 146.88 toneladas por hectárea seguido de F3 con un rendimiento de 137.09 toneladas por hectárea, y para las variables cualitativas de rendimiento COLOR es el Q3 (4), pH es el GIRONDA (4.51), °BRIK es GIRONDA (6.46), LICOP es el Z4 (4.6mg 100g<sup>-1</sup>), VITC es el GIRONDA (28.73mg 100g<sup>-1</sup>), DP es EL CID (6.8cm) y para DE es el R1 con 7.7cm.

En cuanto al Análisis de Componentes Principales se realizó con programa Statistica 6.0 reduciendo la cantidad de información a 5 factores explicando un 82 % de la varianza total, nombrando al factor 1 como “FENOLOGÍA y FRUTOS AMARRADOS”, factor 2 como “CALIDAD NUTRACÉUTICA”, factor 3 “RENDIMIENTO”, factor 4 “PERIODO VEGETATIVO” y al factor 5 “TAMAÑO LONGITUDINAL”.

La calificación final de los materiales se realizó en escala de 0-100% destacando los materiales L1, F3 y D1 en comparación con los testigos más sobresalientes que son el ENZA y EL CID.

## LITERATURA CITADA

- Aguayo, E. y F. Artés. 2004. Elaboración del tomate mínimamente procesado en fresco. Compendios de Horticultura. 15. Ediciones de Horticultura S.L. Reus (España). Pp. 95-102
- Alcazar, E.J.T. 1991. Genetic Resources of Tomatoes and Wild Relatives. International Board Plant Genetic Resources, Rome. Pp. 130-135.
- Basu, V. I. 2007. Tomatoes versus lycopene in oxidative stress and carcinogenesis: conclusions from clinical trials. European Journal of Clinical Nutrition. 61 (3): 295-304.
- Bautista M. N. y Alvarado L. J. Primera edición 2005, 2da edición 2006. Producción de Jitomate en Invernadero, Colegio de Posgraduados. 265p.
- Boches, P. S. 2009. Breeding tomato for increased fruit phenolics. Oregon State University. 157 p; AAT 3352008
- Broschat, T.K. 1979. Principal Component Analysis in Horticultural Research. Hortscience, Vol. 14(2).
- Benavides, M. A. 1998. Modificación en los ambientes espectrales de crecimiento y su efecto sobre el comportamiento fisiológico y productividad de *Lactuca sativa* L. y *Spinacia oleracea* L. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 217 p.
- Cantwell, M. 2004. Statewide Uniform variety Trial Report Field and Postharvest Evaluations. Fresh market Tomato. South Joaquin Valley. UCCE. Pp. 220-230.
- Calvin, L. Cook R. and A. Waves. 2005. North American Greenhouse Tomatoes Emerge as a Major Market Force 3 (2): 20-28.
- Carvalho, W., M. E. Fonseca, H.R. de Silva, Boiteux, S. L. and L. B. Giordano. 2005. Estimativa indirecta de teores de licopeno em frutos de genótipos de tomateiro via análise colorimétrica Horticultura Brasileira, Brasilia, 232 (3): 819-825.

- Cebolla, C. J. 2005. Recovery of traditional varieties of tomato and pepper: Characterisation and genetic improvement Dr., Universidad Politecnica de Valencia (Spain). 295 p; AAT 3175756
- Chaves, J. F. C. Pinheiro. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*. 103 (4): 551-561.
- Chechetkin, A. V., V. I. Voroniansky and G. G. Pokusy. 1984. *Prácticas de bioquímica del Ganado y aves de corral*. Editorial Mir. Moscú. p 55.
- Cook. 2007. Faostat y el Mercado Dinámico de la producción de Tomate fresco en el área de TLCAN. U of California at Davis. Fuente: US Department of Commerce, USDA. Pp. 137-142.
- Corominas, J. (1990). *Breve diccionario Etimológico de la lengua castellana*. Ed. Gredos, Madrid. P. 145.
- Espinosa C. Á. Y, 2009. Evaluación y Selección de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en base a variables Fisiotécnicas (agroclimáticas, fonológicas, fisiológicas y de rendimiento). Tesis de licenciatura, Buenavista, Saltillo, Coahuila. P. 35.
- FAO. 2008. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. WWW.SIAP.SAGARPA.GOB.MX
- Fröhlich, K. K. R. Bitsch and V. Böhm. 2006. Effects of ingestion of tomatoes, tomato juice and tomato purée on contents of lycopene isomers, tocopherols and ascorbic acid in human plasma as well as on lycopene isomer pattern, *Journal of Nutrition*. 95 (4): 734-742.
- Gambelli, L. 2001. Factors affecting carotenoid bioavailability in raw and processed tomato and carrot. (BL: DXN057714) AAT U158032. Pg. 140-145.
- García, L. I. Escobar, J.J. Berenguer y M.M. Téllez. 2003. 2003. Tecnología de producción, Medio ambiente y solución nutritiva. *Horticultura Internacional Estación experimental La Nacla y C. I. F. H. Almería*. Pg. 85-90.
- Hadley W. 2002. Tomatoes, Lycopene, and prostate cancer: progress and promise. *Exp. Biol Med*. 227:869-80.
- INEGI, 2008, Instituto Nacional de Estadísticas Geográficas e Informáticas. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)

- Jaren, C. S. Arazuri, M.J. García, P. Arnal, y J.L. Arana. 2005. White *Aspargus*, Harvest Date Discrimination Using NIRS Technology. International Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2006 (en prensa).
- Jones J., B. 1999. Tomato plant culture. CRC Press. New York, U.S.A. 150p.
- León, G. H. M. 2001. Manual para el cultivo de tomate en invernadero p. 24 Gobierno del Estado de Chihuahua, Chih.
- Llamas O. 2008, LICOPENO, Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicios y departamentos, A.C.P. 55.
- Lyons-Johnson, A1996. La Investigación agrícola 44 (10): 15.
- Martínez M S, 2008. Genotipos Sobresalientes de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Base a Parámetros Fisiotécnicos Bajo Condiciones de Invernadero en Providencia General Cepeda, Coahuila, Tesis de licenciatura, Buenavista, Saltillo, Coahuila. P. 32.
- Microsoft ® (Encarta ® 2009). © 1993-2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
- Nuez, (1995) El cultivo de Tomate. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. 793p.
- Nuez, F. 2001. El cultivo del tomate. Editorial Mundi Prensa. 793p.
- Nuez, V F. 2001. Desarrollo de nuevos cultivares. En: Nuez (Ed.) el cultivo del tomate, editorial Mundi prensa, México. Pp 626-669
- Pressman, M. M. Peet, D. and M. Pharr. 2002. The Effect of Heat Stress on Tomato Pollen Characteristics is Associated with Changes in Carbohydrate Concentration in the Developing Anthers. Annals of Botany 90 (5): 631.
- Rascon, H. M. 2005. Licopeno, un Carotenoide Saludable para el Corazón Industrial Alimentaria, 27(6) p 123.
- Riso, F. V. D. Erba, G. Testolin and M. Porrini. 2004. Lycopene and vitamin C concentrations increase in plasma and lymphocytes after tomato intake. Effects on cellular antioxidant protection. European Journal of Clinical Nutrition. 58 (10): 1350.
- Rivero, E. S. J. M. Ruiz and L. Romero. 2003. Influence of temperature on biomass, iron metabolism and some related bioindicators in tomato and watermelon plants Journal of Plant Physiology 160 (9): 1065.
- Rodríguez, F. S.M. López. y E.A. García. 2006. El tomate rojo, sistema hidropónico. Editorial Trillas. 81p.

- Romero, F. 1991. Fisiología de Cultivos, Relaciones Agua Planta en el Sistema Agua-Planta-Atmosfera. INIA La Estanzuela. Pp. 199-205.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 793p.
- Sánchez, C.E. C. Pérez, C. M. Cruz, A. E. 2009. Producción de jitomate hidropónico bajo invernadero en un sistema de dosel en forma de escalera, Revista Chapingo Serie Horticultura, 15(1): 67-73.
- SAGARPA, 2008. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)
- Sato, M. K. Iwata, T. N. Makita, et al. 2006. Moderate Increase of Mean Daily Temperature Adversely Affects Fruit Set of *Lycopersicon esculentum* by Disrupting Specific Physiological Processes in Male Reproductive Development *Annals of Botany*. 97 (5): 731
- SIAP. 2008, Servicio de información agroalimentaria y pesquera. [WWW.SIAP.SAGARPA.GOB.MX](http://WWW.SIAP.SAGARPA.GOB.MX)
- Trinidad G. R, 2007. Estudios Fisiotécnicos y Rendimiento en Materiales Genéticos de Tomate Saladette en Tres ambientes, en Campo é invernadero. Tesis de Maestría, Buenavista, Saltillo, Coahuila. Pp. 39 y 63.
- Tognoni, F. 2000. Memoria del Curso Internacional de Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Instituto Nacional de Capacitación para la Productividad Agrícola (INCAPA, S.C.). 21-26 de Agosto de 2000. Guadalajara, Jal., México. pp: 12-27.
- Upritchard, J. E. H. Wayne, F. Sutherland and I.M. Jim. 2000. Effect of supplementation with tomato juice, vitamin E, and vitamin C on LDL oxidation and products of inflammatory activity in type 2 diabetes *Diabetes Care*. Alexandria 23 (6): 733-739.
- Vavilov, N.L. 1951. Origen, variation, immunity and breeding of cultivated plants. Roland Press, New York U.S.A. p. 90
- Werts K. 2004. Lycopene: modes of action to promote prostate health. *Arch Biochem Biophys* 430: 127-134.
- <http://www.hortalizas.com/pdh/?storyid=1135>. Última verificación 13-11-09.
- <http://www.smart-fertilizer.com/index2.php?id=84&lang=ESP> Última verificación 5-09-09.



<http://www.eljardindejuana.com/consejos/climatizacion-de-invernaderos.php>  
Última verificación 12-12-09.

[http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/control\\_climatico4.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico4.htm). Última  
verificación 25-11-09.

[http://www.tecnociencia.es/especiales/cultivos\\_hidroponicos/11.htm](http://www.tecnociencia.es/especiales/cultivos_hidroponicos/11.htm). Última  
verificación 01-12-09.

<http://www.eljardindejuana.com/consejos/climatizacion-de-invernaderos.php>.  
Última verificación 6-10-09.

<http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/transpiracion/> Última verificación 11-11-09

[http://www.sagan-gea.org/hojared\\_AGUA/paginas/4agua.html](http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/4agua.html). Última  
verificación 28-09-09

"[http://es.wikipedia.org/wiki/Metabolismo\\_vegetal](http://es.wikipedia.org/wiki/Metabolismo_vegetal). Última verificación 20-10-09.

"<http://es.wikipedia.org/wiki/Licopeno> Última verificación 19-09-09.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Vitamina\\_C](http://es.wikipedia.org/wiki/Vitamina_C). Última verificación 30-10-10.

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obpulpfru/p7.htm>  
Última verificación 30-09-09.

"[http://es.wikipedia.org/wiki/Grado\\_Brix](http://es.wikipedia.org/wiki/Grado_Brix)". Última verificación 2-08-09.

[http://www.hydroenvironment.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=product\\_i  
nfo&products\\_id=230](http://www.hydroenvironment.com.mx/catalogo/index.php?main_page=product_info&products_id=230) Última verificación 3-12-09.

[http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/aalonso/Docencia/ad-sl3.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/aalonso/Docencia/ad-sl3.pdf). Última  
verificación 15-12-09.

[http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_de\\_componentes\\_principales](http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_componentes_principales).  
Última verificación 15-11-09.

- Esta página fue modificada por última vez el 01:07, 11 sep 2009.

## APÉNDICE

**Apéndice I: Calificación final para 25 genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo condiciones de invernadero**

<b>GENEAL</b>	<b>Calificación RNDTHA</b>	<b>Calificación DPC</b>	<b>Calificación PPF</b>	<b>Calificación LICOPEN</b>	<b>Calificación Vit. C</b>	<b>Calificación. °BRIX</b>	<b>Calificación Final</b>	<b>#</b>
R1	34.78	10.78	15.00	3.792	20.38	5.2	74.14	9
Q3	18.93	9.69	8.79	5.870	21.14	5.46	53.49	24
Z533	33.47	14.22	9.18	5.661	20.45	4.86	72.02	12
Q3 x R1	34.95	14.22	11.33	3.306	18.53	5.13	73.08	11
J3	30.47	15.00	7.92	3.608	20.82	4.33	66.09	21
F3	46.67	15.00	13.81	4.929	19.43	5.13	89.89	2
S1 x L1	35.55	12.34	8.64	5.275	28.41	6	74.29	8
D1	42.13	15.00	14.04	5.267	22.47	4.93	86.49	3
K3	28.57	10.47	12.98	3.855	24.01	6.06	67.35	19
S1	34.53	14.22	9.34	2.637	20.92	4	69.53	15
Z4	37.88	14.22	8.64	7.000	23.20	5.86	78.84	6
45 x TQ	18.66	12.34	6.34	1.704	14.98	5.93	48.20	25
B2	36.20	14.22	8.89	4.774	25.62	4.86	74.83	7
H2	21.14	11.88	10.12	4.780	19.76	6.13	58.41	23
L1	50.00	15.00	14.54	4.451	16.59	5.13	92.79	1
EL CID	42.09	15.00	9.17	4.965	20.14	4.86	80.64	5
TORO	31.29	13.44	8.30	4.190	19.56	5.8	67.36	18
ANIBAL	29.48	15.00	7.62	4.807	21.14	4.93	66.63	20
PEGASO	26.20	15.00	7.69	4.166	20.07	4.93	62.51	22
GIRONDA	27.49	11.56	9.50	6.676	28.74	6.46	68.23	16
BADRO	27.72	15.00	10.63	4.544	25.34	5.93	69.56	14
IMP643	31.49	13.44	13.03	5.115	22.30	5.66	73.75	10
BIMP	28.06	11.56	11.57	4.878	25.95	5.66	67.65	17
ABEEF	34.10	12.66	10.66	3.427	22.52	5.93	71.84	13
ENZA	41.68	14.22	14.57	4.137	19.71	5.2	84.23	4

## Apéndice II: Análisis de Varianza de las Variables Fenológicas

Variables	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr >F
DPC	Genotipo	25	895.546667	37.3144444	1.06	0.4205
	Error	24	1691.41333	35.237778		
	Total	49	2685.54667			
DUC	Genotipo	25	442.986667	18.4577778	0.43	0.9852
	Error	24	2041.41333	42.529444		
	Total	49	2740.32			
DC	Genotipo	25	1209.41333	50.392222	0.81	0.7093
	Error	24	2993.30667	62.360556		
	Total	49	4274.74667			
NC	Genotipo	25	43.3333333	1.80555556	1.16	0.3245
	Error	24	74.8266667	1.5588889		
	Total	49	122			

## Apéndice II: Análisis de Varianza de las Variables Cuantitativas de Rendimiento

Variables	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr >F
NFPP	Genotipo	25	1557.81333	64.90888	2.27	0.0078
	Error	24	1372.82667	28.60055		
	Total	49	3079.14667			
PPF	Genotipo	25	62179.5684	2590.8153	4.53	<.0001
	Error	24	27445.3875	571.77891		
	Total	49	90487.2169			
REN	Genotipo	25	38454.3493	1602.2645	2.32	0.0064
	Error	24	33089.3907	689.36231		
	Total	49	73471.0084			

### Apéndice III: Análisis de Varianza de las Variables Cualitativas de Rendimiento

Variables	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr >F
COLOR	Genotipo	25	35.28	1.47	7.6	<.0001
	Error	24	9.28	0.19333333		
	Total	49	45.28			
pH	Genotipo	25	0.42813333	0.01783889	2.98	0.0006
	Error	24	0.28693067	0.00597772		
	Total	49	0.74986667			
°BRIX	Genotipo	25	26.2325333	1.09302222	11.54	<.0001
	Error	24	4.54826667	0.09475556		
	Total	49	30.8458667			
LICOP	Genotipo	25	42.0562626	1.75234427	5.94	<.0001
	Error	24	14.148597	0.29476244		
	Total	49	59.4748646			
VITC	Genotipo	25	778.634152	32.4430897	4.19	<.0001
	Error	24	371.36298	7.736729		
	Total	49	1172.08474			
DP	Genotipo	25	5.00922133	0.20871756	3.19	0.0003
	Error	24	3.13687467	0.06535156		
	Total	49	8.27195467			
DE	Genotipo	25	8.19025867	0.34126078	3.44	0.0001
	Error	24	4.76550933	0.09928144		
	Total	49	13.1028587			

**Apéndice IV: Prueba de Tukey para las Variables Fenológicas de los 25 Genotipos de Tomate**

<b>GENEAL</b>	<b>DPC</b>	<b>DUC</b>	<b>DC</b>	<b>NCORTES</b>
<b>R1</b>	77.00 A	104.66 A	27.66 A	6.00 A
<b>Q3</b>	79.33 A	111.00 A	31.66 A	7.00 A
<b>Z533</b>	69.66 A	109.00 A	39.33 A	8.33 A
<b>Q3 x R1</b>	69.66 A	109.00 A	39.33 A	8.00 A
<b>J3</b>	68.00 A	104.66 A	36.66 A	8.00 A
<b>F3</b>	68.00 A	107.66 A	39.66 A	8.00 A
<b>S1 x L1</b>	73.66 A	104.66 A	31.00 A	7.00 A
<b>D1</b>	68.00 A	109.00 A	41.00 A	8.67 A
<b>K3</b>	77.66 A	109.00 A	31.33 A	6.66 A
<b>S1</b>	69.66 A	107.66 A	38.00 A	8.00 A
<b>Z4</b>	69.66 A	106.66 A	37.00 A	7.66 A
<b>45 x TQ</b>	73.66 A	105.66 A	32.00 A	7.00 A
<b>B2</b>	69.66 A	109.00 A	39.00 A	8.66 A
<b>H2</b>	74.66 A	109.00 A	34.33 A	6.00 A
<b>L1</b>	68.00 A	104.66 A	36.66 A	7.66 A
<b>EL CID</b>	68.00 A	104.66 A	36.66 A	7.66 A
<b>TORO</b>	71.33 A	109.00 A	37.66 A	8.66 A
<b>ANIBAL</b>	68.00 A	111.00 A	43.00 A	8.66 A
<b>PEGASO</b>	68.00 A	109.00 A	41.00 A	8.33 A
<b>GIRONDA</b>	75.33 A	111.00 A	41.33 A	7.66 A
<b>BADRO</b>	68.00 A	101.33 A	33.33 A	7.00 A
<b>IMP643</b>	71.33 A	107.66 A	36.33 A	7.66 A
<b>BIMP</b>	75.33 A	104.66 A	29.33 A	7.00 A
<b>ABEEF</b>	73.00 A	105.66 A	32.66 A	7.66 A
<b>ENZA</b>	69.66 A	107.66 A	38.00 A	7.00 A

**Apéndice IV: Prueba de Tukey para las Variables de Rendimiento de los 25 Genotipos de Tomate**

<b>GENEAL</b>	<b>NFPP</b>	<b>PPF</b>	<b>RNDTHA</b>
R1	16.33 A	173.73 A	102.17 AB
Q3	14.66 A	101.75 A-D	55.600 B
Z533	24.66 A	106.29 A-D	98.310 AB
Q3 x R1	20.66 A	131.28 A-D	102.66 AB
J3	26.00 A	91.750 CD	89.500 AB
F3	22.66 A	159.90 A-C	137.09 AB
S1 x L1	25.33 A	100.06 A-D	104.44 AB
D1	20.33 A	162.65 A-C	123.76 AB
K3	16.66 A	150.31 A-C	83.930 AB
S1	25.00 A	108.13 A-D	101.44 AB
Z4	29.66 A	100.09 A-D	111.29 AB
45 x TQ	20.33 A	73.430 D	54.800 B
B2	27.66 A	102.92 A-D	106.33 AB
H2	14.33 A	117.26 A-D	62.090 B
L1	23.66 A	168.37 AB	146.88 A
EL CID	31.00 A	106.25 A-D	123.76 AB
TORO	25.33 A	96.100 B-D	91.920 AB
ANIVAL	26.33 A	88.210 CD	86.600 AB
PEGASO	21.33 A	89.040 CD	76.950 AB
GIRONDA	20.00 A	109.99 A-D	80.770 AB
BADRO	18.00 A	123.06 A-D	81.420 AB
IMP643	16.33 A	150.86 A-C	92.490 AB
BIMP	16.33 A	134.03 A-D	82.430 AB
ABEEF	22.33 A	123.51 A-D	100.18 AB
ENZA	19.33 A	168.76 AB	122.43 AB

**Apéndice IV: Prueba de Tukey para las Variables Cualitativas de Rendimiento de los 25 Genotipos de Tomate**

<b>GENEAL</b>	<b>COLOR</b>	<b>pH</b>	<b>BRIX</b>	<b>LICOP</b>	<b>Vit. C</b>	<b>DP</b>	<b>DE</b>
<b>R1</b>	2.33 A-C	4.34 A-C	5.2 B-F	2.49 C-E	20.38 A-E	6.12 A-C	7.70 A
<b>Q3</b>	4.00 A	4.35 A-C	5.46 B-E	3.86 A-C	21.13 A-E	5.10 A-C	6.26 A-D
<b>Z533</b>	3.00 AB	4.48 A	4.86 E-G	3.72 A-C	20.45 A-E	4.68 C	4.97 B-D
<b>Q3 x R1</b>	2.00 A-C	4.35 A-C	5.13 C-F	2.17 C-E	18.53 C-E	5.16 A-C	6.24 A-D
<b>J3</b>	2.00 A-C	4.36 A-C	4.33 FG	2.37 C-E	20.82 A-E	4.94 A-C	4.90 DC
<b>F3</b>	3.33 AB	4.35 A-C	5.13 C-F	3.24 A-D	19.43 C-E	5.63 A-C	6.43 A-D
<b>S1 x L1</b>	3.00 AB	4.33 A-C	6.00 A-C	3.46 A-C	28.40 AB	5.52 A-C	6.54 A-D
<b>D1</b>	3.33 AB	4.36 A-C	4.93 D-G	3.46 A-C	22.46 A-E	5.18 A-C	6.52 A-D
<b>K3</b>	1.33 CD	4.45 A	6.06 A-C	2.53 C-E	24.00 A-D	4.59 A-C	5.47 A-D
<b>S1</b>	2.33 B-D	4.19 BC	4.00 G	1.73 DE	20.92 A-E	4.97 A-C	5.81 A-D
<b>Z4</b>	4.00 A	4.47 A	5.86 A-D	4.60 A	23.20 A-E	6.74 AB	5.56 A-D
<b>45xTQ</b>	1.00 D	4.33 A-C	5.93 A-C	1.12 E	14.98 E	6.20 A-C	4.38 D
<b>B2</b>	2.33 B-D	4.40 A-C	4.86 E-G	3.13 A-D	25.61 A-C	6.20 A-C	6.96 A-C
<b>H2</b>	2.66 A-C	4.42 AB	6.13 AB	3.14 A-D	19.75 B-E	5.24 A-C	6.35 A-D
<b>L1</b>	3.00 AB	4.37 A-C	5.13 C-F	2.92 A-D	16.59 DE	5.73 A-C	7.07 A-C
<b>EL CID</b>	3.00 AB	4.40 A-C	4.86 E-G	3.26 A-D	20.14 A-E	6.79 A	5.35 A-D
<b>TORO</b>	2.33 B-D	4.40 A-C	5.80 A-E	2.75 B-E	19.56 CE	6.26 A-C	5.02 B-D
<b>ANIBAL</b>	3.00 AB	4.36 A-C	4.93 D-G	3.16 A-D	21.14 A-E	6.37 A-C	5.50 A-D
<b>PEGASO</b>	2.33 B-D	4.39 A-C	4.93 D-G	2.73 B-E	20.07 A-E	6.48 A-C	4.99 B-D
<b>GIRONDA</b>	3.00 AB	4.51 A	6.46 A	4.39 AB	28.73 A	4.97 A-C	6.04 A-D
<b>BADRO</b>	2.00 B-D	4.42 AB	5.93 A-C	2.98 A-D	25.34 A-D	4.72 BC	5.92 A-D
<b>IMP643</b>	2.66 A-C	4.44 A	5.66 A-E	3.36 A-D	22.29 A-E	4.85 A-C	6.55 A-D
<b>BIMP</b>	2.66 A-C	4.36 A-C	5.66 A-E	3.20 A-D	25.95 AC	4.93 A-C	6.80 A-D
<b>ABEEF</b>	3.00 AB	4.16 C	5.93 A-C	2.25 C-E	22.52 A-E	5.39 A-C	6.68 A-D
<b>ENZA</b>	2.33 B-D	4.39 A-C	5.20 B-F	2.72 B-E	19.70 B-E	5.75 A-C	2.95 AB



This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.