

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**VARIABILIDAD EN GENOTIPOS (PROGENITORES, CRUZAS Y  
PROGENIES) DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) PARA  
CARACTERÍSTICAS DE RENDIMIENTO, FISIOTÉCNICAS Y DE  
TOLERANCIA AL TIZÓN.**

**POR:**

**MANUEL TRINIDAD CRUZ**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

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

**Diciembre de 2003.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

VARIABILIDAD EN GENOTIPOS (PROGENITORES, CRUZAS Y PROGENIES)  
DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) PARA CARACTERÍSTICAS DE  
RENDIMIENTO, FISIOTÉCNICAS Y DE TOLERANCIA AL TIZÓN.

POR

MANUEL TRINIDAD CRUZ

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Calificador como requisito parcial para  
obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo en Producción

Aprobado por:

---

Dr. Fernando Borrego Escalante  
Presidente del Jurado

---

Dra. Ma. Margarita Murillo Soto  
Asesor

---

Ing. M. Sc. José G. Ramírez Mezquitic  
Asesor

---

Ing. José A. De La Cruz Breton  
Asesor

Coordinador de la División de Agronomía

---

Ing. M.C. Arnoldo Oyervides García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre de 2003.

## **DEDICATORIA**

A mi Madre

Sra. Leonila Cruz Osorio.

Mujer de quien estaré eternamente agradecido, por todo el amor y apoyo que siempre me ha brindado.

A mis Hermanos

Paula

Juan

Abraham

Con quienes he compartido grandes momentos de mi vida.

A mi Esposa

Josefina

A mi hijo

José Manuel

Por todo el amor y cariño que me han brindado

A mis compañeros de la generación XCVI de la Carrera de: Ingeniero agrónomo en Producción..

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a las personas que desinteresadamente me brindaron su apoyo para la realización del presente trabajo.

Al Dr. Fernando Borrego Escalante, por su excelente asesoría y por sus conocimientos compartidos durante buena parte de mi estancia en esta Universidad.

A la Dra. Ma. Margarita Murillo Soto, por las sugerencias en el trabajo de laboratorio.

Al Ing. M. Sc. José G. Ramírez Mesquitic y al Ing. José A. De La Cruz Breton, por su participación en el comité de asesoría.

Al M.C. Flavio Ramos Domínguez, por sus atinadas sugerencias, y por el apoyo brindado para el análisis estadístico de los datos de campo.

A la Ing. Ma. de Lourdes Hernández Hernández y a los M.C. David Sánchez Aspeitia y Alberto Montesinos Cruz por el apoyo brindado.

Un agradecimiento especial a la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en el presente trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág
	.
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	4
Hipótesis.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Aspectos Generales.....	5
Valor Nutritivo.....	5
Aspectos Cuantitativos y Cualitativos del Rendimiento.....	6
Potencial de Iones Hidrógeno (pH).....	9
Contenido de Sólidos Solubles (°Brix).....	10
Vitamina C.....	10
Importancia de la Temperatura.....	11
Aspectos Fisiológicos.....	14
Fotosíntesis y Conductancia Estomática.....	15
Transpiración.....	20
Eficiencia Fisiológica en el Uso del Agua.....	21
Otros Estudios Fisiológicos.....	23
Aspectos Fenológicos.....	24
Importancia del Acolchado Plástico.....	25
Importancia del Entutorado.....	28
Importancia de del Tizón.....	29
Análisis Multivariado.....	30
MATERIALES Y MÉTODOS.....	32

Localización del Área de Estudio.....	32
Material Genético Utilizado.....	33
Establecimiento del Experimento.....	33
Manejo del Cultivo.....	35
Cosecha y Fenología.....	36
Pruebas de Laboratorio.....	39
Toma de Datos Agroclimáticos y Fisiológicos.....	40
Variables Fisiológicas.....	41
Variables Agroclimáticas.....	41
Variables Fenológicas.....	42
Variables de Rendimiento Cuantitativas.....	42
Variables de Rendimiento Cualitativas.....	42
Diseño Experimental y Modelo Estadístico Utilizado.....	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
CONCLUSIONES.....	70
RESUMEN.....	68
LITERATURA CITADA.....	74

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág
4.1	Análisis de Varianza (cuadrados medios) de Características Fenológicas y de Tolerancia al Tizón en 18 Genotipos de Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) bajo Condiciones de Campo.....	47
4.2	Análisis de Varianza (cuadrados medios) de Características de Rendimiento Cuantitativo de 18 Genotipos de Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) bajo Condiciones de campo.....	49
4.3	Análisis de Varianza (cuadrados medios) de Características de Rendimiento Cualitativo de 18 Genotipos de Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) bajo Condiciones de Campo.....	50
4.4	Análisis de Varianza (cuadrados medios) de Características Agroclimáticas de 18 Genotipos de Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) bajo Condiciones de Campo.....	51
4.5	Análisis de Varianza (cuadrados medios) de Características Fisiológicas de 18 Genotipos de Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) bajo Condiciones de Campo.....	52
4.6	Correlaciones de Variables Fisiológicas, Fenológicas, de Rendimiento (cualitativo y cuantitativo) y de Tolerancia al Tizón, en Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	56
4.7	Valores Característicos de los Componentes y la Varianza que explica cada uno de ellos en Análisis Multivariado de 18 Genotipos de Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	58
4.8	Cuadro de Contribución Relativa de Cada Variable en los 8 Factores Principales en 18 Genotipos de Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	61
4.9	Contribución Relativa da cada Genotipo de Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) a los 8 Factores Principales, Considerando Variables Fenológicas, de Rendimiento (cualitativo y cuantitativo), Fisiológicas, Agroclimáticas y de Tolerancia al Tizón.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
4.1	Comportamiento de los Factores 1, (Características de alto Rendimiento) 4 (Características de Eficiencia Fisiológica) y 7 (Características de Calidad del Fruto) en Análisis Multivariado de 18 Genotipos de Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	64
4.2	Comportamiento (Puntuación) de 18 Genotipos de Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) en los Factores Principales 1, (Características de alto Rendimiento) 4 (Características de Eficiencia Fisiológica) y 7 (Características de Calidad del Fruto) en Análisis Multivariado.....	65
4.3	Comportamiento de 18 Genotipos de Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) Considerando las Variables de Uso Eficiente del Agua Fisiológico, °Brix y Rendimiento por Hectárea.....	66
4.4	Comportamiento de 18 Genotipos de Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) Considerando las Variables de Uso Eficiente del Agua Fisiológico, Incidencia de Tizón Temprano y Rendimiento por Hectárea.....	67

## I. INTRODUCCIÓN

Se considera que a nivel internacional, las hortalizas junto con las frutas ocupan en nuestros días el segundo lugar de los productos agropecuarios, apenas aventajadas por los cereales. Dos hortalizas contribuyen con el 50 % de la producción en el mundo: la papa y el tomate, lo cual indica el enorme valor que este último cultivo representa no solo en el comercio, sino también en el sistema alimentario mundial y por la demanda de mano de obra que genera. En los últimos años, la producción mundial se ha mantenido estable, con un nivel promedio anual de 86 millones de toneladas (SIAP, 2002).

Según datos de la FAO (2002), los principales productores de tomate son China, Estados Unidos, Turquía, Italia, Egipto e India, que conjuntamente han producido durante los últimos 10 años el 70 % de la producción mundial. China ha sido el principal productor mundial de tomate al promediar 15 millones de toneladas anuales (17 % del total mundial), seguida de Estados Unidos de América con 11 millones de toneladas (12 % del total mundial).

La producción de tomate en México durante los últimos diez años ha sido de 19 millones de toneladas con un rendimiento promedio de  $25 \text{ t ha}^{-1}$  en una superficie cercana a las 80 mil hectáreas; concentrándose el 70 % de la producción nacional en los estados de Sinaloa (39.9 %), Baja California (14.7 %), San Luis Potosí (7.9 %) y Michoacán (67 %), SIAP (2002).

Como se puede apreciar, el tomate es uno de los principales cultivos hortícolas que se siembran en México. Se produce en los ciclos agrícolas otoño-invierno y primavera-verano. La gran variedad de condiciones en las que se cultiva esta hortaliza ha llevado a desarrollar una notable diversidad de técnicas y a crear cultivares adaptadas a condiciones que en muchas ocasiones son poco favorables (Santiago, 1995).

Las Zonas Áridas y Semiáridas de México ocupan el 66 % del territorio nacional (alrededor de 1,360,000 km<sup>2</sup>), donde la rentabilidad agrícola es escasa o nula, debido a condiciones adversas para el crecimiento vegetal, sobre todo por escasez de precipitación (cantidad y distribución), elevadas temperaturas, heladas tempranas y tardías, suelos superficiales y calichosos, entre otros, condicionando que las actividades agrícolas de temporal fracasen; lo que trae como consecuencia que los productores agrícolas de éstas regiones, no produzcan los alimentos suficientes, haciendo necesario su traslado de las zonas productoras, incrementando de manera considerable los precios, por el costo de flete, manejo e intermediarios (GIIEZAP-UAAAN, 1991).

Debe resaltarse el hecho de que no hay variedades de tomate orientadas a la producción en Zonas Áridas y Semiáridas, teniendo que realizar estudios de cultivares extranjeros, de semilla cara. Un problema subsecuente es la poca variabilidad genética, traduciéndose en susceptibilidad a plagas y enfermedades, así como aborción de flores por altas temperaturas.

La producción de tomate en estas zonas debe hacerse adaptando la tecnología adecuada, buscando de forma conjunta hacer un uso eficiente del agua que es una limitante para la producción agrícola, y obtener cosechas de buena calidad que puedan satisfacer las necesidades de la población demandante; pudiendo lograrse esto con la utilización de acolchados plásticos y entutorado del cultivo. El acolchado plástico

permite conservar más tiempo la humedad del suelo disponible al cultivo, reduce la incidencia de maleza, incrementa la temperatura y evita la compactación de la superficie del suelo, acelera el desarrollo del cultivo acortando los días a cosecha, mejora el rendimiento e incrementa la calidad del fruto (INIFAP, 2002). Por su parte el entutorado es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y sobre todo los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales. Todo ello con repercusión en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades.

Debido a la pluralidad y el alto valor comercial del tomate anualmente se introducen al mercado nuevos cultivares. Para poder utilizarlos bien, se ha hecho necesario clasificarlos, según ciertas características agronómicas y fisiológicas sobresalientes. Para poder analizar el rendimiento de una planta es necesario el estudio de sus componentes de rendimiento. Para el caso del tomate, se tienen componentes cuantitativos y cualitativos, los cuales están determinados en gran medida por procesos fisiológicos de la planta y la interacción de estos con el ambiente.

En base a la problemática anterior mencionada, el Departamento de Fitomejoramiento a través del Programa de Fisiotecnia lleva a cabo un proyecto con la finalidad de obtener cultivares de tomates que se adapten a las condiciones climáticas y edáficas de la región.

### **Objetivos:**

- a) Determinar diferencias genotípicas en tomate, en características de rendimiento (cuantitativas y cualitativas), fenológicas, fisiológicas, agroclimáticas y de tolerancia al tizón.
  
- b) Determinar la asociación entre variables, a través de correlación lineal.
  
- c) Seleccionar los mejores genotipos, a través de la evaluación conjunta de variables.

### **Hipótesis:**

1. Existe diferencias cualitativas y cuantitativas en cada uno de los genotipos a evaluar.
  
2. Los criterios de evaluación fisiotécnica auxilian en la identificación de genotipos sobresalientes de tomate.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Aspectos Generales

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es miembro de la familia de las *Solanaceas*. Valadez (1994) al citar a varios autores menciona que es una planta nativa de América Tropical, cuyo origen se le localiza en la región de los Andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú) y donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres.

México esta considerado a nivel mundial como el centro de domesticación más importante del tomate, pues la palabra tomate deriva de la lengua Náhuatl “Tomatl”, que significa Tomate.

### Valor Nutritivo

Desde el punto de vista alimenticio, el tomate no puede ser considerado como alimento energético, aunque un kilogramo de fruto puede proporcionar 176 calorías; su aroma estimula el apetito, hace más agradable a los alimentos insípidos de elevado valor nutritivo. Es rico en aminoácidos y en ácidos orgánicos, contiene importante cantidad de vitamina C, y en menor cantidad vitamina B y D. Las sales de hierro, de potasio y de magnesio se encuentran en una relación cuantitativa perfectamente equilibrada a los fines alimenticios. El tomate es, en otros términos, un eficaz catalizador del proceso asimilativo, y es el condimento que hace agradable al paladar la masa de hidratos de

carbono de las pastas, que de otro modo serian menos apetitosas (Anderlini, 1976), citado por Santiago (1995).

Según un estudio realizado por Stevens (1974) sobre las principales frutas y hortalizas de Estados Unidos, el tomate ocupa el lugar 16 en cuanto a concentración relativa de un grupo de 10 vitaminas y minerales. No obstante, su popularidad, demostrada por el alto nivel de consumo convierte a este cultivo en una de las principales fuentes de vitaminas y minerales en muchos países.

Valor nutritivo medio del tomate por 100 gramos de producto comestible. (Nuez, 1995).

Residuos	6.0 %	caroteno	0.5 mg.
Materia seca	6.2 gr.	Tiamina	0.06 mg.
Energía	20.0 K.cal.	Riboflavina	0.04 mg.
Proteínas	1.2 gr.	Niacina	0.6 mg.
Fibra	0.7 gr.	Vitamina C	23.00 mg.
Calcio	7.0 mg.	Valor Nutritivo Medio (VNM)	2.39
Hierro	0.6 mg.	VNM por 100 gr. De materia seca	38.5

### **Aspectos Cuantitativos y Cualitativos del Rendimiento**

Para cualquier cultivo, el rendimiento es un factor importante ya que determina, a final de cuentas, el beneficio económico que traerá consigo. El rendimiento total de una cosecha en una superficie determinada dedicada a un cultivo, depende del número de plantas por superficie, del número de frutos por planta y del peso de cada fruto.

Las variaciones en la calidad del fruto del tomate son numerosas debido al complejo genético, fisiológico e influencias del medio ambiente. El sabor del tomate

esta ampliamente relacionado con el contenido de azúcar y ácidos. Sin embargo, las diferencias en sabor pueden ocurrir por mezclas entre cultivos, como resultado de la madurez fisiológica, factores ambientales de producción o manipulación en poscosecha.

Aunque el rendimiento y la calidad de los cultivos resultan ser los primeros objetivos en el mejoramiento del tomate, estas características están determinadas por una serie de componentes estructurales y funcionales estrechamente complejas. Estos componentes fisiológicos y bioquímicos requieren ser entendidos para observar la importancia de éstos y poder enfocar el mejoramiento hacia las características adecuadas (Allen y Rudich, 1978) citados por Ramos (2000).

El número de frutos por planta esta determinado por el número de flores que son fecundadas y alcanzan a desarrollarse.

Las características del fruto, como tamaño y forma, están determinados por características similares a las del rendimiento y determinada por varios genes y son obtenidos principalmente por la explotación de la heterosis de los híbridos (Garza, 1980; Pierce, 1992).

Las variaciones en la calidad del fruto del tomate son resultado de las diferencias en las practicas de fertilización, riego y composición del suelo (Gull, 1989).

El estado nutrimental de la planta es un factor determinante para un buen desarrollo, producción y calidad del fruto.

La calidad de un fruto está dado principalmente por la apariencia, clasificada ésta en daños por rajaduras y tamaño; además también por la cantidad de sólidos solubles y acidez y esto se determina mediante análisis químicos y físicos (Domínguez, 1966) citado por Santiago (1995).

La precocidad depende de muchos factores, y como estos experimentan profundos cambios cuando las condiciones del cultivo son diversas, resulta con frecuencia que su control es a la vez difícil e imperfecto. Días precisos para la germinación, control del desarrollo de flores, producción de polen, liberación de éste y germinación, formación de frutos y maduración, son otros tantos factores que condicionan la época de la siembra y la cosecha de los primeros frutos (Toovey, 1976).

El punto de madurez que debe cosecharse el tomate depende de las condiciones ambientales y del tiempo a transcurrir hasta que el fruto llegue a su destino (Van Haeff, 1990).

Anderlini (1976) citado por Ramos (2000) menciona que cuando el tomate es para procesamiento industrial, debe estar completamente encarnado; si son para abastecer el mercado local, puede estar rojo, pero no completamente maduro, y si es para exportación, debe presentar indicios de coloración.

Para la industria son de gran importancia las variedades con gran cantidad de sólidos solubles, por esto, Well y Buitelar (1989) recomiendan una reducción en el tiempo de madurez del fruto, con la finalidad de incrementar el contenido de sólidos solubles. Stommel (1998) al estudiar una especie silvestre de tomate (*Lycopersicon peruvianum* Mill.) comprobó que producía mayor cantidad de sólidos solubles que *Lycopersicon esculentum* Mill. atribuyéndose a que la primera acumula mayor cantidad de sacarosa.

Valadez (1994) menciona que la frecuencia de cortes del cultivo de tomate está influenciada por la edad de la planta y las temperaturas ambientales; la producción puede llegar a extenderse en un periodo de 45 a 90 días en cultivos de crecimiento indeterminado y de 30 a 45 días en los cultivos de hábito determinado.

La maduración del fruto está muy influenciada por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración. Hernández (2000) menciona que la temperatura óptima para la madurez del fruto es de 18 a 24 °C. Si la temperatura es menor a 13 °C los frutos tienen una maduración muy pobre; cuando la temperatura es mayor a 32 °C durante el almacenamiento, la coloración roja (licopeno) es inhibido y los frutos tiende a un color amarillo.

Palmer y Goldsworthy (1971) mencionan que la producción de los cultivos, en última instancia, depende de la fotosíntesis, aunque procesos como la respiración, traslocación, o la actividad metabólica son muy importantes. Entonces para incrementar los rendimientos biológicos se busca lo siguiente:

- a) Incremento de la actividad fotosintética de hojas individuales.
- b) Mejora de las capacidades de intercepción de luz.
- c) Reducir el gasto (derroche de respiración y fotorrespiración).
- d) Aumento del periodo de formación de grano o fruto.

### **Potencial de Iones Hidrógeno (pH)**

El pH del jugo oscila entre 4 y 4.5. Los tomates madurados en la planta contienen más vitamina C que los cosechados verdes y madurados posteriormente (Folquer, 1976), citado por Santiago (1995).

De Prado (2002) menciona que el pH se sitúa normalmente entre 4.2 y 4.4, siendo muy raro que se superen estos valores. Si en algún caso el pH llegara a ser superior, se pueden presentar problemas para procesos de industrialización.

## **Contenido de Sólidos Solubles (°Brix)**

Osuna (1983) menciona que se llama grados brix, a las sustancias solubles en agua, que reflejan un alto índice de la calidad de sólidos totales que contienen los frutos. A mayor valor es más deseable; un valor mayor o igual a 4.0 es considerado bueno. Además, encontró una correlación directa entre sólidos solubles y firmeza, a mayor concentración de éstos es mayor la firmeza.

La concentración de sólidos solubles es la cantidad de compuestos presentes en el extracto de los frutos. En tomate, fructosa (25 %) y glucosa (22 %) son los compuestos más abundantes (Davies y Hobson, 1981).

Hewit *et al.*, (1982) mencionan que algunos factores que pueden influir sobre la concentración de sólidos solubles son: Relación de área foliar/frutos, tasa de exportación de los fotosintatos producidos por las hojas, toma de los mismos por los frutos y el metabolismo de carbono del fruto.

Martínez (2003) al utilizar dos genotipos silvestres de tomate para evaluar la relación entre acumulación de azúcares en los frutos de tomate y la capacidad para transportarlos al interior de las células de las mismas, concluye que, en los dos genotipos la acumulación de azúcares que caracteriza a los frutos maduros tiene su origen en los fotosintatos que el fruto recibe durante el periodo de maduración. El pericarpio de los frutos del genotipo que acumula más azúcares se caracteriza por tener mayor capacidad para tomar glucosa y fructosa..

## **Vitamina C**

Los tomates son excelentes productores de vitamina C. Un tomate mediano contiene cerca del 75 % de la dosis diaria de vitamina C recomendada para un adulto. La

acidez del tomate retiene excepcionalmente el contenido de vitamina C, cuando la maduración es completa. También contiene cerca del 33 % de la vitamina A (RDA), así como pequeñas e importantes cantidades de vitamina B y hierro. Los tomates son relativamente bajos en calorías, como 40 calorías por tomate (William,1974), citado por Ramírez (1998).

RDA (recommended Daily Dietary Allowance, National Research Council, Revised USA).

### **Importancia de la Temperatura**

El tomate es una planta que exige buenas condiciones de temperatura, luminosidad y humedad relativa para un buen desarrollo y producir satisfactoriamente, es una hortaliza de clima templado que no tolera heladas. Las condiciones climáticas influyen entre otras cosas, en el cuajado y calidad de los frutos. La temperatura es un factor determinante del medio ambiente que influye en todo el desarrollo de la planta, por lo tanto es determinante el conocimiento de la temperatura óptima en cada etapa de desarrollo.

Cuando se presentan temperaturas altas (superiores a 38 °C) durante cinco a diez días antes de la antesis, hay poco amarre de fruto debido a que se destruyen los granos de polen; si las temperaturas elevadas prevalecen durante uno a tres días después de la antesis, el embrión es destruido (después de la polinización); el amarre de fruto es bajo cuando las temperaturas nocturnas oscilan entre los 25 y 27 °C antes o después de la antesis. A temperaturas de 10 °C o menores, un gran porcentaje de flores abortan (Hernández, 2000).

Las condiciones de temperatura óptima y desfavorables tienen un gran efecto sobre la distribución y uso de muchas plantas hortícolas. Las áreas de producción especializadas en el establecimiento de cultivos hortícolas se desarrollan en las regiones que presentan temperaturas que favorecen el buen crecimiento y desarrollo de un cierto cultivo o la producción del mismo. Cuando las plantas se encuentran expuestas a cambios de temperaturas, responden en forma completamente diferente en sus procesos fisiológicos.

En el desarrollo de cultivares para alta productividad y alta eficiencia en el uso de agua bajo condiciones semiáridas, es importante entender o valorar el efecto que tiene la temperatura en la fotosíntesis, transpiración y resistencia estomática (Bar-Tsur *et al.*, 1985).

A principios de los 70<sup>s</sup>, se inició en Taiwán un programa de mejoramiento de tomate enfocado a aumentar la adaptabilidad general del cultivo en los trópicos, dando énfasis a la obtención de líneas mejoradas resistentes a enfermedades y tolerantes al calor, basadas en el conocimiento de los procesos fisiológicos y patológicos. La investigación genética en la tolerancia al calor, ha mostrado que éste carácter parece ser una característica semicuantitativa, o sea controlado por unos cuantos genes mayores, y un número indefinido de genes modificadores (Opena *et al.*, 1992).

Para entender el período de crecimiento y disponibilidad de tomate en regiones cálidas, se han conducido estudios para identificar genotipos que posean la habilidad de extender su fructificación en altas temperaturas (40 °C/25 °C día/noche), identificándose inicialmente 19 de 101 genotipos como promisorios. De estos, se clasificaron 9 como tolerantes al calor, llevándose a cabo cruzamientos entre ellos, evaluándose por características vegetativas, florales y calidad de fruto. Se encontró un promedio de 60-83

% de fructificación, con un peso promedio de fruto de 20 a 40 gramos, encontrándose bajo rendimiento comercial (110-140 g/parcela), debido principalmente a incidencia de enfermedades (Danes *et al.*, 1991).

Las temperaturas bajas, como las muy altas provocan la caída de flores de tomate y también afectan el color del fruto.

Espinoza y Cedillo (1979) citados por Santiago (1995), dicen que las altas temperaturas y viento secos dañan las flores y el fruto no cuaja muy bien. Esto sucede también cuando las flores se abren a temperaturas frías. Varias horas de 15 °C durante la noche o aun 37 °C de día pueden evitar una polinización adecuada. La temperatura nocturna puede ser determinante en el cuajado de frutos, pues debe ser lo suficientemente frescas (entre 15 a 22 °C) para muchos cultivares. Las temperaturas demasiado bajas, cuando el fruto esta en formación, puede dar como resultado la formación de frutos irregulares.

Scott *et al.*, (1989), y Scott *et al.*, (1995) dan a conocer la obtención de líneas e híbridos tolerantes al calor, para las condiciones de Florida, en Estados Unidos. Se mencionó que para temperaturas diurnas / nocturnas de 33 °C / 25 °C, la fructificación es superior que de los cultivares de frutos grandes, aunque las flores abortan en etapas tempranas en la fase de floración. Los frutos tienen apariencia lustrosa y buena resistencia al agrietamiento, lo que permite mayor facilidad de empaque y manejo.

Casseres (1981) dice que el tomate se adapta a climas que van desde el nivel del mar hasta alturas considerables. Las condiciones climáticas que más afectan a este cultivo son la baja humedad relativa, la sequedad del suelo, intensidad luminosa y sobre todo, la oscilación de la temperatura, que cuando es muy amplia ocasiona la caída de las flores, lo que lógicamente redundará en una fuerte baja en la producción.

Abdul-baki y Stommel (1995) condujeron un estudio con 11 genotipos de *Licopersicon esculentum* y *Licopersicon pimpinellifolium*, tolerantes a susceptibles al calor, en invernadero, en temperatura óptima (27 °C / 23 °C diurnas / nocturnas) y alta temperatura (35 °C / 23 °C diurnas / nocturnas). Bajo temperatura óptima, la fructificación vario de 41 al 84-91 por ciento en los genotipos susceptibles y tolerantes, respectivamente. Bajo altas temperaturas, no hubo fructificación en la mayoría de los genotipos susceptibles, y en los tolerantes, la fructificación varió de 45 al 65 %. Los principales efectos de las altas temperaturas, están en función de la germinación de los granos de polen, así como el crecimiento del tubo polínico y la elongación del estilo (Rahman *et al.*, 1995).

Mohamed (1997) evaluó 4 líneas F<sub>7</sub> mejoradas, tolerantes al calor. Todas las líneas desarrollaron mayor número de ramas primarias, mayor porcentaje de fructificación y produjeron más fruto, en comparación con sus progenitores, Saladette, Peto 86 y líneas B. El análisis de regresión entre cruzas dialélicas de las cuatro líneas y Saladette, revela consistencia con el comportamiento en campo para porcentaje de fructificación, peso de fruto, espesor de la pulpa y número de lóculos por fruto.

Costa *et al.*, (1992), Peet y Bartholomew (1996) condujeron estudios fisiológicos en tomate para determinar las causas de la alteración del funcionamiento por efecto de las altas temperaturas diurnas, nocturnas o déficit hídrico, encontrando de importancia el nivel hidrostático celular que exhiben los genotipos a altas temperaturas y sequía.

### **Aspectos Fisiológicos**

El rendimiento de un cultivo es la resultante y la integración de los procesos fisiológicos determinados por el genotipo, en relación con los factores ambientales en

que se desarrolla. En este sentido, la cantidad de intercepción de radiación fotosintéticamente activa también esta en función de las características foliares de la planta, así como las relaciones de competencia con plantas vecinas (Adams, 1967), citado por Guerra (1997).

Las elevadas temperaturas que se presentan durante el día (en primavera y verano) ocasionan a las plantas disturbios fisiológicos que causan una disminución en la cantidad y calidad del producto cosechado (Quiroga, 1992).

### **Fotosíntesis y Conductancia Estomática**

La fotosíntesis es un proceso bioquímico por el cual las plantas transforman la energía del sol en energía química para realizar sus procesos metabólicos, es la única fuente para llevarse a cabo la fotosíntesis (Russildi, 1981).

Wilson (1979) citado por Guerra (1999), menciona a la fotosíntesis como el proceso mediante el cual las plantas transforman la energía luminosa, en sustancias con alto potencial energético que normalmente la planta acumula en diversas partes vegetativas, dependiendo de la especie. Todas las partes de la planta que contienen clorofila son capaces de efectuar la fotosíntesis, pero estas estructuras vegetativas contribuyen con diferente cantidad de fotosintetizados a la fotosíntesis total de la planta. Pero en plantas cultivadas la fotosíntesis laminar juega el papel más importante.

La fotosíntesis es un proceso complejo que funciona con la interacción de varios factores ambientales externos e internos de la planta y la cantidad de luz disponible en estos espacios, que pueden variar según el espaciamiento a que se encuentre el cultivo (Papadópulos y Douglas, 1988). Los principales factores externos son el contenido de CO<sub>2</sub> y la velocidad de difusión de este a través del mesófilo, cloroplasto y estoma

(Givinish, 1986). La característica fundamental de la fotosíntesis es la participación de las moléculas de agua y dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, mediante la energía de la luz, y su recombinación en moléculas de azúcar, en las que la energía se almacena en forma potencial y de donde se puede liberar nuevamente a través de la respiración (Torres, 1986) citado por López (2003).

Klimov *et al.*, (1997) en un estudio con cereales de invierno (centeno y trigo) y cultivos sensibles al frío (tomate y pepino) determinaron después del endurecimiento por frío algunas de las características fotosintéticas y estructurales de sus células. Mantuvieron las plantas en una cámara de crecimiento a 18 °C con 10 klux de luz por un periodo de 16 horas y después se pusieron a bajas temperaturas. El frío indujo a la inhibición de la fotosíntesis seguida de una secuencia reversible para restaurar la capacidad de la misma después de que la temperatura original se reinstaló.

Schleucher *et al.*, (1998) usando resonancia magnética nuclear para distinguir glucosa elaborada de la emisión de hexosa y glucosa elaborada de la emisión de la triosa en los cloroplastos por la noche en dos cultivos (*Phaseolus vulgaris* y *Lycopersicon esculentum*), mencionan que los fosfatos de la hexosa fueron superiores en el citosol que en el cloroplasto, por lo tanto, los fosfatos de la hexosa no se moverían fuera del cloroplasto sin la entrada de energía. Concluyen que la mayoría del carbono se libera de los cloroplastos en la noche como glucosa, maltosa o altas maltodextrinas bajo condiciones normales.

Marmor *et al.*, (1998) expusieron semillas de tomate por casi 6 años a bordo de un satélite, que posteriormente fueron germinadas y las plántulas crecieron en tierra bajo condiciones controladas para su análisis, comparándose con plantas de semillas obtenidas de plantas establecidas en tierra. Las investigaciones se hicieron bajo dos

condiciones (bien regadas y con estrés por sequía). Los resultados mostraron diferencias no significativas en fotosíntesis y relaciones de agua entre cualquier grupo de plantas a todos los niveles de evaluación. La exposición de semillas al espacio solo tuvo efectos menores en la fisiología y desarrollo de plantas.

Saralabi *et al.*, (1997) estudiaron el impacto del incremento continuo en la concentración de CO<sub>2</sub> ambiental en la atmósfera en diferentes etapas de desarrollo de varios cultivos (zacate ballico, sorgo, soya, tomate y pepino). Indican que los efectos del CO<sub>2</sub> favorecen el desarrollo de plantas, fotosíntesis en C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>, división y traslocación de metabolitos, enzimas fotosintéticas; por ciento de respiración, índice de área foliar, conductancia estomática, porcentaje de transpiración, producción de biomasa y uso eficiente del agua.

Bustamante *et al.*, (1999) mencionan que el uso de cubiertas flotantes (agribón) en tomate ha permitido reducir la inhibición del crecimiento cuando es sembrado durante otoño-invierno, en la región del Valle de Morelos. Afirman que las plantas expuestas a la intemperie sufren una fuerte inhibición del crecimiento (de 89 a 97 % en acumulación de biomasa, y de 75 a 88 % en área foliar), acompañada de un engrosamiento al doble de la lamina foliar, y abatimientos de 95 % en la tasa fotosintética y de 70 a 83 % en la tasa transpiratoria. Con la cubierta se incrementa de 4 a 7 veces.

La absorción de CO<sub>2</sub> para la fotosíntesis implica que las plantas exponen superficies húmedas a una atmósfera seca, y en consecuencia, sufran una pérdida de agua por transpiración. Sin embargo, el enfriamiento resultante, con frecuencia, representa una proporción considerable de la disipación de calor por las hojas y es probable que sea esencial para mantener temperaturas estables para la fotosíntesis. Una

pérdida de agua muy grande conduciría a la deshidratación. Por lo tanto, las plantas han desarrollado hojas formadas por una epidermis compuesta de una cutícula relativamente impermeable y válvulas operadas por turgencia: los estomas. La epidermis no solo reduce las tasas de intercambio de CO<sub>2</sub> y vapor de agua, sino también proporciona un medio para controlar la asimilación y la transpiración a través del tamaño de los poros estomáticos. Así, los estomas desempeñan un papel crucial en el control de equilibrio entre la pérdida de agua y la ganancia de carbono; esto es, la producción de biomasa, la medición del tamaño de apertura (estomática), o la resistencia a la transferencia de CO<sub>2</sub> y vapor de agua entre la atmósfera y el tejido interno foliar, impuesta por los estomas (resistencia estomática), es de importancia en muchos estudios de producción de biomasa. Éste es el caso en particular de cultivos en los cuales importa maximizar la eficiencia del uso del agua, y que se define como la masa de CO<sub>2</sub> asimilada o la ganancia en peso seco por unidad de masa de agua transpirada (Beadle *et al.*, 1988) citado por Loyo (2000).

Else *et al.*, (1996) estudiaron el cierre de los estomas de tomate del cultivar Ailsa Craig involucrando ácido abscísico (ABA) y un antitranspirante no identificado químicamente, suponían que cuando no hay déficit de agua se promueve la acumulación de ABA dentro del follaje debido a la reducida traslocación, el volumen de ABA no incremento hasta después de comenzado el cierre de los estomas.

Desde el punto de vista del hombre, la mayor importancia de la fotosíntesis es su papel en la producción de alimento y oxígeno; por lo tanto se estudia a menudo en función de sus productos finales. Desde el punto de vista fisiológico, se desea comprender como responde la fotosíntesis a los factores ambientales tales como la luz, concentración de CO<sub>2</sub> y temperatura.

Slack *et al.*, (1998) menciona que los principales factores que modifican el proceso fotosintético son el CO<sub>2</sub>, la temperatura y la luz. El CO<sub>2</sub> es la fuente de carbono para el alimento primario de la planta, a partir de la cual se sintetizan los demás compuestos. Los valores de transpiración, fotosíntesis, radiación y la conductancia estomática, son afectados de diversas maneras por una serie de factores, entre los que podemos citar: incidencia de luz, área del aparato asimilatorio, número de estomas, concentración de CO<sub>2</sub>, humedad relativa, etc., e inclusive existe una interacción entre algunos de ellos, como por ejemplo, entre la conductancia estomática y la transpiración y fotosíntesis; al existir variabilidad genética en la expresión de mejores atributos, y ser incorporados a un programa de mejoramiento (Borrego, 1993).

Y como es también a través de los estomas, por donde la planta toma el CO<sub>2</sub> atmosférico necesario para efectuar la fotosíntesis, estos dos procesos son influidos o determinados por la conductancia estomática, que es a su vez influida por la luz, potencial osmótico, y si la fotosíntesis también es determinada por la radiación y concentración de CO<sub>2</sub> encontramos que todos estos procesos están estrechamente relacionados e integrados como un todo (Fernández, 1992).

Kitano *et al.*, (1993) estudiaron la respuesta estomatal de las hojas de plantas de pepino a los factores ambientales, observaron que al irradiar las hojas con luz de tungsteno, la temperatura de la hoja, la transpiración y la conductancia de la hoja subían rápidamente, y posteriormente variaron cuando las condiciones ambientales fueron normales.

Fisher *et al.*, (1998) mencionan que el estudio de la fisiología básica es una posible herramienta para las selecciones futuras en la producción de granos e indican que la causa básica en la actividad de las hojas, es razonable, ya que si incrementa la

concentración de CO<sub>2</sub> intercelular, incrementa la actividad del mesófilo, contribuyendo esto al incremento de la fotosíntesis neta.

Tong-Boa *et al.*, (1999) menciona en un estudio realizado en algodón infestado con mosquita blanca, encontraron que la fotosíntesis disminuyó en un 50 % 60 días después de la siembra, y que esta disminución está relacionada con la disminución de la clorofila en las hojas y que el cambio no es sustancial en la conductancia estomatal, la concentración de CO<sub>2</sub> intercelular y el contenido de clorofila; esto indica que las infestaciones perjudican directa e indirectamente la reacción fotoquímica de la fotosíntesis en plantas de algodón.

Al-Khatib *et al.*, (1999) en un estudio realizado en cereales en el trópico, sobre el efecto de las altas temperaturas en la fotosíntesis, encontraron que en las hojas de mijo y arroz aumenta la fotosíntesis en un rango de 22 a 32 °C y disminuye a 42 °C, mientras que en trigo incrementa en 22 °C y disminuye a medida que la temperatura aumenta. Estos resultados indican que la diferencia en fotosíntesis es consecuencia de las altas temperaturas asociados a la alta reacción y extrema sensibilidad del trigo.

### **Transpiración.**

La transpiración es la evaporación del agua de las plantas. Los principales sitios donde se efectúa ésta, son: en los hidátodos y los estomas en la cutícula. Todas estas estructuras se encuentran en las hojas y están relacionadas con la gutación. Los estomas abiertos presentan poca resistencia a la transpiración, pero cuando se cierran, no se registra ningún flujo. El otro camino es a través de la cutícula, pero aquí la transpiración está restringida, por presentar una comparación de la resistencia a la transferencia de

agua a través de la cutícula y estomas, en una amplia diversidad de especies (Pantástico, 1984).

El agua perdida por las hojas en la transpiración, es controlada por los estomas, que cierran cuando el flujo de agua que sale no puede ser balanceado por el agua que entra (Guerra, 1997)

Aikman y Houter, (1990) mencionan a la transpiración como un factor importante en la producción de los cultivos. Fernández, (1992) al citar a varios autores, menciona la importancia de los estomas en la transpiración y que el movimiento estomatal depende de la estructura de las células, del cierre y los cambios en turgencia de las células.

La transpiración es un determinante primario del balance de energía de la hoja y del estado hídrico de la planta.

### **Eficiencia Fisiológica en el Uso del Agua**

La cantidad de agua usada directamente en las reacciones de la fotosíntesis es pequeña, comparada con la transpirada o almacenada por las plantas en cualquier tiempo dado, la condición hídrica de la planta influye severamente en el crecimiento de la misma y en la producción de biomasa, en particular a través de sus efectos en la expansión de la hoja y la raíz. La tasa de fotosíntesis del dosel de un cultivo disminuye con la escasez de agua, debido al cierre de los estomas y a los efectos de los déficits hídricos en los procesos de los cloroplastos. (Beadle, *et al.*, 1985).

La cantidad de agua requerida para la obtención de mejores rendimientos y calidad del producto, varía según el cultivo de que se trate y de las condiciones ambientales de crecimiento. La mayor parte de las plantas son más eficientes en la toma

de agua si el nivel de humedad es alto, y al disminuir la humedad, la tensión de humedad del suelo es alta y la planta ya no puede utilizarla (Ramos, 2000).

Una alta eficiencia en el uso del agua en un cultivo acarrea altos rendimientos con la menor cantidad de agua utilizada, indicando que se deben cuidar más los factores fotosintéticos y de respiración que la transpiración, ya que son los procesos más sensitivos al estrés hídrico (Stanhill, 1986). Si toda el agua absorbida por el cultivo fuera usada para sintetizar materia seca en cada etapa de crecimiento, y se cosechara como rendimiento, entonces el agua absorbida equivalente a un mm de espesor sería suficiente para producir los mayores rendimientos en casi todos los cultivos, y en consecuencia, el uso eficiente del agua podría ser igual a uno.

Jasso y Rojas (1982) explican que seleccionar genotipos con mayor acumulación de materia seca por unidad de agua consumida puede ayudar a mejorar el uso eficiente del agua en los cultivos.

Así mismo Stanhill (1986) define el uso eficiente de agua desde el punto de vista agronómico, como la porción de peso de agua perdida a la atmósfera por el cultivo, con relación a la producción de materia seca total, y que la capacidad de una planta para usar eficientemente el agua, depende de varios factores.

Tarantino *et al.*, (1997) reportan algunas investigaciones hechas durante varios años en varios cultivos (Sorgo, Kenaf, Algodón, Girasol, Trigo y Tomate) bajo diferentes regímenes de irrigación, con la intención de evaluar a nivel de campo el índice de asimilación por unidad de agua evapotranspirada y el uso eficiente del agua con respecto a la materia seca epigea y el rendimiento comercial. El índice de asimilación fue mayor en sorgo, seguido del tomate, kenaf, algodón y girasol y finalmente el trigo.

Los valores de materia seca fueron más altos en el trigo y sorgo, mientras que para el rendimiento comercial fue mayor en tomate.

Adler *et al.*, (1996) estudió la reducción de amonio en el sistema radicular de melón mediante la conductividad hidráulica. Encontrando que el flujo del agua a través de las raíces de la planta es controlado por dos fuerzas: tasa de transpiración y por el diferencial del potencial osmótico entre la solución del suelo y dentro de la raíz, y por la conductividad hidráulica de la raíz. Las plantas crecieron en sustrato de turba bajo riego con una solución de nutrientes de  $\text{NO}_3$  y  $\text{NH}_4$ . Las concentraciones de amonio disminuyeron en la raíz en un 50 % comparado con el  $\text{NO}_3$ . El estado del agua no fue medido en este estudio, pero toda la tasa de transpiración, causó una disminución de  $\text{NH}_4$  en la raíz, la cual fue similar en el potencial de agua en la hoja.

### **Otros Estudios Fisiológicos**

Ho y Shaw (1979) estudiando la tasa y velocidad de traslocación entre fuente-demanda en tomate, clasifican a las hojas jóvenes como demanda, debido a que no pueden fijar suficiente  $\text{CO}_2$  para sostener su crecimiento, cambiando gradualmente su capacidad fotosintética durante su ontogenia, hasta que pueden producir suficientes fotosintetizados para su propio crecimiento, y aún poder traslocar hacia sus hojas vecinas y hacia los frutos, dependiendo de la posición de las hojas en las diferentes estratos y número de frutos, entre otros.

Foolad *et al.*, (1997) investigaron las relaciones genéticas entre la tolerancia a sales y la expresión fisiológica de varios tratamientos durante el desarrollo del cultivo de tomate. Utilizaron progenitores, generaciones  $F_1$  y  $F_2$  y generaciones de retrocruza de una cruce entre cultivares tolerantes a sal (PI174263) y sensible a sales (UCT5). Los

resultados indicaron que las capacidades genéticas inherentes de PI174263 para mantener altos niveles de  $\text{Ca}^+$  para el vástago fueron características fundamentales en esta adaptación para estrés a sal y que estas características fueron altamente heredables.

Foolad (1996) investigó la efectividad de selección fenotípica para mejorar la germinación de semilla de tomate bajo estrés por sales. Utilizó varias generaciones de cruza entre cultivares tolerantes y susceptibles a sales, los resultados que obtuvieron indicaron que genes similares con efectos genéticos aditivos contribuyeron a la respuesta de la rápida germinación de las semillas de tomate.

Lurie *et al.*, (1996) examinando la inhibición de tres procesos relacionados con la maduración por tratamientos de alta temperatura en tomate (cv Daniella fruit), mencionan que la producción de etileno, el desarrollo del color y el ablandado fueron inhibidos durante el calentamiento y recuperados posteriormente. La producción de etileno y desarrollo del color procedieron normalmente en fruta calentada después de 14 días de enfriado, en tanto que la fruta no calentada había tardado en la producción de etileno y desigual desarrollo del color. Concluyen que las altas temperaturas inhiben la acumulación de mRNAs relacionados con la maduración, disminuyendo la síntesis de proteínas y acumulación de licopenos.

### **Aspectos Fenológicos**

El número de días a cosecha en tomate, varia dependiendo de la variedad, y específicamente del hábito de crecimiento que se tenga, pero en general, una continua producción de frutas es característico de tomate de hábito indeterminado, los cuales se recomiendan para invernadero, en cambio, una producción concentrada en periodos

cortos de tiempo, en tomates de hábito determinado, es adecuado para la industria procesadora (Elkind *et al.*, 1991).

El comportamiento del tomate depende del carácter genético, pero varía mucho, de acuerdo con su adaptación a los diferentes climas y condiciones del suelo.

Existen numerosas variedades de tomate, tanto de tipo determinado, como de carácter indeterminado. También existen variedades de comportamiento intermedio.

Hernández (1992) recomienda la práctica de acolchado en beneficio de los cultivos ya que su uso permite una alta eficiencia en los procesos fisiológicos, con las siguientes ventajas:

- a) Optimización del proceso fotosintético, debido a una mayor apertura estomática.
- b) El crecimiento de las plantas es favorecido por un mayor potencial de agua en las hojas.
- c) La temperatura de las hojas se mantiene estable.
- d) Hay una mayor presión osmótica en las células.
- e) Se presenta mayor tasa de crecimiento, y un menor número de días entre etapas fonológicas.

### **Importancia del Acolchado Plástico**

El acolchado ha sido una técnica empleada desde hace mucho tiempo por los agricultores. En sus inicios, consistió en la colocación sobre el suelo de residuos orgánicos en descomposición. Con estos materiales se cubría el terreno alrededor de las plantas, especialmente en los cultivos hortícolas y florícolas, para obstaculizar el desarrollo de malezas, la evaporación del agua del suelo, y principalmente para

aumentar la fertilidad. Posteriormente, con el uso del plástico en la agricultura, el acolchado de suelos volvió a cobrar auge debido a sus efectos positivos, mayores que los que se obtenían con la utilización de materiales orgánicos (CIQA, 1997). Los beneficios del acolchado de suelos con películas plásticas son: Producción de cosechas tempranas, desde 3 hasta 28 días promedio, dependiendo del cultivo y de la estación de crecimiento. El incremento en la producción mediante el acolchado de suelos puede oscilar desde 20 hasta 200 % con respecto a los métodos convencionales de cultivo, además de la supresión de labores, como aporques y deshierbes.

Kasperbauer y Hunt (1998) mencionan que los acolchados son frecuentemente usados en pequeña y gran escala por productores de tomate para hacer un uso eficiente del agua, controlar malezas y conservar la fruta limpia.

El empleo de la técnica de acolchado plástico influye significativamente sobre las variables número de frutos por planta y rendimiento, según López *et al.*, (1998).

Teasdale *et al.*, (1997) estudiando la producción de tomate con acolchados (hairy vetch y polietileno negro) menciona que el índice (relación de crecimiento por unidad de área foliar) de la fruta fue mayor con el polietileno negro.

El acolchado de suelos con polietileno negro ayuda a eliminar casi la totalidad de las malezas, este efecto se debe a su impermeabilidad a la luz, que impide la actividad fisiológica de las malezas.

La humedad del suelo es muy importante para el desarrollo del cultivo, por lo que el uso de acolchado plástico es importante ya que conserva gran parte del agua, reduciendo considerablemente la evaporación del agua en el suelo, manteniendo reservas de agua disponibles para la planta (Fernández, 1982).

La cantidad de agua bajo el plástico es generalmente superior a la del suelo desnudo, salvo en el momento inmediato posterior a una lluvia. Con el uso de cualquier tipo de plástico la mayor pérdida de agua es por percolación, ya que disminuyen las pérdidas por evaporación limitándola a la que pueda ocurrir en las perforaciones practicadas en el plástico para hacer posible la siembra o el transplante.

Al efectuar adecuadamente el suministro de agua de irrigación y explotar las características del acolchado respecto a la humedad del suelo, se mantiene un régimen hídrico constante muy cercano al óptimo en el terreno (CIQA, 1997).

El acolchado retiene gran parte de la humedad del suelo, lo cual es indispensable para el desarrollo del cultivo y dadas las características de impermeabilidad reducen considerablemente la evaporación del agua del suelo (Ibarra y Rodríguez, 1991).

El uso de acolchado plástico y el riego por goteo hacen uso eficiente del agua, evitando al máximo la evapotranspiración del agua (Castilla *et al.*, 1996).

Durante el día, el plástico transmite al suelo la temperatura recibida del sol, haciendo el efecto de invernadero. Durante la noche, la película detiene, en cierto grado, el paso de la temperatura del suelo hacia la atmósfera (Robledo y Martín. 1988).

El efecto del acolchado sobre la temperatura del suelo está fuertemente influenciado por el tipo de plástico que se utilice. El plástico negro absorbe la mayor parte de la radiación, impide el desarrollo de malezas pero obstaculiza en cierto grado el calentamiento del suelo (CIQA, 1997).

López, *et al.*, (1998) También mencionan que la temperatura del suelo cuando se utiliza el acolchado plástico negro, registra fluctuaciones en el ciclo P-V desde 16.3 °C tomada a las 8:00 AM hasta 24 °C tomada a las 2:00 PM.

Los acolchados reducen la pérdida de fertilizante y elementos nutritivos por lixiviación a causa del lavado del suelo como consecuencia de las lluvias (Hochmuth, 1995).

Al probar distintos tratamientos de fertirrigación en el suelo con y sin acolchado plástico en chile serrano variedad Tampiqueño 74, Mata (1998) menciona en sus resultados preliminares que los rendimientos se triplicaron al emplear el acolchado plástico ( $33.2 \text{ t ha}^{-1}$ ) y fertirrigando con una solución conteniendo 100-40-200 ppm de N-P-K comparado contra el mismo tratamiento nutrimental pero sin el acolchado plástico ( $9.4 \text{ t ha}^{-1}$ ), mostrando también el potencial de la utilización del acolchado plástico en combinación con la fertirrigación.

La película de plástico, al actuar de barrera de separación entre el suelo y la parte foliar de la planta, evita que los frutos estén en contacto directo con la tierra, obteniéndose éstos con una calidad y presentación tal que los hace ser más comerciales. Esta técnica es muy aconsejable para la producción de tomate, ya que el plástico evitará que se originen putrefacciones, ataque de insectos y, sobre todo, de enfermedades.

### **Importancia del Entutorado**

Aunque el tomate es una planta herbácea en su etapa inicial de crecimiento, el tallo se lignifica parcialmente en etapas posteriores, pero la debilidad de su cuello exige el empleo de soportes o tutores, salvo en cultivares de porte enano. El entutorado es especialmente necesario si se prevén lluvias durante la madurez del fruto. El entutorado permite una mejor aireación del cultivo, facilita las operaciones de tratamientos fitosanitarios y permite obtener frutos más limpios y sanos (Nuez, 1995).

## **Importancia del Tizón**

El tizón temprano es causado por *Alternaria Solani* (Ellis y Martín), es una de las enfermedades fungosas más importantes, especialmente bajo condiciones de alta temperatura y humedad, por lo tanto se le ubica como la segunda más importante enfermedad foliar (CIP, 1989). Prospera con menor humedad y temperaturas más altas que el tizón tardío, pero su desarrollo, entre 20° y 30°C, es favorecido por una humedad relativa superior a 95% o lluvias. El hongo inverna en el suelo y en restos de follaje infectado, produciendo, bajo las condiciones indicadas, abundantes conidias que son transportadas por el viento hasta el nuevo cultivo.

Anaya (1999) menciona que el tomate puede ser atacado en cualquier fase de su desarrollo. El patógeno provoca podredumbre del fruto del tomate; sin embargo, su actividad principal está en el ataque al follaje, en forma de manchas sobre las hojas y como agente de una defoliación prematura (Walquer, 1973).

Los daños ocasionados por *A. Solani* dependen de la susceptibilidad de la planta y de las condiciones de humedad ambiental; pero algunas veces ha llegado a ocasionar pérdidas hasta de un 30 % en condiciones favorables para su desarrollo. La enfermedad es mas grave durante la fructificación (Mendoza y Pinto, 1983.)

El tizón tardío es causado por el hongo *Phytophthora infestans*. Ataca al follaje en cualquier estado de desarrollo y puede arrasarse un cultivo en pocos días. Con temperaturas cercanas a 20°C y una humedad relativa superior a 95% el hongo penetra la epidermis de los tejidos en ocho horas, en las que debe haber un mínimo de dos horas con una película de agua libre (lluvia o rocío). Los primeros síntomas son pequeñas manchas acuosas en las hojas inferiores, que luego avanzan hacia toda la lámina,

pecíolos y tallos, con una coloración café negruzca. En condiciones óptimas, en tres días puede completarse un ciclo de la enfermedad.

### **Análisis Multivariado**

La popularidad del análisis multivariado ha crecido en los últimos veinticinco años debido principalmente a los avances computacionales (De La Garza, 2001). Pese a esto sigue siendo una herramienta poco común en algunas áreas de investigación en las cuales este análisis sería de gran utilidad. En el análisis multivariado el objetivo es considerar simultáneamente diferentes variables aleatorias relacionadas, cada una considerada igualmente importante en el inicio de un análisis; al examinarlas simultáneamente, se obtiene más información sin importar cuantas variables sean o como estén intercorrelacionadas. El análisis multivariado también permite explorar la acción conjunta de las variables y determinar el efecto de cada variable en presencia de las otras (Manly, 1986).

El análisis de componentes principales se aplica a observaciones de una muestra en  $p$  variables. Sin embargo, si se tiene más de una muestra se puede considerar el total de observaciones como una sola para aplicar el análisis. Además, en este análisis ninguna variable se designa como dependiente ni se asumen grupos de observaciones (Rencher, 1995), si las variables están altamente correlacionadas, el número de variables puede reducirse, es decir, el número de índices será menor a  $p$ , de hecho Rencher (1995) asevera que este análisis es usado para reducir el número de dimensiones.

Manly (1986) Menciona que debido a que las variables originales pueden estar medidas en diferentes unidades, esto puede causar influencia en las componentes

principales por lo que se recomienda estandarizar las variables para tener media cero y varianza la unidad, entonces la matriz de covarianzas se transforma a una matriz de correlaciones en donde se llevaría a cabo el análisis.

Rencher (1995) asegura que si las varianzas difieren mucho o si las unidades de medición son diferentes, las componentes de la matriz de covarianzas serán dominadas por las variables con varianzas grandes y las otras variables contribuirán muy poco. Para una representación más balanceada, él recomienda usar las componentes de la matriz de correlaciones.

Broschat (1979). Menciona que el análisis de componentes principales es una técnica que reduce la dimensionalidad de datos multivariados para remover intercorrelaciones entre variables, tiene muchas aplicaciones útiles potencialmente en investigación hortícola. Se pueden usar para ordenar por su contribución datos multivariados de calidad en 1 ó 2 dimensiones ortogonales llamados componentes principales, que expresan la mayor parte de la variación de los datos originales. La marcación de los componentes principales se pueden usar como un índice de contribución de la calidad o reemplazado por evaluaciones visuales subjetivas de la calidad en análisis estadístico convencional. La interpretación del modelo de contribución inconstante en estos componentes principales ayudaría en las interacciones entre variables de los datos. Al trazar datos multivariados en 2 ó 3 dimensiones en el espacio del componente principal, pueden ser útil para desplegar las relaciones entre cultivares o especies en estudios de la taxonomía. Pratta *et al.*, (2000) encontraron en un análisis de componentes principales para conocer las interacciones genéticas entre germoplasma silvestre y cultivado de tomate y su efecto sobre la calidad del fruto del

tomate que los dos primeros componentes explicaron el 91 % de la variabilidad total del conjunto de genotipos.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Localización del Área de Estudio**

El experimento de campo se realizó a un costado del los Invernaderos No. 5 y 6, de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila, y las pruebas de laboratorio, en el Departamento de Fitomejoramiento, específicamente en el Laboratorio de Fisiotecnia de la misma Universidad. Las características principales de la localidad de estudio son: 25°22' latitud N, 101°03' longitud W y una altitud de 1743 msnm. La temperatura media anual es de 19.8 °C. Los meses más cálidos son Junio, Julio y Agosto, con temperaturas que alcanzan hasta los 39 °C, mientras que en los meses de Diciembre y Enero, se registran las temperaturas más bajas, de hasta -13 °C, presentándose heladas regulares en el período de Noviembre a Marzo. La precipitación es de 350 a 450 mm, siendo los meses más lluviosos Julio, Agosto y Septiembre; en la época de invierno, las lluvias que se presentan son escasas. Tipo de Clima: BWhw (x')(e): clima muy seco, semicálido, con invierno fresco, extremo, con lluvias de verano y precipitación invernal al 10% del total anual. El fotoperiodo medio anual es de 11.99 horas.

#### **Material Genético Utilizado**

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizaron cuatro progenitores, generaciones de cruza F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> y Retrocruzas (RC<sub>1</sub> y RC<sub>2</sub>), dando un total de 18 genotipos, todos provenientes de diferentes fuentes genéticas.

## Genealogía del material genético utilizado.

Genotipo	Nomenclatura	Descripción	Generación
1	SHALADY	Shady Lady	Progenitor
2	BONITA	Bonita	Progenitor
3	CLBRITY	Celebrity	Progenitor
4	B x SN	Bonita x Sunny	F <sub>1</sub>
5	SH x C	Shady Lady x Celebrity	F <sub>1</sub>
6	SH x SN	Shady Lady x Sunny	F <sub>1</sub>
7	B x SN	Bonita x Sunny	F <sub>2</sub>
8	SH x C	Shady Lady x Celebrity	F <sub>2</sub>
9	SH x SN	Shady Lady x Sunny	F <sub>2</sub>
10	(B x SN) x B	(Bonita x Sunny) x Bonita	Retrocruza
11	(SH x C) x SH	(Shady Lady x Celebrity) x Shady Lady	Retrocruza
12	(SH x SN) x SH	(Shady Lady x Sunny) x Shady Lady	Retrocruza
13	(B x SN) x SN	(Bonita x Sunny) x Sunny	Retrocruza
14	(SH x C) x C	(Shady Lady x Celebrity) x Celebrity	Retrocruza
15	(SH x SN) x SN	(Shady Lady x Sunny) x Sunny	Retrocruza
16	SH x SN	Shady Lady x Sunny	F <sub>3</sub>
17	SH x C	Shady Lady x Celebrity	F <sub>3</sub>
18	B x SN	Bonita x Sunny	F <sub>3</sub>

### Establecimiento del Experimento

Previo al establecimiento del experimento se llevaron a cabo varias actividades encaminadas a propiciar condiciones adecuadas para el óptimo desarrollo del cultivo, las cuales se describen a continuación.

### Siembra del Material Genético

La siembra se realizó el 23 de marzo de 2003 y para ello se utilizaron charolas de 50 cavidades, las cuales previamente habían sido lavadas y desinfectadas con agua clorada. Se sembraron 50 semillas de cada material genético. El sustrato que se utilizó para la siembra fue el Peat-mos. Una vez sembradas todas las charolas se hizo una aplicación de Biozyme TS a razón de 0.1 g l<sup>-1</sup> de agua, esto para estimular una rápida

germinación. Las charolas se colocaron dentro del invernadero No. 6 hasta que estuvieran completamente emergidas todas las plantas y tuvieran sus dos primeras hojas verdaderas; posteriormente se sacaron a un sombreadero, hasta alcanzar el estado de desarrollo óptimo para su transplante.

### **Preparación del Terreno**

Esta actividad se hizo manualmente, y consistió en remover el terreno con azadones, talaches y palas; de manera que el suelo quedara suelto y sin terrones. Posteriormente se hizo el levantamiento de bordos, tratando que estos quedaran lo mas uniforme posible. Se utilizaron dos lotes de terreno de 10 metros de ancho por 30 metros de largo, y en cada uno se levantaron 4 bordos, con una longitud de 28 m.

### **Colocación de Acolchado Plástico y Cintilla para Riego**

De igual manera estas actividades se llevaron a cabo en forma manual, para la colocación del acolchado se utilizó polietileno negro calibre 600, el cual tenía perforaciones en la parte central a una distancia de 30 cm entre cada una. Antes de la colocación del polietileno se tendió la cintilla de riego, en la parte central de cada bordo. La colocación del polietileno se hizo tratando de que las perforaciones quedaran el centro del bordo, y que estuviera lo mas sujeta al suelo para evitar posibles levantamientos ocasionados por el viento.

### **Manejo del Cultivo**

En cuanto al manejo del cultivo se mencionan todas aquellas actividades que se realizaron desde el momento del transplante hasta la cosecha, que tuvieron el propósito

de mantener al cultivo en óptimas condiciones, para las evaluaciones fisiológicas, fenológicas y agronómicas.

### **Transplante**

El transplante se realizó el 14 de mayo de forma manual, utilizando una estaca de madera para hacer los hoyos en el suelo de entre 10 y 15 cm de profundidad, en donde fueron colocadas las plántulas. Se transplantaron 5 plantas de cada material, en cada una de las de las 4 repeticiones, dando un total de 90 plantas por cada cama mas plantas orilleras que se pusieron para que el cultivo tuviera competencia completa. La distancia entre plantas fue 30 cm y 1.2 m entre hileras. Una vez hecho el transplante se hizo una aplicación de Raizal 400 (2 g l<sup>-1</sup> de agua) y Confidor (1 ml l<sup>-1</sup> de agua), esta aplicación se hizo en la base de la planta.

### **Riego**

El sistema de riego que se utilizó para regar el cultivo fue un sistema de riego por goteo, debido a la poca disponibilidad de agua en la región y para hacer más eficiente el uso de este recurso. Las aplicaciones de agua después del transplante, se hicieron de 2 veces por semana, conforme el cultivo fue desarrollándose aumentaron a 3 aplicaciones por semana.

### **Fertilización**

Para la fertilización se utilizó la fórmula 450-450-225-100. La aplicación del nitrógeno se hizo en dos partes. La primera se realizó días antes del transplante (antes de

que el polietileno fuera colocado), la segunda aplicación se realizó 40 días después del trasplante; las fuentes que se utilizaron para satisfacer la fórmula son las siguientes:

1. Sulfato de Amonio (20.5-00-00)
2. Fosfato Diamónico (18-46-00)
3. Sulfato de Potasio (00-00-50)
4. Nitrato de Calcio (15.5-00-00- 19.9)

### **Podas y Desmames**

Se realizaron periódicamente en cuanto se identificaron los crecimientos vegetativos y los crecimientos florales.

### **Control de Plagas y Enfermedades**

El manejo fitosanitario se llevó a cabo utilizando productos químicos, haciéndose aplicaciones periódicas para prevenir la presencia de plagas y enfermedades comunes a este cultivo.

Las plagas que se presentaron durante el ciclo del cultivo fueron la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) y el minador de la hoja (*Liriomyza sp*), para los cuales se hicieron aplicaciones de los siguientes insecticidas y en las dosis que se indican: Danadín(2 ml l<sup>-1</sup>), Karate (1 ml l<sup>-1</sup> de agua), Agrosulfán (2 ml l<sup>-1</sup> de agua), DDVPP (1 ml l<sup>-1</sup> de agua), Metomilo(1 g l<sup>-1</sup> de agua), Lorsban (1 ml l<sup>-1</sup> de agua) y como coadyuvante, Pegodel ( 2 ml l<sup>-1</sup> de agua).

En el caso de las enfermedades, se hicieron aplicaciones preventivas a base cobre para evitar la presencia de tizones (*Alternaria solani* y *Phytophthora infestans*). Las condiciones climáticas fueron propicias para el desarrollo de estos patógenos, por tal

razón se hicieron aplicaciones de: Triba Q (6 g l<sup>-1</sup>), Agrimi Q (6 g l<sup>-1</sup>), Ridomil Gold Bravo (2 g l<sup>-1</sup>) y Pegodel (2 ml l<sup>-1</sup> de agua) como coadyuvante.

Los productos, tanto para el combate de plagas como para enfermedades se aplicaron haciendo una rotación entre ellos, para evitar formas de resistencia de los patógenos.

### **Colocación de Tutores y Espalderas**

Aproximadamente a los 20 días después del transplante y cuando las plantas tenían 30 cm de altura se colocaron los tutores y espalderas. Esto consistió en colocar tubos de metal en la parte media del bordo coincidiendo con la hilera de plantas, la separación entre cada uno de los tubos fue de 2 m. A los 20 cm de altura se colocaron dos hilos de plástico (rafia), esto para evitar que las plantas conforme desarrollaron, se doblaran y tuvieran contacto con el suelo, en total se colocaron 4 niveles de hilos, la separación entre cada nivel fue de 20 cm.

### **Cosecha y Fenología**

La cosecha se hizo de manera manual, para esto se seleccionaron 3 plantas de cada genotipo en cada repetición (las 3 que estaban en la parte media de cada grupo de 5 plantas), buscando con esto que tuvieran competencia completa. Esta operación se llevó a cabo cuando el ápice del fruto tenía una coloración rojiza.

Se realizaron 18 cortes en total, aunque algunos genotipos tuvieron más cortes. El primero se hizo el 21 de julio y el último el 4 de septiembre de 2003. En cada corte, se consideró el peso y número de frutos. Esto se hizo para cada genotipo, en cada una de sus repeticiones.

Para los días a primer corte se realizó un conteo de días a partir de la fecha de transplante y el inicio de cosecha de cada uno de los genotipos, y así determinar su precocidad. Para los días a último corte se realizó un conteo de días a partir de la fecha de transplante y el último día de corte de cada uno de los genotipos.

Para los días en cosecha, con el registro del primer corte, hasta el día del último, se calculó el número de días en producción y para determinar el número de cortes por genotipo, se hizo un conteo de los cortes dados a cada genotipo en cada una de sus repeticiones.

Después del último corte, se procedió a obtener el rendimiento final de cada genotipo, esto se obtuvo sumando el peso de las cosechas de cada genotipo en cada una de sus repeticiones. El peso total que se obtuvo se dividió entre el número de plantas cosechadas, que en este caso fueron tres; obteniéndose así el rendimiento de cada planta. Para obtener el peso promedio de fruto se dividió el peso total de cada genotipo, entre el número de total de frutos cosechados del mismo.

Para determinar el daño ocasionado por tizones, se hizo una evaluación visual en cada una de las repeticiones de los 18 genotipos evaluados, ésta se llevó a cabo a los 90 días después del transplante (14 de agosto de 2003), cuando la planta estaba en plena producción. Cada genotipo se le evaluó en una escala de 0 a 5, dando una puntuación mayor a uno a aquellos materiales que presentaban daños; la puntuación dependía de la intensidad del daño, los materiales que registraban escalas de 5 fueron los que estaban completamente dañados.

La puntuación quedó de la siguiente manera: 0 (sin daño), 1 (con daños iniciales), 2 (moderadamente dañados), 3 (dañados), 4 (completamente dañados).

## Pruebas de Laboratorio

Después del quinto corte se seleccionaron dos 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 se llevaron a cabo las pruebas de laboratorio (pruebas cualitativas), para determinar °Brix, pH y vitamina C. Las actividades que se realizaron para la determinación de estos análisis son como se describen:

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 determinaron los °Brix.
4. Con Potenciómetro (CONDUCTRONIC Modelo 10) se determinó el pH.
5. Se pesaron 20 gramos de muestra de cada tratamiento.
6. Se les agregó 10 ml de ácido clorhídrico al 10 por ciento.
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. El contenido de los matraces se aforo a 100 ml con agua destilada.
10. Se procedió a titular con el reactivo de Thielman, hasta obtener la coloración indicada, anotando los mililitros consumidos del reactivo, que posteriormente fueron utilizados para calcular el contenido de vitamina C en miligramos por litro para cada genotipo (Chechetkin *et al.*, 1984).

La ecuación utilizada es la siguiente:

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

$$100 \times b \times c$$

En donde:

a= Cantidad de reactivo (ml)

b= Volumen del filtrado (100 ml)

c = Peso de la muestra (20 g)

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

### **Toma de Datos Agroclimáticos y Fisiológicos**

Para las variables agroclimáticas y fisiológicas, se utilizó el fotosintetómetro portátil LI-6200 (LI-Cor, Inc, Nebraska, USA), que mide el intercambio de CO<sub>2</sub> de la hoja con la atmósfera. La tasa fotosintética neta se calcula usando estas tasas de cambio y algunos otros factores, tales como área de la hoja utilizada, volumen de la cámara, volumen del sistema, temperatura, presión atmosférica, intensidad luminosa y humedad relativa, así como la concentración del CO<sub>2</sub> en el área circundante de la hoja.

Fueron dos las mediciones que se tomaron con el fotosintetómetro, efectuándose la primera el 19 de junio y la segunda el 6 de agosto de 2003.

Antes de tomar los datos se escogían al azar las hojas, en las que se efectuarían las mediciones; se seleccionó una hoja de cada genotipo en cada repetición, se procuró que las hojas se encontraran en la parte media del tallo principal, estas eran etiquetadas para su fácil identificación.

Con una cuadrícula, de plástico transparente, en la cual previamente se había marcado el área de la cámara, se tomaron las áreas de cada hoja. Estas fueron registradas en el fotosintetómetro al momento de hacer las demás mediciones.

La toma de datos con el fotosintetómetro se llevaron a cabo de las 10:00 AM a 12:00 PM.

### **Variables Fisiológicas**

**Fotosíntesis** (FOTO,  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$  atmosférico fijado, por metro cuadrado de hoja por segundo,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). **Transpiración** (TRANS, moles de  $\text{H}_2\text{O}$  transpirados, por metro cuadrado de hoja por segundo,  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). **Uso Eficiente del Agua Fisiológico**, que es la relación de Fotosíntesis y Transpiración, y que por las unidades de medición y los moles de las dos sustancias, las unidades del UEFA son g de  $\text{CO}_2$  fijados por la Fotosíntesis,  $10 \text{ l}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{O}$  Transpirada. **Temperatura de la Hoja** (Thoja,  $^{\circ}\text{C}$ ), **Conductancia Estomatal** ( $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

### **Variables Agroclimáticas:**

**Luz Incidente** (DFFF,  $\mu\text{mol}$  fotones  $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). **Temperatura del Aire** (TAIR, en  $^{\circ}\text{C}$ ). **Concentración de  $\text{CO}_2$**  ( $\text{CO}_2$  en ppm). **Humedad Relativa** (HR, %).

### **Variables Fenológicas:**

**Días a Primer Corte** (DPC). **Días a Último Corte** (DUC). **Días en Corte** (DEC). **Número de Cortes por Genotipo** (NCG). **Incidencia de Tizón** (TZN90).

### **Variables de Rendimiento (Cuantitativas):**

**Número de Frutos en 3 Plantas (NF3PT). Peso Promedio de Fruto (PPF). Rendimiento por Hectárea (REHA).**

**Variables de Rendimiento (Cualitativas):**

**Potencial de Iones Hidrógeno (pH). Grados Brix (°BRIX). Vitamina C (VITC).**

**Diseño Experimental y modelo estadístico utilizados**

**Diseño experimental**

El establecimiento del experimento se hizo con un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones , dieciocho tratamientos (genotipos) y cinco plantas por cada unidad experimental.

**Análisis Estadísticos**

La evaluación estadística de los datos obtenidos de los diferentes genotipos, para rendimiento y aspectos fenológicos, se realizó bajo el siguiente modelo, con cuatro repeticiones en cada tratamiento.

**Modelo**

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Observación del genotipo “i” en su repetición j.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\beta_i$  = Efecto de los bloques o repeticiones.

$\alpha_i$  = Efecto de los tratamientos.

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

Para la determinación de la confiabilidad de los datos obtenidos para los análisis de varianza, se estimó el coeficiente de variación (C.V.) mediante la fórmula siguiente.

$$CV = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

$C.V.$  = Coeficiente de variación, expresado en porcentaje.

$C.M.E.E.$  = Cuadrado medio del error experimental.

$\bar{X}$  = Media general del experimento.

### **Correlaciones simples**

Para las correlaciones simples entre todas las variables se utilizó la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum(y - \bar{y})^2}}$$

### **Análisis de Factores Principales**

En lo que respecta al análisis de factores principales, el planteamiento es el siguiente (Manly, 1986).

Los datos utilizados corresponden a las medias de cada variable en los 18 genotipos en estudio, quedando el arreglo de la siguiente manera:

Genotipos	Variables			
	$x_1$	$x_2$	...	$x_p$
1	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1p}$
2	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2p}$
.	.	.	...	.
.	.	.	...	.
.	.	.	...	.
$n$			...	$x_{np}$

El primer componente principal es la combinación lineal de las variables  $x_1, x_2, \dots, x_p$ , de forma  $z_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1p}x_p$ , donde  $a$  son los elementos de los eigenvectores correspondientes, que varía tanto como sea posible para los genotipos, sujeto a la condición de que:

$$a_{11}^2 + a_{12}^2 + \dots + a_{1p}^2 = 1$$

donde la varianza de  $z_1$ ,  $\text{var}(z_1)$  es tan grande como sea posible, entonces el 2º componente principal es:

$$z_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2p}x_p$$

y  $\text{var}(z_2)$  es tan grande como sea posible, con la condición de:

$$a_{21}^2 + a_{22}^2 + \dots + a_{2p}^2 = 1$$

y también la condición de que  $z_1$  y  $z_2$  no estén correlacionados.

Para encontrar los eigenvalores la matriz de covarianzas, adopta la forma:

$$C = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & \dots & C_{1p} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & \dots & C_{2p} \\ C_{p1} & C_{p2} & C_{p3} & \dots & C_{pp} \end{pmatrix}$$

Donde los elementos de la diagonal,  $c_{ii}$ , es la varianza de  $x_i$  (cada variable) y  $c_{ij}$ , es la covarianza de las variables  $x_i$  y  $x_j$ , los eigenvalores serían las varianzas de los componentes principales de la matriz

$$c: \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p = c_{11} + c_{22} + \dots + c_{pp}.$$

Para el análisis de Factores, se adopta el supuesto de que

$$X_i = a_i F + e_i,$$

Donde  $X_i$  es el (del tratamiento)  $i$ ésimo valor estandarizado, con media = 0 y desv. estd. = 1;  $a_i$  es una constante, y  $F$  es un valor de “Factor” que tiene media = 0 y desv. estd. de 1 para individuos considerados como un todo, y  $e_i$  es la parte de  $X_i$  que es específica solamente a la  $i$ ésima prueba.

El modelo general para el Análisis de Factores adopta la forma:

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{im}F_m + e_i,$$

Donde  $X_i$  es el (del tratamiento)  $i$ ésimo valor, con media = 0 y varianza = 1;  $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}$  son la contribución relativa de las variables a los Factores:  $F_1, F_2, F_m$  son  $m$  Factores Principales de Variación, no correlacionados y ortogonales, cada uno con media = 0 y varianza = 1, y  $e_i$  es un factor específico, solamente para la  $i$ ésima prueba, el cual no está correlacionado con cualquiera de los Factores Principales, y tiene media = 0.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de varianza para variables Fenológicas

Cuadro 4.1. Análisis de Varianza (cuadrados medios) de Características Fenológicas y de Tolerancia al Tizón en 18 Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo Condiciones de Campo.

FV	GL	DPC	DUC	DEC	NCG	TZN90
Repetición	3	14.722	17.347 **	5.755	1.273	4.013
Genotipos	17	20.467	6.220 *	21.367	6.083	1.023
Error	51	12.428	3.200	15.029	3.244	1.945
CV		4.89	1.60	9.70	12.15	49.47

\*\* nivel de probabilidad de 0.01

\*nivel de probabilidad de 0.05

En el cuadro 4.1, se observan los análisis para las variables fenológicas de 18 genotipos de tomate, donde se observa diferencia altamente significativa ( $p \leq 0.01$ ) para la fuente de variación repetición en Días a Último Corte (DUC); para los Días a Primer Corte (DPC), Días en Corte (DEC), Número de Cortes por Genotipo (NCG) y Tolerancia al Tizón (TZN90) no hubo diferencia estadística, lo cual indica que estas variables tuvieron el mismo comportamiento en las diferentes repeticiones para esta fuente de variación.

Se observó diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la fuente de variación genotipos para la variable DUC, lo que indica la diferencia que existe en el potencial de producción en los diferentes genotipos evaluados; en las variables DPC y DEC, NCG y TZN90 no hubo diferencias significativas en esta fuente de variación. Los coeficientes

de variación para estas variables se presentaron en un rango de 1.60 por ciento a 4.47 por ciento.

Para la variable DPC, los genotipos que presentaron mayor precocidad fueron el 15 ((Shady Lady x Sunny) x Sunny) y 16 (Shady Lady x Sunny) en F<sub>3</sub>, con 69 días, seguidos del 13 ((Bonita x Sunny) x Sunny) con 68.75 días; mientras que el genotipo que fue más tardío fue el 10 ((Bonita x Sunny) x Bonita) con 77 días. La mayoría de los genotipos tuvieron su primer corte a los 73 días.

En el caso de la variable DUC, los genotipos que presentaron el mayor número de días a la última cosecha fueron el 17 (Shady Lady x Celebrity) en F<sub>3</sub>, 18 (Bonita x Sunny) en F<sub>3</sub>, 3 (Celebrity), 14 (( Shady Lady x Celebrity) x Celebrity), 5 (Shady Lady x Celebrity) en F<sub>1</sub>, 10 ((Bonita x Sunny) x Bonita), 7 (Bonita x Sunny) en F<sub>2</sub> y 15 ((Shady Lady x Sunny) x Sunny) con 113 días; los genotipos que presentaron menor número de días a último corte fueron el 12 ((Shady Lady x Sunny) x Shady Lady) y 1 (Shady Lady) con 108.75 y 110 días respectivamente.

Para los DEC, el genotipo que presentó mejor respuesta para esta variable fué el 15 ((Shady Lady x Sunny) x Sunny) con 45 días, seguido de los genotipos 13 ((Bonita x Sunny) x Sunny) y 16 (Shady Lady x Sunny) en F<sub>3</sub> con 43 y 42 días respectivamente; los genotipos que presentaron el menor número de días en cosecha fueron el 1 (Shady Lady) y 10 ((Bonita x Sunny) x Bonita) con 37 y 36 días respectivamente.

### **Análisis de Varianza para Variables Cuantitativas de Rendimiento.**

Cuadro 4.2. Análisis de Varianza (cuadrados medios) de Características de Rendimiento Cuantitativo de 18 Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo Condiciones de Campo.

FV	GL	NF3PT	PPF	REHA
Repetición	3	373.236	0.0001	800.672
Genotipos	17	762.272**	0.0003	1387.847**
Error	51	238.579	0.0003	534.801
CV		23.48	13.78	27.13

\*\* nivel de probabilidad de 0.01

\*nivel de probabilidad de 0.05

En el cuadro 4.2, se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza donde se observa diferencia no significativa para la fuente de variación repeticiones en cada una de las variables.

En la fuente de variación genotipos se observan diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) en las variables Número de Frutos (NF3PT) y Rendimiento (REHA). Mientras que para la variable Peso Promedio de Frutos (PPF) no hubo diferencia; con las diferencias en algunas de las variables se indica la gran variabilidad que existe entre los genotipos evaluados. Los coeficientes de variación en estas variables se presentaron entre 13.78 a 27.13 por ciento.

En la variable NF3PT (total en los cortes considerados), el mayor número de frutos los tuvo el genotipo 15 ((Shady Lady x Sunny) x Sunny) con 105.25 frutos, seguido de los genotipos 13 ((Bonita x Sunny) x Sunny) y 16 (Shady Lady x Sunny) en F<sub>3</sub> con 80 y 76.75 frutos respectivamente, mientras que los genotipos que tuvieron el menor número de frutos fueron 1 (Shady Lady) y 12 ((Shady Lady x Sunny) x Shady Lady) con 50.75 y 47.25 frutos respectivamente.

Para la variable PPF los genotipos que presentaron mayor peso fueron el 11 ((Shady lady x Celebrity) x Shady Lady) y 14 (( Shady Lady x Celebrity) x Celebrity) con 0.157 kg, para el caso de genotipos que tuvieron los pesos más bajos fueron los genotipos 7 (Bonita x Sunny) en F<sub>2</sub> y 6 (Shady Lady x Sunny) en F<sub>1</sub> con 0.126 y 0.123 kg respectivamente.

Con respecto a la variable REHA el genotipo que presentó el mayor rendimiento fue el 15 ((Shady Lady x Sunny) x Sunny) con 135.59 t ha<sup>-1</sup>, seguido de los genotipos 13 ((Bonita x Sunny) x Sunny) con 105 t ha<sup>-1</sup>, 3 con 104.79 t ha<sup>-1</sup> y 14 (( Shady Lady x Celebrity) x Celebrity) con 102.26 t ha<sup>-1</sup>. En contraparte los genotipos que tuvieron el menor rendimiento fueron el 1 (Shady Lady) y 12 ((Shady Lady x Sunny) x Shady Lady) con 65.91 y 59.94 t ha<sup>-1</sup> respectivamente.

#### **Análisis de Varianza para Variables Cualitativas de Rendimiento.**

Cuadro 4.3. Análisis de Varianza (cuadrados medios) de Características de Rendimiento Cualitativo de 18 Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo Condiciones de Campo.

FV	GL	PH	°BRIX	VITC
Repetición	3	0.077	0.508*	4.565
Genotipos	17	0.074	0.277	2.662
Error	51	0.071	0.179	2.070
CV		5.84	10.46	18.80

\*\* nivel de probabilidad de 0.01

\*nivel de probabilidad de 0.05

En el cuadro 4.3 se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza para las variables cualitativas de rendimiento, donde se observa diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la variable Grados Brix (°BRIX), en la fuente de variación repetición, para las demás variables Potencial de Hidrógeno (pH) y Vitamina C (VITC) no hay diferencia significativa.

Para el caso de la fuente de variación genotipos, no hay diferencia en ninguna de las variables cualitativas evaluadas; los coeficientes de variación oscilaron en un rango de 5.84 a 18.80 por ciento.

El mejor valor para la variable pH se obtuvo con el genotipo 17 (Shady Lady x Celebrity) en F<sub>3</sub> el cual reportó un valor de 4.80 y el menor promedio se obtuvo del genotipo 16 (Shady Lady x Sunny) en F<sub>3</sub> del cual se obtuvo un valor de 4.39.

En cuanto a la variable °Brix la mejor media se obtuvo con el genotipo 1 (Shady Lady), el cual dio un valor promedio de 4.77 °Brix, y el más bajo lo reportó el genotipo 16 (Shady Lady x Sunny) en F<sub>3</sub> con un valor promedio de 3.66 °Brix.

Para la variable VITC el mejor promedio fue el genotipo 1 (Shady Lady), del cual se obtuvo un valor de 9.26 mg 100<sup>-1</sup> g y el más bajo se encontró en el genotipo 3

(Celebrity) con una media de 6.12 mg 100<sup>-1</sup> g. Aunque estos valores se encuentran por debajo de los que reporta Nuez (1995), 23 mg 100<sup>-1</sup> g.

### **Análisis de Varianza para Variables Agroclimáticas**

Cuadro 4.4. Análisis de Varianza (cuadrados medios) de Características Agroclimáticas de 18 Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo Condiciones de Campo.

FV	GL	DFFF	TAIR	CO <sub>2</sub>	HR
Repetición	3	28521.963*	25.370*	1095.421*	33.578
Genotipos	17	24992.706	2.310*	119.690	15.479
Error	51	34421.218	1.017	280.137	17.345
CV		10.480	2.97	3.91	6.43

\*\* nivel de probabilidad de 0.01

\* nivel de probabilidad de 0.05

En el cuadro 4.4 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza, de las variables agroclimáticas, donde se puede ver que hubo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la fuente de variación repetición para las variables Densidad de Flujo de Fotones Fotosintéticos (DFFF), Temperatura del Aire (TAIR) y Concentración de CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>). Para la variable Humedad Relativa (HR) no hubo diferencia. Las diferencias en las primeras tres variables, se debió a que la toma de datos no se hizo al mismo tiempo en cada una de las repeticiones.

En cuanto a la fuente de variación genotipos solo hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la variable TAIR; Para las variables DFFF, CO<sub>2</sub> y HR no hubo diferencia, lo cual indica que para todas los genotipos estas variables se presentan de manera homogénea. Los coeficientes de variación se encontraron en un rango de 2.967 a 10.479 por ciento.

### **Análisis de Varianza para las Variables Fisiológicas**

Cuadro 4.5. Análisis de Varianza (cuadrados medios) de Características Fisiológicas de 18 Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo Condiciones de Campo.

FV	GL	FOTO	CE	THOJA	TRNP	UEAF
Repetición	3	0.239	0.067	27.148**	154.690*	0.00004
Genotipos	17	0.169	0.082	7.447	126.216**	0.0001
Error	51	0.265	0.046	4.138	53.593	0.0002
CV		12.01	7.70	5.27	15.57	0.48

\*\*nivel de probabilidad de 0.01

\*nivel de probabilidad de 0.05

En el cuadro 4.5 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables fisiológicas, en donde se observa que hubo diferencia altamente significativa ( $p \leq 0.01$ ) en la fuente de variación repetición para la variable Temperatura

de la Hoja (THOJ) y diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) para la variable Transpiración (TRNP) en la misma fuente de variación; las diferencias presentadas se debieron principalmente a diferencias genéticas. Para las variables Fotosíntesis (FOTO), Conductancia Estomática (CE) y Uso Eficiente del Agua Fisiológico (UEAF) no hubo diferencia en esta fuente de variación. Para el caso de esta última variable, que no mostró diferencia en ninguna de las fuentes de variación, podemos decir que todos los genotipos en sus diferentes repeticiones tienen la misma eficiencia en el uso del agua. Para la fuente de variación genotipos hubo diferencia altamente significativa ( $p \leq 0.01$ ) para la variable TRNP, lo que indica que existe diferencia entre genotipos evaluados en esta función fisiológica de transpiración; mientras que para las otras variables no hubo diferencia, es decir que los genotipos evaluados tienen la misma capacidad para las variables en estudio.

### **Análisis de Correlaciones**

En el cuadro 4.6 se observan los coeficientes de correlación entre variables fenológicas, de rendimiento (cualitativo y cuantitativo), agroclimáticas, fisiológicas y de tolerancia al tizón. Se encontró correlación negativa y significativa entre la variable DUC y las variables DEC y NCG, indicando con esto que los genotipos a los que se les dió el corte más tardío, no son los que estuvieron más días en corte y mucho menos fueron a los que se les dió mayor número de cortes. En esta misma variable (DUC), se puede ver que existe una correlación positiva significativa con el pH, lo que indica que los genotipos que tuvieron los cortes más tardíos, fueron los que tuvieron valores menos ácidos.

La variable DEC tuvo una correlación positiva con las variables NCG y NF3PT; con esto se indica que los genotipos que tuvieron mas días en corte, también presentaron el mayor número de cortes y mayor número de frutos por planta. La misma tendencia en la correlación se tiene para las variables NCG y REHA, con esto se indica que el número de cortes por genotipo tiene influencia directa en el rendimiento por hectárea. Para el caso de la variable cualitativa °BRIX, se observa una correlación negativa con la variable DFFF, lo que indica que la luz incidente en los genotipos evaluados no tiene influencia en la acumulación de sólidos solubles, ya que el contenido de sólidos solubles depende del manejo agronómico que se le dé al cultivo y de la capacidad de éste para la asimilación de los fotosintatos y poder traslocarlos a los frutos. Hay una correlación positiva entre la variable agroclimática TAIR con respecto a las variables fisiológicas THOJ y TRNP; con estas correlaciones podemos decir que la temperatura del aire influye directamente a que aumente la temperatura de la hoja y por ende la transpiración sea mayor, ya que una de las principales funciones de la transpiración, es enfriar la hoja, al pasar del estado líquido al gaseoso (absorbe calor de la hoja). Para la variable fisiológica FOTO, se observa una correlación positiva con la variable UEAF, esto indica que la actividad fotosintética está directamente relacionada con el uso eficiente del agua; es decir que la planta tiene buena capacidad para acumular materia seca por unidad de agua transpirada. Aunque la correlación de estas variables con la variable TRNP no es significativa en este estudio. Se puede observar una correlación positiva entre las variables CE y TRNP. No existe correlación entre algunas de las variables de rendimiento con las fisiológicas y agroclimáticas que sean significantes, esto nos señala que en futuras investigaciones se deberá profundizar en el estudio de variables que incidan en el rendimiento de una manera directa. La nula correlación entre FOTO y las

variables de rendimiento indican que los materiales que tienen buen rendimiento no son los que tienen mayor eficiencia fotosintética, o que la mayor actividad fotosintética, se va a estructuras vegetativas. Otra situación que hay que considerar, es que el tomate está adaptado a condiciones climáticas templadas, y en éste experimento, se tuvieron temperaturas de 40°C, lo que probablemente ocasionó aumento en la fotorrespiración.

Cuadro 4.6. Correlaciones de Variables Fisiológicas, Fenológicas, de Rendimiento (cualitativo y cuantitativo) y de Tolerancia al Tizón, en Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

	DPC	DUC	DEC	NCG	NF3PT	PPF	REHA	TZN90	pH	°BRIX
DPC	1	0.23	<b>-0.85*</b>	<b>-0.77*</b>	-0.5	-0.02	<b>-0.47*</b>	-0.29	<b>0.74*</b>	0.04
DUC		1	0.31	0.15	0.41	0.09	0.43	-0.32	0.33	<b>-0.57*</b>
DEC			1	<b>0.84*</b>	<b>0.72*</b>	0.06	<b>0.69*</b>	0.11	<b>-0.54*</b>	-0.35
NCG				1	<b>0.77*</b>	0.08	<b>0.73*</b>	-0.13	<b>-0.67*</b>	-0.24
NF3PT					1	0.02	<b>0.94*</b>	-0.05	-0.32	-0.28
PPF						1	0.33	-0.19	-0.1	-0
REHA							1	-0.13	-0.3	-0.24
TZN90								1	-0.06	0.17
pH									1	-0.22
°BRIX										1

\*nivel de probabilidad de 0.05

Continuación.  
Cuadro 4. 6.....

	VITC	DFFF	TAIR	CO2	HR	THOJ	FOTO	CE	TRNP	UEAF
DPC	0.08	-0.39	-0.22	-0.12	0.11	-0.03	-0.08	<b>-0.5*</b>	-0.4	0.16
DUC	-0.4	<b>0.49*</b>	0.3	-0.09	0.32	0.25	0.16	-0.35	-0.1	0.26
DEC	-0.29	<b>0.64*</b>	0.38	0.08	0.07	0.16	0.18	0.3	0.28	-0
NCG	0.06	<b>0.48*</b>	0.13	0.01	-0.06	-0.07	0.08	0.29	0.05	0.01
NF3PT	-0.11	<b>0.5*</b>	0.34	0.06	0.22	0.11	0.23	0.14	0.02	0.21
PPF	-0.12	-0	0.11	0.26	0.17	0.13	0.16	0.34	0.37	-0.09
REHA	-0.14	0.45	0.33	0.13	0.24	0.13	0.22	0.19	0.11	0.14
TZN90	<b>-0.53*</b>	0.06	0.3	0.23	0.23	0.19	0.12	0.18	0.26	0.01
pH	-0.12	-0.17	0.12	-0.07	0.32	0.35	0.03	<b>-0.51*</b>	-0.2	0.16
°BRIX	0.29	<b>-0.71*</b>	-0.43	-0.18	-0.17	-0.37	-0.39	0.01	-0.1	-0.33
VITC	1	-0.32	-0.25	-0.37	-0.22	-0.09	-0.16	-0.03	-0.1	-0.14
DFFF		1	<b>0.69*</b>	-0.13	0.26	<b>0.47*</b>	0.25	0.24	0.42	0.03
TAIR			1	0.03	<b>0.62*</b>	<b>0.88*</b>	<b>0.47*</b>	0.31	<b>0.74*</b>	0.08
CO2				1	-0.02	-0.13	0.45	0.11	0.02	0.43
HR					1	<b>0.62*</b>	<b>0.57*</b>	-0.03	0.32	0.42
THOJ						1	0.32	0.16	<b>0.69*</b>	-0.04
FOTO							1	0.34	0.31	<b>0.84*</b>
CE								1	<b>0.73*</b>	-0.1
TRNP									1	-0.25
UEAF										1

\*nivel de probabilidad de 0.05

## Análisis de Factores Principales

El método de factores principales nos permitirá conocer mucho mejor la relación entre las variables estudiadas, así como su agrupamiento ordenado, este análisis es utilizado para reducir el número de dimensiones, esto es, si las variables originales están altamente correlacionadas, el número de variables puede reducirse (Rencher, 1995), así mismo Broschat, 1979, señala que es una técnica que reduce la dimensionalidad de un conjunto de datos multivariados, removiendo las interrelaciones existentes entre variables; en el cuadro 4.7 se observan los valores característicos (eigenvalores) y el porcentaje de la varianza total que explica cada factor; se encontraron siete valores mayores a 1, los cuales explican el 91.13 por ciento de la varianza total, determinando el valor del componente 8, el cual fue menor a uno, pero en este se explica la característica asociada al peso promedio de fruto, con este componente se explica en total el 93.97 por ciento de la varianza total.

Cuadro 4. 7. Valores Característicos de los Componentes y la Varianza que explica cada uno de ellos en Análisis Multivariado de 18 Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

	Valores característicos	% varianza	Acumulada	Total
1	5.87	29.36	5.87	29.36
2	3.62	18.11	9.49	47.47
3	2.72	13.60	12.21	61.07
4	2.11	10.57	14.33	71.64
5	1.56	7.80	15.89	79.44
6	1.26	6.28	17.15	85.72
7	1.08	5.40	18.23	91.13
8	0.57	2.84	18.80	93.97

En el cuadro 4.8 se presenta la relación de las variables y su contribución relativa a cada factor. En el factor 1 se encuentra mayor contribución de DPC, DEC,

NCG, NF3PT y REHA estas variables están relacionadas con el rendimiento por lo que denominamos a este primer factor “Características Asociadas al Alto Rendimiento” y es que dentro de un programa de mejoramiento clásico se busca incrementar el rendimiento de un cultivo, siendo más fácil tomar la variable de NF3PT, y dada una alta correlación con rendimiento, esta variable es mas importante que las demás variables de rendimiento, mayor número de frutos por planta, de buen tamaño, reflejan el rendimiento de un genotipo.

En el factor 2 sobresalen las variables de TAIR, THOJ y TRNP por lo que a este componente se le denominó “Características Asociadas a Alta temperatura y Transpiración” lo anterior nos indica que al propiciarse un aumento en la temperatura del aire, aumenta la temperatura del tejido fotosintético y por lo tanto incrementa la transpiración. En el factor 3 la variable que más contribuyó fue CE, denominándose a este componente “Característica Asociada a la Conductancia Estomática” el cual es de gran importancia ya que en los diferentes genotipos el aparato estomático debe funcionar adecuadamente ante las condiciones ambientales a que está sometido. En el factor 4 las variables que tuvieron contribución son FOTO y UEAF, denominándosele a este componente como “Características Asociadas a la Eficiencia Fisiológica”. Y dada la correlación existente entre estos dos factores, es de importancia seleccionar genotipos que tengan un eficiente proceso fotosintético y una eficiencia en el uso del agua, esperando que esta eficiencia se refleje en el rendimiento final del cultivo. En el factor 5 las variables TZN90 y VITC fueron las que tuvieron mayor contribución, denominándose a este factor como “Características Asociadas a la Tolerancia al Tizón”. La variable que tuvo mayor contribución en el factor 6 fue PPF, denominándose

“Características Asociadas al Peso Promedio de Fruto”. Siendo este un factor importante que indica un buen rendimiento de los genotipos. En el presente estudio esta variable no tuvo correlación con las demás variables de rendimiento. Al factor número 7 se le denominó “Características Asociadas a la Calidad del Fruto”. Siendo la variable °BRIX la que tuvo mayor contribución en este factor. Es de importancia señalar que el contenido de sólidos solubles en los frutos de tomate, son un buen indicador de calidad del mismo, por lo que se hace necesario buscar genotipos que tengan alta capacidad de acumular o incorporar fotosintatos.

En el factor número 8, la variable que presentó la mayor contribución fue el CO<sub>2</sub>, denominándose “Características Asociadas al CO<sub>2</sub>”. Siendo esta de gran importancia, ya que deberán ser seleccionados los genotipos que tengan una buena asimilación de CO<sub>2</sub>, que les permitirá junto con otras variables llevar a cabo un eficiente proceso fotosintético.

Cuadro 4. 8. Cuadro de Contribución Relativa de Cada Variable en los 8 Factores Principales en 18 Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

Variable	Factor 1 CAARND	Factor 2 CAATYTRN	Factor 3 CACE	Factor 4 CAEFFIS	Factor 5 CATLTZN	Factor 6 CAPPF	Factor 7 CACLFT	Factor 8 CACO2
DPC	<b>-0.726*</b>	-0.079	-0.552	0.138	-0.132	0.188	0.048	-0.153
DUC	0.257	0.091	-0.551	0.162	0.157	0.249	0.606	-0.267
DEC	<b>0.849*</b>	0.125	0.243	-0.037	0.207	-0.055	0.280	0.014
NCG	<b>0.911*</b>	-0.093	0.237	-0.007	-0.123	-0.024	0.153	-0.016
NF3PT	<b>0.922*</b>	0.116	-0.140	0.175	-0.006	0.024	0.090	-0.028
PPF	0.060	0.123	0.156	-0.009	0.002	<b>0.931*</b>	-0.030	0.143
REHA	<b>0.885*</b>	0.139	-0.131	0.126	-0.009	0.331	0.064	0.025
TZN90	-0.029	0.284	0.200	0.031	<b>0.749*</b>	-0.346	-0.340	0.167
PH	-0.548	0.315	-0.674	0.085	0.012	0.012	0.136	0.035
°BRIX	-0.136	-0.232	0.085	-0.212	-0.003	0.054	<b>-0.883*</b>	-0.172
VITC	-0.054	-0.035	0.088	-0.073	<b>-0.920*</b>	-0.154	-0.278	-0.109
DFFF	0.437	0.408	0.171	0.018	0.179	-0.084	0.673	-0.206
TAIR	0.206	<b>0.893*</b>	0.092	0.147	0.156	0.003	0.237	-0.010
CO2	0.045	-0.102	0.057	0.339	0.245	0.177	0.015	<b>0.861*</b>
HR	0.069	0.640	-0.241	0.541	0.193	0.143	-0.124	-0.253
THOJ	-0.010	<b>0.962*</b>	-0.050	0.025	-0.003	0.018	0.17	-0.037
FOTO	0.070	0.298	0.198	<b>0.895*</b>	0.032	0.076	0.143	0.168
CE	0.146	0.216	<b>0.861*</b>	0.089	0.021	0.247	-0.016	0.014
TRNP	0.013	<b>0.746*</b>	0.594	-0.076	0.057	0.228	0.057	0.022
UEAF	0.033	-0.100	-0.159	<b>0.953*</b>	0.031	-0.084	0.119	0.144
Expl.Var	4.370	3.332	2.556	2.305	1.668	1.410	2.067	1.087
Prp.Totl	0.219	0.167	0.128	0.115	0.083	0.0700	0.103	0.054

\* significativos > .700 por ciento de probabilidad.

En el cuadro 4.9 se observa la contribución relativa de los 18 genotipos en los ocho factores principales, para el factor 1 relacionado al alto rendimiento, se encontró que los genotipos que tuvieron mayor contribución son el 15 y 13, lo que demuestra que éstos son los genotipos que tuvieron mayor rendimiento por hectárea. En el factor 2 relacionados a la temperatura y transpiración, los genotipos que mostraron mejor contribución son los que muestran valores negativos más altos puede verificarse que hubo 8 genotipos que registraron valores negativos a este factor, siendo los genotipos 2, 3, y 4 los de mayor contribución a este factor negativo.

En el factor número 3 la variable que tuvo contribución fue la CE, presentándose los mejores valores en los genotipos 16 y 12. En el factor 4 relacionado a la eficiencia fisiológica, podemos notar que los genotipos que tuvieron mayor contribución a este factor, son el 11, 9, 10, lo que indica que estos genotipos tuvieron alta eficiencia fisiológica.

En el factor 5 y 6 se encuentran las variables asociadas a tolerancia al tizón y características asociadas al peso promedio de fruto. Para el factor 5 los genotipos que tuvieron mayor contribución son 10, 1, y 2. Para el caso del factor 6, deben considerarse los valores positivos que se muestran en el cuadro correspondiente, estos corresponden a los genotipos 3, 14, 11 (como los más altos). Los factores 7 y 8 están relacionados con las características asociadas a la calidad del fruto y a la concentración de CO<sub>2</sub>; en el caso del factor 7 los genotipos que presentaron mayor contribución a este factor son el 12, 13 y el 1, para el factor 8 relacionado con el CO<sub>2</sub>, los principales genotipos que tuvieron mayor contribución a esta factor son el 7, 1, 8. Los resultados anteriores, se pueden visualizar y entender mejor, en las figuras No. 4.1 a la 4.4.



Cuadro 4.9. Contribución Relativa da cada Genotipo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a los 8 Factores Principales, Considerando Variables Fenológicas, de Rendimiento (cualitativo y cuantitativo), Fisiológicas, Agroclimáticas y de Tolerancia al Tizón.

Genotipo	Factor 1 CAARND	Factor 2 CAATYTRN	Factor 3 CACE	Factor 4 CAEFFIS	Factor 5 CATLTZN	Factor 6 CAPPF	Factor 7 CACLFT	Factor 8 CACO2
SHALADY	-0.888	-0.866	0.392	-0.743	-1.473	0.022	-1.261	-1.513
BONITA	0.337	-1.726	-0.202	-1.779	-1.448	-0.113	-0.106	1.918
CLBRITY	0.320	-1.560	-0.468	-0.313	1.637	2.261	-0.404	-0.406
B X SN	0.165	-1.180	0.329	0.481	-0.107	-0.352	0.693	0.326
SH X C	-0.757	-1.029	0.092	0.781	0.363	-0.753	1.302	0.117
SH X SN	0.414	-1.045	0.577	0.583	1.599	-1.959	0.105	-0.275
BXSN F2	0.258	-0.330	-0.795	0.255	-0.099	-1.019	0.195	-2.151
SHXC F2	-0.463	1.198	-0.091	-1.593	0.275	-0.241	0.144	-1.275
SHXSN F2	-0.713	0.263	-0.832	1.321	-0.514	-0.589	-0.179	1.080
BXSN XB	-0.427	0.552	-1.682	0.951	-1.793	0.118	-0.214	0.095
SHXC XSH	-0.730	0.445	-0.292	1.951	0.609	1.451	-0.551	0.373
SHXSN XSH	-1.159	0.582	1.175	-0.535	1.073	-0.487	-2.290	1.198
BXSN XSN	1.499	0.535	0.537	0.475	-0.495	0.299	-1.568	-0.848
SHXC XC	0.455	-0.093	0.908	-0.017	-0.435	1.569	1.450	-0.230
SHXSN XSN	2.810	0.954	-1.270	-0.411	0.563	-0.375	-0.180	0.829
SHXSN F3	0.662	1.110	2.664	0.550	-0.919	-0.033	0.876	0.290
SHXC F3	-0.893	1.130	-0.790	-0.837	0.623	-0.544	0.873	0.325
BXSN F3	-0.889	1.060	-0.253	-1.121	0.538	0.744	1.115	0.146

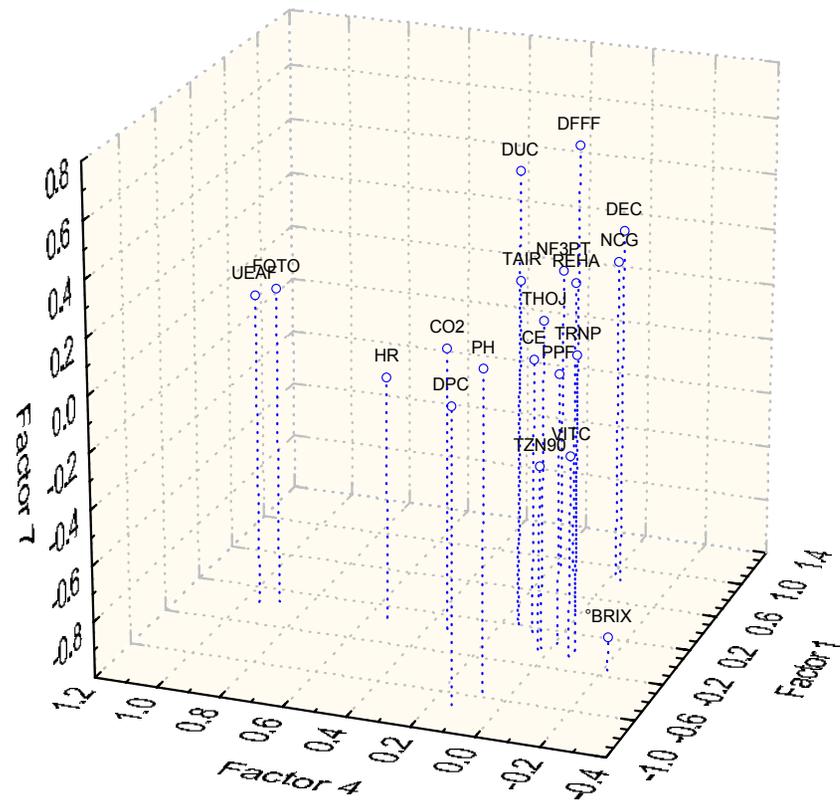


Figura No. 4.1. Comportamiento de los Factores 1, (Características de alto Rendimiento) 4 (Características de Eficiencia Fisiológica) y 7 (Características de Calidad del Fruto) en Análisis Multivariado de 18 Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

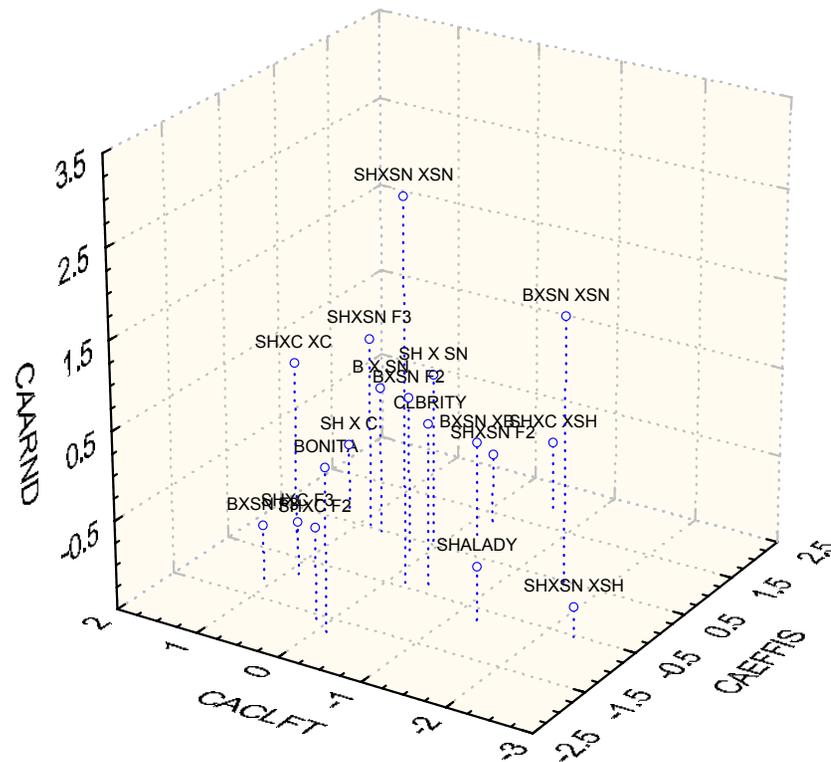


Figura. No 4.2. Comportamiento (Puntuación) de 18 Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en los Factores Principales 1, (Características de alto Rendimiento) 4 (Características de Eficiencia Fisiológica) y 7 (Características de Calidad del Fruto) en Análisis Multivariado.

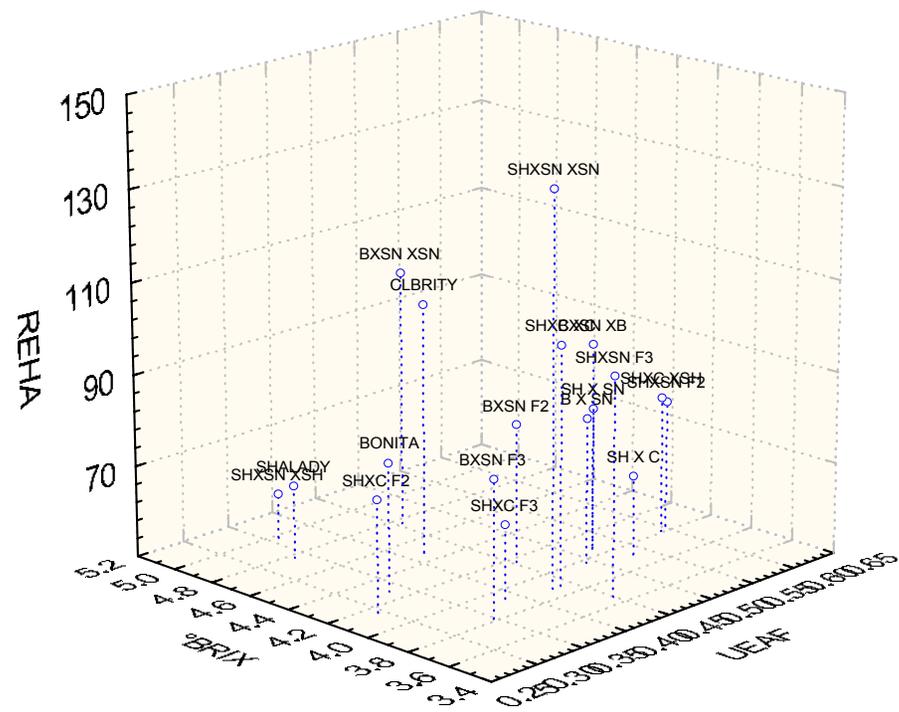


Figura No. 4.3.- Comportamiento de 18 Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Considerando las Variables de Uso Eficiente del Agua Fisiológico, °Brix y Rendimiento por Hectárea.

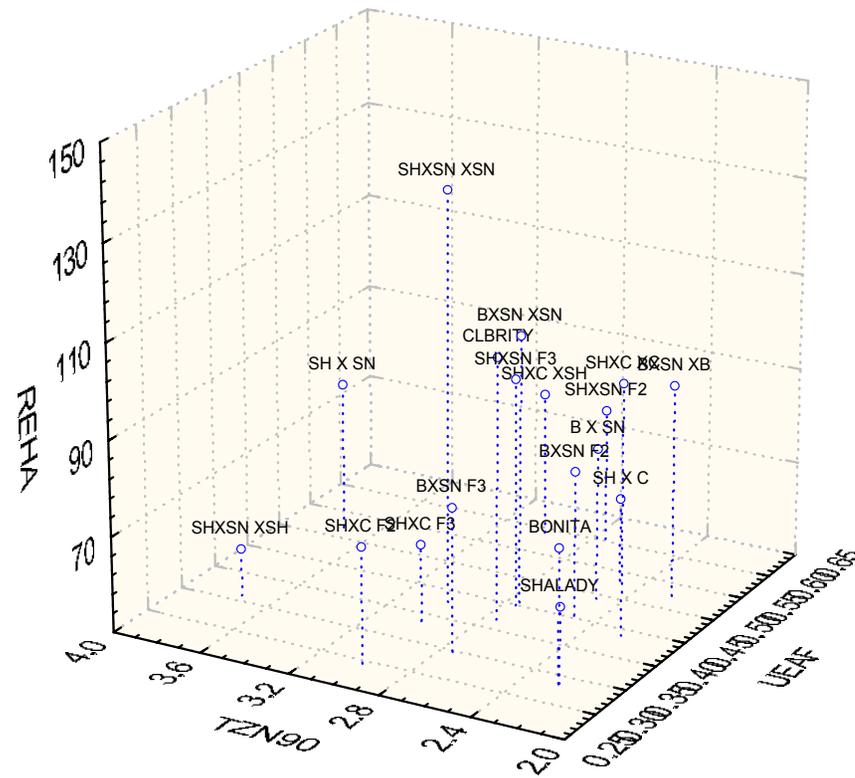


Figura No. 4.4. Comportamiento de 18 Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Considerando las Variables de Uso Eficiente del Agua Fisiológico, Incidencia de Tizón Temprano y Rendimiento por Hectárea.

## V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y de acuerdo a las condiciones en las que se realizó el presente trabajo, se concluye lo siguiente:

Para las Características Asociadas al Alto Rendimiento, los genotipos que Tuvieron mejor Contribución Relativa son el 15 ((Shady Lady x Sunny) x Sunny) y el 13 ((Bonita x Sunny) x Sunny).

Para las Características Asociadas a la Alta Temperatura y Transpiración los mejores genotipos son el 2 (Bonita), 3 (Celebrity), 4 (Bonita x Sunny) F<sub>1</sub>, 6 (Shady Lady x Sunny) F<sub>1</sub> y 5 (Shady Lady x Celebrity) F<sub>1</sub>.

En las Característica Asociadas a la Conductancia Estomática, se encuentran los genotipos, 16 (Shady Lady x Sunny) F<sub>3</sub> y 12 ((Shady Lady x Shady) Lady).

Los genotipos 11 ((Shady Lady x Celebrity) x Shady Lady), 9 (Shady Lady x Sunny) F<sub>2</sub> y 10 ((Bonita x Sunny) x Bonita) son los que tuvieron mayor Contribución Relativa a la Características Asociadas a la Alta Eficiencia Fisiológica.

Para las Características Asociadas a la Tolerancia al Tizón, se tuvo mejor Contribución Relativa de los genotipos 10 ((Bonita x Sunny) x Bonita), 1 (Shady Lady) y 2 (Bonita).

En el caso de Características Asociadas al Peso Promedio de Fruto, los genotipos 2 (Bonita), 14 ((Shady Lady x Celebrity) x Celebrity) y 11 ((Shady Lady x Celebrity) x Celebrity) fueron los que mejor Contribución Relativa mostraron.

Los genotipos 12 ((Shady Lady x Sunny) x Shady Lady), 13 (Bonita x Sunny) x Sunny) y 1 (Shady Lady), tuvieron mejor Contribución Relativa en las Características Asociadas a la Calidad del Fruto.

Y por último los genotipos 7 (Bonita x Sunny) F<sub>2</sub>, 1 (Shady Lady) y 8 (Shady Lady x Celebrity) F<sub>2</sub> fueron de los que se tuvo mayor Contribución Relativa para las Características Asociadas a la Concentración de CO<sub>2</sub>.

Los genotipos que mostraron mayor contribución a los factores deben ser seleccionados, para siguientes trabajos de investigación en la búsqueda de materiales que se adapten a condiciones de Zonas Áridas.

## VII. RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron determinar diferencias genotípicas en características de rendimiento (cualitativas y cuantitativas), fenológicas, agroclimáticas y fisiológicas, así como determinar la asociación entre variables, a través de correlación lineal y seleccionar los mejores genotipos a través de la evaluación conjunta de variables.

El presente trabajo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Para ello se utilizaron 18 genotipos de tomate (progenitores, cruza  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ , y retrocruzas). El trabajo de campo se llevó a cabo del 14 de mayo al 4 de septiembre de 2003.

El diseño experimental fué de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, dieciocho tratamientos (genotipos) y cinco plantas por cada unidad experimental.

Las variables evaluadas fueron Fisiológicas: Fotosíntesis (FOTO), Transpiración (TRNP), Uso Eficiente del Agua Fisiológico (UEAF), Temperatura de la Hoja (THOJ) y Conductancia Estomática (CE). Agroclimáticas: Luz Incidente (DFFF), Temperatura del aire (TAIR) y Concentración de  $CO_2$  ( $CO_2$ ). Fenológicas: Días a Primer Corte (DPC), Días a Último Corte (DUC), Días en Corte (DEC), Número de Cortes por Genotipo (NCG) e Incidencia de Tizón (TZN90). De Rendimiento Cuantitativas: Número de Frutos en 3 Plantas (NF3PT), Peso Promedio de Fruto (PPF) y Rendimiento por Hectárea (REHA). De Rendimiento Cualitativas: Potencial de Iones Hidrógenos (pH), Grados Brix ( $^{\circ}$ BRIX) y Vitamina C (VITC).

Se hicieron Análisis de Varianza , Correlaciones y Análisis Multivariado de Factores Principales.

Para las variables fenológicas, hubo diferencia altamente significativa ( $p \leq 0.01$ ), en la Fuente de Variación (FV) repetición para DUC y diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la misma variable para la FV genotipo. Para variables de rendimiento (cuantitativos) las variables NF3PT y REHA mostraron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ). Con respecto a las variables de rendimiento (cualitativos) solo se tuvo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) para la variable °BRIX en la FV repetición. En las variables agroclimáticas hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) para las variables DFFF, TAIR y CO2 en la FV repetición. Las variable TAIR tuvo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la FV genotipos. Para el caso de variables agroclimáticas, se tuvo diferencia altamente significativa ( $p \leq 0.01$ ) en la variable THOJ para la FV repetición. La variable TRNP se mostró significativa ( $p \leq 0.05$ ) para la FV repetición y altamente significativa ( $p \leq 0.01$ ) para la FV genotipos.

Las correlaciones se dieron de la siguiente manera: DPC y pH mostraron correlación positiva. DUC tuvo correlación positiva con la variable DFFF. Correlaciones positivas entre las variables DEC NCG, RHA, DFF. RHA y NF3PT se correlacionaron positivamente. Correlación positiva entre DFFF, DUC, DEC, NCG, NC3PT, TAIR,. TAIR tuvo correlación positiva con HR, THOJ, TRNP. HR se correlacinó con en forma positiva FOTO, así como FOTO con TRNP y UEAF. Las correlaciones negativas fueron DPC con DEC, NCG, REHA, y CE. DUC presentó correlación negativa con la variable °BRIX. La variable pH tuvo correlación negativa

con las variables NCG y DEC. Se presentó correlación negativa entre las variables TZN90 y VITC, así como CE con pH.

Para el análisis de Factores Principales, las variables que más contribuyeron en el Factor 1, fueron DPC, DEC, NCG, NF3PT y REHA; estas variables están relacionadas con el rendimiento, por lo que denominamos a este primer factor “Características Asociadas al Alto Rendimiento”. En el factor 2 sobresalen las variables de TAIR, THOJ y TRNP por lo que a este factor se le denominó “Características Asociadas a Alta temperatura y Transpiración”. En el factor 3 la variable que más contribuyó fue CE, denominándose a éste “Característica Asociada a la Conductancia Estomática”. Para el factor 4 las variables que tuvieron contribución son FOTO y UEAF, denominándosele a éste como “Características Asociadas a la Eficiencia Fisiológica”. En el factor 5 las variables TZN90 y VITC fueron las que tuvieron mayor contribución, denominándose a este factor como “Características Asociadas a la Tolerancia al Tizón”. La variable que tuvo mayor contribución en el factor 6 fue PPF, denominándose “Características Asociadas al Peso Promedio de Fruto”. Al factor número 7 se le denominó “Características Asociadas a la Calidad del Fruto”; siendo la variable °BRIX la que tuvo mayor contribución en este factor. En el factor número 8, la variable que presentó la mayor contribución fue el CO<sub>2</sub>, denominándose “Características Asociadas al CO<sub>2</sub>”.

En la contribución relativa de los 18 genotipos en los ocho factores principales, para el factor 1 se encontró que los genotipos que tuvieron mayor contribución son el 15 y el 13. En el factor 2 los genotipos que mostraron mejor contribución son 2, 3, y 4. En el factor número 3 se presentan los mejores valores en los genotipos 16 y 12. En el factor 4 los genotipos que tuvieron mayor contribución, son el 11, 9, 10. Para el factor 5

los genotipos que tuvieron mayor contribución son 10, 1, y 3. Para el caso del factor 6, corresponden a los genotipos 3, 14, y 11. En el caso del factor 7 los genotipos que presentaron mayor contribución a son el 12, 13 y el 1. Para el factor 8 los genotipos que tuvieron mayor contribución son el 7, 1 y 8.

## VII. LITERATURA CITADA

- Abdul-Baki, A., and J. R. Stommel. 1995. Pollen viability and fruit set of heat-tolerant and sensitive tomato genotypes under optimum and high temperature regimes. *Hort Science* 30:115-117.
- Adler, P. R., Wilco, G. E. and Markhart, A. H. 1996. Ammonium decrease muskmelon root system hydraulic conductivity. *J. Plant. Nutrition*. 19:10-111 USA.
- Aikman, D. P. and G. Houter. 1990. Influence of radiation and humidity on transpiration: Implication for calcium levels in tomato leaves. *Journal Horticultural Science*. 65(3): 245-253.
- Allen, S. M. and Rudich, 1978. Genetics potential for overcoming physiological limitation on adaptability, yield, and quality in the tomato. *Hort Science* 13(6):673-677.
- Anaya, S. S. 1999. *Hortalizas y Enfermedades*. Editorial. Trillas. 28 p.
- Anderlini, R. 1976. *el cultivo del tomate*. 3ª. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Castello 37, Madrid, España.
- Bar-Tsur, A., J. Rudich and B. Bravdo. 1985. Photosynthesis, transpiration and stomatal resistance to gas exchange in tomato plants under high temperatures. *Journal of Horticultural Science*. 60(3):405-410.
- Beadle, C. L., S. P. Long, S. K. Imbomba, D. O. Hall and R. Olemb, 1985. *Photosynthesis in relation to plant production in terrestrial ecosystems*. Tycooly International, Oxford.
- Beadle, C. L., M. M. Ludlow y J. L. Honeysett. 1988. Relaciones hídricas. En: *Técnicas en Fotosíntesis y bioproductividad* (Ed. Futura) Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.
- Borrego, E. F. 1993. *Apuntes del curso de Fisiotecnia*. Sin Editar. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Broschat, T. K. 1979. Principal Component Analysis in Horticultural Research. *Hort Science*. 14(2): 145-160.

- Bustamante, O. J. D., González, H. V. A, Livera, M. M., y M. E. Zavaleta. 1999. Cambios fisiológicos y microclimáticos inducidos en jitomate por una cubierta flotante. *Agrociencia* (Enero-marzo 1999) v. 33(1)p. 31-39.
- Casseres, B. 1981. Producción de hortalizas. 3. Edición. IICA. San José, Costa Rica.
- Castilla, N., Gallego, A., Cruz, R. G. and Muñoz, C. R. 1996. Greenhouse melon response to plastic mulch. *Acta Horticulturae*. 458:263-267. Spain.
- C.I.P. 1989. Fungal Diseases of the Potato. Report of the Planning Conference on Fungal Diseases of the Potato Held at CIP. First Edition. Lima, September 21-25. Peru.
- CIQA. 1997. Centro de Investigación en Química Aplicada. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura del 3 al 7 de Nov. Saltillo, Coahuila, México.
- Costa, J. 1992. Frida, New tomato parthenocarpic hybrid. *Hort Sci*. 27(2):185-18.
- Dane, F., A. S. Hunter and O.L., Chanbliss. 1991. Fruit set, pollen fertility and combining ability of selected tomato genotypes under high temperature field conditions. *Journal of the American Society of Horticultural Science*. 116(5): 905-910.
- Davies, J. N. and G. E. Hobson. 1981. The constituents of tomato fruit. The influence of environment, nutrition and genotype. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 15:205-280.
- De La Garza, R. H. 2001. Métodos Estadísticos Multivariados Aplicados a Resultados de Investigaciones Agropecuarias, Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- De Prado, J. L. R. 2002. Tipos y especificaciones de calidad en el cultivo del tomate. *Vida Rural* No. 148. 1 de mayo 2002. Edita Eumedia S. A. Madrid.
- Elkind, Y., A. Gurnick and N. Kedar. 1991. Genetics of semideterminate growth habit in tomato. *Hort. Sci*. 26(8):1074-1075.
- Else, M. A, Tiekstra, C. A., Croker, S. J., Davies, W. J., Jackson, M. B. 1996. Stomatal closure in flooded tomato plants involves abscisic and chemically unidentified antitranspirant in xylem sap. *Plant Physiology*. 112:1, 239-247:41 ref.
- Espinosa , C. T., y Cedillo, J. T. 1979. Prueba de adaptación y rendimiento de ocho variedades de tomate, por el sistema de piso en dos fechas de siembra en el

- campo Experimental Agropecuario, en Marín, N. L., UANL, Monterrey, N. L. México.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2002. New York, USA.
- Fernández, B. J. M. 1992. Apuntes de Introducción a la Fisiología Vegetal. Curso de Maestría. UAAAN. Sin Editar.
- Fernández, T. S. Plásticos ( una opción para la agricultura) Ciencia y Desarrollo. Número 47. CONACYT, México.
- Fisher, R. A., K. D. Drees, M. Sayde, A. G. Lu, A. Condon and A. Larque-Saavedra. 1988. Wheat Yield Progress associated with Higher Stomatal Conductance and Photosynthetic rate, and Cooler Canopies. *Crop Sci.* 38:1467-1475.
- Folquer, F. 1976. El Tomate. Estudio de la planta y su producción comercial. Editorial Hemisferio Sur. S. R. L. Buenos Aires, Argentina.
- Foolad, M. R. 1996. Response to selection for salt tolerance during germination in tomato seed derived from PI174263. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 121:6, 1006-1011; 39 ref.
- Foolad, M. R. 1997. Genetic basis of physiological traits related to salt tolerance in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Plant Breeding.* 116:1, 53-58; 26 ref.
- Garza, V. M. C. 1980. Selección y Evaluación de la progenie de la cruce de 3 líneas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) resistentes a altas temperaturas, con la variedad Pole-Boy 83. Tesis de Licenciatura. ITESM. Monterrey, Nuevo León.
- GIIEZAP-UAAAN. 1991. Diagnóstico del Grupo Interdisciplinario de Investigación en Especies de Zonas Áridas con Potencial. Dirección de Investigación. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Givinish, T. J. 1986. On the economy of plant form and function. 6: Optimal stomatal conductance, allocation of energy between leaves and root, and the marginal cost of transpiration. Cambridge University Press. New York.
- Guerra, H. M. 1997. Evaluación de Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), Considerando Criterios Fisiológicos, Fenológicos y de Rendimiento, Bajo Condiciones de Alta Temperatura en Invernadero. Tesis de Maestría en Fitomejoramiento. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Gull, D. O. 1989. Stability differences among fresh market tomato genotypes: II Fruit Quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(6): 950-950.

- Hernández, B. 1992. Análisis de las variaciones técnicas y de mercadeo a considerar en la exportación de melón en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Hernández, P. J. S. 2000. Las Substancias Húmicas en el Tomate. Monografía de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Hewitt, J. D., D. Dinar, and M. A. Stevens. 1982. Sink strength of fruits of two tomato genotypes differing in total fruit solids content. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 107:896-900.
- Ho, L. C. 1979. Regulation of assimilate translocation between leaves and fruits in the tomato. *Annals of Botany* 5b:249-257.
- Hochmuth, G. 1995. Maneje mejor el Nitrógeno con acolchados plásticos. *Revista: Productores de Hortalizas*.
- Ibarra, J. L. y P. A. Rodríguez. 1991. Acolchado de suelos con películas plásticas. Primera Edición. Editorial Limusa, México.
- INIFAP. 2002. El cultivo de Jitomate con fertirrigación en el Altiplano de San Luis Potosí. Folleto para productores. Número 32.
- Jasso, I, y I. Rojas. 1982. Manual de Relaciones Agua-Suelo-Planta. Departamento de Riego y Drenaje. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 152 p.
- Kitano, M., M. Hamakoga, and H. Eguch. 1993. Control of evaporative demand on transpiring plants II. Control Algorithm and Performance. *Horticultural Abstracts*. 63(9):865.
- Klimov, S. V., Astakhova, N.V., and T. V. Tronova. 1997. Relationship between plant cold tolerance, photosynthesis and ultrastructural modifications of cell and chloroplasts. *Russian Journal of Plant Physiology*. 44:6, 759-765; translated from *Fiziologiya Rastenii* . 44(6) 879-886 (Ru); 30 ref.
- Kasperbauer, M. J., Hunt, P. G. 1998. Far-red light affects photosynthate allocation and yield of tomato over red mulch. *Crop-science* 38(4)p. 970-974.
- León, G. M. H. y M. Arozamena D. 1980. El cultivo de tomate para consumo en fresco en el Valle de Culiacán. SARH. INIA. CIAPAN. CAEVACU. México. Pp11-12.
- López, E. J., Flores, A. J. y S. Garza. 1998. In: Asociación Nacional de Especialistas en Irrigación, A. C. VII Congreso Nacional de Irrigación Región Norte 2-4 sept. Pp. 114-115.

- López, G. M. 2001. Comparación de tres relaciones de N-K en Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con acolchado y fertirrigación. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- López, M. O. G. 2003. Selección Preliminar de Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Tolerantes al Tizón Temprano y de Alta Eficiencia Fisiotécnica. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Loyo, T. S. 2000. Evaluación de Parámetros Fisiotécnicos en Genotipos de Melón (*Cucumis melo* L.) en una Localidad de Ramos Arizpe. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Lurie, S., Handros, A., Fallik, E., and R. Shapira. 1996. Reversible inhibition of tomato fruit gene expression at temperature. Effects on tomato fruit ripening. *Plant Physiology*. 110:4, 1214; 36 ref.
- Manly, B. F. J. 1986. *Multivariate Statistical Methods*. Chapman and Hall. United States of America.
- Marmor, M. S, and C. E. Martin. 1998. Effects of exposure in space on tomato seeds: Photosynthesis, biomass, and water relations of well-watered and Drought-stressed plants. *Photosynthetica*. 35:4, 589-596: 18 ref.
- Martínez, B. E. 2003. Análisis de la acumulación de azúcares en pericarpios de dos genotipos silvestres de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Departamento de Bioquímica, Facultad de Química. UNAM. México.
- Mata, V. 1998. Necesidades nutricionales del Chile Serrano (*Capsicum annum* L.) con acolchado plástico y fertirriego. Informe de avance de Tesis Doctoral. C. P. Montecillo, México In. *Memorias 3er. Simposium Internacional de Fertirrigación*, León, Guanajuato, México. Pp. 113-114.
- Mendoza, Z. C. y Pinto, C. B. 1983. *Principios de Fitopatología y Enfermedades Causadas por Hongos*. U. A. CH. Departamento de Parasitología Agrícola. Chapingo, Edo. de México. 311 p.
- Mohamed, M. F. 1997. Field performance and analysis for genetic constitution of advanced tomato breeding lines tolerant to heat-stress. *Assiut Journal of Agricultural Science* 28(2): 27-37.
- Nuez, F. 1995. *El cultivo del tomate*: Ediciones Mundi-Prensa.

- Osuna, G. J. A. 1983. Resultados de la investigación sobre tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), bajo el sistema de acolchado de en condiciones de invernadero. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Palmer, A. F. E. y R. Goldsworthy. 1971. Programa de Agronomía y Fisiología del CIMMYT. Cuarta conferencia sobre mejoramiento de maíz en las zona árida. ICA-CIAT Palmira, Colombia Nov-2-5.
- Pantástico, E. R. B. 1984. Fisiología de la post-recolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. 2ª. Ed. CECSA. México.
- Papadopoulos, A. P. and P.O. Douglas. Plant spacing effects on photosynthesis, and transpiration of the greenhouse tomato. *Can. J. Plant Sci.* 68:1209-1218.
- Peet, M. M. and Bartholomeuw. 1996. Effect of high temperature on pollen characteristic, growth and fruit set in tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121(3): 514-519.
- Pierce, L. C. 1992. "Super Hybrid Newida an Gold Dust" tomatoes. *Hort Sci.* 27(8) 935-937.
- Pratta, G., L.A. Picardi y R. Zorzoli. 2000. Interacciones genéticas entre germoplasma silvestre y cultivado de *Lycopersicon* spp. con efectos sobre la calidad del fruto de tomate. *Plant Genetics Resources Newsletter* 124: 7-12.
- Quiroga, Ch., O. A. 1992. Análisis de senderos para características relacionadas a sequía en 12 genotipos de maíz (*Zea mays* L.) Tesis de Maestría en Ciencias en Fitomejoramiento. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Rahman, S. M. L., E. Nawta, and T. Sakuratini. 1995. Effects of temperature and water stress on growth, yield and physiological characteristics of heat tolerant tomato. *Japanese Journal of Tropical Agriculture.* 42(1) 46-53.
- Ramírez, M. R. 1998. Evaluación Fisiotécnica de Genotipos Sobresalientes de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), bajo Condiciones de Suelo Acolchado y sin Acolchado, en una Localidad de Altas Temperaturas. Tesis de Licenciatura . UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Ramos, D. F. 2000. Formación y Evaluación de híbridos en Cultigenes de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para Explotación Intensiva y Sustentable. Tesis de Maestría en Fitomejoramiento. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Rencher, A. C. 1995. *Methods of Multivariate Analysis.* John Wiley & Sons, Inc. United States of America.

- Robledo, P. F. y J. Martín. 1988. Aplicaciones de los plásticos en la Agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España.
- Russildi, G. M. C. 1981. Diferentes vías fotosintéticas de las plantas y sus aplicaciones en la alimentación de los herbívoros. Facultad de Agronomía. UANL, Monterrey Nuevo León, México.
- Santiago, N. J. 1995. Evaluación de genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en condiciones de Invernadero, Considerando Criterios Fenológicos y Fisiológicos. UAAAN. Tesis de Licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Saralabi. V. C., Vivekanandan, M., and R. S. Babu. 1997. Plant responses to high CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere. *Photosynthetica*. 33:1, 7-37, 10 pp. of ref.
- Schuler, J., Vanderveer, P. J., and T. D. Sharkey. 1998. Export of carbon from chloroplasts at night. *Plant Physiology*. 118:4, 1439-1445, 48 ref.
- Scott, J. W., S. Olson, H. H. Bryan, T. K. Howe, P. J. Stoffella, and J. A. Batz. 1989. Solarset a heat, fresh market tomato hybrid. Circular Agricultural Experimental Station. University of Florida. No. 5-359, 10 pp.
- SIAP. 2002. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. (siap.sagarpa.gob.mx).
- SIAP. 2003. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Avance de Siembras y Cosechas, año agrícola 2003. Situación al 31 de agosto.
- Slack, G., J. S. Fenlon, and D. W. Hand. 1988. The effects of summer CO<sub>2</sub> enrichment and ventilation temperatures on the yield, quality and value of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 63(1): 119-129.
- Stanhill, G. 1986. Water use efficiency. *Adv. Agron.* 39:53-85.
- Tarantino, E., Rivelli, A. R., Perniola, M., and I. Nardiello. 1997. Water use efficiency of some herbaceous crops under different irrigation regimes. Evaluation at field level (basilicata). *Irrigazione e Drenaggio (Italy)*. (Jan-Mar 1997). v. 44(1) p. 8-16.
- Teasdale, J. R., and A. A. Abdul-Baki. 1997. Growth analysis of tomatoes in black polyethylene and hairy vetch production systems. *Hort. Sci.* 32(4)p. 659-663.
- Tiscornia, J. R. 1979. Hortalizas de Fruto: Tomate, Pimientos y otros. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina.
- Tong, B. L., A. Schwartz, and Y. Saragua. 1999. Photosynthesis and productivity of cotton under silverleaf whitefly stress. *Crop. Sci.* 39:174-184.

- Torres, R. E. 1986. Agrometeorología. Editorial Diana. 60-65 p.
- Toovey, F. W. 1976. Producción comercial de tomate en invernadero. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Valadez, A. L. 1994. Producción de Hortalizas, Uteha. Noriega Editores. México.
- Van Haeff, J. N. H. 1990. Tomates. Manual para la producción agropecuaria. Producción vegetal. Trillas.
- Walker, J. Ch. 1973. Patología Vegetal. Ediciones Omega, S.A. Barcelona España.
- Well, G. and F. Buitelan. 1989. Factor affecting soluble solids contents of Muskmelon (*Cucumis melo* L.). Hort. Abstracts. 59(2):129.
- William, L. 1974. Vegetable Gardening, Growing Tomatoes. Cooperative Extension, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.
- Wilson, D. 1979. Breeding for Morphological and Physiological traits. Plant Breeding II. Iowa State University Press. Ames, Iowa.

