

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISION DE AGRONOMÍA**



**Efectos Genéticos en Características Fisiotécnicas y Calidad de Fruto de  
Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Invernadero.**

**Por:**

**HÉCTOR RAÚL GUTIÉRREZ ROQUE**

**Tesis**

**Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

*Saltillo, Coahuila, México.*

*Abril de 2012.*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efectos genéticos en características fisiotécnicas y calidad de fruto de tomate  
(*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero

Por:

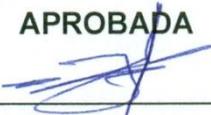
**HÉCTOR RAÚL GUTIÉRREZ ROQUE**

Tesis

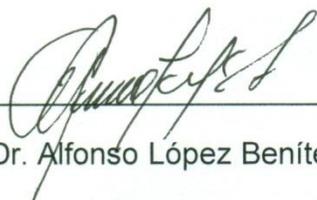
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

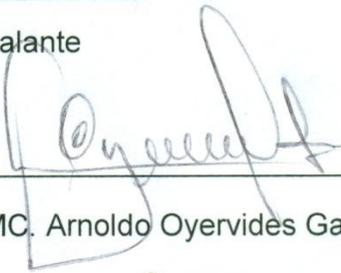
**APROBADA**

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

**Asesor Principal**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alfonso López Benítez

**Coasesor**

  
\_\_\_\_\_  
MC. Arnoldo Oyervides García

**Coasesor**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

**Coordinador de la División de Agronomía**

Saltillo, Coahuila, México

Abril de 2012

## AGRADECIMIENTOS

Principalmente, a DIOS, por permitirme llegar a este momento en mi vida y a la virgen de Guadalupe que siempre me guía y compañía en los momentos de tristeza y felicidad.

A mi “**Alma Terra Mater**” la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”**. Por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios superiores a través del Departamento de Fitomejoramiento y con ello escalar un peldaño más en mi vida profesional.

**Al Dr. Fernando Borrego Escalante.** Por su dedicación, paciencia e invaluable cooperación en este trabajo. Y sobre todo por su valiosa amistad y apoyo brindado en todo momento.

A mis amigos y compañeros de generación: con los cuales conviví durante toda mi carrera, por los momentos inolvidables que pasamos juntos,

Así también quiero mencionar a mis buenos amigos: **Francisco Alfonso Gordillo, Abel Salas Partida y a la Ing María de Lourdes Hernández Hernández** por su colaboración en el presente trabajo, ya que aprendí algo nuevo de cada uno de ustedes tanto en el área laboral como en mi desarrollo como persona gracias.

## DEDICATORIAS

Con mucho respeto y cariño, les dedico este trabajo a dos seres humanos excepcionales, que han dedicado su vida entera a la formación de sus hijos, a mis padres que con humildad y sencillez, me han formado como ser humano y me dieron la oportunidad de formarme como profesional, por todo el apoyo y paciencia que han tenido conmigo desde que supieron mi deseo por alcanzar mis metas.

A mi Padre:

Raúl Gutiérrez García

Al hombre de figura fuerte, de mirada profunda, de pies y manos de trabajo, de expresión sincera a quien quiero y respeto y que gracias a su apoyo moral y económico me ayudó a concluir mis metas en mi vida profesional.

A mi Madre:

Angelina Roque Martínez

A quien le debo mi vida y lo que soy, siempre ha estado a mi lado cuando más la necesito, cuando me enseñó a caminar, ahora tras 21 años logró inculcar en mí el espíritu de superación, teniendo como muestra la culminación de una más de mis metas, gracias por tu sacrificio y esfuerzo, por tu apoyo moral y económico gracias por hacer de mí, un hombre de bien.

Por su confianza y amor, les reitero mi agradecimiento por darme la mejor de las herencias, una formación profesional, de la cual les estaré siempre agradecido.

A mis abuelos: José Ignacio Gutiérrez Ramírez, Catalina García Rodríguez, Rosendo Roque Maciel, Leonor Martínez por todo su cariño y apoyo.

A todos mis Familiares: a todas mis tías y tíos que de alguna u otra forma me han apoyado al brindarme su confianza y todos sus consejos.

A mis Hermanos:

Juan José Gutiérrez Roque por tu apoyo y confianza que siempre me has brindado, sabes que te estimo mucho a pesar de la distancia que nos separa, igualmente a mis hermanas Claudia Nayeli Gutiérrez Roque y Mayra Leticia Gutiérrez Roque, por el cariño que nos tenemos y que me han brindado hasta el día de hoy, para quienes espero, ser un buen ejemplo como hermano mayor.

A mi Novia:

Cristina Morales Mosqueda

Con todo mi amor a la mujer que me ha enseñado el valor de la vida al lado de su pareja, gracias por estar conmigo por: comprenderme por escuchar, por estar conmigo en mis tristezas y alegrías, por motivarme a seguir luchando y alcanzar las metas que me propongo, mi objetivo era terminar una carrera y tu colocaste un granito de arena para que este sueño se cumpliera, gracias por tu apoyo incondicional por todo eso y más siempre te amare.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Origen é historia.....	4
Clasificación taxonómica y morfología.....	4
Características generales.....	6
Requerimientos edafoclimáticos.....	6
Temperatura.....	6
Humedad.....	7
Luminosidad.....	7
Suelo.....	7
Importancia del cultivo de tomate a nivel mundial.....	8
Importancia del cultivo de tomate en México.....	8
El mejoramiento genético de plantas.....	9
Efectos Genéticos.....	12
Cruzamientos dialélicos.....	13
Metodología de Griffing.....	14
Dialélicos desbalanceados.....	15
Programas genes.....	16
Análisis de componentes principales.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
Localización del área de estudio.....	19
Material genético.....	19
Manejo agronómico.....	21
Siembra de materiales progenitores.....	21
Preparación del sustrato.....	22
Trasplante.....	22
Riego.....	22
Fertirrigación.....	22
Poda.....	23
Colocación de tutorado.....	23

Control de plagas y enfermedades.....	23
Programa de cruzamientos.....	24
Cosecha de semilla híbrida.....	29
Pruebas de Calidad de Fruto.....	29
Determinación cuantitativa de vitamina C.....	30
Extracción y cuantificación de pigmentos vegetales Licopeno...	31
Toma de datos fisiológicos.....	32
Variables evaluadas.....	33
Diseño genético.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
V. CONCLUSIONES.....	52
VII. LITERATURA CITADA.....	56
APÉNDICE.....	60

## ÍNDICE DE CUADROS

		Página
<b>Cuadro 2.1</b>	Valor nutricional del tomate por 100g de sustancia comestible.....	6
<b>Cuadro 3.1</b>	Líneas de tomate tipo bola utilizadas como progenitores, en los cruzamientos dialélicos.....	19
<b>Cuadro 3.2</b>	Líneas de tomate tipo saladette utilizadas como progenitores, en los cruzamientos dialélicos.....	19
<b>Cuadro 3.3</b>	Genotipos de tomate tipo bola utilizadas en el análisis de componentes principales.....	20
<b>Cuadro 3.4</b>	Genotipos de tomate tipo saladette utilizadas en el análisis de componentes principales.....	21
<b>Cuadro 3.5</b>	Solución nutritiva para 1000 litros de agua.....	23
<b>Cuadro 3.6</b>	Preparación de extracto de lila para el control de plagas..	24
<b>Cuadro 4.1</b>	Análisis de varianza (cuadrado medió) del análisis dialélico desbalanceado de las semillas de 5 progenitores de tomate tipo bola y sus 10 cruas.....	38
<b>Cuadro 4.1.1</b>	Efecto de aptitud combinatoria general y específica para semillas ENFE, de tomate tipo bola.....	39
<b>Cuadro 4.1.2</b>	Efecto de aptitud combinatoria general y específica para semillas SANAS, de tomate tipo bola.....	39
<b>Cuadro 4.1.3</b>	Efecto de aptitud combinatoria general y específica para semillas VANAS, de tomate tipo bola.....	40
<b>Cuadro 4.1.4</b>	Efecto de aptitud combinatoria general y específica para el total de semillas (SEMTOT), de tomate tipo bola.....	40
<b>Cuadro 4.2</b>	Análisis de varianza (cuadrado medió) del análisis dialélico desbalanceado de 5 progenitores de tomate tipo saladette y sus 10 cruas.....	41

<b>Cuadro 4.2.1</b>	Efecto de aptitud combinatoria general y específica para semillas ENFE, de tomate tipo saladette.....	42
<b>Cuadro 4.2.2</b>	Efecto de aptitud combinatoria general y específica para semillas SANAS, de tomate tipo saladette.....	42
<b>Cuadro 4.2.3</b>	Efecto de aptitud combinatoria general y específica para semillas VANAS, de tomate tipo saladette.....	43
<b>Cuadro 4.2.4</b>	Efecto de aptitud combinatoria general y específica para el total de semillas (SEMTOT), de tomate tipo saladette.....	43
<b>Cuadro 4.3.1</b>	Análisis de componentes principales (Eigenvalores) entre valores de 42 genotipos de tomate tipo bola ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	44
<b>Cuadro 4.3.2</b>	Contribución relativa de cada variable en cuatro factores principales (Factor Loadings) de 42 genotipos de tomate tipo bola ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	45
<b>Cuadro 4.4.1</b>	Análisis de componentes principales (Eigenvalores) entre valores de 16 genotipos de tomate tipo saladette ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	48
<b>Cuadro 4.4.2</b>	Contribución relativa de cada variable en cuatro factores principales (Factor Loadings) de 16 genotipos de tomate tipo saladette ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Páginas
<b>Figura 4.1</b>	Comportamiento de 42 genotipos de tomate tipo bola ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.), en los parámetros actividad fisiológica, calidad nutritiva y tamaño de fruto....	46
<b>Figura 4.2</b>	Comportamiento de 42 genotipos de tomate tipo bola ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.), en los parámetros calidad nutritiva, color del fruto y tamaño de fruto.....	47
<b>Figura 4.3</b>	Comportamiento de 16 genotipos de tomate tipo saladette ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.), en los parámetros de uso eficiente del agua fotosintética, sabor de fruto, y transpiración.....	50
<b>Figura 4.4</b>	Comportamiento de 16 genotipos de tomate tipo saladette ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.), en los parámetros de uso eficiente del agua fotosintética, tamaño del fruto y sabor de fruto.....	51

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate es uno de los productos agrícolas de mayor consumo a nivel mundial, es por ello que se le coloca como la hortaliza más cultivada en términos de superficie y la de mayor exportación en México y en el mundo (Zapata 2007).

Estudios recientes han encontrado que las antocianinas y el licopeno, un carotenoide contenido en el tomate, es rico en antioxidantes, lo que le atribuye la capacidad de captación de los radicales libres presentes en nuestro cuerpo, que podrían disminuir los riesgos de contraer enfermedades crónicas (Pereira *et al*, 2011). El tomate es también una fuente de vitaminas. Estas propiedades, además de darle una mejor calidad al producto, le dan las características nutracéuticas.

La producción mundial de tomate, en el año 2010 fue de 145.652 millones de toneladas, mientras que el consumo mantiene un crecimiento sostenido de alrededor del 2.5% en los últimos 15 años. El 90% de la producción corresponde al hemisferio norte, donde las regiones más productoras son China, California EE.UU y el Mediterráneo. El resto se cultiva en el hemisferio sur, donde sobresalen países como Brasil, Argentina y Australia (FAO, 2010). En nuestro país, la superficie sembrada para el año 2010 fue de 54,510 has., en campo é invernadero, con un rendimiento promedio de 43.73 t ha<sup>-1</sup>. A nivel regional, en el estado de Coahuila se explotan alrededor de 943.5 has., con un rendimiento promedio de 43.44 t ha<sup>-1</sup> (SAGARPA – SIAP, 2010).

El 52% del territorio nacional (1, 027,051 km<sup>2</sup>) corresponde a zonas áridas y semiáridas, el Norte de México (Coahuila, Durango, Chihuahua, Sonora, Zacatecas, Nuevo León, entre otros) representa alrededor del 40% de esta superficie. Con estas condiciones, practicar la agricultura de temporal es sinónimo de riesgo debido a las condiciones agrometeorológicas intrínsecas a la aridez. Entre los factores que afectan las principales etapas fenológicas del cultivo (fecha a floración, fertilidad, número y tamaño de frutos, y rendimiento) se encuentra la temperatura, la captación de energía solar (fotosíntesis), la transpiración y el buen suministro de agua (Borrego, 2001). En estas regiones es necesario recurrir a sistemas agrícolas más tecnificados (riego, invernaderos, etc.) explotando un cultivo altamente rentable, es aquí donde el tomate es una excelente alternativa.

La principal problemática que pretende enfrentar este proyecto de investigación, es el hecho de que los productores de tomate de la región no cuentan con variedades o híbridos que tengan las características específicas que se necesitan, ya que los híbridos comerciales no reúnen estas características; por lo tanto no se adaptan a las condiciones ambientales propias de cada región. Por otro lado, el uso de variedades tradicionales sigue siendo una práctica extendida debido al bajo costo de la semilla (Borrego y Murillo, 2008).

## **Objetivos**

Objetivo general:

Determinar efectos genéticos en líneas de tomate tipo saladette y tomate tipo bola en invernadero.

Objetivos específicos:

- ◆ Estimar los efectos de la Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE) de los cruzamientos de los genotipos de tomate tipo saladette y bola, para características de formación de semilla, fisiotécnicas y de calidad.

- ◆ Utilizar parámetros fisiotécnicos y de calidad para una selección más eficaz de los mejores híbridos.

## **Hipótesis**

Es posible que el material genético del programa de mejoramiento fisiotécnico de la UAAAN, presenten mejores resultados en las variables de calidad entre los progenitores.

Existen diferencias entre los materiales genéticos en las características de ACG y ACE.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen e historia

El tomate está considerado como una hortaliza de uso diario, imprescindible y necesario en el mundo culinario. La palabra “tomate”, tiene su origen en la palabra náhuatl “tomatl” que se aplicaba genéricamente para plantas con frutos globosos o bayas, con muchas semillas y pulpa acuosa (Williams, 1990).

El centro de origen del género *Lycopersicon* es la región andina que hoy comparten Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile, zona en la que *Lycopersicon esculentum* (conocida más generalmente como *Solanum lycopersicum* L.) muestra la mayor variación genética (Warnock, 1991).

### TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA

**Familia:** Solanáceas.

**Especie:** *Solanum lycopersicum* L.

**Planta:** Tipo arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semirrecta o erecta.

Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

**Sistema radical:** Raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias.

**Tallo principal:** Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm. en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias.

**Hoja:** Compuesta con folíolos peciolados, lobulados y con borde dentado- en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se distribuyen de forma alternativa sobre el tallo.

**Flor:** es perfecta, regular é hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10 en variedades comerciales de tomate; es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del cortex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas.

**Fruto:** Baya, bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituida por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas.

**Semillas:** Cada semilla de tomate está encerrada en una pequeña envoltura gelatinosa conteniendo sustancias químicas que obligan a la semilla a permanecer en estado adormecido (Infoagro 2012).

Cuadro 2.1 Valor Nutricional del Tomate por 100g de sustancia comestible

<b>Valor nutricional del tomate por 100 g de sustancia comestible</b>	
Residuos (%)	6.0
Materia seca (g)	6.2
Energía (Kcal.)	20.0
Proteínas (g)	1.2
Fibra (g)	0.7
Calcio (mg)	7.0
Hierro (mg)	0.6
Caroteno (mg)	0.5
Tiamina (mg)	0.06
Riboflavina (mg)	0.04
Niacina (mg)	0.6
Vitamina C (mg)	23
Valor Nutritivo Medio (VNM)	2.39
VNM por 100 g de materia seca	38.5

Revista Digital Universitaria UNAM 2004

## **REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS**

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

### **Temperatura**

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30°C durante el día y entre 1 y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35°C afectan la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radical en particular. Temperaturas inferiores a 12-15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta.

A temperaturas superiores a 25°C é inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula. 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.

## **Humedad**

La humedad relativa óptima oscila entre un 60% y un 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor.

## **Luminosidad o Radiación**

La luz solar es un pre-requisito para el crecimiento de la planta. El tomate es un cultivo que no lo afecta el fotoperíodo largo del día, sus necesidades de luz oscilan entre las 8 y 16 horas. Los días soleados y sin interferencia de nubes, estimulan el crecimiento y desarrollo normal del cultivo. Por lo que se esperaría, no se tengan muchos problemas de desarrollo de flores y cuaje de frutos por falta de luz.

## **Suelo**

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos sueltos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelos arcillo arenosos. En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados. Es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego (Spt 2010).

## **Importancia del cultivo de tomate a nivel mundial**

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe, principalmente, al aumento en el rendimiento y, en menor proporción, al aumento de la superficie cultivada.

En menos de un siglo, el tomate se ha convertido en un cultivo alimentario importante en todo el mundo, en la actualidad el tomate se consume en todas partes. Junto con la popularidad mundial creció el gran negocio, primero el de los mejoradores comerciales y ahora el de los ingenieros genéticos, cuyos tomates hechos a la medida fueron el primer cultivo manipulado genéticamente que llegó a los comercios (SAGARPA 2010).

Para el 2010 la producción de tomate se distribuyó de la siguiente manera: China fue el principal productor de tomate en el mundo, con una participación de 28.74%. Le sigue Estados Unidos con 8.85%; Turquía, 6.9%; India, 8.2%; mientras que México ocupó el decimo lugar, con 2.05% de participación en la producción (FAO 2010).

Los países que ocupan los primeros tres lugares en el ranking de mayores exportadores, comercializan poco más de 55% de total mundial. Holanda ocupa el primer sitio, con 22% del volumen de exportaciones mundiales de tomate; México tiene el segundo lugar con 18% de las mismas; en tercer lugar, España con 17% del total mundial (SAGARPA 2010).

## **Importancia del cultivo de tomate en México**

El cultivo del tomate es una de las hortalizas más importantes en México ya que se cultiva en todo el país bajo una diversidad de condiciones de clima y de cultivo. Para el año 2010, a nivel nacional se sembraron 54,510.59 Has donde se obtuvo una producción de 2,277,791.43 t con un valor total de la producción de \$14,887,127.57 siendo los principales estados productores: Sinaloa (30.16 por ciento), Baja California Norte (9.72 por ciento), Michoacán (6.82 por ciento), Zacatecas (6.33 por ciento), Jalisco (6.18 por ciento), SIAP (2012).

## **El mejoramiento genético de plantas**

Los notorios resultados prácticos alcanzados en los últimos años por la mejora genética de plantas en la producción de especies cultivadas, superiores a las existentes, sin embargo, a la fecha queda mucho por mejorarlas y hacerlas aptas para su utilización bajo las mas diversas condiciones agronómicas. Por lo tanto, el objetivo principal del fitomejoramiento genético es incrementar la producción y la calidad de los productos agrícolas por unidad de superficie, en el menor tiempo, con el mínimo esfuerzo y al menor costo posible. Esto se logrará mediante la obtención de nuevas variedades o híbridos de alto potencial, es decir, que produzcan más grano, más forraje, más fruto, o más verduras en la menor área de terreno posible, y que se adapten a las necesidades del agricultor y consumidor, sin embargo, esto no se puede llevar a cabo simplemente con el potencial genético de las variedades, sino mediante la obtención de variedades que estabilicen su producción a través de la resistencia o tolerancia a malezas, a daños causados por plagas y enfermedades (Valera, 2010).

En todo programa de mejoramiento genético se recomienda que se incluyan caracteres relacionados con la calidad de la semilla, ya que esto incrementaría la resistencia al deterioro de campo, la longevidad durante su almacenamiento, así como su capacidad de germinación y emergencia en condiciones no favorables (Delouche 1985). Existe poca información relacionada con la herencia del vigor de la semilla y, por tanto, de la importancia del componente genético en la expresión de este carácter, el cual, de acuerdo con Dickson (1980), no ha sido suficientemente explotado.

El uso de variedades híbridas representa muchas ventajas para los productores, más aún si los híbridos son probados para condiciones regionales. Una de las principales ventajas de los híbridos es la heterosis, fenómeno que se presenta cuando se cruzan dos líneas dispares de plantas en una F<sub>1</sub> híbrida (presumiblemente heterocigótica), el híbrido muestra un mayor tamaño y vigor que las líneas parentales (Griffiths *et al.*, 2007). En términos agronómicos esto

se traduce en plantas sobresalientes de alto rendimiento bajo condiciones de cultivos normales o adversos, alta calidad visual y nutritiva, uniformidad y estabilidad, y tolerancia a plagas y enfermedades. Es por esto que la obtención de nuevos cultivares ha sido un objetivo continuo en las diferentes casas comercializadoras de semillas, abordado desde perspectivas muy distintas, donde la estimación de la heterosis y heredabilidad en caracteres cuantitativos, como el rendimiento y sus componentes, es indispensable para establecer la estrategia de mejoramiento a seguir.

La aptitud o habilidad combinatoria para rendimiento de líneas endocriadas es un factor determinante de su utilidad en la formación de híbridos. La aptitud combinatoria general (ACG) se define como el comportamiento medio de una línea en combinaciones híbridas y la aptitud combinatoria específica (ACE), como el comportamiento esperado sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas (Sprague & Tatum, 1942; Griffing, 1956, citado por Morata *et al.*, 2006). La ACG está relacionada a factores genéticos con efecto aditivo y la ACE a factores genéticos con efecto no aditivo (dominancia y epistásis). Ambos parámetros se estiman a partir de cruza dialélicas.

El desarrollo exitoso de la semilla depende de múltiples influencias en todos y cada uno de los estados de su formación. Además, su estructura está estrictamente unida a la función de la misma, por lo tanto, el estudio de sus características nos permite comprender sus posibilidades futuras de éxito, es por ello que la disponibilidad de semillas de buena calidad, provenientes de variedades mejoradas, es el pilar del desarrollo tanto para las mejores tierras agrícolas como para aquellas áreas menos favorecidas, y es uno de los factores del éxito de dicha estrategia. En todo cultivo es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla para el éxito del mismo. La semilla es el material de partida para la producción y es condición indispensable que tenga una buena respuesta bajo las condiciones de siembra y que produzca una plántula vigorosa a los fines de alcanzar el máximo rendimiento (Perissé 2002).

Una investigación en la cual se realizó un dialélico con cinco líneas de melón (*Cucumis melo* L.) para determinar el tipo de acción génica y efectos maternos involucrados en el vigor de la semilla, se encontró que tanto los efectos aditivos (ACG) como los no aditivos (ACE), fueron importantes en el vigor de la semilla (Cano et al., 2000).

Evaluaciones de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) en el cultivo del melón han sido efectuadas por Lippert y Legg (1972), Chadha y Nandpuri (1980) y Kalb y Davis (1984), los cuales coincidieron en que la ACE fue de menor magnitud que la ACG; sin embargo, estos investigadores sólo evaluaron el rendimiento y calidad de fruto sin considerar la calidad de la semilla, la cual es fundamental para tener éxito en el establecimiento del cultivo.

El endosperma ejerce un control hormonal en el crecimiento y diferenciación del embrión y en su ausencia el embrión generalmente aborta. El endosperma, como tejido reservante, ocupa un volumen importante en la semilla. Su dotación cromosómica (resultado de la fusión de los núcleos polares de la célula media y una gameta masculina) es triploide ( $3n$ ). A su madurez, tiene una consistencia esponjosa y rodea al embrión. El endosperma desempeña una función importante como intermediario, tanto en la nutrición del embrión durante su desarrollo y maduración, como también en la germinación y el crecimiento de la plántula, de aquellas semillas endospermadas. (Perissé 2002).

Al nivel genético existen diferentes factores y unidades de transcripción que influyen directamente en la composición del almidón en el endospermo (Gómez et al., 2002).

Una evaluación que caracterizó el crecimiento de la semilla de cuatro líneas endogámicas, confirmó que el número de células del endospermo se establece durante las primeras etapas de su desarrollo, lo cual es un buen indicador de influencia materna en la acumulación de biomasa, influencia que se extiende hasta la madurez (Jones et al., 1996).

## Efectos Genéticos

La disponibilidad de una amplia variabilidad genética resulta de vital importancia para el éxito de un programa de mejoramiento (Pereira 2010).

Mediante el conocimiento de la aptitud combinatoria de los progenitores, el mejorador logra una mayor eficiencia en su programa de mejoramiento, pues le permite seleccionar líneas con un buen comportamiento promedio en una serie de cruzamientos é identificar combinaciones híbridas específicas con un comportamiento superior a lo esperado, con base en el promedio de líneas que intervienen en el cruzamiento (Gutiérrez *et al.*, 2004).

Los términos de aptitud combinatoria (AC), aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) fueron propuestos por Sprague y Tatum (1942), posteriormente Griffing (1956) define a la AC como el comportamiento medio de una línea, en las combinaciones híbridas al cruzarse con otras líneas, o bien al comportamiento de una o varias líneas al cruzarse con una variedad de amplia base genética; la ACG se define como el efecto promedio que una línea imparte a sus cruzas, medida como la desviación de la media general, es decir es lo que una línea hereda a sus descendientes en promedio de muchas cruzas y la ACE es el comportamiento específico de cruzas particulares.

Cuando los valores de ACG son mayores que los de ACE son más importantes los efectos aditivos. En caso contrario son más importantes los efectos de dominancia, no aditivos (Peña *et al.*, 1999).

La aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población, de combinarse con otros, medida por medio de su progenie (Márquez 1988). De La Cruz *et al.*, (2005) mencionan que la aptitud combinatoria debe determinarse no sólo en un individuo de la población sino en varios, a fin de poder seleccionar los que exhiban la más alta aptitud combinatoria.

## Cruzamientos Dialélicos

Es un sistema de apareamiento en donde “p” progenitores se cruzan entre sí para producir un número determinado de progenies  $p(p-1)$  si se incluyen los cruzamientos recíprocos y  $p(p-1)/2$  si no se incluyen.

Los progenitores pueden ser líneas totalmente homocigotas o poseer algún grado de heterocigocidad.

Una de las principales limitaciones es el número de progenitores que se pueden incluir en los cruzamientos dialélicos. Cuando se usan  $p = 10$ ;  $p = 15$  ó  $p = 20$  el número de cruzamientos, sin incluir recíprocos, que se producen para evaluación son: 45, 105 y 190, respectivamente. Por esta razón la mayoría de los trabajos sobre dialélicos usan 10 progenitores o menos.

Uno de los objetivos fundamentales de los cruzamientos dialélicos es estimar la aptitud combinatoria general (ACG) y la aptitud combinatoria específica (ACE). (Vallejo, 2002).

Los cruzamientos dialélicos pueden ser analizados usando diferentes metodologías; sin embargo, las más utilizadas por los programas de mejoramiento son los propuestos por Griffing (1956) y Hayman (1954) o por el diseño de Gardner y Eberhart (1966).

Las cruza dialélicas se componen de los apareamientos simples que pueden lograrse entre los elementos de un conjunto básico de líneas progenitoras, y constituyen un procedimiento estándar de investigación genética de las plantas. Las cruza dialélicas se emplean para estimar componentes genéticos de la variación entre rendimiento de las propias cruza, así como su capacidad productiva. Martínez (1983), ofrecen un medio para evaluar y seleccionar progenitores que pueden ser combinados para formar una población genéticamente variable; este sistema de cruzamientos también nos proporciona información sobre la heredabilidad y heterosis en poblaciones de plantas o líneas *per sé*.

El análisis genético de las cruzas dialélicas se atacó inicialmente desde tres diferentes puntos: Las diferencias ocurridas en el material propuesto para investigación, el mecanismo genético fundamental considerado y en los métodos de estimación (Hayman 1954).

### **Metodología de Griffing (1956)**

En el análisis de cruzamientos dialélicos se pueden generar cuatro métodos de análisis, dependiendo del tipo de material experimental que se utilice:

Método 1: Incluye progenitores, cruzamientos directos y cruzamientos recíprocos (todas las  $p^2$  combinaciones).

Método 2: Incluye progenitores y cruzamientos directos, pero no tiene en cuenta los recíprocos, ( $p(p+1)/2$  combinaciones).

Método 3: Incluye los cruzamientos directos y recíprocos pero no incluye los progenitores, ( $p(p-1)$  combinaciones).

Método 4: Incluye solamente los cruzamientos directos. No incluye los progenitores ni los cruzamientos recíprocos ( $p(p-1)/2$  combinaciones).

De acuerdo con la naturaleza de los progenitores, se pueden generar dos modelos de análisis:

Modelo 1: Llamado también modelo fijo, en el cual los progenitores han sido deliberadamente seleccionados y constituyen, el material *per sé*, sobre el cual se realiza el estudio y no hay una población de referencia sobre la que se haga inferencia de ningún tipo. En estos estudios se estiman efectos genéticos tales como habilidades combinatorias generales y específicas, pero no se pueden determinar componentes de varianzas genéticas y por lo tanto tampoco heredabilidad.

Modelo 2: Llamado también modelo aleatorio en el cual los progenitores constituyen una muestra aleatoria de genotipos pertenecientes a una población

de referencia sobre la que se realizarán ciertas inferencias. En este modelo se pueden estimar componentes de varianza y heredabilidad.

Los cuatro métodos y los dos modelos dan origen a ocho análisis genético-estadísticos diferentes. Para cada uno de los cuatro métodos se consideran las dos situaciones relacionadas con la naturaleza del material experimental.

### **Dialélico desbalanceado**

El dialélico desbalanceado surge cuando cada progenitor y/o combinación híbrida, ha evaluado un número diferente de repeticiones. Esta variación puede ser causada por la pérdida de parcelas, la restricción de semillas, etc. Dado que los efectos de aptitud combinatoria se estiman a partir de promedios derivados de combinaciones de progenitores e híbridos, el análisis dialélico desbalanceado requiere cambios en el proceso de estimación convencionales. Esta situación genera la necesidad de la aplicación del método de mínimos cuadrados ponderados para estimar los efectos y las sumas de cuadrados de la aptitud combinatoria, en lugar del método de mínimos cuadrados ordinarios (Martins Filho *et al.*, 1992).

Todas las metodologías del análisis dialélico ya disponible implica la uniformidad y la independencia de los errores relativo de la media, excepto que se trata de dialélicos desbalanceados (Cruz y Regazzi 1994.), lo que refleja la heterogeneidad del medio, derivado del número desigual de observaciones de diferentes combinaciones híbridos evaluados en un diseño experimental aleatorio (Silva *et al.*, 2000).

Un procedimiento general para la estimación de la aptitud combinatoria general y específica en cruza dialélicas con desigual número de repeticiones de los tratamientos (Progenitores y F1), evaluados en un diseño con aleatorización restringida (Silva *et al.*, 2000). Oliveira Júnior *et al.*, (1997) estimó aptitud combinatoria general y específica en variedades de frijol en un sistema dialélico desbalanceado.

## Programa GENES

Programa de GENES es un software para análisis y procesamiento de datos por diferentes modelos biométricos. Su uso es de gran importancia en los estudios de genética aplicada al mejoramiento de animales y plantas, permite la estimación de los parámetros fundamentales para la comprensión de los fenómenos biológicos y en el proceso de toma de decisiones, para predecir sucesos y la viabilidad de la estrategia de selección (Cruz, 1997-1998).

Cómo opción permite que el usuario tenga acceso a las diferentes metodologías para el análisis y procesamiento disponible en el programa de GENES.

El análisis dialélico: Hay más de 20 procedimientos para el análisis clasificándolas en:

- a) Dialélico balanceado (Griffing, 1956; Gardner y Eberhart, 1966; Hayman, 1954);
- b) Dialélico desbalanceado;
- c) Dialélico circulantes;
- d) Dialélico parcial

Los efectos genéticos y la heterosis son datos importantes para evaluar el potencial genético de un grupo de progenitores en un programa de mejoramiento, así como de las progenies que resultan del cruzamiento entre ellos (Martínez *et al.*, 2005).

El conocimiento de la aptitud combinatoria, diversidad genética y heterosis del germoplasma de un programa de mejoramiento es esencial para desarrollar híbridos (De la Rosa *et al.* 2006).

En el mejoramiento moderno de plantas es importante el conocimiento relativo al componente genético de los materiales usados como progenitores en un programa de hibridación, ya que se conoce que hay progenitores que combinan bien para la formación de progenies híbridas altamente productivas (Gutiérrez *et al.*, 2004).

### **Análisis de componentes principales**

El análisis de componentes principales (ACP) es una técnica estadística propuesta a principios del siglo XX por Hotelling (1933) quien se basó en los trabajos de Pearson (1901) y en las investigaciones sobre ajustes ortogonales por mínimos cuadrados. Interpretando la definición de diversos autores, se puede decir que el ACP es una técnica estadística de análisis multivariado que permite seccionar la información contenida en un conjunto de  $p$  variables de interés en  $m$  nuevas variables independientes. Cada una explica una parte específica de la información y mediante combinación lineal de las variables originales otorgan la posibilidad de resumir la información, total en pocas componentes que reducen la dimensión del problema. La mayor aplicación del ACP está centrada en la de reducción de la dimensión del espacio de los datos, en hacer descripciones sintéticas y en simplificar el problema que se estudia (León *et al.*, 2008).

Existen diversas definiciones acerca de las técnicas de análisis de datos multivariados, pero los dos coinciden en la simplificación al reunir los conceptos como “una herramienta que tiene como objetivo principal resumir grandes cantidades de datos por medio de pocos parámetros (simplificación) Peña, (2002) y Dallas, (2000), además busca encontrar relaciones entre:

- Variables de respuesta
- Unidades experimentales
- Variables de respuesta y unidades experimentales

La mayoría de problemas que requieren la aplicación de la estadística exigen el tratamiento de muchos factores o variables y que por esto las técnicas del análisis de datos multivariados constituyen una herramienta poderosa para la toma de decisiones en las diferentes disciplinas, pues dan respuesta a necesidades palpables y plenamente identificables, Peña (2002). Se puede observar que cuando existen muchas variables es posible que parte importante de la información sea redundante, en cuyo caso es necesario eliminar el exceso y dejar sólo variables que tengan representatividad dentro del conjunto, Pérez (2004). Esto se consigue con la aplicación de las técnicas multivariantes de reducción de la dimensión: análisis de componentes principales, factorial, correspondencias, escalamiento óptimo, homogeneidades, análisis conjunto. Las técnicas multivariadas más utilizadas en el análisis de datos son: análisis de componentes principales; análisis factorial; análisis de clasificación entre los que se encuentran: discriminante, regresión logística y clúster; análisis multivariado de la varianza, y análisis de variables canónicas (León *et al.*, 2008).

El análisis de componentes principales presenta múltiples ventajas: es una técnica que reduce la dimensionalidad de un conjunto de datos multivariados, removiendo las interrelaciones existentes entre variables, organiza los datos en forma de vectores ortogonales en donde cada una de las variables dentro del vector se comportan en forma similar con base en sus correlaciones; a cada uno de estos vectores se le llama componente principal. Esta prueba también expresa la mayor parte de la varianza de los datos ortogonales, y es una herramienta útil para simplificar el análisis e interpretación de la gran cantidad de variables consideradas en una evaluación exhaustiva (Broschat, 1979).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Localización del Área de Estudio

El presente trabajo se realizó en el ciclo primavera-verano 2011, el cual consistió en la formación de los híbridos, la cual tuvo lugar en el invernadero 6 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (U.A.A.A.N.) ubicada en Buenavista, al sur de Saltillo, Coahuila, México, situada a 25° 22' latitud Norte y 101°00' longitud W y una altitud de 1742 msnm, con un clima: Bshw (x')(e): muy seco, semicálido, con precipitación de 350 a 450 mm promedio anual, con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 16.8 °C. (INEGI 2000).

#### Material Genético

El material genético que se empleó para el presente trabajo, fueron 5 líneas de tomate tipo Bola y 5 líneas de tomate tipo Saladette como progenitores y sus correspondientes híbridos F<sub>1</sub> sin incluir los recíprocos.

Cuadro 3.1 Líneas de tomate bola utilizadas como progenitores, en los cruzamientos dialélicos.

Número de Línea	Línea	Hábito	Tipo de fruto
1	K3	Indeterminado	Bola
2	Y4xQ3	Determinado	Bola
3	Y4xR1	Determinado	Bola
4	45x47	Indeterminado	Bola
5	(11x12)x47	Indeterminado	Bola

Cuadro 3.2 Líneas de tomate saladette utilizadas como progenitores, en los cruzamientos dialélicos.

Número de Línea	Línea	Hábito	Tipo de fruto
1	Y41	Determinado	Saladette
2	Y4xQ3	Indeterminado	Saladette
4	Y4xR1	Determinado	Saladette
4	Y4	Indeterminado	Saladette
5	45xTq	Indeterminado	Saladette

El motivo por el cual aparecen progenitores tipo bola y tipo saladette con una misma genealogía es porque dichas líneas se originaron de una población base es decir comparten un origen común, estas líneas en un principio no estaban bien diferenciadas y al cabo de varias generaciones se fueron seleccionando de acuerdo a su tipo de fruto y hábito de crecimiento.

Para el análisis de componentes principales el material genético que se empleó, fueron 42 genotipos de tomate tipo Bola y 16 genotipos de tomate tipo Saladette.

Cuadro 3.3 Genotipos de tomate tipo bola utilizadas en el análisis de componentes principales

N <sub>o</sub>	Genealogía	Origen	Tipo de fruto	N <sub>o</sub>	Genealogía	Origen	Tipo de fruto
1	(R1)	Prog	Bola	22	(Y4xR1)((11x12)x47)	Cruza	Bola
2	(Q3)	Prog	Bola	23	(45x47)((11x12)x47)	Cruza	Bola
3	(Q3xR1)	Prog	Bola	24	(R1)(45x47)	Cruza	Bola
4	(F3)	Prog	Bola	25	(R1)(Q3)	Cruza	Bola
5	(D1)	Prog	Bola	26	(Q3)((11x12)x47)	Cruza	Bola
6	(K3)	Prog	Bola	27	(Q3)(45x47)	Cruza	Bola
7	(Y4xQ3-bd)	Prog	Bola	28	(Q3)(L1)	Cruza	Bola
8	(Y4xR1-bd)	Prog	Bola	29	(F3)(Y4xR1)	Cruza	Bola
9	(45x47)	Prog	Bola	30	(F3)(45x47)	Cruza	Bola
10	(11x12)x47	Prog	Bola	31	(F3)(Q3xR1)	Cruza	Bola
11	(L1)	Prog	Bola	32	(F3)(L1)	Cruza	Bola
12	(Y4xR1-l)	Prog	Bola	33	(D1)(Y4xQ3)	Cruza	Bola
13	(S1xL1-bi-2)	Prog	Bola	34	(K3)(L1)	Cruza	Bola
14	(Q3xR1-(bs)d)	Prog	Bola	35	(K3)(Y4xR1)	Cruza	Bola
15	(K3)(Y4xQ3)	Cruza	Bola	36	(K3)(S1xL1)	Cruza	Bola
16	(K3)(Y4xR1)	Cruza	Bola	37	(K3)(Q3xR1)	Cruza	Bola
17	(K3)(45x47)	Cruza	Bola	38	(Y4xQ3)(Y4xR1)	Cruza	Bola
18	(K3)((11x12)x47)	Cruza	Bola	39	(45x47)(S1xL1)	Cruza	Bola
19	(Y4xQ3)(45x47)	Cruza	Bola	40	((11x12)x47)(S1xL1)	Cruza	Bola
20	(Y4xQ3)((11x12)x47)	Cruza	Bola	41	((11x12)x47)(Q3XR1)	Cruza	Bola
21	(Y4xR1)(45x47)	Cruza	Bola	42	(K3)(Y4xQ3)	Cruza	Bola

(bd) bola determinado; (bi) bola indeterminado

Cuadro 3.4 Genotipos de tomate tipo Saladette utilizadas en el análisis de componentes principales

No	Genealogía	Origen	Tipo de fruto
1	(Y533)	Prog	Saladette
2	(Y41-si-2)	Prog	Saladette
3	(Y4xQ3-si)	Prog	Saladette
4	(Y4xR1-sd)	Prog	Saladette
5	(Y4-sd)	Prog	Saladette
6	(45xTq)	Prog	Saladette
7	(CBxTQ-sd)	Prog	Saladette
8	(Y41)(Y4xR1)	Cruza	Saladette
9	(Y41)(45xTq)	Cruza	Saladette
10	(Y4xQ3)(Y4)	Cruza	Saladette
11	(Y4xQ3)(45xTq)	Cruza	Saladette
12	(Y4)(45xTq)	Cruza	Saladette
13	(Y533)(Y41)	Cruza	Saladette
14	(Y533)(45xTq)	Cruza	Saladette
15	(Y4xR1)(CBxTQ)	Cruza	Saladette
16	(45xTQ)(CBxTQ)	Cruza	Saladette

(si) saladette indeterminado; (sd) saladette determinado

### Manejo agronómico

Dentro del invernadero se realizaron las prácticas agronómicas correspondientes, que consistió en limpieza y desinfección del invernadero, el llenado y colocado de las bolsas con un sustrato en las camas del invernadero.

### Siembra de materiales progenitores

La siembra de los siete progenitores de tomate se realizó en el mes de enero de 2011 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, rellenas de peat-moss, depositando en cada celda una semilla, aplicando un riego nebulizado ligero y posteriormente fueron colocadas en el invernadero 6 de la UAAAN, para su germinación y desarrollo, para después llevarlas al trasplante.

## **Preparación del sustrato**

El sustrato utilizado estuvo compuesto de suelo mezclado con estiércol de cabra y perlita a una proporción 3:1:1, el cual se esterilizó con bromuro de metilo, posteriormente se procedió a colocar el sustrato en bolsas de polietileno color negro de 10 L.

## **Trasplante**

Se realizó en forma manual en las bolsas previamente llenadas con el sustrato preparado y colocadas en las camas del mismo invernadero, ahí fueron colocadas las plántulas, una en cada bolsa las cuales estaban a una distancia de .33 m entre planta y planta y 1.6 m entre cama y cama a doble hilera, teniendo una densidad de plantas por hectárea de 37537 plantas.

## **Riego**

Se utilizó un sistema de riego localizado por espaguete, la programación de los riegos se llevó a cabo con el Timer Hunter SRC cada 2 horas con un intervalo de 7 minutos, estos fueron variando de acuerdo a los requerimientos del cultivo y las condiciones climatológicas externas ajenas al invernadero.

## **Fertirrigación**

La solución nutritiva empleada macros y micronutrientes fue proporcionada por el Controlled Environment Agriculture Center, University of Arizona (CEAC), Tucson, Arizona, EE. UU. Cuadro 3.5.

Cuadro 3.5 Solución nutritiva para 1000 litros de agua.

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

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

Aplicando 0.5 L por planta cada 8 días, al incremento en el desarrollo fenológico de la planta la dosis se incrementó a 1.0 L en etapa de floración y producción.

### **Poda**

La poda se efectuó a los 25 días después del trasplante, eliminando los primeros tallos laterales y las hojas más viejas, realizándose a todos los tratamientos. Se podaron periódicamente los brotes laterales cada 4 días, de forma manual y de la manera tradicional.

### **Colocación de tutorado**

El tutorado se realizó después del trasplante; se colocaron alambres acerados por todo lo ancho del invernadero sobre las camas, de estos se dejó hilos de rafia para cada planta con el fin de sostener el peso de estas durante todo el ciclo del cultivo.

### **Control de plagas y enfermedades**

El control de plagas fue auxiliado con cultivos trampa, barreras de color y el uso de insecticidas de origen orgánico de manera oportuna con el fin de mantener las plantas en condiciones parasitológicas óptimas para su desarrollo, y evitar que alguna de ellas influyera en el proceso de formación de la semilla híbrida.

Cuadro 3.6 Preparación de extracto de lila para el control de plagas.

<b>Materiales</b>	<b>Método de Preparación</b>	<b>Como usarlo</b>	<b>Plagas que Ataca</b>
<b>Extracto de semillas de lila</b>  3-5 kg de semillas de lila Mortero Ropa de algodón usada Olla Jabón Colador Cadena	Moler las semillas y ponerlas en la olla.  Agregar 10 litros de agua.  Cierre la olla de manera segura con la ropa de algodón y déjela reposar por tres días.  Cuele para obtener un extracto claro.	Diluya un litro de ese extracto con 9 litros de agua.  Agregue 100 ml de jabón.  Mezcle bien.  Asperje en las Plantas infestadas.	Afidos Escarabajos. Chinchas Saltamontes Moscas Chicharritas Mariposas nocturnas. Nematodos Fulgoromorfos Cochinilla Caracoles Trips Gorgojos Mosca blanca

Sridhar y Vijayalakshmi, 2002

### **Programa de cruzamientos**

En marzo y abril de 2011 se realizaron las cruzas directas en dos dialélicos Modelo I, Método II (Griffing, 1956) entre siete progenitores de tomate tipo saladette y los catorce tipo bola, para formar 21 y 91 híbridos en la generación F<sub>1</sub> respectivamente, para ello se aseguraron al menos 2 frutos para obtener semilla suficiente para la evaluación de los mismos.

La técnica utilizada para hacer las cruces fue el resultado de la consulta de trabajos previamente realizados:

**1.- Selección de flores inmaduras:** el tomate es una planta cleistógama lo que significa que se auto poliniza antes de abrirse la flor, antes del cambio de color y apertura de los sépalos y pétalos, se deben escoger las flores que aún estén inmaduras.



**2.- Emasculación:** es la remoción de sépalos, pétalos y anteras inmaduras dejando solo el pistilo, esto se hace con la ayuda de unas pinzas de disección.



**3.- Cubrir la flor emasculada con un glacin:** esto para evitar la polinización y fecundación (contaminación), por polen extraño que pueda encontrarse en el ambiente. Las flores emasculadas se dejan cubiertas por 3 días, esto para dejar madurar el estigma é identificar que estos no se encuentren dañados por una emasculación inadecuada.



**4.- Extracción de polen:** para la extracción de polen se seleccionaron las flores maduras, y con ayuda de un vibrador (cepillo dental eléctrico), y un tubo Eppendorf, se frota la anteras de la flor y el polen empieza a salir, este se deposita en la tapa del tubo para tener una mayor acumulación del polen, el tubo se tapa para que este no se disperse. El polen debe ser extraído entre las 11:00 y 12:00 horas del día, ya que es cuando hay una mayor liberación de éste, esta técnica no destruye las flores y estimula a las mismas para que liberen más polen.



**5.- Conservación del polen:** Los tubos con el polen extraído son colocados en una caja Petri y son llevados al congelador a 4 °C donde se mantendrán para posteriormente ser utilizados al siguiente día.



**6.- Polinización (cruzamientos):** Los cruzamientos deben hacerse en las primeras horas de la mañana con el polen extraído un día anterior, cuando las temperaturas son menores a 25 °C, se seleccionan las flores ya emasculadas, se retira el glacin y se observa que el estigma de la flor no se encuentre dañado, se toma el tubo con el polen, se abre y se lleva junto a la flor emasculada, esta se toma con cuidado y se frota en la tapa del tubo con el polen. La flor polinizada se vuelve a cubrir con el glacin.



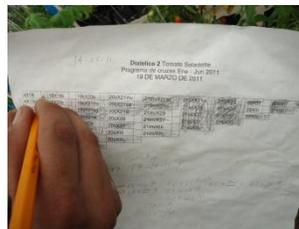
**7.- Etiquetado:** se toma la etiqueta y se marca con el nombre del progenitor femenino y después el del progenitor masculino, por ultimo se coloca la fecha de la polinización.



**8.- Re-polinización:** consiste en volver a polinizar las cruzas 2 días después, es una forma de asegurar mejor el éxito de las cruzas.



**9.- Anotar la fecha y numero de cruzas:** se debe anotar el número y la fecha de las cruzas hechas, se hicieron un promedio de 20 repeticiones por crusa.



**10.- Aclareo frutos y monitoreo del desarrollo de cruzas:** se llevó acabo con el fin de obtener frutos de mayor calibre, uniformidad y precocidad, así como mayores rendimientos.



## **Cosecha de semilla híbrida**

Los frutos provenientes de cada una de las cruza se cosecharon en etapa de madurez fisiológica de forma manual, desprendiendo el fruto del pedúnculo de la planta, y colocando los frutos en bolsas de papel previamente identificadas por cruza y fecha, los frutos semi-maduros se llevaron al almacén en donde se esperó su completa maduración.

## **Pruebas de Calidad de Fruto**

Se seleccionaron tres frutos de cada tratamiento, procurando que tuvieran buena apariencia. Los frutos se colocaron en bolsas de papel para que maduraran completamente. Una vez que estuvieron bien maduros (color rojo intenso completo) se llevaron a cabo las pruebas de calidad de fruto, para determinar °Brix, pH y vitamina C.

Descripción de la metodología para el análisis de laboratorio

1. Se levantó un registro de cada uno de los frutos (genotipo, repetición, número de fruto).
2. Cada fruto se colocó en un vaso de precipitado y se molió.
3. Con el Refractómetro portátil (ATAGO 01018) se determinó °Brix.
4. Con Potenciómetro (CONDUCTRONIC Modelo 10) se determinó el pH.

## Determinación cuantitativa de vitamina C

5. Se pesaron 20 gramos de muestra de cada tratamiento.
6. Se les agregó 10 ml de ácido clorhídrico al 2 %.
7. Se colocaron los vasos en el agitador Vortex por un tiempo de 15 minutos.
8. Una vez agitado, se filtró el contenido en matraces Erlenmeyer.
9. Del contenido de los matraces se tomaron 5 ml y se aforó a 100 ml con agua destilada.
10. Se procedió a titular con el reactivo de Thielman, hasta obtener la coloración rosa permanente, anotando los mililitros consumidos del reactivo, que posteriormente fueron utilizados para calcular el contenido de vitamina C en miligramos por litro para cada genotipo.

La ecuación utilizada para determinar Vitamina C es la siguiente, (Chechetkin *et al.*, 1984).

$$X = \frac{a \times 0.088 \times 100 \times 100}{b \times c}$$

En donde:

$$X = \text{mg } 100^{-1} \text{ g Vitamina C}$$

0.088= Miligramos de ácido ascórbico Equivalente a 1 mL de reactivo de

Thielman

a= mL gastados del reactivo de Thielman

b= Volumen en mL de la alícuota valorada

100= Volumen en mL del filtrado de Vitamina C en HCl.

c = Peso de la muestra (20 g)

## Extracción y cuantificación de pigmentos vegetales Licopeno

### REACTIVOS

1. Solución tampón pH 7 de posfato
2. Mezcla hexano-acetona (3:2)
3. Acetona

### EQUIPO

Centrifuga

Espectofotometro

### PROCEDIMIENTO

1. Se muele el tomate en un mortero para hacer un extracto del tejido que se mezcla con una solución acuosa (tampón) en una proporción 1:1, asumiendo que 1 g de tejido corresponde a 1 ml de tejido. De esta mezcla, se vierten 2 ml en tubos de ensaye.

3ml de pericarpio maduro (color rojo) + tampón

2. Se añade a los tubos el disolvente organico compuesto por la mezcla de hexano-acetona en una proporción 1:2 (esto se realiza en la campana extractora de gases, por ser el hexano extremadamente volátil, altamente inflamable y cancerígeno), y se agita fuertemente para que los pigmentos se separen de las membranas y se disuelvan.

A la muestra de pericarpio maduro se le añaden 6 ml de disolvente orgánico

3. Se colocan los tubos en la centrifuga a 5000 rpm durante 5 minutos para la separación de la fase acuosa.

## MEDIDAS DE ABSORBANCIA

- I. Licopeno. Tomar un ml de la fase acuosa con una pipeta Pasteur y colocarla en una celdilla, agregar 2 ml de acetona. Medir en el espectrofotometro a 502 nm. Con el valor obtenido se obtiene una concentración de licopeno mg/g de tejido; por cada 320 unidades de absorbencia a 502 nm, la equivalencia es de 1mg/ml de licopeno en solución.

## RESULTADOS

$$A_{502} = 0.217 \rightarrow 0.217 * 1/320 = 6.78 * 10^{-4} \text{ mg/ml}$$

A este resultado se le multiplica por el factor de dilución (.2)  $\rightarrow 1.36 \times 10^{-3} \text{ mg/ml}$

El volumen del extracto fue de 3 ml por cada 2ml de extracto hay un gramo de tejido, por lo tanto el extremo tiene 1.5 g de tejido. La concentración de Licopeno es en mg de licopeno/g de tejido dividiendo  $8.16 \times 10^{-3}$

Estos análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Fisiotecnia del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN.

## Toma de datos fisiológicos

Para la toma de variables, fisiológicas se utilizo el fotosintetometro portátil LI-6200 (LI-COR, INC, NEBRASKA, USA), el cual mide el intercambio de  $\text{CO}_2$  de la hoja con la atmósfera.

La toma de datos se realizó dentro del invernadero en tres repeticiones. Para la toma de datos se seleccionó solo una planta de cada genotipo, en donde se escogió la planta que tuviera competencia completa a la cual se le tomaron tres lecturas la primera en la zona inferior de la planta, la segunda en la parte media y la tercera en la zona apical de la planta, las mediciones se tomaron entre las 12:00 y 16:00 horas.

## **Variables evaluadas**

**Variables de calidad de semilla:** Semillas Enfermas (ENFE), el criterio con el cual se hizo esta evaluación fue que se observaron las semillas que presentaban una mancha café o negra, Semillas Sanas (SANAS), Semillas Vanas (VANAS) son el número de semillas que no se desarrollan completamente y por lo tanto no presentan embrión, Total de Semillas se cuantificaron el número total de semillas contenidas en el fruto (SEMTOT).

**Variables de calidad del fruto:** Diámetro Polar (DP, cm), Diámetro Ecuatorial (DE, cm), color (COLOR), Grados Brix ( $^{\circ}$ BRIX), Potencial de Iones Hidrogeno (pH), Vitamina C (VITC), Licopeno (LICOP).

**Variables fisiológicas:** Fotosíntesis Neta (FOTO,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), Conductancia Estomática (CE,  $\text{cm s}^{-1}$ ), Resistencia Estomática (RE,  $\text{s cm}^{-1}$ ), Transpiración (TRANS,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) y Uso eficiente del Agua Fisiológico (UEAF,  $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  por  $10 \text{ L H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

## **Análisis estadístico**

El proceso de los datos y el análisis estadístico se realizó con los programas STATISTICA Versión 8.0 y el software Programa GENES Versión 2009 7.0. (Cruz, 2009).

## Diseño genético

El método II modelo I de Griffing (1956), que incluye progenitores y cruzamientos directos se utilizó para estimar la aptitud combinatoria general y específica, con  $p(p+1)/2$  combinaciones.

El modelo para el análisis de aptitud combinatoria es:

$$X_{ijkl} = \mu + g_i + g_j + S_{ij} + b_k + (gb)_{ijk} + 1/bc + \sum \sum e_{ijkl}$$

$$i, j = 1, 2, \dots, p$$

$$K = 1, 2, \dots, b$$

$$l = 1, 2, \dots, c$$

Donde:

$X_{ijk}$  = Valor fenotípico observado

$\mu$  = media general del experimento

$g_i$  y  $g_j$  = efecto de la a.c.g. de los progenitores

$S_{ij}$  = efecto de la a.c.e. para el cruzamiento  $i \times j$  ( $S_{ij} = S_{ji}$ )

$B_k$  = efecto del bloque  $K$

$(gb)_{ijk}$  = efecto de la interacción entre el genotipo  $ij$  y el bloque  $k$

$1/bc \sum \sum e_{ijkl}$  = efecto residual de la observación  $ijk$

Para el análisis estadístico se tienen en cuenta las siguientes restricciones:

$$\sum_i g_i = 0$$

$$\sum_j S_{ij} + S_{ii} = 0 \text{ (para cada } i\text{)}$$

Para datos desbalanceados con el procedimiento propuesto por Martins Filho *et al.* (1992), utilizando el software Programa GENES Versión 2009 7.0. (Cruz, 2009). El programa utilizó la media de cada uno de los progenitores y cruzas.

Para obtener las estimaciones de la aptitud combinatoria general (ACG) y la aptitud combinatoria específica (ACE).

En la búsqueda de la simplicidad, los estimadores de la media son obtenidos (componentes del vector  $\hat{Y}$ ) puede ser representado por  $y_{ii}$ ,  $y_{i'}$ , cuando corresponde a los progenitores  $i$  y progenitores F1  $i'$ , respectivamente. A continuación, con base Griffing, (1956), las medias son expresadas en función a sus efectos ACG ( $g_i$  e  $g_{i'}$ ) y ACE ( $s_{i'}$ ), de la siguiente forma:

$$y_{ii} = \mu + 2g_i + s_{ii} + e_{ii}, \text{ en la matriz } i;$$

$$y_{i'} = \mu + g_i + g_{i'} + s_{i'} + e_{i'}, \text{ en los híbridos } F_1 \text{ de los progenitores } i, i', \text{ donde:}$$

$$\mu = \text{constante asociada con la observación } y_{ii} \text{ o } y_{i'}.$$

$$e_{ii}, e_{i'} = \text{error relativo a las observaciones } y_{ii}, y_{i'}, \text{ respectivamente.}$$

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + S_{ij} + e_{ijk};$$

$$i, j = 1, \dots, p \text{ progenitores (7) (14)}$$

$$k = 1, \dots, r \text{ repeticiones (2)}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = es el valor promedio de la combinación híbrida ( $i \neq j$ ) o de la matriz ( $i = j$ );

$\mu$  = es la media general

$g_i$  y  $g_j$  = son los efectos de ACG de los progenitores  $i$ -th y  $j$ -th, respectivamente;

$s_{ij}$  = es el efecto de ACE para las cruzas entre los progenitores  $i$ -th y  $j$ -th;

$e_{ijk}$  = es el error experimental

## Análisis multivariado

### Cálculo de los componentes principales.

El análisis de componentes principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). 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.

Se considera una serie de variables  $(x_1, x_2, \dots, x_p)$  sobre un grupo de objetos ó individuos y se trata de calcular, a partir de ellas, un nuevo conjunto de variables  $y_1, y_2, \dots, y_p$ , correlacionadas entre sí, cuyas varianzas vayan decreciendo progresivamente.

Cada  $y_j$  (donde  $j= 1, \dots, p$ ) es una combinación lineal de las  $x_1, x_2, \dots, x_p$  originales, es decir:

$$y_j = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \dots + a_{jp}x_p = a'_j x$$

Siendo  $a'_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj})$  un vector de constante, y

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_p \end{bmatrix}$$

Obviamente, si lo que se quiere es maximizar la varianza, una forma simple podría ser aumentar los coeficientes  $a_{1j}$ . Por ello, para mantener la ortogonalidad de la transformación se impone que el módulo del vector  $a'_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj})$  sea

$$\text{Es decir, } a'_j a_j = \sum_{k=1}^p a_{kj}^2 = 1$$

El primer componente se calcula eligiendo  $a_1$  de modo que  $y_1$  tenga la mayor varianza posible, sujeta a la restricción de que  $a'_1 a_1 = 1$ . El segundo componente principal se calcula obteniendo  $a_2$  de modo que la variable obtenida,  $y_2$  esté correlacionada con  $y_1$ .

Del mismo modo se eligen  $y_1, y_2, \dots, y_p$ , correlacionados entre sí, de manera que las variables aleatorias obtenidas vayan teniendo cada vez menor varianza (Hotelling 1933).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación para las variables ACG y ACE en base al número de semillas obtenidas de cada genotipo.

En los cuadrados medios del análisis dialélico para los 5 progenitores de tomate tipo bola y sus 10 cruzas, se observa que para la variable semillas VANAS presentó significancia ( $p \leq 0.05$ ) en la fuente de variación ACG, por su parte para las variables SANAS y SEMTOTAL con una significancia ( $p \leq 0.01$ ) en la fuente de variación genotipos y ACG.

Los cuadrados medios para la Aptitud Combinatoria Especifica (ACE), para todas las variables evaluadas, estas no presentaron significancia, esto quiere decir que todas las cruzas se comportaron de manera similar. Lo cual coincide con las Evaluaciones de ACG y ACE en el cultivo del melón efectuadas por Lippert y Legg (1972), Chadha y Nandpuri (1980) y Kalb y Davis (1984), los cuales coincidieron en que la ACE fue de menor magnitud que la ACG.

Cuadro 4.1 Análisis de varianza (cuadrado medió) del análisis dialélico desbalanceado de las semillas de 5 progenitores de tomate tipo bola y sus 10 cruzas

Análisis de Varianza semillas tomate bola					
FV	GL	ENFE	SANAS	VANAS	SEMTOT
<b>Genotipos</b>	14	34,234	<b>28365,844**</b>	371,558	<b>29453,376**</b>
<b>ACG</b>	4	27,393	<b>70116,278**</b>	<b>974,695*</b>	<b>76735,433**</b>
<b>ACE</b>	10	36,970	11665,670	130,304	10540,554
<b>Error</b>	10	93,700	4774,727	280,145	4687,909
<b>CV %</b>		351,995	75,261	153,467	64,918
<b>MAX</b>		19,000	357,000	36,000	385,000
<b>MED</b>		2,750	91,813	10,906	105,469
<b>MIN</b>		0,000	0,000	0,000	0,000

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; ENFE= semillas enfermas; SANAS= semillas sanas; VANAS= semillas vanas; SEMTOT= total de semillas; ACG= Aptitud combinatoria general; ACE= Aptitud combinatoria especifica; CV= Coeficiente de variación. \*, \*\* Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 % y 0.01 %, respectivamente.

Para el caso de la variable ENFE los progenitores y sus cruzas no presentaron diferencias significativas en los valores ACG y ACE respectivamente.

Cuadro 4.1.1 Efecto de aptitud combinatoria general y específica para semillas ENFE, de tomate tipo bola.

PROGENITORES	ACE				ACG	
	K3	Y4xQ3	Y4xR1	45x47 (11x12)x47		
K3		1,152	-0,421	<b>-6,007</b>	<b>-2,505</b>	-0,408
Y4xQ3			<b>-5,904</b>	1,510	<b>-1,988</b>	-0,925
Y4xR1				9,937	3,439	1,648
45x47					-2,148	1,234
<b>(11x12)x47</b>						<b>-2,268</b>

Para la variable SANAS, los valores de ACG presentaron significancia ( $P \leq 0.01$ ) en los progenitores (**Y4xQ3**) y (**45x47**) con los valores mas altos **72,492** y **86,232** respectivamente, en tanto para ACE las cruzas no presentaron diferencias significativas, en esta variable puede observarse un coeficiente de variación de 75.261%.

Cuadro 4.1.2 Efecto de aptitud combinatoria general y específica para semillas SANAS, de tomate tipo bola.

PROGENITORES	ACE				ACG	
	K3	Y4xQ3	Y4xR1	45x47 (11x12)x47		
K3		-146,582	-18,874	<b>-180,322</b>	<b>-26,649</b>	-53,819
Y4xQ3			<b>-173,184</b>	38,368	<b>-152,959</b>	<b>72,492**</b>
Y4xR1				-110,924	-5,251	-47,217
45x47					-56,699	<b>86,232**</b>
<b>(11x12)x47</b>						<b>-67,442</b>

ACG= Aptitud Combinatoria General; \*\*= Significativo  $P \leq 0.01$ .

Los valores de ACG en semillas VANAS solo presentaron significancia ( $P \leq 0.05$ ) en el progenitor (**(11x12)x47**) con un valor negativo (**-9,083**), lo cual significa que el progenitor aporta una menor cantidad de semillas vanas, en los valores de ACE no presentaron diferencias significativas en ninguna de sus cruzas.

Cuadro 4.1.3 Efecto de aptitud combinatoria general y específica para semillas VANAS, de tomate tipo bola.

PROGENITORES	ACE				ACG	
	K3	Y4xQ3	Y4xR1	45x47 (11x12)x47		
K3		-2,253	18,759	-7,241	-5,089	-3,919
Y4xQ3			-38,241	-7,241	-23,089	14,081
Y4xR1				1,772	1,924	6,068
45x47					-2,076	-6,932
(11x12)x47						-9,083*

ACG= Aptitud Combinatoria General; \*= Significativo  $P \leq 0.05$ .

En la variable SEMTOT, el análisis presentó diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para los valores de ACG en los progenitores (Y4xQ3) y (45x47) con valores muy altos, 85,647 y 80,534 respectivamente, en tanto para ACE ninguna de las cruzas presento valores significativos, esto puede deberse a un coeficiente de variación alto de 64.918%.

Cuadro 4.1.4 Efecto de aptitud combinatoria general y específica para el total de semillas (SEMTOT), de tomate tipo bola.

PROGENITORES	ACE				ACG	
	K3	Y4xQ3	Y4xR1	45x47 (11x12)x47		
K3		-147,684	-0,536	-193,570	-34,243	-58,146
Y4xQ3			-217,329	32,637	-178,036	85,647**
Y4xR1				-99,215	0,112	-39,501
45x47					-60,922	80,534**
(11x12)x47						-78,793

ACG= Aptitud Combinatoria General; \*\*= Significativo  $P \leq 0.01$ .

En el análisis dialélico desbalanceado para los 5 progenitores de tomate tipo saladette y sus 10 cruzas, presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en la variable SANAS, para las variables VANAS y SEMTOTAL con una significancia ( $P \leq 0.01$ ) en los valores de ACG.

En tanto los valores de los cuadrados medios para la Aptitud Combinatoria Especifica (ACE) las variables SANAS y SEMTOTAL presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ), entre las cruzas. Cuadro 4.2

Cuadro 4.2 Análisis de varianza (cuadrado medió) del análisis dialélico desbalanceado de 5 progenitores de tomate tipo saladette y sus 10 cruzas.

Análisis de Varianza semillas tomate saladette					
FV	GL	ENFE	SANAS	VANAS	SEMTOT
<b>Genotipos</b>	14	11,143	<b>11794,507**</b>	156,000	<b>11517,650**</b>
<b>A.C.G</b>	4	15,681	<b>20540,287**</b>	<b>451,929*</b>	<b>18240,350**</b>
<b>A.C.E</b>	10	9,328	<b>8296,196**</b>	37,628	<b>8828,570**</b>
<b>Error</b>	8	6,556	132,639	91,806	300,222
<b>CV</b>		42,482	9,367	38,243	11,249
<b>MAX</b>		41,000	385,000	175,000	400,000
<b>MED</b>		6,027	122,946	25,054	154,027
<b>MIN</b>		0,000	0,000	0,000	0,000

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; ENFE semillas enfermas; SANAS semillas sanas; VANAS semillas vanas; SEMTOTAL total de semillas; ACG= Aptitud combinatoria general; ACE= Aptitud combinatoria especifica; CV= Coeficiente de variación. \*, \*\* Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 % y 0.01 %, respectivamente.

En la variable ENFE tanto los valores de ACG y ACE no presentaron diferencias significativas, esto puede deberse al coeficiente de variación alto 42.482%.

Cuadro 4.2.1 Efecto de aptitud combinatoria general y específica para semillas ENFE, de tomate tipo saladette.

PROGENITORES	ACE					ACG
	Y41	Y4xQ3	Y4xR1	Y4	45xTq	
Y41		-3,566	3,606	-2,122	-3,638	0,325
Y4xQ3			-4,976	-1,704	-3,220	-0,093
Y4xR1				-3,532	-5,048	1,735
Y4					-1,776	-1,537
45xTq						-0,020

En variable SANAS se encontraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para ACG y ACE, el progenitor (**Y4xQ3**) tiene un valor de **84,392** de ACG, para ACE de la crusa (**Y41**)(**45xTq**) presentó un valor de **26,471**, podría ser un principio de heterosis, ya que para esta variable el coeficiente de variación fue muy bajo 9.367%.

Cuadro 4.2.2 Efecto de aptitud combinatoria general y específica para semillas SANAS, de tomate tipo saladette.

PROGENITORES	ACE					ACG
	Y41	Y4xQ3	Y4xR1	Y4	45xTq	
Y41		-161,435	-28,745	-59,415	26,471**	-17,180
Y4xQ3			-157,317	-143,987	-166,101	84,392**
Y4xR1				-55,297	-60,411	-21,297
Y4					-58,081	-17,628
45xTq						-12,514

ACG= Aptitud Combinatoria General; ACE= Aptitud Combinatoria Específica; \*\*= Significativo  $P \leq 0.01$ .

Se encontraron diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) para ACG, no así para ACE en la variable VANAS. El progenitor (**Y41**) cuenta con un valor negativo (-7,682), lo cual significa que dicho progenitor no aporta o lo hace en menor cantidad para dicha característica, esta variable presento un coeficiente de variación alto de 38,243%.

Cuadro 4.2.3 Efecto de aptitud combinatoria general y específica para semillas VANAS, de tomate tipo saladette.

PROGENITORES	ACE					ACG
	Y41	Y4xQ3	Y4xR1	Y4	45xTq	
Y41		-2,246	-6,521	-4,683	-4,871	-7,682*
Y4xQ3			-17,463	0,375	-17,813	-4,740
Y4xR1				-19,901	-30,089	7,536
Y4					-6,251	-2,302
45xTq						7,886

ACG= Aptitud Combinatoria General; \*= Significativo  $P \leq 0.05$ .

En la variable SEMTOT los valores de ACG presentaron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) en el progenitor (**Y4xQ3**) con un valor de **79,560**. En ACE los valores presentaron significancia ( $P \leq 0.01$ ) obteniendo los valores mas altos en el número total de semillas la cruza (**Y41**)( **45xTq**) con **17,961**, para esta variable se observa un coeficiente de variación de 11.249%.

Cuadro 4.2.4 Efecto de aptitud combinatoria general y específica para el total de semillas (SEMTOT), de tomate tipo saladette.

PROGENITORES	ACE					ACG
	Y41	Y4xQ3	Y4xR1	Y4	45xTq	
Y41		-167,246	-31,660	-66,220	17,961**	-24,536
Y4xQ3			-179,756	-145,315	-187,135	79,560**
Y4xR1				-78,729	-95,548	-12,026
Y4					-66,108	-21,467
45xTq						-4,648

ACG= Aptitud Combinatoria General; ACE= Aptitud Combinatoria Específica; \*\*= Significativo  $P \leq 0.01$ .

## Análisis de componentes principales

En el cuadro 4.3.1 se presentan los valores característicos y el porcentaje de la varianza total que explica cada uno. Se encontraron 5 valores mayores a uno explicando entre los cinco un 78,14 % de la varianza total.

Cuadro 4.3.1 Análisis de componentes principales (Eigenvalores) entre valores de 42 genotipos de tomate tipo bola (*Solanum lycopersicum* L.).

	Valor Característico	% Varianza Total	Valor Caract. Acumulada	Varianza Acumulada
1	4,466705	31,90503	4,46670	31,90503
2	2,809828	20,07020	7,27653	51,97523
3	1,493192	10,66566	8,76972	62,64089
4	1,110707	7,93362	9,88043	70,57451
5	1,060545	7,57532	10,94098	78,14983

En el cuadro 4.3.2 se muestra la contribución relativa (Factor loadings) arrojados por el programa STATISTICA, COMPONENTES PRINCIPALES reduciendo la dimensión de los datos a 5 componentes o factores los cuales son:

El factor uno donde podemos observar que las variables que mas contribuyeron fueron FOTO, COND, CS, TRANS mientras de manera inversa lo hizo la variable RS, a este factor se le llamo FACTOR ACTIVIDAD FISIOLÓGICA (FAF), que agrupa las variables en el mismo sentido, donde estas influyen en la apertura o cierre estomático y en la transpiración, lo que aumenta la tasa fotosintética de cada genotipo.

En el factor dos sobresalen las variables pH y LICOP, y en menor medida VIT C, a este factor se le denomino FACTOR CALIDAD NUTRITIVA (FCN).

El factor tres esta constituido por las variables DP y DE, a este factor se le llamo FACTOR TAMAÑO DE FRUTO (FTF).

Para el factor cuatro este únicamente esta constituido por la variable CINT, a este factor se le denomino FACTOR CO<sub>2</sub> INTRACELULAR (FCINT).

El factor cinco principalmente sobresale la variable COLOR, pero de manera inversa, también puede observarse en menor medida las variables BRIX y VIT C a este factor se le llamo FACTOR COLOR DE FRUTO (FCF).

Cuadro 4.3.2 Contribución relativa de cada variable en cuatro factores principales (Factor Loadings) de 42 genotipos de tomate tipo bola (*Solanum lycopersicum* L.).

Variables	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
<b>UEAF</b>	0,438762	-0,535187	-0,345818	-0,106270	0,331239
<b>FOTO</b>	<b>0,818995</b>	-0,366386	-0,204558	-0,003634	0,148342
<b>COND</b>	<b>0,952744</b>	0,132664	0,076524	0,034112	0,006267
<b>CINT</b>	0,083894	-0,020270	-0,079784	<b>0,959807</b>	0,052890
<b>RS</b>	<b>-0,907195</b>	-0,027979	-0,067993	0,063420	-0,095895
<b>CS</b>	<b>0,953348</b>	0,135519	0,075455	0,034719	0,006281
<b>TRANS</b>	<b>0,866088</b>	0,056985	0,148301	0,133174	-0,097635
<b>DP</b>	0,153878	0,195175	<b>0,729574</b>	0,020280	0,009021
<b>DE</b>	0,107358	0,026213	<b>0,863157</b>	-0,133296	0,092514
<b>COLOR</b>	0,027381	-0,012577	-0,223787	-0,155395	<b>-0,813363</b>
<b>BRIX</b>	-0,273862	0,082550	0,227565	0,246778	-0,632022
<b>pH</b>	0,083742	<b>0,781931</b>	0,108561	-0,083450	0,199518
<b>VIT C</b>	0,104199	0,655379	0,010186	-0,189300	-0,523943
<b>LICOP</b>	0,112953	<b>0,861546</b>	0,041521	0,081853	-0,062518
<b>Expl.var</b>	4,401590	2,290023	1,598763	1,109388	1,541213
<b>Prp.totl</b>	0,314399	0,163573	0,114197	0,079242	0,110087

En la figura 4.1 se observa el comportamiento de los genotipos en cuanto a los factores actividad fisiologica, tamaño de fruto y calidad nutritiva, en donde el eje de las Z representa FAF, en el eje de las Y se observa FCN y en el eje de las X el factor FTF, en donde los genotipos mas sobresalientes son las cruzas (R1)(45x47), (45x47)(S1xL1), (K3)(11x12x47) y (K3)(45x47).

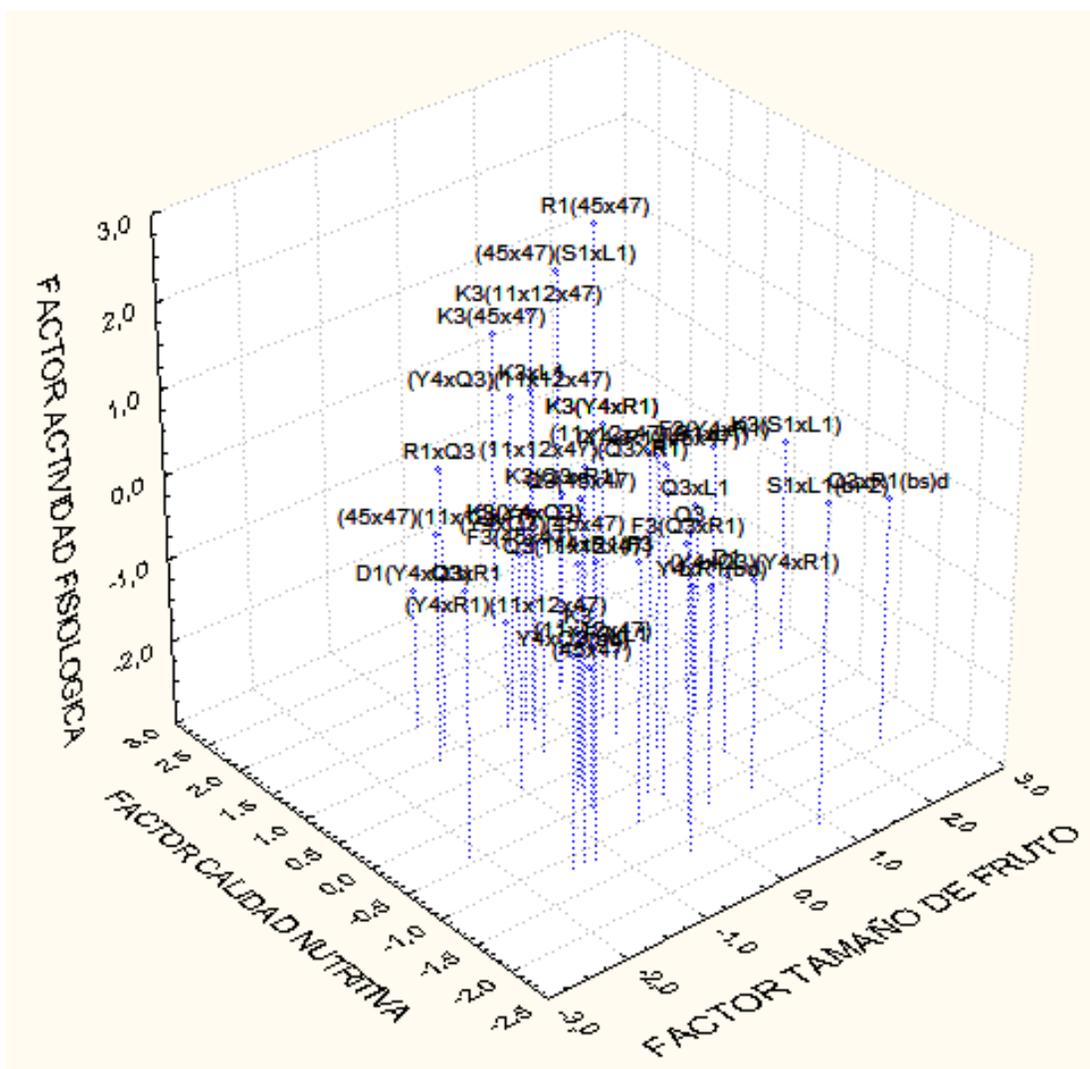


Figura 4.1 Comportamiento de 42 genotipos de tomate tipo bola (*Solanum lycopersicum* L.), en los parámetros actividad fisiologica, calidad nutritiva y tamaño de fruto.

La figura 4.2 muestra el comportamiento de los genotipos en cuanto a los factores calidad nutritiva, color de fruto y tamaño de fruto, en donde el eje de las Z representa FCN, en el eje de las Y se observa FCF y en el eje de las X el factor FTF, en donde los genotipos mas sobresalientes son las cruzas (K3)(45x47).

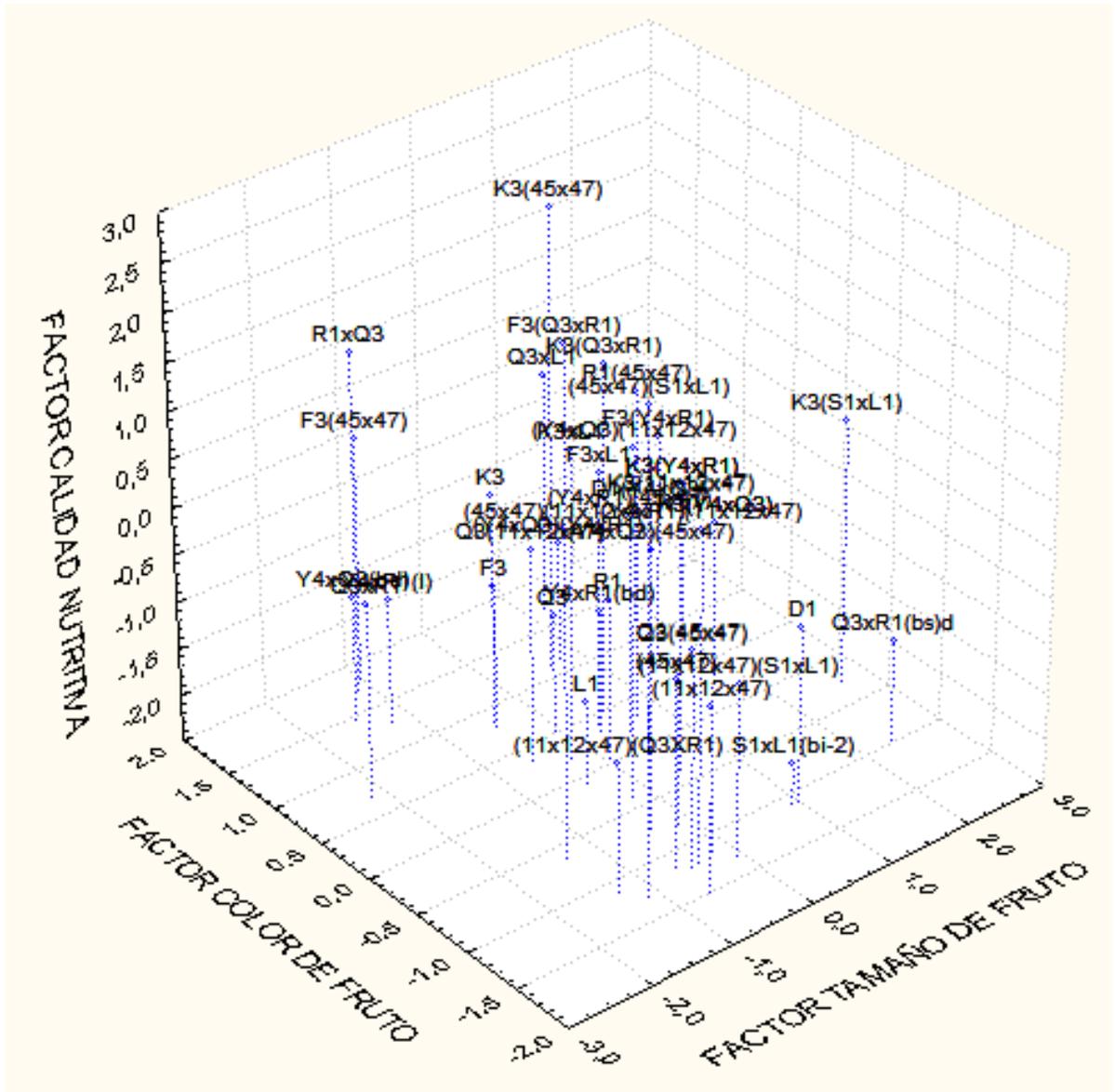


Figura 4.2 Comportamiento de 42 genotipos de tomate tipo bola (*Solanum Lycopersicum* L.), en los parámetros calidad nutritiva, color del fruto y tamaño de fruto.

## **Análisis de componentes principales para 16 genotipos de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum* L.).**

El cuadro 4.4.1 se presenta los valores característicos y el porcentaje de la varianza total que explica cada uno. Se encontraron 4 valores mayores a uno explicando entre los cuatro un 79,69 % de la varianza total.

Cuadro 4.4.1 Análisis de componentes principales (Eigenvalores) entre valores de 16 genotipos de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum* L.).

	Valor Característico	% Varianza Total	Valor Caract. Acumulada	Varianza Acumulada
1	5,522742	39,44816	5,52274	39,44816
2	2,501583	17,86845	8,02432	57,31660
3	1,779652	12,71180	9,80398	70,02840
4	1,353657	9,66898	11,15763	79,69738

En el cuadro 4.4.2 se muestra la contribución relativa (Factor loadings) arrojados por el programa STATISTICA, COMPONENTES PRINCIPALES reduciendo la dimensión de los datos a 4 componentes o factores los cuales son:

El factor uno el cual esta constituido por las variables UEAF, FOTO, COND, CS, LICOP y de manera inversa por RS a este factor se le llamo FACTOR USO EFICIENTE DEL AGUA FISIOLÓGICA (FUEAF).

En el factor dos las variables que más sobresalen son BRIX y de manera inversa DE, así como también en menor medida la variable VIT C, a este factor se le denomino FACTOR SABOR DE FRUTO (FSF), donde estas variables indican que a menor tamaño de fruto estos tendrán una mayor concentración de grados Brix.

Para el factor tres la variable más sobresaliente es TRANS, y en menor medida pero de manera inversa las variables COLOR y pH, a este factor se le llamo FACTOR TRANSPIRACION (FTRA).

Y por ultimo el factor cuatro en el cual sobresalen las variables CINT Y DP ambas de manera inversa, y en menor medida se puede observar la variable pH, a este factor se la denomino FACTOR TAMAÑO DE FRUTO (FTF).

Cuadro 4.4.2 Contribución relativa de cada variable en cuatro factores principales (Factor Loadings) de 16 genotipos de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum* L.).

Variables	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
<b>UEAF</b>	0,810223	-0,419547	-0,179853	0,166200
<b>FOTO</b>	0,883698	-0,201265	0,287965	0,156675
<b>COND</b>	0,970544	0,073256	0,118643	0,093878
<b>CINT</b>	-0,159399	-0,024496	-0,021222	-0,837114
<b>RS</b>	-0,951911	0,002736	0,049121	-0,080822
<b>CS</b>	0,970934	0,071480	0,121551	0,095271
<b>TRANS</b>	0,244204	0,205714	0,865728	0,029747
<b>DP</b>	-0,205654	-0,115432	-0,054100	-0,818758
<b>DE</b>	0,228742	-0,787708	-0,023712	-0,171405
<b>COLOR</b>	0,072848	0,603872	-0,502465	-0,065715
<b>BRIX</b>	-0,207765	0,719947	0,204615	0,380828
<b>pH</b>	0,307015	0,190061	-0,514794	0,590843
<b>VIT C</b>	0,377292	0,618685	0,248483	-0,185974
<b>LICOP</b>	0,780039	-0,020902	-0,342774	0,025157
<b>Expl.var</b>	5,301389	2,206054	1,638547	2,011644
<b>Prp.totl</b>	0,378671	0,157575	0,117039	0,143689

En la figura 4.3 se observa el comportamiento de los genotipos de en cuanto a los factores uso eficiente del agua fotosintética, sabor de fruto y transpiración, en donde el eje de las Z observamos FUEAF, en el eje de las Y se observa FSF y en el eje de las X la variable FTRA, en donde los genotipos mas sobresalientes son las cruzas (Y41)(45xTq), (Y533)(45xTq) y (Y533)(Y41).

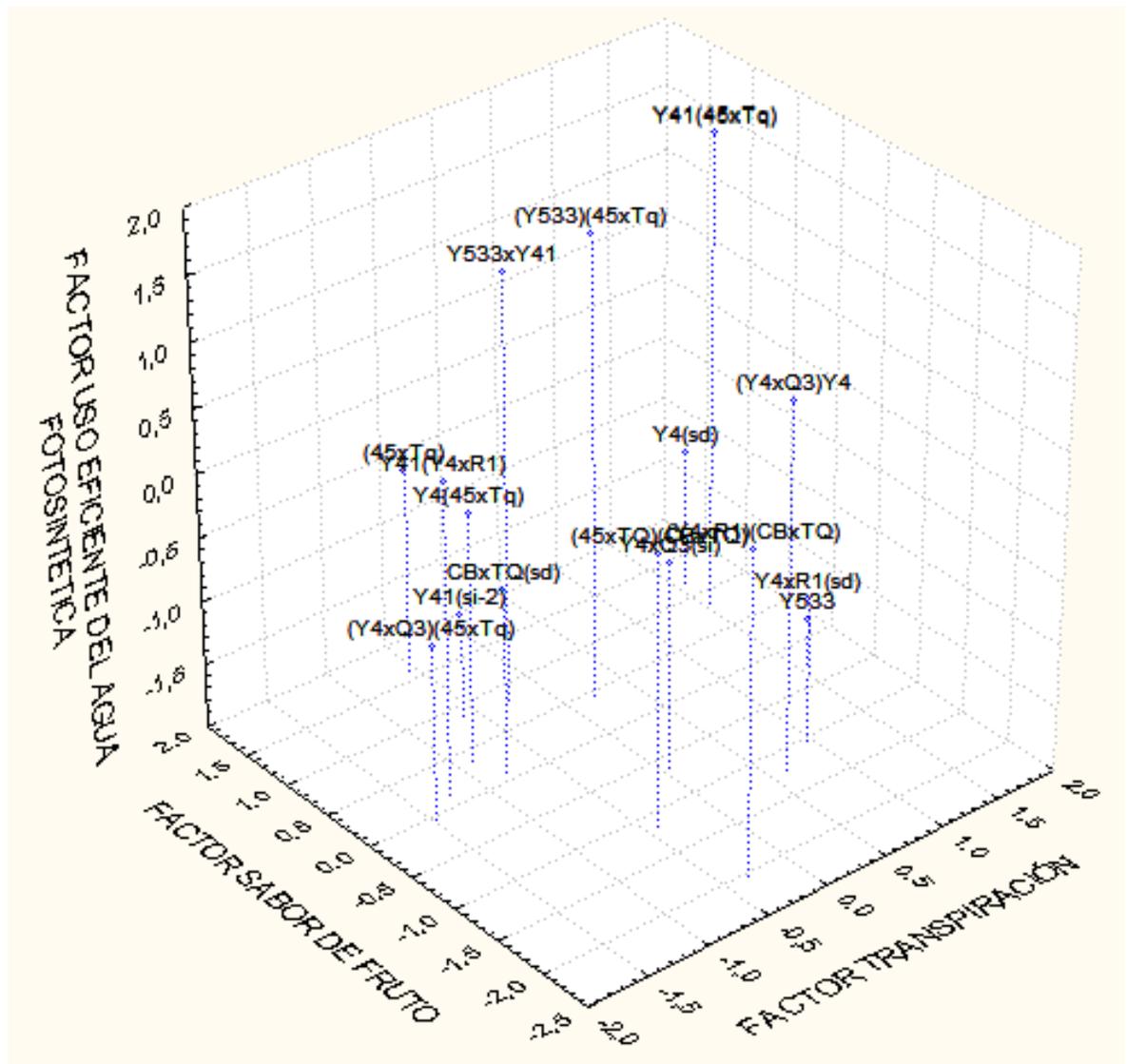


Figura 4.3 Comportamiento de 16 genotipos de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum* L.), en los parámetros de uso eficiente del agua fotosintética, sabor de fruto, y transpiración.

La figura 4.4 muestra el comportamiento de los genotipos en cuanto a los factores uso eficiente del agua fotosintética, tamaño de fruto y sabor de fruto, en donde el eje de las Z se observa FUEAF, en el eje de las Y aparece FTF y en el eje de las X la variable FSF, en donde los genotipos más sobresalientes son las cruzas (Y41)(45xTq), (Y533)(45xTq) y (Y533)(Y41).

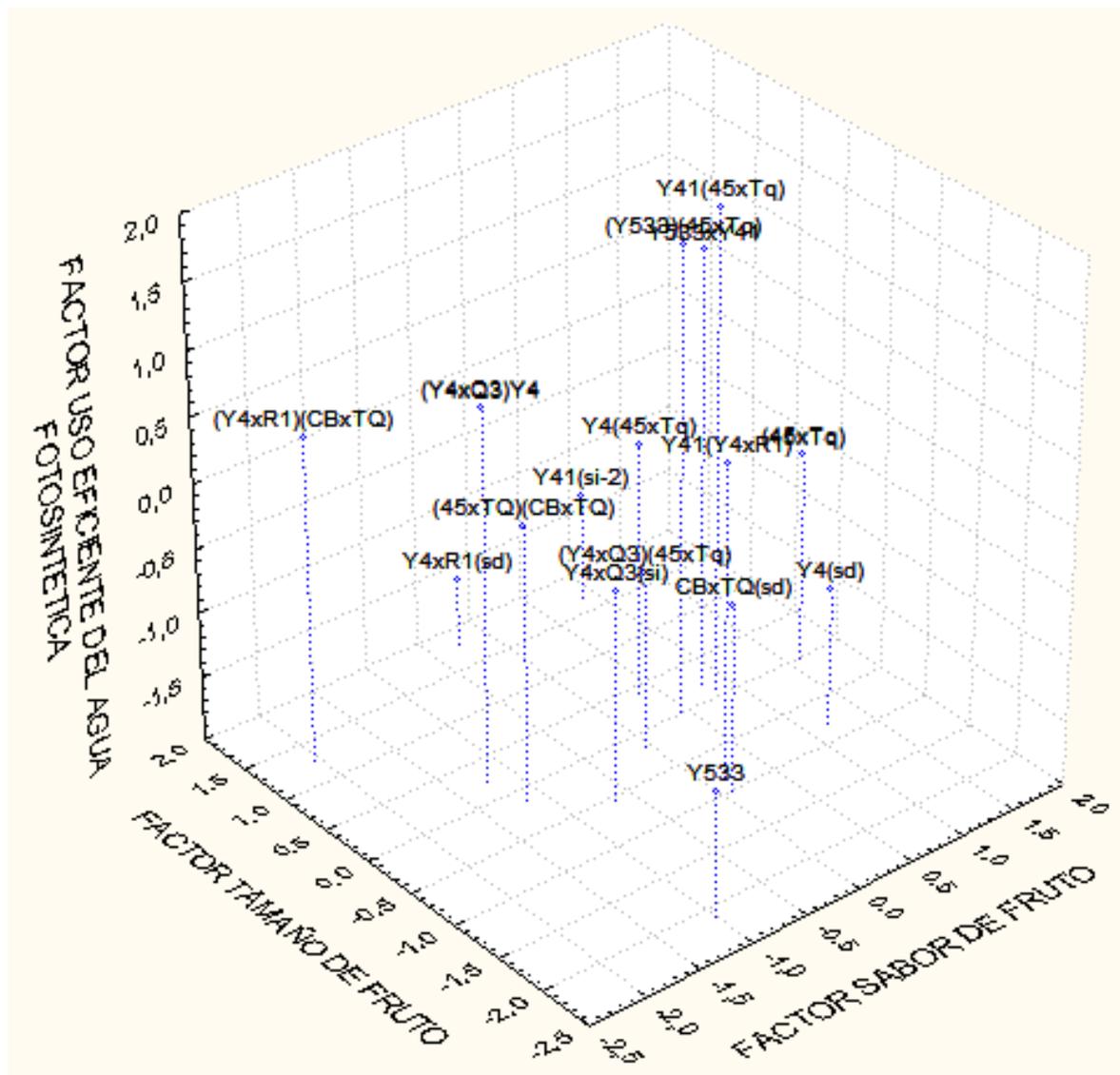


Figura 4.4 Comportamiento de 16 genotipos de tomate tipo saladette (*Solanum lycopersicum* L.), en los parámetros de uso eficiente del agua fotosintética, tamaño del fruto y sabor de fruto.

## V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en los análisis con los que se evaluaron los efectos genéticos ACG y ACE, se encontraron diferencias entre los dialélicos de los tomates tipo bola y tipo saladette.

Considerando los resultados de los análisis de varianza que se realizaron a las semillas de tomate tipo bola, se puede concluir que solo se presentó ACG en cuanto a las variables SANAS y SEMTOT. Los progenitores (Y4xQ3) y (45x47) fueron los más sobresalientes en estas variables. Por su parte el progenitor ((11x12)x47), fue el que tuvo el valor más bajo para la variable VANAS. Por lo que dichos progenitores bien pueden ser utilizados en programas de mejoramiento o de incremento de semillas, ya que podrían aportar estas características a sus progenies.

En el caso del análisis de las semillas de tomate tipo saladette, se concluye que los efectos de ACG mostrados en las variables SANAS y SEMTOT por el progenitor (Y4xQ3) y el progenitor (Y41) para la variable VANAS, podrían ser usados en programas de mejoramiento ya que aportarían estas características a sus progenies. En tanto para ACE la cruce (Y41)(45xTq) sobresalió en las variables semillas SANAS y SEMTOT, esto podría considerarse como un principio de heterosis en cuanto a los parámetros de calidad de semillas.

Al realizar el análisis de componentes principales en los resultados obtenidos en tomate tipo bola y tipo saladette se cumplió con uno de los objetivos principales el cual era reducir la dimensionalidad de los datos sin perder la mayor cantidad de información posible, reduciéndola a 5 y 4 componentes principales explicando un 78.14% y un 79.69% de la variación total respectivamente.

Dentro del análisis multivariado de componentes principales de tomate tipo bola se puede concluir que las variables que tuvieron una mayor correlación para los diferentes factores fueron FOTO, COND, CS, TRANS llamándose FACTOR ACTIVIDAD FISIOLÓGICA. Las variables que aportan para el FACTOR CALIDAD

NUTRITIVA son; LICOP y pH y en menor medida VIT C. Para el FACTOR TAMAÑO DE FRUTO las variables fueron DP y DE. Dentro del FACTOR CO<sub>2</sub> INTRACELULAR únicamente influye la variable CINT. Y de igual manera para el FACTOR COLOR DE FRUTO una variable muy sobresaliente pero de manera inversa COLOR y en una menor medida BRIX y VIT C.

Para el análisis multivariado de componentes principales de tomate tipo saladette las variables que tuvieron una mayor correlación para los diferentes factores fueron UEAF, FOTO, COND, CS, LICOP y RS para el cual se llamo FACTOR USO EFICIENTE DEL AGUA FISIOLÓGICA. En el caso del FACTOR SABOR las variables que más sobresalen son BRIX y DE. Para el FACTOR TRANSPIRACION la única variable que lo constituye es TRANS. En tanto para el FACTOR TAMAÑO DE FRUTO las variables fueron CINT Y DP.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, fue llevado a cabo para determinar los efectos genéticos mediante el análisis de la aptitud combinatoria, se plantearon los siguientes objetivos: I) Estimar la Aptitud Combinatoria General (ACG) y Específica (ACE) de 5 líneas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tipo saladette y 5 tipo bola y sus cruzas para características de sanidad en las semillas. Por su parte para el análisis de componentes principales el material genético estuvo conformado por 16 cultivares de tomate tipo saladette y 42 tipo bola generados a partir de las cruzas directas sin incluir los recíprocos obtenidas en dos dialélicos con 14 progenitores tipo bola y 7 tipo saladette, para las variables fisiológicas y de calidad de fruto; Diámetro Polar (DP, cm), Diámetro Ecuatorial (DE, cm), color de fruto (COLOR), Grados Brix (°BRIX), Potencial de Iones Hidrogeno (pH), Vitamina C (VITC) y Licopeno (LICOP). Los genotipos se produjeron en invernadero 6 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en el ciclo primavera-verano 2011.

Durante todo el experimento se realizaron prácticas de cultivo, iniciando por desinfección del invernadero, siembra de los progenitores, trasplante, riegos, fertilización, poda, entutorado, cruzamientos, control de plagas y enfermedades, aclareo de frutos, toma de datos fisiológicos, cosecha de frutos y por último las pruebas de laboratorio, todo esto durante los meses de enero a junio del 2011.

En el experimento se utilizó el método 2, modelo 1 de Griffing para los cruzamientos dialélicos para estimar la aptitud combinatoria general y específica para características de sanidad en las semillas, los cuales se analizaron mediante un diseño estadístico para datos desbalanceados, el cual presentó diferencias significativas para ACG en el análisis para las semillas de tomate tipo bola en las variables SANAS, SEMTOT y VANAS en las cuales podemos considerar a los

progenitores (Y4xQ3), (45x47) y ((11x12)x47) en programas de mejoramiento o de incremento de semillas, ya que podrían aportar estas características a sus progenies. El segundo análisis hecho a las semillas de tomate tipo saladette presento diferencias significativas en ACG y ACE la primera en las variables SANAS, SEMTOT y VANAS en las cuales podemos considerar a los progenitores (Y4xQ3) y (Y41) en programas de mejoramiento, en tanto para ACE la cruza (Y41)(45xTq) sobresalió en las variables semillas SANAS y SEMTOT, esto podría considerarse como un principio de heterosis.

Para las variables fisiológicas y de calidad de fruto se empleo el análisis multivariado mediante el calculo de los componentes principales para los tomates tipo bola y tipo saladette en los cuales se redujo la dimencionalidad de los datos a 5 y 4 componentes principales explicando un 78.14% y un 79.69% de la variacion total respectivamente.

## VII. LITERATURA CITADA

- Borrego, E.F. 2001. Determinación Fisiotécnica de eficiencia en el desarrollo y rendimiento de genotipos de papa, melón y tomate para la agricultura sustentable en zonas semiáridas. Tesis de Doctorado. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Borrego, E.F y M. Murillo. 2008. Variedades híbridas de tomate en invernadero En: Productores de hortalizas. Agosto 2008
- Broschat, K. T. 1979. Principal component analysis in horticultural research. Hort Science 14 (2): 114-117.
- Cano, R. P. Hernandez, H. y Maeda, M. 1993. Avances en el control genético de la cenicilla polvorienta del melón (*Cucumis melo* L.) en México. Horticultura Mexicana. 2(1): 27-32.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A.J. 1994 Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: Editora UFV. 390 p.
- Chechetkin, A.V., V. I. Voronianski and G. G. Pokusy. 1984. Prácticas de bioquímica del ganado y aves de corral. Editorial Mir. Moscú. 55 p.
- Dallas, E. J. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. México: Thomson. pp. 93-396.
- De la Cruz, L., S. Rodríguez., M. Estrada., J. Mendoza., N. Brito. 2005. Análisis dialéctico de líneas de maíz QPM para características forrajeras. Rev. Universidad y Ciencia. 21(41): 19-26.
- De la Rosa, A., H. De León., G. Martínez y F. Rincón. 2006. Efectos genéticos, heterosis y diversidad genética entre híbridos comerciales de maíz adaptados a el bajío mexicano. Rev. Fitotec. Mex. 29(3): 247-254.
- Delouche, J. C. 1985. Nuevos caminos en la investigación sobre tecnología de semillas. In: Memorias Tecnológicas de Semilla. CIAT.Colombia. p. 34.
- Diver, S. G. Kuepper, and H. Born. 1999. Organic tomato production. NCAT Agriculture Specialists. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA).
- FAO. 2011. Faostat. Área cosechada, producción y rendimiento de tomate. Cierre de la producción agrícola por cultivo 2010 Documento en línea: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anco>. Fecha de consulta: enero de 2012.

- Gardner, C. O. and S A Eberhart 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22: 439-452.
- Gómez, E.; Royo, J.; Thompson, G. R. and Hueros, G. 2002 Establishment of cereal endosperm expression domains: identification and properties of a maize transfer cell-specific transcription factor, *ZmMRP-1*. *Plant cell* 14:599-610.
- Griffiths A., Wessler S., Lewontin R. and S.B. Carroll. 2007. Introduction to Genetic Analysis. Mc. Graw Hill editor. 841 p.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- Gutiérrez, R E; A. Espinosa., A. Palomo., J. Lozano., O Antuna. 2004. Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la comarca lagunera. *Rev. Fitotec. Mex.* 27 (Núm. Esp. 1):7-11.
- Gutiérrez, R. E., A. Espinoza, B., A. Palomo, G., J. J. Lozano, G. y O. Antuna, G. 2004. Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la Comarca Lagunera. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(1):7-14.
- Hayman, B. I. 1954.a. The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics.* 10:235-244.
- Hayman, B. I. 1954.b. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics.* 39:789-809.
- Infoagro 2012 citado en <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate2.htm> 15-enero-2012
- Jones. R. J.; Schreiber, B. M. Roessler, J. A. 1996. Kernel sink capacity in maize: genotypic and maternal regulation. *Crop Sci.* 36:301-306
- Le-Minh-Hong. Selección de progenitores para el mejoramiento genético del tomate en siembras fuera de época óptima. (Tesis de maestría); INCA. 1992. 82 p.
- León G, Á; Llinás S, H; y Tilano, J. 2008. "Análisis multivariado aplicando componentes principales al caso de los desplazados". *Ingeniería y desarrollo*, num. enero-junio, pp. 119-142.
- LI-COR, INC. 1990. The LI-6200 Primer. An introduction to operating the LI-6200 portable photosynthesis system. Lincoln, Nebraska. USA.
- Martínez, A G., 1983. Diseños y análisis de experimentos de cruas dialélicas. Centro de cálculo, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp13.

- Martínez, Z. G., J. R. A. Dorantes G., M. Ramírez M., A Rosa L. y O. Pozo C. 2005. Efectos genéticos y heterosis en la vida de anaquel del chile serrano. Rev. Fitotec. Mex. 28(4): 327-332
- Márquez S., F. 1988. Genotecnia vegetal. Métodos, teoría, resultados. Tomo II. AGT EDITOR, S.A. México. 563 p.
- Martins Filho, S.; Cruz, C.D.; Sedyama, C.S. (1992) Analysis of Unbalanced Diallel Crosses. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, v.15, n.4, p.853-869.
- Morata, M., Presello, D., Gonzales. & E. Frutos. 2006. Aptitud combinatoria para el rendimiento entre líneas de maíz derivadas de nuevas fuentes de resistencia al Mal de Rio Cuatro. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 106 (1), 2006. ISSN 0041-8676, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina.
- Oliveira Júnior, A.; Miranda, G. V.; Cruz, C. D. 1997 Capacidade combinatória de cultivares de feijão avaliada em sistemas dialélicos desbalanceados de meia-tabela e circulante. Revista Ceres, 44(252):215-29, 1997.
- Peña, D. 2002. Análisis de datos multivariados. Madrid: Mac Graw Hill, 2002, pp. 133-158.
- Peña L., A., J. D. Molina G., J. Ortiz C., S. Cervantes, F. Márquez S. Y J. Sahagún C. 1999. Heterosis intravarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) Revista Fitotecnia Mexicana. 22:199-212.
- Pereira Lázaro E. 2011 Escuela Superior de Agricultura de la Universidad de Sao Paulo (USP) citado en <http://www.industriaalimenticia.com>
- Perissé Patricia SEMILLAS Un Punto de Vista Agronómico ISBN: 987-43-5087-3 **CDU:631.531/P441** Septiembre 2002 Argentina© 2002 CyTA <http://www.cyta.com.ar> Educación, Ciencia y Cultura para todos
- Rozano Verónica L, Carolina Quiróz S, Juan C Acosta P, Luis A Pimentel A, Elsa I Quiñones R. Revista Digital Universitaria HORTALIZAS, LAS LLAVES DE LA ENERGÍA 10 de agosto 2004 • Volumen 5 Número 7 • ISSN: 1067-6079 © Coordinación de Publicaciones Digitales. DGSCA-UNAM
- SAGARPA Agosto 2010 Monografía de cultivos Jitomate, Secretaria de Fomento a los Agronegocios citado en (<http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf>)

- SAGARPA- SIAP., 2008. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. WEB ([www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx)).
- Santiago José mayo 2008 Inventario de invernaderos revista productores de hortalizas citado en <http://www.hortalizas.com/pdh/?storyid=1276>
- Silva, S. A. G.; Morais, O. P.; Rava, C. A.; Costa, J. G. C. 2000. Método generalizado de análisis de dialelos desbalanceados. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1999-2005.
- Sistema Producto Nacional Tomate Rojo (Jitomate), 2010. México. Citado en <http://www.tomatenacional.com.mx/?q=node/16>
- Sprague, G. F. & L.Tatum. 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. Journal of American Society of Agronomy 34: 923-932.
- Sridhar, S. and Vijayalakshmi, K. 2002. Neem: A user's manual. CIKS, Chennai.
- Valera Edo. Trujillo, Julio 2010 Mejoramiento Genético del Tomate. Ministerio para el Poder Popular Para la Educación Convenio UNELLEZ - AVPTA
- Vallejo, C. F. 2002. Mejoramiento Genético de Plantas. 1ra. ed. Universidad Nacional de Colombia. Colombia 389 pp
- Warnock, S. J. 1991. Natural habitats of *Lycopersicon* species. HortScience. 26(5):466-471.
- Williams, D.E. 1990. A review of sources for the study of nahuatl plant classification. Adv. Econ. Bot. 8: 249-270.
- Yailen Arias\*, Belkis Peteira\*, Ivonne González\*, Yamila Martínez\*, Ileana Miranda\*\* Variabilidad genética entre genotipos promisorios de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) obtenidos en programas de mejoramiento frente al tylcv centro nacional de sanidad agropecuaria (censa), apartado 10, san José de las Lajas, la Habana, Cuba. rev. protección veg. v.25 n.3 la Habana sep.-dic. 2010
- Zapata, Luz M. 2007. Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates. Cienc. docencia tecnol. (Entre Ríos), n. 35, nov. 2007. Concepción del Uruguay. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-17162007000200008&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17162007000200008&lng=es&nrm=iso)

## APÉNDICE

**Dialélico 1** Tomate Bola  
Programa de cruzas Ene - Jun 2011  
19 DE MARZO DE 2011

14X19		19X20		20X28		28X34		34X40	
14X20		19X28		20X34					
14X28		19X34							
14X34									

**Dialélico 2** Tomate Saladette  
Programa de cruzas Ene - Jun 2011  
19 DE MARZO DE 2011

18X19s		19sX20s		20sX21si		21siX29	
18X20s		19sX21si		20sX29			
18X21si		19sX29					
18X29							

Apéndice I. Análisis de Varianza de las semillas ENFERMAS de tomate tipo Bola

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidad
Genotipos	14	479.272727	34.233766	.365355	100.0
A.C.G	4	109.57216	27.39304	.292348	100.0
A.C.E	10	369.700567	36.970057	.394558	100.0
Error	10	937.0	93.7		

Apéndice II. Análisis de Varianza de las semillas SANAS de tomate tipo Bola

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidad
Genotipos	14	397121.818182	28365.844156	5.94083	.003766
A.C.G	4	280465.112813	70116.278203	14.684876	.000344
A.C.E	10	116656.705369	11665.670537	2.443212	.087505
Error	10	47747.273	4774.7273		

Apéndice III. Análisis de Varianza de las semillas VANAS de tomate tipo Bola

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidad
Genotipos	14	5201.818182	371.558442	1.326305	.331787
A.C.G	4	3898.780207	974.695052	3.479246	.049955
A.C.E	10	1303.037975	130.303797	.465129	100.0
Error	10	2801.45455	280.145455		

Apéndice IV. Análisis de Varianza del TOTAL DE SEMILLAS de tomate tipo Bola

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidad
Genotipos	14	412347.272727	29453.376623	6.282839	.003016
A.C.G	4	306941.732788	76735.433197	16.368797	.000218
A.C.E	10	105405.539939	10540.553994	2.248455	.108699
Error	10	46879.091	4687.9091		

Apéndice V. Análisis de Varianza de las semillas ENFERMAS de tomate tipo Saladette

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidad
Genotipos	14	156.0	11.142857	1.699758	.227868
A.C.G	4	62.724979	15.681245	2.392054	.136669
A.C.E	10	93.275021	9.327502	1.422839	.315053
Error	8	52.444445	6.555556		

Apéndice VI. Análisis de Varianza de las semillas SANAS de tomate tipo Saladette

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidad
Genotipos	14	165123.111111	11794.507937	88.921937	.0
A.C.G	4	82161.149799	20540.28745	154.858699	.0
A.C.E	10	82961.961312	8296.196131	62.547233	.0
Error	8	1061.1112	132.6389		

Apéndice VII. Análisis de Varianza de las semillas VANAS de tomate tipo Saladette

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidad
Genotipos	14	2184.0	156.0	1.699244	.228002
A.C.G	4	1807.71741	451.929352	4.92268	.026782
A.C.E	10	376.28259	37.628259	.409869	100.0
Error	8	734.444448	91.805556		

Apéndice VIII. Análisis de Varianza del TOTAL DE SEMILLAS de tomate tipo Saladette.

FV	GL	SQ	QM	F	Probabilidad
Genotipos	14	161247.111111	11517.650794	38.363755	.0
A.C.G	4	72961.402112	18240.350528	60.756168	.0
A.C.E	10	88285.708999	8828.5709	29.406789	.000032
Error	8	2401.7776	300.2222		

Cuadro 4.3.3 Puntuación de cada genotipo al factor correspondiente (Factor Scores) de 42 genotipos de Tomate tipo Bola (*Solanum lycopersicum* L.).

Genotipo	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
R1	0,89040	-0,79266	0,04756	-0,82649	0,05436
Q3	0,42790	-1,25361	-0,07212	-1,06035	0,52294
Q3xR1	0,16103	-0,43675	-2,14341	-1,14112	0,70758
F3	0,09086	-0,98388	-0,46677	-0,28344	0,81709
D1	-0,87069	-0,63521	1,00325	1,12478	-1,10592
K3	-1,27528	-0,08072	-0,41624	1,40606	0,86853
Y4xQ3(bd)	-0,47954	-1,16909	-1,46601	3,87873	1,45708
Y4xR1(bd)	-0,39431	-1,18129	0,27035	0,26770	0,32591
(45x47)	-1,33719	-0,50053	-0,64364	0,05426	-1,15052
(11x12x47)	-1,06812	-0,53924	-0,65356	0,73272	-1,49439
L1	0,13725	-1,62336	-0,39237	0,33543	-0,07355
Y4xR1(l)	0,52814	-1,18538	-1,20655	-0,46300	1,30892
S1xL1(bi-2)	0,78459	-2,05697	0,91110	0,21868	-1,10919
Q3xR1(bs)d	-0,11409	-1,40831	2,38520	-0,54970	-0,97729
K3(Y4xQ3)	-0,70027	0,93530	-0,19613	-0,72968	-1,15904
K3(Y4xR1)	0,51396	0,53946	0,45897	0,62040	-0,34445
K3(45x47)	0,56169	2,36054	0,64782	1,35004	1,13861
K3(11x12x47)	1,85585	0,90065	-0,15362	0,02235	-0,80399
(Y4xQ3)(45x47)	-0,46709	0,44731	-0,41186	-0,15182	-0,72333
(Y4xQ3)(11x12x47)	0,74359	1,15551	-0,18149	0,24063	-0,37294
(Y4xR1)(45x47)	0,48030	-0,17998	0,50911	0,39673	0,20955
(Y4xR1)(11x12x47)	-1,75093	0,97986	-0,41755	0,84138	-1,21068
(45x47)(11x12x47)	-0,28241	0,92767	-1,33377	-1,53704	-0,62027
R1(45x47)	2,49673	0,96296	0,72922	0,58527	0,32136
R1xQ3	0,31348	1,12258	-1,12291	-0,56187	1,73039

Q3(11x12x47)	-0,28798	-0,23797	-0,56863	-0,44176	0,34368
Q3(45x47)	0,44016	-0,21572	-0,50887	-0,85445	-1,20854
Q3xL1	-0,51835	0,05735	1,24634	-1,86870	1,69636
F3(Y4xR1)	0,12271	0,00556	1,42806	0,53273	0,64895
F3(45x47)	-0,21848	0,11422	-0,99403	-0,57327	1,82429
F3(Q3xR1)	-1,23121	0,36629	1,42651	-0,66610	1,62965
F3xL1	-2,00219	0,21229	0,34380	-0,66126	0,39189
D1(Y4xQ3)	-1,34775	1,52203	-1,12882	-0,72054	-1,28037
K3xL1	1,04199	0,77495	-0,24665	-0,37579	0,20111
K3(Y4xR1)	0,51396	0,53946	0,45897	0,62040	-0,34445
K3(S1xL1)	-0,48094	0,31632	2,68579	0,14376	-0,25767
K3(Q3xR1)	-0,69908	1,19803	0,52357	1,53999	0,49339
(Y4xQ3)(Y4xR1)	-0,51269	-1,24163	0,79029	-1,14682	1,17498
(45x47)(S1xL1)	1,97420	1,15819	0,42884	-0,04242	-0,03751
(11x12x47)(S1xL1)	1,04418	-0,66961	-0,06717	-0,09344	-1,31466
(11x12x47)(Q3XR1)	1,61588	-1,13993	-1,30645	0,56673	-1,11882
K3(Y4xQ3)	-0,70027	0,93530	-0,19613	-0,72968	-1,15904

Cuadro 4.4.3 Puntuación de cada genotipo al factor correspondiente (Factor Scores) de 16 genotipos de tomate tipo Saladette (*Solanum lycopersicum* L.).

Genotipo	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Y533	-1,02633	-1,02184	0,97457	-2,10828
Y41(si-2)	-1,17988	0,87737	-0,61579	1,69026
Y4xQ3(si)	-0,37360	-0,64325	0,06078	-0,54533
Y4xR1(sd)	-1,47350	-0,27120	1,56769	1,77184
Y4(sd)	-0,93358	1,19392	1,57392	-0,81145
(45xTq)	-0,38163	1,60454	-0,56700	-0,02325
CBxTQ(sd)	-0,54985	0,08272	-0,80530	-0,99679
Y41(Y4xR1)	0,43909	0,14510	-1,23684	-0,84895
Y41(45xTq)	1,70529	0,85533	1,55713	0,07761
(Y4xQ3)Y4	0,86300	-1,21623	0,65339	0,23382
(Y4xQ3)(45xTq)	-0,62869	-0,04664	-1,48814	-0,16231
Y4(45xTq)	-0,05179	0,37338	-0,88359	0,41026
Y533xY41	1,35661	0,81000	-0,26456	0,19230
(Y533)(45xTq)	1,60315	0,44286	0,20633	0,00321
(Y4xR1)(CBxTQ)	0,50383	-2,03506	-0,31686	1,25561
(45xTQ)(CBxTQ)	0,12789	-1,15099	-0,41574	-0,13854