

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

MAESTRIA EN CIENCIAS

ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO
DEL TOMATE DE CASCARA
(Physalis ixocarpa Brot.) //

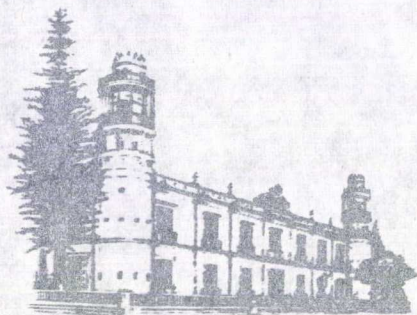


DIRECCION ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALISTA EN
HORTICULTURA
PRESENTA

JOSE FRANCISCO SANTIAGUILLO HERNANDEZ.

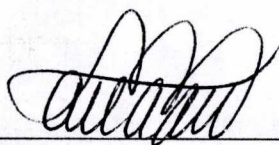
Dx 72227
-118288



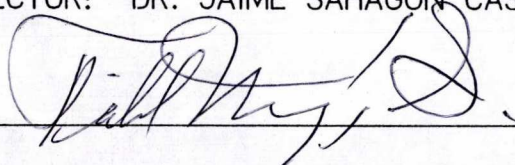
MARZO DE 1995.



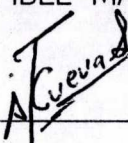
ESTA TESIS FUE DIRIGIDA POR EL DR. JAIME SAHAGUN CASTELLANOS Y
ASESORADA POR LOS C.C. DR. FIDEL MARQUEZ SANCHEZ, MC. JESUS
A. CUEVAS SANCHEZ Y AURELIANO PEÑA LOMELI. FUE REVISADA Y APROBADA
POR EL JURADO SIGUIENTE:



DIRECTOR: DR. JAIME SAHAGUN CASTELLANOS



ASESOR: DR. FIDEL MARQUEZ SANCHEZ

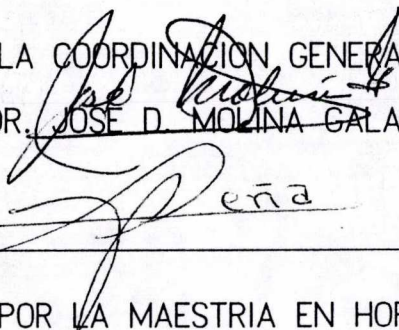


ASESOR: MC. JESUS A. CUEVAS SANCHEZ

A-28205

REPRESENTANTE POR LA COORDINACION GENERAL DE POSTGRADO:

DR. JOSE D. MOLINA GALAN



REPRESENTANTE POR LA MAESTRIA EN HORTICULTURA:

MC. AURELIANO PEÑA LOMELI

PARA QUE EL ING. JOSE FRANCISCO SANTIAGUILLO HERNANDEZ
OBTUVIERA EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DEDICATORIA

A MIS PADRES CON CARIÑO:

ERASMO SANTIAGUILLO V.

Y

ELIA HERNANDEZ S.

A MIS HERMANOS, POR SU GRAN APOYO:

MARICELA Y FAUSTINO

SANTIAGO Y ROCIO

ESTEBAN

CARLOS E.

A MIS ABUELITOS, POR CONTAR CON SU CONSEJO

EMITERIO S.

MARÍA DEL CARMEN S.

ESPECIALMENTE PARA LOS PEQUEÑOS:

MANUEL, FAUSTINO,

XOCHITL M., DIEGO U.,

ERIC S. M.

JOSE FRANCISCO

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jaime Sahagún Castellanos, por su alta calidad de Maestro y gran paciencia en la dirección y revisión del presente trabajo.

Al MC. Jesús A. Cuevas Sánchez y al Dr. Fidel Márquez Sáchez, por sus reflexiones y sugerencias en torno a la presente investigación.

Al Dr. José D. Molina Galán, por su gran disponibilidad y dedicación en la revisión de este trabajo

Al MC. Aureliano Peña Lomelí, porque sus consejos y comentarios fueron fundamentales en la realización de esta tesis.

Al MC. Alejo Palacios Alvarez, MC. Salvador Montes, MC. Blas Cruz Lagunas, Ing. Adelmo C., Sr. Gabriel y Sr. Francisco Soto, por su amplia colaboración en la fase de campo.

A mis compañeros de grupo, por su amplio apoyo y sincera amistad: Nora, H. C. P., Domingo M. H., Leobardo O. O., Luis A. V. A., Cuautemoc T. C., Felipe R. M. y Angel Alderete Chavez

A los directivos del Departamento de Fitotecnia, especialmente a la Sra. Isabel Monroy. A los Maestros de este departamento, en especial al Dr. Agustín López H., Alfonso Gómez, H. y Alejandro Manzo. A las secretarias y choferes de fitotecnia, de manera especial a Paty, Lulú, Chelito y Alejandra; así como a Magdaleno, Mario, Paoli y Jesús.

A las personas que mucho me apoyaron: Berta V. E., Mary, Vero, Samuel, Rocío, Edson, Salvador, Nelson, Agustín, Mauro, Fidel, Bety, Angel Ramón, Eudocio, Silvestre, Tere, Matilde, Eva y a aquéllas que de momento olvido.

CONTENIDO

PAG.

R E S U M E N	1
I. INTRODUCCIÓN.....	6
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	9
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
3.1. Aspectos generales del tomate de cáscara (<i>Physalis</i> <i>ixocarpa</i> , Brot.).....	10
3.1.1. Importancia del tomate de cáscara.....	11
3.1.2. Genotecnia y mejoramiento del tomate de cáscara.	12
3.2. Adaptación y adaptabilidad.....	15
3.3 Interacción genotipo-ambiente.....	17
3.3.1. El ambiente.....	17
3.3.2. El genotipo.....	20
3.3.3. Interacción genotipo-ambiente.....	21
3.3.3.1. La interacción genotipo-ambiente en Genotecnia Vegetal.....	23
3.3.3.2. Métodos para estimar la interacción genotipo-ambiente	25
3.3.3.3. Estudios relacionados con la interacción genotipo-ambiente	29
3.4. Estabilidad genética.....	30

3.4.1. Estabilidad genética y variedad estable.....	30
3.4.2. Clasificación de estabilidad.....	33
3.4.3. Estudios encaminados a la estimación de la estabilidad genética.....	36
3.4.4. Estudios relacionados con la estabilidad genética	39
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
4.1. Ambientes de evaluación.....	41
4.2. Material genético vegetal.....	41
4.3. Diseño experimental.....	44
4.4. Variables evaluadas.	44
4.5. Análisis estadístico.....	46
4.5.1. Análisis de varianza conjunto.....	46
4.5.2. Análisis de estabilidad.....	47
4.5.3. Análisis por ambiente.....	50
4.6. Manejo del cultivo.....	51
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
5.1. Análisis conjunto.....	52
5.1.1. Factor ambiente.....	52
5.1.2. Factor variedades.....	54
5.1.3. Interacción genotipo-ambiente.....	55
5.2. Análisis de estabilidad.....	57
5.2.1. Análisis de estabilidad con base en el uso de medidas de dispersión (Lin et. al., 1986).	57
5.2.2. Análisis de estabilidad con base en el modelo de Eberhart y Russell (1966).....	63

5.3. Análisis por ambiente de prueba.....	72
5.3.1. Localidad de prueba Chapingo, México.....	72
5.3.2. Localidad de prueba Cuautla, Morelos.....	77
5.3.3. Localidad de prueba Iguala, Guerrero.....	80
5.3.4. Localidad de prueba Tetitlán, Nayarit.....	83
5.3.5. Localidad de prueba Celaya, Guanajuato.....	87
VI. CONCLUSIONES.....	90
VII. RECOMENDACIONES.....	94
VIII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	95

RESUMEN

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.) es una especie hortícola de origen mexicano que en los últimos años ha cobrado mayor importancia no sólo en México sino también en algunas Entidades de los Estados Unidos de Norteamérica y en diversos países de Europa.

En el presente trabajo se evaluaron 12 variedades de tomate de cáscara, integradas por tres variedades mejoradas, tres criollos de uso comercial y seis criollos prominentes en rendimiento detectados en una evaluación previa realizada por Santiaguillo y López (1992). Los objetivos que se plantearon fueron 1) Estudiar la estabilidad y el comportamiento relativo de estos 12 materiales de tomate de cáscara en diferentes ambientes y 2) Determinar si existe algún material sobresaliente en rendimiento y estabilidad que amerite evaluación adicional que determine la conveniencia de ser liberado como variedad. Ambos bajo las hipótesis de que: 1) Las variedades a evaluar responden de manera diferencial a los cambios de ambiente y 2) Al menos uno de las variedades a evaluar presentará características sobresalientes, como alto rendimiento y estabilidad en su comportamiento a través de los ambientes.

La investigación se realizó en cinco ambientes usando un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro

repeticiones. La unidad experimental se integró de 4 surcos de 6.3 m de longitud en Chapingo, México e Iguala, Guerrero; de 2 en Cuautla, Morelos y Celaya, Guanajuato; mientras que en Tetitlán, Nayarit fue de solo un surco. La diferencia en la unidad experimental se debió a la disponibilidad de material vegetal y terreno en su momento. Las variables respuesta estudiadas fueron rendimiento en el primer corte y rendimiento total; las cuales indican, de manera respectiva, la precocidad de una variedad y su potencial de rendimiento. Adicionalmente, también se hizo un estudio del número y volumen de frutos por kilogramo en los sitios de prueba Chapingo y Cuautla. Con la idea de generar información concerniente a la asociación del rendimiento promedio con la variabilidad del rendimiento en los sitios de prueba se realizó un análisis de correlación entre ambos aspectos. En el mismo tenor, con el objeto de obtener información en relación a la óptima localidad para la evaluación y selección de materiales, según los criterios de Hamblin *et al.* (1980) citados por Sahagún (1992), se correlacionó el rendimiento medio de las variedades en cada localidad de prueba con el rendimiento medio de las mismas en todas las localidades.

El análisis estadístico comprendió tres grandes fases. La primera fue el análisis conjunto, en donde a los ambientes de prueba y a la interacción variedades $\times$ ambiente fueron incluidos como fuentes de variación en el modelo que representó la situación experimental. La segunda fase consistió en el análisis de

estabilidad para el rendimiento total. La estabilidad se conceptuó de acuerdo con dos vertientes: 1) un criterio de medidas de dispersión descritos por Lin et. al. (1986) y 2) el de Eberhart y Russell (1966). Este último considera la estimación de dos parámetros de estabilidad: coeficiente de regresión (β^1) y desviaciones de regresión (Sd_1^2). La estimación de β^1 y Sd_1^2 se realizó con el programa computacional PARAM dado a conocer por Ortega y Magaña (1992). Con base en los valores que tomaron los parámetros de estabilidad, se clasificó a las variedades según las categorías propuestas por Carballo (1970). El análisis por ambiente fue la última fase en relación al tópico señalado.

Del análisis de los resultados obtenidos se concluyó que los doce materiales de tomate de cáscara mostraron cambios diferentes en el rendimiento de las variedades al pasar de un ambiente a otro. La variedad más estable por presentar una menor variación de su rendimiento a través de las localidades, según la varianza, desviación estandar, amplitud y coeficiente de variación fue el Criollo 4 originario del Estado de Michoacán. Sin embargo, entre los máximos rendimientos de las variedades, el Criollo 4 fue el inferior. En este enfoque destacan los Mejorados 1y 2, en virtud de que no obstante la variación de su rendimiento, el menor valor registrado de este último es prácticamente igual al máximo rendimiento del Criollo 4. Según el modelo de Eberhart y Russell, todos los materiales evaluados resultaron ser estables; ya que los valores de sus coeficientes de regresión y desviaciones de

regresión no difieren significativamente de los ideales (uno y cero, respectivamente).

Toda vez que fue positiva y significativa ($\alpha=0.01$) la correlación entre el rendimiento medio de las variedades y la varianza, desviación estandar y amplitud de su rendimiento a través de las localidades de prueba, a medida que se incrementa el rendimiento medio tambien se incrementa la variación del rendimiento a través de los sitios de evaluación; lo que significa la existencia de cierta dificultad al pretender obtener un material estable y rendidor. En relación a los criterios de Hamblin et al. (1980) citados por Sahagún (1992) las localidades en las que se pudiera realizar la evaluación y selección de variedades son Tetitlán, Nay.; Iguala, Gro y Chapingo, Méx; toda vez que fue positiva y significativa la correlación entre el rendimiento medio de las variedades en una localidad y el rendimiento medio de las variedades en todas las localidades.

Los resultados de la clasificación de las variedades de tomate de cáscara evaluadas, con base en los valores que tomaron sus parámetros de estabilidad, indicaron que los Mejorados 1, 2 y 3, Rendidora y los Criollos 1, 2 y 3 fueron catagorizados según el criterio de Carballo (1970) como variedades de respuesta buena en ambientes favorables y consistentes; mientras que Salamanca, Tamazula y los Criollos 4, 5 y 6 clasificaron como variedades de respuesta buena en ambientes desfavorables y consistentes.

Por su rendimiento siempre ubicado en el grupo superior ($\alpha=0.05$) y su comportamiento estable, según el criterio de Eberhart y Russell (1966), los materiales Mejorado 1, Mejorado 2 y Rendidora, ameritarían evaluaciones adicionales con el fin de estimar con mayor precisión sus valores genotípicos. La característica volumen de frutos por kilogramo presentó poca variación en las localidades en que se cuantificó; no obstante, el número de frutos por kilogramo sí mostró diferencias significativas, en donde los materiales originarios del Estado de Jalisco presentaron el máximo valor.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.), especie mexicana cuyo uso más difundido es el alimenticio, se encuentra distribuido en la mayoría de las entidades federativas de México, en forma silvestre, cultivada y domesticada. En 1990 se sembraron 23579 ha de tomate de cáscara, ubicándola en el séptimo lugar respecto de las demás hortalizas (SARH, 1992). Para 1993, las 34 283 ha cultivadas ubicaron a esta hortaliza en el quinto sitio.

Peña y Márquez (1990) mencionan que en el tomate de cáscara se presenta una amplia variabilidad genética susceptible de aprovecharse, incorporándola a un programa de mejoramiento genético. Dada la autoincompatibilidad presente en la especie, la cual imposibilita la obtención de líneas endogámicas por autofecundación para la formación de híbridos, la vía genotécnica utilizada actualmente es la selección.

Actualmente se cuenta con materiales mejorados de tomate de cáscara, obtenidos por selección a partir de la variedad criolla *Rendidora*. Además, producto de una intensa colecta de germoplasma realizada en 11 estados del país, se cuenta con 111 materiales en el Banco de Germoplasma "Ing. Gilberto Palacios de la Rosa" de la Universidad Autónoma Chapingo; parte de los cuales fueron evaluados en Chapingo, Estado de México en 1991, detectándose 10 sobresalientes por su rendimiento (Santiaguillo et. al., 1992 y

López et. al., 1992). Para una mejor determinación del valor de estos materiales superiores resulta pertinente tener un conocimiento más preciso de su comportamiento en diferentes ambientes, en comparación con materiales de uso comercial.

En el mejoramiento genético de una especie, el fitomejorador debe tener perfectamente definidas las características agronómicas y el comportamiento del nuevo material que ha de obtener (Sahagún, 1992).

Antes de liberarse una variedad mejorada por parte del fitomejorador, éste debe previamente tomar decisiones acerca de los ambientes de selección y evaluación. Lo anterior es especialmente importante, ya que el fenotipo de un material está en función de su constitución genética, del ambiente en que se encuentra y de la interacción que se establece entre ambos elementos; como consecuencia de ello, un genotipo puede expresarse en una forma particular ante una condición ambiental dada, pero no necesariamente repite su comportamiento cuando se somete a condiciones ambientales diferentes (Durán, 1989).

Ya que la meta final del fitomejorador es la liberación de cultivares altamente productivos y agronómicamente deseables, es conveniente que el proceso de evaluación considere experimentos de campo, realizados en varios ambientes, con la idea de obtener información relacionada con la estabilidad de su rendimiento.

El concepto de estabilidad ha tenido diferentes connotaciones en el campo del fitomejoramiento; no obstante, como lo puntualiza Durán (1989), el objetivo siempre ha sido obtener genotipos que sean altamente rendidores y que mantengan esa característica aún en condiciones desfavorables.

Considerando que la estabilidad del rendimiento es un caracter que tiene una base genética, es posible identificar genotipos con dicha cualidad a partir de evaluaciones preliminares, realizadas en diferentes localidades e idealmente, durante varios años y con aquellos materiales rendidores que resulten más estables, reforzar el criterio de selección del fitomejorador; puesto que una interacción mínima con el ambiente y un rendimiento promedio elevado, son dos características deseables en una variedad.

Con base en lo planteado anteriormente, la presente investigación se desarrolló bajo los objetivos e hipótesis siguientes.

II. OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1. OBJETIVOS

1. Estudiar la estabilidad del rendimiento y el comportamiento relativo de 12 materiales de tomate de cáscara en diferentes ambientes, y
2. Determinar si existe algún material sobresaliente en rendimiento y estabilidad, que amerite evaluación adicional que determine la conveniencia de ser liberado como variedad.

2.2. HIPÓTESIS

1. Los materiales a evaluar no responden de manera diferencial a los cambios de ambiente, y
2. Ninguno de los materiales a evaluar presentará características sobresalientes (alto rendimiento y estabilidad en su comportamiento a través de los ambientes).

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. ASPECTOS GENERALES DEL TOMATE DE CÁSCARA

Conocer el centro de origen de una especie es de singular importancia en un ámbito etnobotánico y genético; el primero permite conocer las características ambientales bajo las cuales se desarrolla, las formas en que se reproduce en su estadio silvestre y como cultivo, así como la manera en que se aprovecha. Su importancia genética la devela Cárdenas (1981) al señalar que el conocimiento de dicho centro posibilita vincular a las especies bajo cultivo con sus progenitores, disponiendo de esta manera de una fuente de genes útiles para el mejoramiento genético.

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.) es conocido con una diversidad de nombres comunes, entre ellos: tomate, tomate verde, tomate de fresadilla y tomatillo; es una especie cuyo origen más probable es el territorio mexicano, pues en éste se le halla en diversos estados evolutivos. Saray (1982) señala que se le encuentra silvestre en la vertiente del pacífico, en una franja que va desde Guatemala hasta California.

El género *Physalis* se distribuye principalmente en las zonas templadas de América, con unas cuantas especies en el este de Asia, Europa y Africa Tropical (Menzel, 1951). En México se encuentran 70

especies de las 100 que se conocen en el mundo (D'Arcy, 1979) y se les suele hallar en forma silvestre, cultivada o domesticada en la mayoría de las entidades federativas, ocupando una gran diversidad de condiciones naturales (Santiaguillo y López, 1992)

3.1.1. IMPORTANCIA DEL TOMATE DE CÁSCARA

La importancia del tomate se refleja por el hecho de que de una planta maleza pasó a ser una hortaliza de amplio cultivo en el país y con gran potencial en varios Estados de E. U. y algunos países de Europa.

Si bien el uso alimenticio de dicha hortaliza es el más difundido y el de mayor tradición, desde tiempos prehispánicos, también se utiliza con fines medicinales, artesanales y medicinales.

En México, para 1990 el tomate de cáscara ocupaba el séptimo lugar respecto a las demás hortalizas en relación a superficie cultivada; para 1991 se establecieron 25885 ha, de las cuales 19755 fueron en condiciones de riego y 6130 de temporal, obteniéndose un rendimiento promedio de 11.597 ton/ha y 8.281 ton/ha, respectivamente (SARH, 1992). Para el año de 1992 se reporta en el país una superficie sembrada de 25831, siendo el 78.4% (20251.5 ha) de riego y el 21.6% (5579.5 ha) de temporal, con rendimientos promedio de 10.9 y 10.4 ton/ha de manera respectiva (SARH, 1993).

Estadísticas presentadas por la SARH (1992) indican que tan sólo los estados de Puebla, Hidalgo, México, Guanajuato, Jalisco y Michoacán, participaron con el 64.8% de la producción nacional; mientras que el resto de los estados productores de esta especie sólo participó con el 35.2%. Paralelamente durante el periodo 1991-1992 destacan como principales estados exportadores: Sinaloa, Tamaulipas y el Estado de México.

El consumo per cápita de esta hortaliza para 1945-1949 fue de 0.259 kg a nivel nacional, mientras que para el año de 1991 se incrementó a 1.7 kg; sin embargo, dicho consumo tiene una marcada influencia regional, que se manifiesta al comparar el consumo per cápita nacional con el de algunas ciudades del país, tales como Culiacán (0.97 kg) y Texcoco (17.11 kg) (Gómez et al., 1991).

3.1.2.. GENOTECNIA Y MEJORAMIENTO DE TOMATE DE CÁSCARA

El tomate de cáscara es una especie diploide con 12 pares de cromosomas (García, 1975); posee flores hermafroditas, con ovario receptivo y polen viable en la misma flor; sin embargo, su sistema de fecundación es cruzado; toda vez que presenta autoincompatibilidad gametofítica determinada por genes independientes con alelos múltiples de dos loci, la cual se manifiesta al estar presentes uno o más alelos idénticos tanto en el grano de polen como en el estilo; por la razón anterior el tomate es considerada como una especie alógama obligada (Pandey, 1957).

El mejoramiento genético del tomate de cáscara inicia con la labor empírica de los antiguos pobladores del México prehispánico, quienes cultivaban aquellos materiales que reunían el mayor número de cualidades de interés antropocéntrico. Con tal acción seleccionaban hacia caracteres de importancia agronómica, labor de mejoramiento que hecha aún sin el conocimiento de las bases teóricas que lo fundamentaban, rendía resultados exitosos.

La existencia de una amplia base genética, es el punto de partida de todo programa de mejoramiento genético vegetal; al respecto, Peña y Márquez (1990) mencionan que en tomate de cáscara existe una amplia variabilidad genética, la cual es factible de ser aprovechada incorporándola a programas de mejoramiento genético.

La existencia de autoincompatibilidad en las plantas de tomate imposibilita la formación de líneas endogámicas, por lo que en la actualidad la vía genotécnica viable utilizando los métodos clásicos de fitomejoramiento resulta ser la selección, sugiriéndose las estrategias de selección masal visual estratificada, selección familiar de medios hermanos y selección combinada de medios hermanos (Peña y Márquez, 1990).

La producción comercial de tomate se basa fundamentalmente en la utilización de variedades criollas; al respecto Peña y Márquez (1990) señalan que las tres de mayor uso son: "Rendidora", "Salamanca" y "Tamazula". Las dos primeras son producto de una

evaluación de criollos regionales en Morelos (Saray, 1977) y Guanajuato (?), respectivamente; mientras que "Tamazula" es un criollo común en la región occidente del país. Junto con estas tres variedades criollas se siembran diversos materiales regionales, muchos de los cuales fueron agrupados con base en características similares en siete categorías que son: rendidora, manzano, salamanca, tamazula y Arandas, Puebla, milperos cultivados, milperos silvestres y poco adaptados (Ayala, 1991). El INIA (1981) reporta que la utilización de variedades criollas representa un problema en la producción agrícola, en virtud de que de ellas se obtienen muy bajos rendimientos.

Los trabajos iniciados en 1972 en lo que hoy constituye el INIFAP-CIFAP Zacatepec, Morelos aportaron elementos relevantes en el mejoramiento del tomate, a raíz de ellos se liberó el material "Rendidora", variedad criolla sobresaliente en rendimiento durante varias evaluaciones (Saray, 1977). No obstante los buenos resultados obtenidos, la investigación en este cultivo fue abandonada.

Ante la creciente importancia del tomate de cáscara en México, durante los últimos años se han incrementado los trabajos concernientes a su conocimiento, en diferentes instituciones gubernamentales y privadas del país; sin embargo, ante la inexistencia de un programa oficial de mejoramiento en esta hortaliza, Peña y Márquez (1990) iniciaron un programa de esta índole en 1985, obteniendo a la fecha resultados satisfactorios al

liberar una variedad genéticamente mejorada denominada SMF1-Chapingo, la cual presenta características favorables tales como precocidad y alto rendimiento. Idealmente, una variedad de tomate de cáscara debiera ser precoz, de alto rendimiento, resistente al ataque de plagas y enfermedades, estable, de alta calidad nutricional y con características sensoriales agradables, al consumidor.

3.2. ADAPTACIÓN Y ADAPTABILIDAD

Adaptación es el comportamiento de un genotipo o una población genotípica en un ambiente en particular y adaptabilidad es la capacidad de adaptarse a una serie de ambientes. Extrapolando estos conceptos a variedades de plantas cultivadas, la adaptación de una variedad corresponde al rendimiento en un ambiente y la adaptabilidad al comportamiento del rendimiento de la variedad en un rango de ambientes (Márquez, 1991).

En palabras de Margalef (1980), adaptación es la resultante de la respuesta de los organismos a las diversas propiedades del medio, que permite establecer una correspondencia entre las características de los mismos y las del ambiente. Complementariamente es considerada una característica que puede permitirle a la planta hacer un uso mejor de los nutrientes, agua, temperatura, luz disponible o bien puede dar protección contra factores adversos tales como temperaturas extremas, insectos y enfermedades (Wilsie, 1962).

Por otra parte, la adaptabilidad es una propiedad de los genes que puede estimarse (León, 1978) y representa la capacidad que tiene un individuo para ajustarse a un rango de condiciones por medio de modificaciones fenotípicas, homeostasis fisiológica y selección del habitat (Grant, 1963). Livera (1979) considera que la adaptabilidad tiene una base genética que resulta en la estabilización de las interacciones genético-ambientales, por medio de reacciones genéticas y fisiológicas de los organismos y que este carácter ha sido heredado por éstos a través del proceso evolutivo.

Ya considerada la estabilidad como un caracter heredable, pretender hacer mejoramiento hacia éste implica estudiar la transmisión de los parámetros de estabilidad a la progenie, en virtud de la alta correlación de aquella con éstos; y dependiendo de la heredabilidad de estos caracteres se tendrá o no el éxito esperado. En lo referente a la correlación citada, Márquez (1991) muestra en diferentes estudios que existe una correlación positiva entre la media de rendimiento y el coeficiente de regresión, negativa entre aquella y las desviaciones de regresión y negativa entre estas últimas y el coeficiente de regresión; como consecuencia de esto, al ir seleccionando para un mayor rendimiento, de manera indirecta se va incrementando el valor del coeficiente de regresión, obteniéndose por lo tanto respuestas altas en los ambientes muy favorables.

Wright (1976) citado por Zavala et. al. (1992) concluyó que

debido a que la naturaleza de la interacción entre genotipos y ambientes se torna impredecible, se puede reducir la eficiencia en la selección para una amplia adaptabilidad cuando sólo se utiliza un ambiente; por lo contrario, esta eficiencia puede incrementarse si se aumenta el número de ambientes de selección, ya que al tener una mejor representación del medio se tiene una alta precisión al estimar la varianza genética para una adaptación a todos los ambientes.

3.3. INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE

3.3.1. EL AMBIENTE

En un programa de mejoramiento genético vegetal la elección del ambiente que se utilizará para la selección, constituye una decisión clave en el incremento de la productividad, ya que de éste depende la ganancia genética que se logre (Zavala et. al., 1992). Paralelamente con respecto a los enfoques para la elección del mejor ambiente para evaluar los materiales de interés se encuentra una amplia discordancia. Como una respuesta a tal situación Shabana et. al. (1990) citados por Zavala et. al. (1992) y Sahagún (1992) puntualizan que existen dos puntos de vista tendientes a la elección del ambiente óptimo para la evaluación y selección de genotipos, éstos son:

a). Realizar la evaluación y selección en ambientes de condiciones óptimas con el fin de maximizar la heredabilidad y por tanto la ganancia potencial para el fin deseado.

b). Evaluar y seleccionar los materiales en ambientes de condiciones adversas, debido a que la mayor parte de la producción agrícola ocurre bajo dichas condiciones.

Diversos investigadores han apoyado una u otra tendencia y han utilizado diferentes criterios para obtener el ambiente de selección más apropiado a sus objetivos y posibilidades. En relación a ello Zavala et. al. (1992) reportan que la ganancia predicha de la selección indirecta (la cual incorpora tanto la heredabilidad como la correlación genética entre rendimientos en diferentes ambientes) puede utilizarse para identificar el mejor ambiente de selección, basada sobre su eficiencia relativa en dicho ambiente.

Hamblin et. al. (1980), citados por Sahagún (1992), trabajando con trigo, establecieron cuatro requisitos para que una localidad sea considerada ideal en la selección de genotipos de amplia adaptabilidad:

1. El rendimiento de los genotipos seleccionados debe ser consistente con el obtenido en los demás ambientes.
2. Que las diferencias en expresión de los genotipos sean tales que faciliten la selección de aquellos que resulten superiores.

3. Que el rendimiento medio en la localidad asegure una adecuada cantidad de semilla para evaluaciones futuras y/o adicionales.
4. Que el rendimiento medio sea consistente a través de los años para siempre tener un buen abasto de semilla.

Molina (1992) afirma que no es posible precisar todos los factores ecológicos que actúan durante el desarrollo de los individuos de una población; no obstante, citando a Falconer (1960), señala que los factores ambientales pueden tener su origen en causas tanto conocidas como desconocidas; entre las primeras enlista a factores de tipo nutricional y materno, factores climáticos y una técnica experimental deficiente y errores de medición; entre las causas desconocidas y por lo tanto no manejables se encuentran los errores en el desarrollo fisiológico. En esta línea de pensamiento Lin y Binns (1988) plantean que conceptualmente el efecto ambiental depende de dos aspectos que son el suelo y el tiempo atmosférico. El suelo generalmente es persistente año con año, por lo que se le puede considerar como fijo; pero el tiempo atmosférico es más complejo ya que se constituye de un elemento persistente, representado por la zona climática general y una parte no persistente, también llamada impredecible, representada por el tiempo propiamente dicho.

En la discusión del concepto ambiente debe considerarse que no sólo los factores años y localidades conforman el medio en el cual se desarrollan los cultivos, sino que también los aspectos cultu-

rales, sociales y económicos de los agricultores inciden en la formación de tal ambiente (Sahagún, 1992).

3.3.2. EL GENOTIPO

El punto de partida de todo programa de mejoramiento genético vegetal es la existencia de una amplia base de variabilidad genética, de la cual el fitomejorador pueda disponer en el momento en que lo requiera y de la cual sea factible originar nuevas combinaciones genéticas (Peña y Márquez, 1990; Sahagún, 1992).

En el mejoramiento genético de una especie se debe tener claro el tipo de comportamiento que se desea y tal responsabilidad recae en el fitogenetista, pues como lo señala Sahagún (1992), éste debe tener perfectamente definidas las características agronómicas del cultivar que ha de liberar. Para asegurar que los cultivares liberados por el fitomejorador sean altamente productivos y agronómicamente deseables, es conveniente que el proceso de evaluación considere experimentos de campo, realizados en varias localidades y durante varios años. En esta forma de pensar Hildebrand (1984) citado por Sahagún (1992) propone que la evaluación de genotipos se realice por los agricultores, involucrando a éstos en el desarrollo de tecnología y sometiendo a sus condiciones los genotipos a evaluar.

Desde el punto de vista de Bucio (1992), el mejor genotipo es el que tiene la mayor expresión promedio en todos los ambientes y la mayor estabilidad de comportamiento en expresión en todos los ambientes.

3.3.3. INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE

Márquez (1974) señala que la expresión fenotípica de un individuo i en un ambiente j (Y_{ij}) es el resultado de su constitución genética, herencia de sus progenitores, del efecto del ambiente en el que crece y desarrolla y de un efecto adicional debido a la interacción entre ambos componentes (GE_{ij}), de tal forma que es factible expresar al fenotipo como $Y_{ij} = \mu + G_i + E_j + GE_{ij}$. Este último componente es conocido como interacción genotipo-ambiente, interacción genético-ambiental o simplemente interacción GxA. Los efectos genético (G_i) y ambiental (E_j) han sido discutidos previamente.

La interacción genotipo ambiente puede ser el resultado de los cambios que sufren los genotipos ante un rango de ambientes, a la diferencia en escala existente entre ambientes o una combinación de ambos fenómenos (Cornelius et. al., 1993). Es un tipo de acción génica que se da entre los genes de un individuo y el ambiente (Molina, 1992) y se interpreta como la medida en que los valores fenotípicos relativos de los genotipos, cambian cuando se pasa de un

ambiente a otro (Durán, 1989; Sahagún, 1992). En el mismo tenor, Márquez (1985) plantea que al crecer y desarrollar un genotipo, éste ejerce cierta modificación sobre su ambiente, en respuesta a ello "esta modificación actúa en otra forma sobre el genotipo y lo hace cambiar también", de esto se genera una interacción entre el genotipo y el ambiente en que se desarrolla; esta interacción está presente en todo tiempo y espacio, siempre y cuando los genotipos tengan que crecer y desarrollar en una serie de condiciones ambientales.

Baker (1988) citado por Crossa (1992) señala que en el mejoramiento genético el cambio en el orden de comportamiento de los genotipos a través de un rango de ambientes, es la interacción más importante; este tipo de interacción es cualitativa, mientras que la interacción que no muestra cambio de esta índole a través de los ambientes se la llama cuantitativa. Puntualiza también que es importante detectar qué tipo de interacciones se presentan. Cuando ocurre la cualitativa, subgrupos de genotipos deben ser recomendados sólo para ciertos ambientes; en cambio si se presenta la interacción cuantitativa los genotipos con promedio superior pueden ser usados en todos los ambientes.

En general, el estudio de interacciones es complejo, más aún si se tienen diferentes fuentes de variación en un experimento. Como lo mencionan Allard y Bradshaw (1964), si se consideran sólo dos genotipos y dos ambientes, son posibles 6 tipos de interacciones; si

el número de ambientes se incrementa a tres se tendrían 60 tipos de interacción; en general si hay m genotipos y n ambientes el número de posibles tipos de interacción estará dado por la fórmula $(m.n)!/m!n!$.

3.3.3.1. La Interacción Genotipo-Ambiente en genotecnia vegetal

La importancia que tiene la interacción GxA en la genotecnia vegetal ha sido reconocida por diversos autores (v. g. Eberhart y Russell, 1966; Allard y Bradshaw, 1964), quienes la señalan como un aspecto fundamental en el desarrollo de variedades mejoradas, al dificultar la detección de la superioridad de un material sobre otros evaluados en diferentes localidades y/o durante varios años; y, sobre todo porque la selección de los genotipos se ve afectada por una reducción de la heredabilidad al incrementar la varianza fenotípica con la varianza de interacción GxA (Márquez, 1992).

No obstante el problema que representa la concepción estadística de la interacción genético-ambiental en la genotecnia, "en un sentido estricto es la interacción entre genotipos y ambientes lo que hace posible la expresión de los genes" dicha interacción influye en la intensidad con que se expresa un determinado carácter en un individuo (Sahagún, 1992).

Lo anterior significa que diferentes genotipos no presentan necesariamente una misma respuesta ante las mismas condiciones

ambientales y que dicha respuesta varía cuando se someten a condiciones diferentes; esto es, la superioridad de un genotipo en un ambiente particular no necesariamente se mantendrá al cambiar de ambiente (Durán, 1989).

Por lo tanto, señalar qué genotipo mostrará la máxima expresión promedio en el carácter de interés dependerá de dos factores: a) Las condiciones ambientales particulares en las cuales el genotipo puede expresarse en forma completa o máxima y b) La frecuencia con la cual tales condiciones se presentan en la naturaleza o en el área bajo estudio (Bucio, 1992).

Márquez (1992) detalla diez casos en los cuales se presenta interacción GxA:

1. En la selección de genotipos individuales.
2. En la selección de genotipos familiares.
3. En la evaluación de poblaciones mejoradas.
4. En la validación de poblaciones mejoradas.
5. En los estudios de competencia interindividual e interfamiliar.
6. En la producción de semillas mejoradas.
7. En las observaciones y evaluaciones primarias de germoplasma introducido.
8. En la investigación sobre cultivos asociados interespecíficos.
9. En la descripción varietal y
10. En la resistencia genética a factores adversos.

Complementariamente, Sahagún (1992) menciona que la interacción genotipo-ambiente actúa sobre todo en caracteres cuantitativos dentro de los cuales se encuentra el rendimiento, por ello una evaluación genotípica de éste implica la realización de experimentos que usen repeticiones en varios ambientes y de una adecuada interpretación de los resultados obtenidos.

Como consecuencia de que la interacción GxA enmascara el verdadero comportamiento de los genotipos, haciendo difícil la detección de líneas o materiales superiores, normalmente se realizan evaluaciones en sitios y en años; lo cual contribuye en costos tanto económicos como de tiempo, no sólo para el fitomejorador, sino también para los productores, procesadores y consumidores (Knauff y Gorbe, 1993). Ante la presencia de la interacción genotipo-ambiente, Márquez (1992) sugiere una regionalización de ambientes e impulsar programas de mejoramiento genético regionales e idealmente, un programa para cada agricultor. Tal idea bien pudiera parecer poco posible de llevarse a la práctica; sin embargo, como lo describe Sahagún (1992) es factible si se concertaran compromisos con los agricultores y se les involucra en el desarrollo de una tecnología para sus condiciones particulares.

3.3.3.2. Métodos para estudiar la interacción genético-ambiental

La interacción GxA es un fenómeno que siempre ha existido en la vida de cualquier individuo; no obstante, como lo señala Hill (1975)

citado por Cruz y Salazar (1992), recién fue reconocida a principios de siglo. Años más tarde Fisher y Mackenzie (1923) citados por Martínez (1992) reconocerían su influencia en el mejoramiento genético.

Para tener suficientes elementos en un estudio sobre interacción genotipo ambiente, es necesario realizar experimentos en varias localidades y durante varios años; de manera complementaria Liang et. al. (1966) citados por Durán (1989) puntualizan que es necesario que el experimento diseñado para un ambiente se repita en el resto de los ambientes de evaluación. En otras palabras, se requiere de experimentos que tengan repeticiones en varios ambientes y adicionalmente de una adecuada aplicación de los resultados que se obtengan (Sahagún, 1992).

Con el devenir de los años muchos investigadores aportaron elementos encaminados a un mayor entendimiento de la interacción genético- ambiental. Yates y Cochran (1938) propusieron un método para el análisis de la interacción $G \times A$; a partir de experimentos con arreglos factoriales establecidos en diferentes lugares, años y variedades. En el mismo tenor, Plaisted y Peterson (1959) sugirieron un método en donde era necesario realizar un análisis de varianza combinado sobre todas las localidades para cada par de variedades.

No obstante el gran número de investigaciones en torno a la interacción genético-ambiental, los trabajos de Eberhart y Russell

(1966) y de Bucio (1966) se consideran clásicos en el tópico. Los primeros investigadores propusieron un modelo estadístico para el cálculo de dos parámetros de estabilidad, argumentando su planteamiento de manera estadística; por su parte el segundo investigador además del fundamento estadístico presenta una explicación genética del fenómeno.

Allard y Bradshaw (1964) señalan que una vez detectada la significancia de la interacción $G \times A$ se pueden utilizar algunos métodos para intentar reducir su efecto. Al respecto, Durán (1989), realizando una revisión sobre la importancia que tiene la interacción $G \times A$ en la genotecnia vegetal, presenta una detallada explicación sobre algunas metodologías utilizadas en el estudio de tal interacción; en su obra se muestran el análisis de varianza, la regresión lineal, medidas de ambiente y uso de variables ambientales, el análisis de grupos y el uso de componentes principales; también se señalan otras metodologías de menor uso que son las gráficas sobrepuestas, el concepto de dominancia estocástica y el principio de causa-efecto.

Lin y Butler (1990) encontraron que cuando la interacción entre dos factores es significativa, en datos clasificados, es importante investigar la estructura de dicha interacción a través de la estratificación de los datos; con este objeto los mismos autores propusieron cuatro métodos de agrupamiento basados en diferentes especificaciones del modelo utilizado en el análisis, pero todos

dependientes de los cuadrados medios de algunas fuentes de variación en el análisis de varianza. Dos de estos modelos se desarrollaron originalmente para investigar la interacción GxA y los autores los han utilizado exitosamente en la obtención de resultados tales como interpretación de datos (i. e. interacción de cuatro factores), agrupación de genotipos con respuesta similar a los ambientes y en la agrupación de localidades con efectos ambientales similares.

Recientemente se ha desarrollado el modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Model) popularizado en la literatura mundial como modelo AMMI. Su uso fue ilustrado por Zobel *et. al.* (1988) citados por Cornelius (1993). En este método, la matriz de residuales de medias por ambientes después de ajustar por genotipos y ambientes se aproxima por medio de componentes principales, el número de componentes utilizados dependerá de la significancia de éstos y del porcentaje de variabilidad explicada; no obstante, si el interés es una interpretación adecuada de la variabilidad explicada se recomienda utilizar solo los componentes susceptibles de ser interpretados (Gauch, 1988; citado por Cruz y Hernández, 1994).

Algunos resultados importantes relacionados con el AMMI son: i. cuantos términos multiplicativos hacen la respuesta paramétrica y ii. cuantos términos multiplicativos estimados se pueden mantener en

un modelo de trabajo; dos cuestiones que no necesariamente tienen la misma respuesta (Cornelius, 1993). En virtud de que el modelo AMMI es utilizado a nivel internacional y su importancia va en incremento en el estudio de la interacción genético-ambiental, Cruz y Hernández (1994) proponen un método de análisis computacional para facilitar el uso de tal modelo.

3.3.3.3. Estudios relacionados con el estudio de la interacción GxA

Como lo señalan Palomares *et. al.* (1984), el efecto de las interacciones genotipo-ambiente es un hecho que está constatado para diferentes caracteres de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) por lo que conocer su importancia y la forma en como se manifiesta es de gran interés para el establecimiento de un cultivo en un ambiente determinado; estos autores evaluaron dos formas de cultivo en 60 líneas para el carácter número de frutos por planta y encontraron una interacción genotipo-forma significativa para todos los materiales estudiados, dada por una medida de la correlación genotípica entre las dos formas de cultivo para cada una de las líneas.

En relación con el tópico anterior, Abadia *et. al.* (1984) estudiaron la interacción genotipo por medio de cultivo en un grupo de 23 variedades de melón de diferente origen, cultivadas bajo invernadero; la presencia de interacción se encontró para las

variables respuesta peso y tamaño de fruto y en el índice de cáscara para todas las variedades españolas e indúes. Otros caracteres en los que se encontró significancia para la interacción de ambos factores fueron el ancho de fruto e índice de carnosidad.

3.4. ESTABILIDAD GENÉTICA

3.4.1. ESTABILIDAD GENÉTICA Y VARIEDAD ESTABLE

Crossa (1992) considera que los ensayos en múltiples localidades juegan un papel importante en el fitomejoramiento y en la investigación agronómica. Estos ensayos tienen los objetivos de:

1. Estimar con la mayor precisión posible, la producción de cierta tecnología (genotipo, práctica agronómica, etc.).
2. Predecir el comportamiento de dicha tecnología con base en algunos datos experimentales.
3. Estudiar la estabilidad de la producción y los patrones de respuesta de ciertas tecnologías en ambientes específicos.
4. Recomendar las tecnologías que deberán usarse en años futuros y en otros ambientes.

En el campo del mejoramiento genético el concepto de estabilidad ha tenido diferentes connotaciones; pese a ello, como lo enmarca Durán (1989), el objetivo siempre ha sido obtener genotipos que sean altamente rendidores, pero que además mantengan ese alto rendimiento

aún en condiciones ambientales menos favorables. Lo importante entonces ante las diferentes acepciones de estabilidad es la interpretación que se realice de los resultados obtenidos y la adecuada aplicación que se haga de ellos.

Eberhart y Russell (1966) definen a la estabilidad como la habilidad que tiene un organismo para mostrar la mínima interacción con el ambiente; consideran también que la estabilidad es un carácter con una base genética, por lo que es factible identificar genotipos con dicha cualidad a partir de evaluaciones preliminares y con aquellos que resulten más estables ayudar al fitomejorador en su selección de genotipos superiores. Bucio (1992) reporta que la estabilidad es la varianza de la expresión de un genotipo cuando éste se desarrolla bajo diferentes condiciones ambientales. Un enfoque adicional incluye el concepto de estabilidad relativa, concibiéndola como el análisis de la regresión lineal funcional entre pares de variedades; la mayor diferencia entre el análisis de estabilidad donde se utiliza la regresión de los rendimientos sobre la media ambiental y la estabilidad relativa, en la detección de la respuesta de la variedad, es que el segundo método asegura la eliminación de posible interdependencia entre las regresiones (Raun *et. al.*, 1993).

Como una consecuencia de las diferentes connotaciones que se han aplicado al término estabilidad, el concepto de variedad o genotipo estable ha sido definido de múltiples formas.

Finlay y Wilkinson (1963) al realizar un estudio con cebada (*Hordeum vulgare* L.), definieron como variedades estables a las poco afectadas por el ambiente y consideraron al coeficiente de regresión y al rendimiento medio de la variedad en todos los ambientes como dos índices en el análisis de estabilidad. De manera similar una variedad es estable cuando puede ajustar su fenotipo a las fluctuaciones del ambiente, para obtener rendimientos altos y constantes en diferentes localidades y años (Allard y Bradshaw, 1964). Complementariamente estos últimos autores añaden que el término estabilidad no sólo está referido a la constancia de un fenotipo en varios ambientes, sino también a la constancia de interés económico.

Con base en su concepción de estabilidad, Eberhart y Russell (1966) plantean que una variedad estable es aquella que presenta un coeficiente de regresión igual a 1 (uno) y una varianza de desviaciones de cuadrados medios de la regresión igual a 0 (cero); connotación de variedad estable muy común en el campo de la interacción genético-ambiental y que ha sido apoyada por diversos autores (v g. Márquez, 1992). Por su parte, Moll y Stuber (1974) consideran que un genotipo es estable si de alguna manera puede ajustar su respuesta fenotípica para proporcionar cierta uniformidad a pesar de las fluctuaciones ambientales. Similarmente un genotipo estable es definido como aquel que cambia al mínimo en respuesta ante cambios en el ambiente (Lightfoot et. al., 1987; citados por Raun et. al., 1993). Una interacción mínima con el medio ambiente y

un rendimiento promedio elevado, son dos características deseables en una variedad que se ha de liberar (Carballo, 1970).

3.4.2. CLASIFICACIÓN DE ESTABILIDAD

A través de los años, diversos autores han propuesto diferentes clasificaciones de la estabilidad genética, basándose en múltiples aspectos.

Allard y Bradshaw (1964) plantean dos formas a partir de las cuales una variedad logra estabilidad:

1. Flexibilidad individual. Cada miembro que conforma la variedad posee un rango de adaptación al ambiente.
2. Flexibilidad poblacional. Es el resultado del conjunto de los individuos que conforman la población, mostrando un rango de adaptación ambiental.

Por su parte, López (1978) muestra a la estabilidad desde dos puntos de vista:

- a. Biológicamente es la prioridad de conservar la manifestación de una característica a pesar del cambio que sufra el ambiente.
- b. Estadísticamente es aceptable aquel genotipo en que la manifestación de una característica determinada cambia de manera proporcional con las variaciones del ambiente.

Basándose en el coeficiente de regresión (β_i) y las desviaciones de regresión (S_{di}^2), parámetros de estabilidad definidos por Eberhart y Russell (1966), Carballo (1970) propone una clasificación de la adaptabilidad de las variedades, la cual se muestra en el Cuadro L4.

CUADRO L4. Clasificación de adaptabilidad de variedades con base en los parámetros β_i y S_{di}^2 (Carballo, 1970).

CATEGORIA	β_i	S_{di}^2	DESCRIPCION
a	=1	=0	Estable
b	=1	>0	Estable, inconsistente
c	<1	=0	Respuesta buena en ambientes desfavorables, consistente
d	<1	>0	Respuesta buena en ambientes desfavorables, inconsistente
e	>1	=0	Respuesta buena en ambientes favorables, consistente
f	>1	>0	Respuesta buena en ambientes favorables, inconsistente

El término consistencia utilizado por Carballo (1970) es aplicado a las desviaciones de regresión; así, una variedad con $S_{di}^2=0$ es consistente y cuando $S_{di}^2>0$ es inconsistente.

Posteriormente, con base en el grado de sensibilidad de la variedad a los cambios ambientales se introdujeron los conceptos

sensible para una variedad adaptable ($\beta_1=1$); supersensible para una variedad $\beta_1>1$ y subsensible para una con $\beta_1<1$; así mismo se utilizó la predecibilidad del rendimiento para un ambiente, aplicándose el término predecible cuando $S_{d1}^2=0$ y subpredecible para $S_{d1}^2>0$. Combinando los dos conceptos anteriores con tres posibles tipos de media (alta, intermedia y baja) Márquez y Cordova (1976) citados por Márquez (1991) presentan 18 categorías de variedades en relación a su sensibilidad y predecibilidad, mismas que se muestran en el Cuadro L5.

CUADRO L5. Clasificación de variedades con base en su media y los parámetros de estabilidad, en relación a los conceptos de sensibilidad y predecibilidad. Márquez y Cordova (1976), citados por Márquez (1991).

CATEGORIA	MEDIA	β_1	S_{d1}^2	DESCRIPCION
1	alta	=1	=0	sensibles, predecibles
2	intermedia	=1	=0	
3	baja	=1	=0	
4	alta	=1	>0	sensibles, subpredecibles
5	intermedia	=1	>0	
6	baja	=1	>0	
7	alta	>1	=0	supersensibles, predecibles
8	intermedia	>1	=0	
9	baja	>1	=0	
10	alta	>1	>0	supersensibles, subpredecibles
11	intermedia	>1	>0	
12	baja	>1	>0	
13	alta	<1	=0	subsensibles, predecibles
14	intermedia	<1	=0	
15	baja	<1	=0	
16	alta	<1	>0	subsensibles, subpredecibles
17	intermedia	<1	>0	
18	baja	<1	>0	

Las diferentes acepciones del concepto estabilidad han sido clasificadas por Lin et. al. (1986) en tres grandes tipos:

TIPO 1. Considera a un genotipo estable si su comportamiento se mantiene constante a través de los ambientes y su grado de adaptabilidad puede ser cuantificado a partir de medidas de dispersión.

TIPO 2. La estabilidad se manifiesta por avance en expresión del genotipo al ser sometido a ambientes más favorables.

TIPO 3. La estabilidad se caracteriza por depender de las desviaciones de la regresión de sus valores fenotípicos medios a través de los ambientes sobre los índices ambientales.

3.4.3. ESTUDIOS ENCAMINADOS A LA ESTIMACIÓN DE LA ESTABILIDAD GENÉTICA

Raun et. al. (1993) mencionan que la estimación de la estabilidad de rendimiento en el tiempo involucra la evaluación de al menos tres componentes que son: *i*. Relación del rendimiento con un ambiente particular, *ii*. Nivel de rendimiento medio por localidad y *iii*. Variabilidad del rendimiento.

En su más pura definición, la estabilidad de un material puede estimarse a partir de medidas que cuantifiquen la variación de los valores en el carácter de interés a través de una serie de ambientes. En el campo del mejoramiento genético vegetal, los estadísticos más utilizados para tal fin, son: el coeficiente de variación (Francis y Kannenberg, 1978), la amplitud (Langer, *et.al.*, 1979) y la varianza (Powel *et. al.*, 1986).

Uno de los estudios clásicos en el campo de la estabilidad genética es el de Eberhart y Russel (1966) quienes plantean que la elección de genotipos estables que interaccionan al mínimo con el ambiente constituye una estrategia para abordar de manera inicial el problema de la interacción GxA en la evaluación y selección de materiales genéticamente mejorados. Estos autores propusieron un método para estimar la estabilidad de un cultivar, el cual se basa en la regresión del rendimiento del cultivar en los ambientes respectivos, sobre los índices ambientales; estos últimos obtenidos de la resta de la media de rendimiento de todos los cultivares en todos los ambientes de la media de rendimiento de todos los cultivares en cada ambiente.

No obstante la utilidad y difusión del método anterior, ha sufrido fuertes críticas; entre ellas las dos más señaladas son, primero, la no independencia en la estimación de los efectos ambientales de las variedades que se están probando y segundo la no linealidad del modelo, o sea que al cambiar las variedades a través

de los ambientes, no tienen que hacerlo necesariamente en línea recta (Márquez, 1992).

Bilbro y Ray (1976) afirman que en el estudio de estabilidad y adaptación de un genotipo, cuando se consideran años y localidades, la regresión del rendimiento respectivo de un cultivar sobre el índice ambiental calculado, puede aportar elementos favorables a tales aspectos; de igual manera, creen que un parámetro más lógico para estabilidad puede ser uno que mida la dispersión alrededor de la línea de regresión y pueda por tanto adelantar sobre la predecibilidad y repetibilidad del comportamiento dentro de los ambientes de evaluación. También sugieren que el coeficiente de determinación (r^2) bien puede utilizarse como un criterio de estabilidad ya que no sólo proporciona una medida de variación, sino que es fácil de calcular, independiente de unidades de medición, de fácil interpretación y se pueden probar estadísticamente las diferencias entre tales coeficientes.

El uso del análisis de estabilidad implica que el tratamiento es en realidad una función lineal de la variabilidad temporal y puede complementar algunas de las limitaciones encontradas en el análisis de varianza convencional; la estimación de la estabilidad depende tanto de los ambientes incluidos como de los genotipos particulares utilizados para calcular la media ambiental (Raun et. al., 1993). Los autores concluyen que el análisis de estabilidad relativa puede coadyuvar en el entendimiento del rendimiento como una función del

ambiente, así como para detectar áreas que justifiquen investigación adicional.

3.4.4. ESTUDIOS RELACIONADOS CON ESTABILIDAD GENÉTICA

Al comparar la interacción material-ambiente de dos tipos de cruzas, Eberhart y Russell (1966) encontraron que tal interacción fue significativamente mayor en cruzas simples en comparación con cruzas de tres líneas y aceptan que es posible que algunas cruzas simples muestren igual o mayor estabilidad que la mayoría de las dobles o trilineales. Estos mismos autores citando a Jensen (1952) y a Sprague y Federer (1951) reportan que una variedad multilineal de avena (*Avena sativa*, L.) posee mayor estabilidad de producción, mayor adaptabilidad ambiental y mayor protección contra enfermedades en comparación con variedades de líneas puras.

Sánchez (1983) realizando un estudio de estabilidad de caracteres agronómicos en razas de maíz mexicano, encontró que la interacción genotipo-ambiente es mayor en los caracteres de mazorca, intermedia en los de panícula y baja en los vegetativos; lo cual es explicado por el autor por el hecho de que el hombre ha centrado su atención principalmente en la selección del tipo de mazorca, dejando de lado los caracteres de la panícula y vegetativos.

Evaluable la estabilidad de híbridos y variedades de polinización libre de girasol, al cambiar la fecha de siembra

Castillo y Salazar (1987) encontraron que en general las variedades de polinización libre se adaptan mejor a ambientes malos ($\beta_1 < 1$); mientras que los híbridos exhiben mejores rendimientos en ambientes favorables ($\beta_1 > 1$). De manera complementaria Morfín y Ortiz (1990) señalan que en general los criollos presentan alta heterogeneidad, lo que les da mayor capacidad de amortiguamiento a los cambios ambientales comparados con otros materiales.

Al conducir experimentos sobre fertilidad durante varios años y realizar un análisis de estabilidad, con el fin de observar los beneficios de su uso como complemento del análisis de varianza tradicional Raun et. al. (1993) encontraron que el análisis de estabilidad proporcionó un método simple para interpretar la significancia de las interacciones tratamientos por años detectadas en el modelo del análisis de varianza de los citados experimentos.

En virtud de encontrar diferencias en adaptación y estabilidad en el comportamiento de varios cultivares de algodón, Bilbro y Ray (1976) suponen que estos dos parámetros junto con el valor de rendimiento pueden ser aspectos de gran importancia en la evaluación y caracterización de material mejorado; aspectos de gran importancia y necesarios en el desarrollo de nuevos materiales. Idealmente, un cultivar debería adaptarse a todos los ambientes, ser estable y con un rendimiento por encima del promedio para una área de producción dada; es decir, el fitomejorador querrá liberar un material de alto rendimiento, adaptado y estable.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. AMBIENTES DE EVALUACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en cinco localidades ubicadas en estados de importancia agrícola por la producción de tomate de cáscara. Las localidades y ciclos en que se desarrolló el experimento se ilustran en el Cuadro M1, mientras que en el Cuadro M2 se muestran algunas características de las localidades.

CUADRO M1. Localidades de evaluación en los que se desarrolló la investigación.

Localidad	Ciclo	Año	Fecha
Iguala, Gro.	V-O	1993	01 Jun 93 - 30 Sep 93
Chapingo, Méx.	V-O	1993	22 Jun 93 - 06 Oct 93
Cuautla, Mor.	O-I	1993-94	15 Oct 93 - 30 Ene 94
Tetitlán, Nay.	O-I	1993-94	15 Nov 93 - 28 Feb 94
Celaya, Gto.	I-P	1994	15 Feb 94 - 15 Jun 94

4.2. MATERIAL GENÉTICO

Los materiales que se evaluaron se presentan en el Cuadro M3. Se integraron por tres variedades genéticamente mejoradas, producto del Programa de Mejoramiento Genético de esta especie del Departamento de Fitotecnia de la UACH, tres variedades criollas

comercialmente conocidas (Rendidora, Salamanca y Tamazula) y seis materiales criollos sobresalientes en rendimiento en una evaluación previa realizada por Santiaguillo y López (1992).

CUADRO M2. Características de los sitios de evaluación (García^Z, 1987, Secretaría de Gobernación^P, 1988).

LOCALIDAD	ALTITUD (msnm)	COORDENADAS		CLIMA ^Z	SUELO ^P
		LN	LO		
IGUALA, GRO.	635	18 22'	99 33'	Aw ₀ (w)(i')g	Chernozem y de pradera
CHAPINGO, MEX.	2250	19 29'	98 53'	Cb(w ₀)(w)(i')g	Arcillas, limos, mat. y volcánico
CUAUTLA, MOR.	1291	18 48'	98 57'	A(C)w ₁ (w)(i)gw''	----
TETITLAN, NAY.	750	21 08'	104 37'	Aw ₁ (w)(i')	Vertisol, andosol, fluvi cambisol...
CELAYA, GTO.	1754	20 31'	100 49'	Bs ₁ hw(w)(e)g	Aluviones arcillosos

CUADRO M3. Material genético utilizado en la investigación.

TRAT	NOMBRE	CLAVE	ORIGEN
1	Mejorado 1	SJ/27/1	Chapingo, Méx.
2	Mejorado 2	SP/12	Chapingo, Méx.
3	Rendidora	106MOR03	PRONASE. Edo. de Mor.
4	Criollo 1	58GRO06	Huitzuco, Gro.
5	Criollo 2	24GRO02	Huitzuco, Gro.
6	Criollo 3	82MEX06	Puebla, Pue.
7	Criollo 4	49MICH18	Tungareo, Mich.
8	Salamanca	65GTO02	Salvatierra, Gto.
9	Criollo 5	69JAL18	Zacoalco de Torres, Jal.
10	Tamazula	76MICH21	Tamazula, Jal.
11	Criollo 6	50MICH19	Morelia, Mich.
12	Mejorado 3	77MEX04	Chapingo, Méx.

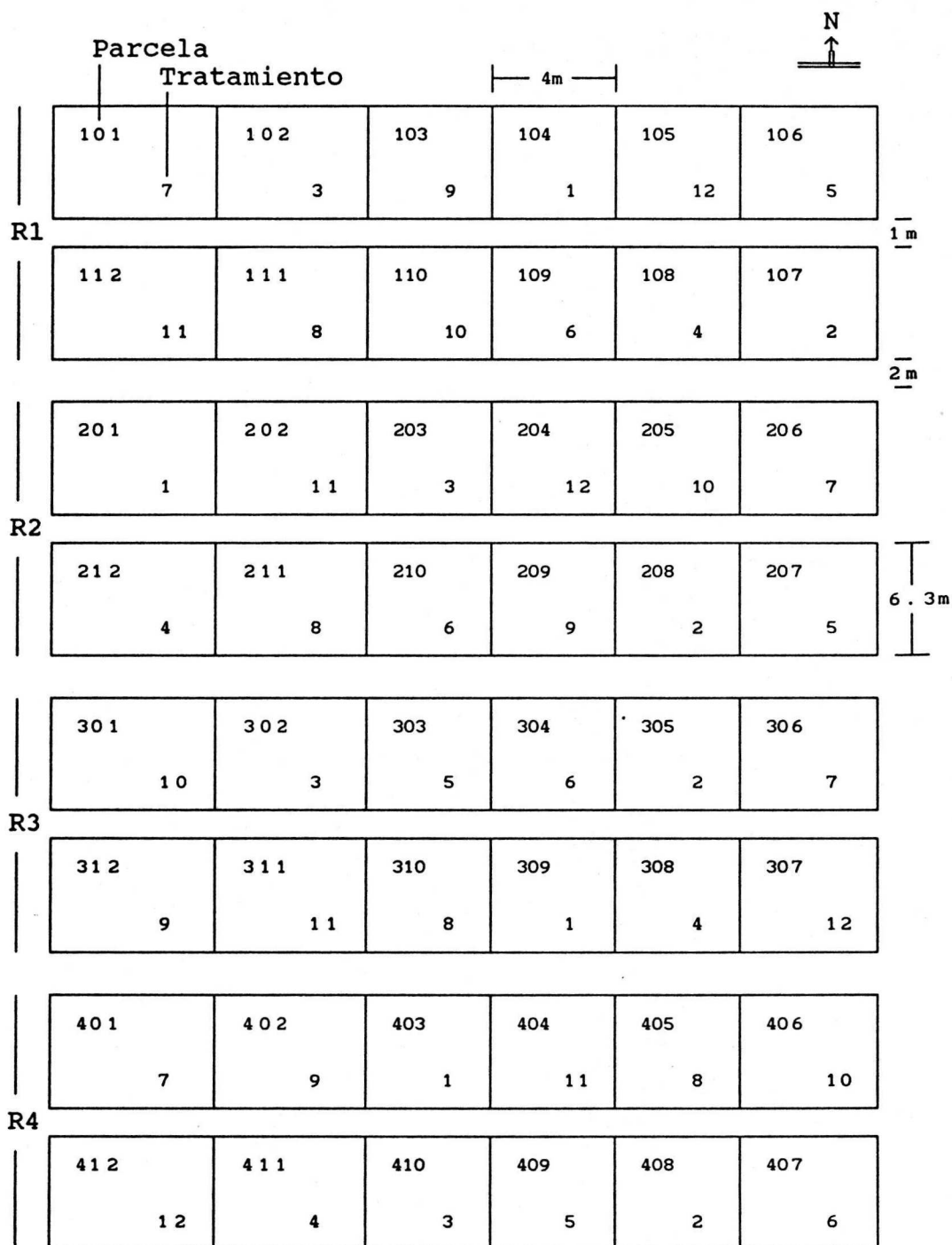


FIGURA M1. Distribución de tratamientos bajo el diseño experimental bloques completos al azar.

4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

En cada sitio de evaluación el experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones (Figura M1). Cada bloque estuvo conformado por dos sub-bloques, en cada uno de los cuales se aplicaron seis variedades.

La unidad experimental en la localidad Chapingo, Méx. se conformó de 4 surcos de 6.3 m de longitud y 1 m de separación, constituyendo los dos surcos centrales la parcela útil (12.6 m^2 , 44 plantas); en las localidades Iguala, Gro., Cuautla, Mor. y Celaya, Gto., la parcela fue de 2 surcos con las características ya señaladas, mismos que representaron la parcela útil. En Tetitlán, Nay. la unidad experimental, que se consideró también como parcela útil, estuvo constituida por un surco de 6.3 m de longitud (22 plantas). Tal variación en el tamaño de la unidad experimental se debió principalmente a la disponibilidad de terreno y de material vegetal en su momento. Con la finalidad de rebasar la limitante que representa un diferente tamaño de unidad experimental y por consiguiente de parcela útil, el análisis de los datos de rendimiento en el primer corte (RC1) y rendimiento total (RENT) se hicieron con base en una hectárea.

4.4. VARIABLES EVALUADAS

La variable de mayor interés fue el rendimiento por parcela

útil, ya que permitió estimar el rendimiento y media del primer corte (RC1, ton/ha) y el rendimiento total (RT, ton/ha), las cuales indican, respectivamente, el grado de precocidad y la capacidad de rendimiento de un material; dos características muy importantes en una variedad. El rendimiento total fue la variable utilizada para el análisis de estabilidad. El carácter antes citada se midió utilizando una báscula de reloj, marca TORINO con capacidad de 20 kg

De manera complementaria se cuantificó el número y volumen de frutos por kg en cada corte efectuado en Chapingo, Méx. y Cuautla, Mor. En la medición de la segunda variable se utilizó una probeta de plástico marca NALGENE con capacidad de 2 l.

Con el objeto de generar información relacionada con la asociación de el rendimiento medio de una variedad y algunas medidas de dispersión de su rendimiento mostrado a través de las localidades de prueba, se realizó un análisis de correlación (Coeficientes de Correlación de Pearson) entre el rendimiento medio y la varianza, desviación estandar, coeficiente de variación y amplitud del rendimiento mostrado por cada variedad en las localidades de prueba. Similarmente, con la finalidad de ubicar la localidad óptima para efectuar la selección y evaluación de materiales de interés, según el criterio de Hamblin et al. (1980) citados por Sahagún (1992), se realizó un análisis de correlación entre el rendimiento medio de cada variedad en un ambiente y el

rendimiento promedio de la variedad en todos los ambientes.

4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.5.1. Análisis de varianza conjunto

En el análisis de varianza conjunto se consideró a los ambientes de evaluación como un factor más de variación; por lo cual, al grupo de datos obtenidos en la variable RT se le analizó mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + R_{j(i)} + V_k + A_i + VA_{ki} + \varepsilon_{ijk}$$

en donde

Y_{ijk} = La observación de la k -ésima variedad, en la j -ésima repetición del i -ésimo ambiente.

$i=1,2,3,4,5.$ $j=1,2,3,4.$ y $k=1,2,\dots,12.$

μ = media general del experimento.

$R_{j(i)}$ = j -ésima repetición anidada en el i -ésimo ambiente.

V_k = Efecto de la k -ésima variedad.

A_i = Efecto del i -ésimo ambiente.

ε_{ijk} = Error asociado a la observación Y_{ijk} .

VA_{kj} = Efecto de la interacción entre la k -ésima variedad y el j -ésimo ambiente.

Con el análisis de la información obtenida del análisis conjunto se determinó la significancia o no significancia de la interacción genético-ambiental y por consecuencia la justificación

o no de realizar la estimación de los parámetros de estabilidad.

4.5.2. Análisis de estabilidad

El estudio de estabilidad se enfocó desde el primer y tercer punto de vista de Lin et. al. (1986). El primer tipo de estabilidad se estimó a partir de medidas de dispersión, entre ellas la varianza, coeficiente de variación y la amplitud.

En el segundo tipo de estabilidad se utilizó el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966) el cual se expresa en la forma siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_i + B_i I_j + \delta_{ij}$$

en el cual

Y_{ij} = media varietal de la variedad i en el ambiente j .

($i=1,2,\dots,v$; $j=1,2,\dots,n$).

μ_i = media de la variedad i en todos los ambientes.

B_i = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la variedad i a través de todos los ambientes.

δ_{ij} = Desviación de la regresión de la variedad i en el ambiente j

I_j = Índice ambiental, obtenido como la media de todas las variedades en el ambiente j menos la media general; es, decir,

$$I_j = (\sum_i Y_{ij} / v) - (\sum_i \sum_j Y_{ij} / nv)$$

Cuadro M4. Análisis de varianza cuando se estudian parámetros de estabilidad (Eberhart y Russell, 1966)

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS
TOTAL	$nv-1$		
VARIEDADES	$v-1$	$1/n \sum_i Y_i^2 - F.C.$	CM_1
AMBIENTES	$n-1$	$\sum_{ij} Y_{ij}^2 - 1/n \sum_i Y_i^2$	CM_2
VAR. x AMBIENTES	$(v-1)(n-1)$	$\left. \begin{array}{l} \rightarrow v(n-1) \end{array} \right\}$	
AMBIENTES (LINEAL)	1	$1/v (\sum_j Y_{1j}^2 I_j) / \sum_j I_j^2 = J_3$	CM_3
VAR. x AMB. (LINEAL)	$v-1$	$\sum_i [(\sum_j Y_{ij}^2 I_j) / \sum_j I_j^2] - J_3$	CM_4
DESVIACION REGRESION CONJUNTAS	$v(n-2)$	$\sum_{ij} \delta_{ij}^2$	CM_5
DESV. VAR. 1	$n-2$	$[\sum_j Y_{1j}^2 - (Y_{1.})^2/n] - (\sum_j Y_{1j}^2 I_j) / \sum_j I_j^2$	
DESV. VAR. 2	$n-2$	.	
.		.	
.		.	
DESV. VAR. n	$n-2$	$[\sum_j Y_{vj}^2 - (Y_{v.})^2/n] - (\sum_j Y_{vj}^2 I_j) / \sum_j I_j^2$	
ERROR CONJUNTO	$n(v-1)(r-1)$		

Una vez generados los índices ambientales se procedió a la aplicación del análisis de varianza para describir el

comportamiento de los materiales en todos los ambientes, tal y como la proponen Eberhart y Russell (1966). La forma general del análisis de varianza, cuando se estudian parámetros de estabilidad se presenta en el Cuadro M4.

Como un paso final del modelo de Eberhart y Russel (1966) se definieron dos parámetros de estabilidad que describen el comportamiento de la variedad i ($i = 1, 2, \dots, 12$) en varios ambientes. Estos son:

1. El coeficiente de regresión, el cual se estima por $\hat{B}_i$, en donde

$$\hat{B}_i = \frac{\sum_j^n Y_{ij} I_j}{\sum_j^n I_j^2}$$

2. Las desviaciones de regresión, que se estiman por $S^2 d_i$, y

$$S^2 d_i = \left[\sum_j^n \hat{d}_{ij}^2 / n - 2 \right] - S_e^2 / r, \quad \text{en donde } \sum_j^n \hat{d}_{ij}^2 \text{ se calcula como:}$$

$$\sum_j^n \hat{d}_{ij}^2 = \left[\sum_j^n Y_{ij}^2 - \frac{Y_i^2}{n} \right] - \left(\sum_j^n Y_{ij} I_j \right)^2 / \sum_j^n I_j^2 \quad y$$

S_e^2 / r es el estimador del error conjunto de la media de una variedad, en donde r es el número de repeticiones en cada ambiente. S_e^2 se calcula como un promedio ponderado de los errores de todos los experimentos involucrados en cada agrupamiento.

La estimación de los parámetros de estabilidad se realizó mediante el paquete computacional PARAM presentado por Ortega y

Magaña (1992). Para una mejor interpretación de los parámetros de estabilidad, las 12 variedades de tomate de cáscara fueron agrupadas de acuerdo con el valor que tomó su coeficiente de regresión y desviaciones de regresión, tal como lo sugiere la clasificación propuesta por Carballo (1970).

4.5.3. Análisis por ambiente

A los datos de las variables cuantificadas en cada localidad se les aplicó un análisis de varianza con un nivel de significancia de 0.05 y 0.01, para detectar posibles diferencias en el efecto de los materiales sobre las variables consideradas; posteriormente se sometieron a una prueba de comparación de medias (Diferencia Mínima Significativa o LSD, con un $\alpha=0.05$). Tal análisis se efectuó a partir del uso del programa computacional SAS (Statistical Analysis System). El modelo utilizado para dicho fin fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + V_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{.....Modelo 3.}$$

en donde:

Y_{ij} = El rendimiento de la j -ésima variedad en la i -ésima repetición

$i=1,2,3,4$ repetición y $j=1,2,\dots,12$ genotipo o variedad

μ = Media general

R_i = Efecto de la repetición i -ésima

G_j = Efecto de la j -ésima variedad

ε_{ij} = Error asociado a la observación Y_{ij} .

4.6. MANEJO DEL CULTIVO

El cultivo se manejó técnicamente conforme el manejo realizado por los productores en cada localidad de prueba. En todos los casos el cultivo se estableció mediante trasplante. En Celaya, Guanajuato, Cuautla, Morelos, y Tetitlán, Nayarit el cultivo desarrolló bajo riego; en las últimas localidades la incidencia de plagas y enfermedades fue muy alta. En Chapingo, México, el cultivo se estableció bajo punta de riego y en Iguala, Guerrero en temporal, pero con un riego auxiliar.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. ANÁLISIS CONJUNTO

5.1.1. Factor ambientes

Los resultados del análisis de varianza conjunto (Cuadro R1) muestran diferencias altamente significativas para el factor ambientes, lo cual significa que estadísticamente no todos los ambientes mostraron igual rendimiento medio. Lo anterior era de esperarse al considerar que el rendimiento es un caracter cuantitativo y por ende, como lo puntualiza Sahagún (1992), fuertemente afectado por el ambiente.

CUADRO R1. Análisis de varianza para la variable rendimiento (ton/ha) de 12 variedades de tomate de cáscara, evaluados en 5 ambientes. Chapingo, Méx. 1994.

F.V.	G.L.	C.M.
REPETICION(AMB.)	15	24.298 **
AMBIENTE(A)	4	357.049 **
VARIEDADES(V)	11	69.789 **
V*A	44	14.980 **
ERROR	165	5.673
TOTAL	239	--

C.V. = 29.6 % Rend. Medio = 8.046

**= Diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$)

La prueba de comparación de medias (DMS, $\alpha=0.05$) constata el hecho de que el rendimiento promedio de las variedades de tomate de cáscara en los ambientes de prueba presentó diferencias significativas. Como se ilustra en el Cuadro R2 el rendimiento promedio de las localidades de prueba fue estadísticamente diferente uno de otro. Los ambientes que mostraron una mayor expresión en rendimiento fueron Iguala, Gro. y Chapingo, Méx. con 11.107 y 9.885 ton/ha, respectivamente; los menores rendimientos se observaron en Cuautla, Mor. y Tetitlán, Nay. con 6.369 y 4.314 ton/ha de manera respectiva. Estos resultados evidencian una gran plasticidad ecológica de la especie de tomate de cáscara, dada la gran diversidad de estos ambientes (Cuadro M2).

CUADRO R2. Comparación de ambientes con base en el promedio de rendimiento (ton/ha) de las variedades en cada ambiente ($\alpha=0.05$).

AMBIENTE	MEDIA	
Iguala, Gro.	11.1068	A
Chapingo, Méx.	9.8852	B
Celaya, Gto.	8.5574	C
Cuautla, Mor.	6.3693	D
Tetitlán, Nay.	4.3137	E

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$)

5.1.2. Factor variedades

El análisis de varianza conjunto muestra diferencias altamente significativas entre los niveles del factor variedades (Cuadro R1), lo cual indica que no todas las variedades tienen, estadística- mente, la misma media de rendimiento. Tal resultado era de esperarse al considerar que los materiales utilizados corresponden a cultivares agronómicos diferentes y tienen por lo tanto una base genética distinta. En la misma línea de pensamiento, las diferencias encontradas se justifican si se toma en cuenta que no es de esperarse que genotipos diferentes, establecidos bajo las mismas condiciones ambientales presenten un comportamiento idéntico, ni necesariamente tiene que ser similar (Durán, 1989).

De la prueba de comparación de medias (Cuadro R3) se desprende que los materiales que mostraron un mayor rendimiento promedio en todos los ambientes, fueron, en orden descendente Mejorado 1, Mejorado 2, Mejorado 3 y Rendidora con 10.684, 10.471, 10.163 y 9.532 ton/ha, respectivamente. A pesar de que los materiales mejorados de tomate de cáscara se impusieron numéricamente en rendimiento a la variedad Rendidora, desde el punto de vista estadístico no existen diferencias significativas ($\alpha=0.05$); lo cual sugiere que la labor de mejoramiento realizado a aquellos no ha impactado de manera significativa en la expresión del carácter rendimiento.

Los materiales que expresaron un rendimiento inferior son en orden decreciente Criollo 6, Salamanca, Tamazula y Criollo 4, con rendimientos respectivos de 6.863, 5.906, 5.765 y 5.570 ton/ha. Tal inferioridad es debida, al menos en parte a una mala adaptación a las condiciones ambientales prevalecientes en cada una de las localidades de evaluación.

CUADRO R3. Prueba de comparación de medias (DMS, $\alpha=0.05$) para la variable rendimiento (ton/ha) de 12 variedades de tomate de cáscara, evaluados en 5 ambientes.

VARIEDAD	RENDIMIENTO
Mejorado 1	10.684 A
Mejorado 2	10.471 A
Mejorado 3	10.163 A B
Rendidora	9.532 A B
Criollo 3	8.816 BC
Criollo 1	7.897 CD
Criollo 5	7.759 CD
Criollo 2	7.132 DE
Criollo 6	6.863 DEF
Salamanca	5.906 EF
Tamazula	5.765 EF
criollo 4	5.570 F

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$)

5.1.3. Interacción genotipo-ambiente

Como se muestra en el Cuadro R1, la interacción genotipo-

ambiente (GxA) fue altamente significativa; lo cual indica que las diferencias en el rendimiento de los genotipos evaluados presentan cambios significativos al pasar de un ambiente a otro; esto es, por ejemplo, si bien algún genotipo muestra un rendimiento ascendente a lo largo de las localidades de estudio, otro puede comportarse inversamente o puede presentar un mayor incremento en su producción o incluso otras veces puede sufrir un estancamiento en el mismo. La existencia de una interacción significativa es un fenómeno común en el mejoramiento genético (Cruz y Salazar, 1992); no obstante, como lo advierte Durán (1989), dificulta la elección de la variedad con el mejor comportamiento a través de los ambientes; puesto que la superioridad de un genotipo en un ambiente en particular no necesariamente se mantendrá al pasar a otro ambiente.

La significancia de la interacción GxA demanda primeramente la aplicación de estrategias que permitan reducir su efecto enmascarador, tal y como lo señalan Allard y Bradshaw (1964) para, con ello, tener más elementos para la detección del "mejor genotipo" de, en este caso, tomate de cáscara; esto es, se fundamenta la realización de análisis adicionales como el de estabilidad, con el objeto de generar más información sobre el comportamiento de las variedades a través de los ambientes de prueba. Así mismo, ante tales circunstancias se justifica la realización de un análisis de los genotipos en cada uno de los ambientes de prueba. Ambos análisis se discutirán en lo sucesivo.

5.2. ANALISIS DE ESTABILIDAD

5.2.1. Análisis de estabilidad con base en el uso de medidas de dispersión

CUADRO R4. Rendimiento medio (ton/ha) de 12 variedades de tomate de cáscara, evaluadas en cinco ambientes.

VARIEDAD	A M B I E N T E S					MEDIA
	CHAPINGO	IGUALA	CUAUTLA	TETITLAN	CELAYA	
MEJORADO 1	13.871	15.564	8.159	7.007	8.819	10.684
MEJORADO 2	12.547	15.423	6.526	6.882	10.977	10.471
RENDIDORA	13.058	14.746	7.554	4.388	7.911	9.531
CRIOLLO 1	8.700	13.625	4.628	2.791	9.742	7.897
CRIOLLO 2	8.194	11.517	3.001	4.317	8.631	7.132
CRIOLLO 3	9.786	14.306	5.630	5.787	8.571	8.816
CRIOLLO 4	7.171	4.714	6.463	2.748	6.751	5.570
SALAMANCA	7.575	8.356	5.957	1.597	6.041	5.905
CRIOLLO 5	9.209	7.465	7.792	4.246	10.084	7.759
TAMAZULA	9.119	6.800	5.545	2.930	4.429	5.765
CRIOLLO 6	9.226	5.441	7.237	2.740	9.668	6.862
MEJORADO 3	10.163	15.326	7.936	6.327	11.061	10.163
MEDIA	9.885	11.107	6.369	4.313	8.557	8.0463

Como lo puntualizan Lin et. al. (1986), un primer enfoque de estabilidad puede referirse a la constancia de un genotipo, al pasar de un ambiente a otro; en este sentido aquella se puede estimar a partir de medidas de dispersión. En el Cuadro R4 se muestran los rendimientos promedio de las 12 variedades de tomate

de cáscara en cada uno de los 5 ambientes de evaluación. Con base en dicho cuadro se realizó el análisis de correlación presentado en el Cuadro R4.1.

CUADRO R4.1. Correlación del rendimiento medio (RPROM) de las variedades en una localidad con el rendimiento promedio de las variedades en todas las localidades

	CHAPINGO	IGUALA	CUAUTLA	TETITLAN	CELAYA
RPROM	0.8607**	0.8884**	0.4474NS	0.9012**	0.6841*

* Correlación significativa, ** Correlación muy significativa
NS Correlación no significativa

Los resultados del análisis de correlación (Coeficiente de correlación de Pearson) del rendimiento medio por variedad en una localidad con su rendimiento medio obtenido en todas las localidades mostró, con excepción del rendimiento de la localidad Cuautla, Morelos, algún tipo de significancia. En el caso de coincidir con el punto de vista de realizar la selección y evaluación de materiales en ambientes de condiciones adversas, la localidad de Tetitlán, Nayarit podría resultar una buena alternativa, según los criterios de Hamblin et al (1980) citados por Sahagún (1992). Con base en estos mismos criterios y atendiendo a la filosofía de que las actividades de evaluación y selección de variedades debe realizarse en ambientes de condiciones óptimas, las localidades Iguala, Guerrero y Chapingo, Estado de Mexico, podrían constituir

alternativas viables para dicho fin. En ambientes favorables las diferencias en comportamiento son mayores que en ambientes de condiciones adversas. Lo anterior permite discernir con mayor facilidad variedades con una mayor expresión en el carácter de interés. Esto hace que las localidades Chapingo e Iguala sean preferibles para la evaluación y selección de materiales. Considerando que el programa de mejoramiento genético de tomate de cáscara se encuentra ubicado desde la década de los 80's en la Universidad Autónoma Chapingo, del Estado de México; es conveniente continuar las actividades señaladas en este lugar. No significa lo anterior que el programa de mejoramiento no pueda apoyarse en Iguala, Guerrero y Tetitlán, Nayarit; sino que debe hacerlo, sobre todo en esta última si el interés se dirige hacia la resistencia a plagas y enfermedades.

Los datos del Cuadro R4 también fueron utilizados para generar los estadísticos mostrados en el Cuadro R5 del cual se desprenden algunas consideraciones.

Según la varianza, el coeficiente de variación y la amplitud, la variedad que menos variación mostró en su rendimiento y por consecuencia la de mayor estabilidad, fue el Criollo 4; que corresponde a un material originario del Estado de Michoacán; sin embargo, el valor de su máximo rendimiento resultó ser el inferior con 7.171 ton/ha, que junto con su menor rendimiento promedio general obtenido (Cuadro R3) lo hacen ser un material, efectiva-

mente, muy estable pero poco rendidor. En general, los materiales Criollo 5 y Tamazula, ambos originarios de la entidad de Jalisco, mostraron poca varianza en su rendimiento y una baja amplitud; después del Criollo 4, son los que presentaron una mayor estabilidad; no obstante, al igual que aquél, su rendimiento fue relativamente bajo (Cuadros R3 y R5).

CUADRO R5. Estabilidad de 12 variedades de tomate de cáscara evaluadas en 5 ambientes, con base en criterio de medidas de dispersión de Lin et. al. (1986).

MATERIAL	MEDIDAS DE DISPERSION				RENDIMIENTO	
	σ^2	σ	C.V.	AMPLITUD	MAXIMO	MINIMO
MEJORADO 1	14.33	3.78	0.354	8.557	15.564	7.007
MEJORADO 2	14.38	3.79	0.362	8.897	15.423	6.526
RENDIDORA	18.15	4.26	0.447	10.358	14.746	4.388
CRIOLLO 1	18.40	4.29	0.543	10.834	13.625	2.791
CRIOLLO 2	11.90	3.45	0.484	8.516	11.517	3.001
CRIOLLO 3	12.62	3.55	0.403	8.676	14.306	5.630
CRIOLLO 4	3.36	1.83	0.329	4.423	7.171	2.748
SALAMANCA	6.84	2.62	0.443	6.759	8.356	1.597
CRIOLLO 5	4.98	2.23	0.287	5.838	10.084	4.246
TAMAZULA	5.55	2.36	0.408	6.189	9.119	2.930
CRIOLLO 6	8.15	2.86	0.416	6.928	9.668	2.740
MEJORADO 3	11.78	3.43	0.338	8.999	15.326	6.327

σ^2 , σ y C.V. son la varianza, desviación estandar y el coeficiente de variación, respectivamente.

La variedad criolla Salamanca muestra un comportamiento bastante similar a la Tamazula, ya que a pesar de su bajo rendimiento promedio general observado en el Cuadro R3, muestra poca variación en el comportamiento de su producción respecto de los demás materiales, haciéndolo un material estable pero poco rendidor.

Los materiales cuyo rendimiento a través de los ambientes de prueba mostraron la mayor variación fueron el Criollo 1 y Rendidora, originarios de Guerrero y Morelos, de manera respectiva. El primero se expresó en un rendimiento general intermedio (Cuadro R3) y a pesar de que su máximo rendimiento es elevado, tiene la mayor varianza y amplitud del conjunto de las variedades evaluadas. Rendidora por su parte, no obstante su alto rendimiento promedio general (Cuadro R3), fue el segundo material que mostró la mayor varianza y amplitud en su rendimiento, haciéndolo un material rendidor no estable.

Del Cuadro R5 destaca el material Mejorado 1, en virtud de que a pesar de presentar una alta variación en su producción, esta última en promedio fue numéricamente la mayor (Cuadro R3) respecto de las demás variedades y su rendimiento mínimo (7.007 Ton/ha) es prácticamente igual al máximo rendimiento del material más estable (Criollo 4, con 7.171 ton/ha) del cual dista tan sólo de 164 kg; por lo que se acepta que no obstante la variación de su rendimiento, el Mejorado 1 representa un material superior por

mantenerse casi siempre por arriba de la variedad más estable. Esta información también pone de manifiesto que la estabilidad en la producción es solo uno de los diferentes criterios que determina el valor de un genotipo. La media es de gran importancia también, muchas veces ésta constituye el criterio práctico de selección no tan solo del fitomejorador, sino también del productor. Complementarias a los criterios de estabilidad y rendimiento se encuentran las características sensoriales del órgano vegetal de interés (entre las que destacan apariencia, tamaño, color, aroma y sabor). El rendimiento mínimo de las variedades Mejorado 2 y Mejorado 3, con similar variación a la del Mejorado 1, difieren del material más estable en 645 y 844 kg, respectivamente, lo que los hace materiales altamente prometedores.

Los resultados del análisis de correlación (Coeficientes de Correlación de Pearson), de la varianza, desviación estandar y amplitud de los valores de rendimiento registrados por las variedades de tomate a través de las localidades de prueba con su rendimiento medio indican una asociación positiva y altamente significativa (Cuadro R5.1); lo cual sugiere que conforme se incrementa el rendimiento medio de alguna de las variedades estudiadas también se incrementará la variación en su rendimiento a través de una serie de localidades de prueba. Este resultado sugiere que se encontrarán dificultades en la obtención de una variedad que exhiba un rendimiento elevado y que al mismo tiempo

sea estable. No obstante la correlación negativa del coeficiente de variación del rendimiento de las variedades, antes señalado y su rendimiento medio, el impacto del primero en el segundo no es significativo, toda vez que así lo sugiere la no significancia mostrada por tal correlación.

CUADRO R5.1. Correlación entre la varianza (σ^2), desviación estándar (σ), amplitud y coeficiente de variación (C.V.) del rendimiento de doce variedades de tomate de cáscara y su rendimiento promedio (RPRO).

	σ^2	σ	AMPLITUD	C.V.
RPRO	0.7109 **	0.7305 **	0.6941*	-0.2076NS

* Correlación de coeficientes de Pearson significativa
 ** Correlación de coeficientes de Pearson muy significativa
 NS Correlación de coeficientes de Pearson no significativa

5.2.2. Análisis de estabilidad con base en el modelo de Eberhart y Russell (1966)

En el Cuadro R6 se presentan los índices ambientales obtenidos a partir de la media general del experimento y de la media por localidad y generados con el fin de realizar el análisis de parámetros de estabilidad. Como es posible apreciar, la suma de los valores de los índices ambientales es igual a cero, lo cual es una propiedad inherente a éstos, ya que son desviaciones respecto

a su media. Los mejores ambientes resultaron ser Iguala, Gro. y Chapingo, México. Contrariamente, los ambientes poco favorables a los genotipos evaluados fueron Cuautla, Mor. y Tetitlán, Nay.. Celaya, Gto. se ubicó en una posición intermedia entre ambos grupos. El resultado anterior es, obviamente, consistente con los resultados obtenidos en la prueba de comparación de medias del análisis conjunto del factor ambiente (Cuadro R2), en virtud de la forma de obtener tales índices ambientales. Como lo señalan Joppa et al. (1971) los índices ambientales dependen del particular comportamiento de las variedades que se desarrollan en una serie de localidades; de ahí que, como lo sugieren Eberhart y Russell (1966), sería deseable obtener un índice ambiental que fuera independiente de las variedades experimentales.

CUADRO R6. Índices ambientales para la variable rendimiento (ton/ha) de 12 variedades de tomate de cáscara.

AMBIENTE	INDICE
Iguala Gro.	3.0607
Chapingo, Méx.	1.8387
Celaya, Gto.	0.5108
Cuautla, Mor.	-1.6772
Tetitlán, Nay.	-3.7330

CUADRO R7. Análisis de varianza para parámetros de estabilidad para la variable rendimiento (ton/ha) de 12 variedades de tomate de cáscara.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F _c
TOTAL	59	713.78		
VARIEDADES (V)	11	191.91	17.45	5.5234*
AMBIENTES (A)	4	521.88		
VxA	44			
A (LINEAL)	1	357.09		
VxA (LINEAL)	11	51.09	4.64	1.4705
DESVIACION				
CONJUNTA	36	113.70	3.16	
MEJORADO 1	3	9.32	3.11	0.0033
MEJORADO 2	3	5.77	1.92	0.0021
RENDIDORA	3	7.17	2.39	0.0026
CRIOLLO 1	3	7.09	2.36	0.0025
CRIOLLO 2	3	9.71	3.24	0.0035
CRIOLLO 3	3	9.04	3.01	0.0032
CRIOLLO 4	3	10.12	3.37	0.0036
SALAMANCA	3	3.53	1.18	0.0013
CRIOLLO 5	3	11.32	3.77	0.0040
TAMAZULA	3	9.28	3.09	0.0033
CRIOLLO 6	3	23.81	7.94	0.0085
MEJORADO 3	3	7.56	2.52	0.0027
ERROR CONJUNTO	165	936.03		

* Diferencias significativas ($\alpha=0.05$)

Una vez generados los índices ambientales, fue factible aplicar el análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad; tal análisis se ilustra en el Cuadro R7. De este

Cuadro se desprende la existencia de diferencias significativas ($\alpha=0.05$) solo para el factor variedades, lo cual indica que se rechaza la hipótesis que establece que el rendimiento promedio de cada una de las variedades de tomate de cáscara fue estadísticamente igual; aspecto que ya se discutió en puntos anteriores.

La no significancia mostrada por la interacción variedades por ambiente (lineal) implica que los coeficientes de regresión de los materiales de tomate de cáscara evaluados son, estadísticamente iguales.

En un análisis individual se observa que ninguna de las pruebas para la varianza de las desviaciones de regresión de las 12 variedades de tomate de cáscara mostró una F significativa (Cuadro R7); situación que indica que para cada variedad la hipótesis que establece que la varianza de sus desviaciones de regresión es igual a cero, es estadísticamente sostenible.

Los resultados generados en el análisis de varianza (Cuadro R7) se constatan con los valores obtenidos para los parámetros de estabilidad (Cuadro R8). En un enfoque estadístico los coeficientes de regresión y la varianza de las desviaciones de regresión de los materiales de tomate de cáscara, no muestran diferencia alguna. Los primeros tienden a la unidad, mientras que las segundas no son significativamente diferentes de cero y presentan signo negativo, lo cual aunque no es muy común, es

factible de ocurrir tal y como lo reportan Hallauer y Miranda (1981). Considerando que cuando una estimación de varianza de las desviaciones de regresión reporte un valor negativo, la estimación se tome como cero, según lo sugiere Searle (1971), lo anterior conduce a la conclusión de que todas las variedades de tomate de cáscara evaluadas de acuerdo con los criterios de Eberhart y Russell (1966) son estables, pues presentan un coeficiente de regresión que no difiere estadísticamente de uno y una varianza de desviaciones de regresión estadísticamente igual a cero. Debe tenerse en cuenta que el concepto de estabilidad en este caso es de tipo agrónomo, en el sentido de que si bien se desea que la varianza de las desviaciones de regresión sea cero, también se desea que cuando haya ambientes mejores la respuesta de los genotipos sea también superior.

CUADRO R8. Medias de rendimiento y parámetros de estabilidad de 12 variedades de tomate de cáscara.

MATERIAL	MEDIA	β_1	Sd_1^2
1. MEJORADO 1	10.68	1.27	-932.92
2. MEJORADO 2	10.47	1.32	-934.11
3. RENDIDORA	9.53	1.48	-933.64
4. CRIOLLO 1	7.90	1.50	-933.67
5. CRIOLLO 2	7.13	1.13	-932.79
6. CRIOLLO 3	8.82	1.18	-933.02
7. CRIOLLO 4	5.57	0.33	-932.66
8. SALAMANCA	5.91	0.90	-934.85
9. CRIOLLO 5	7.76	0.54	-932.26
10. TAMAZULA	5.76	0.66	-932.94
11. CRIOLLO 6	6.86	0.54	-928.09
12. MEJORADO 3	10.16	1.15	-933.51

Numéricamente es posible distinguir ciertas desigualdades para los parámetros de estabilidad del Cuadro R8. Salamanca tiene el coeficiente de regresión más cercano a uno, pero sus desviaciones de regresión y media de rendimiento son las más lejanas de cero y baja, respectivamente. De manera similar, el Criollo 6 presenta las desviaciones de regresión más próximas a cero, pero un coeficiente de regresión relativamente distante de uno, en comparación con el resto de las variedades.

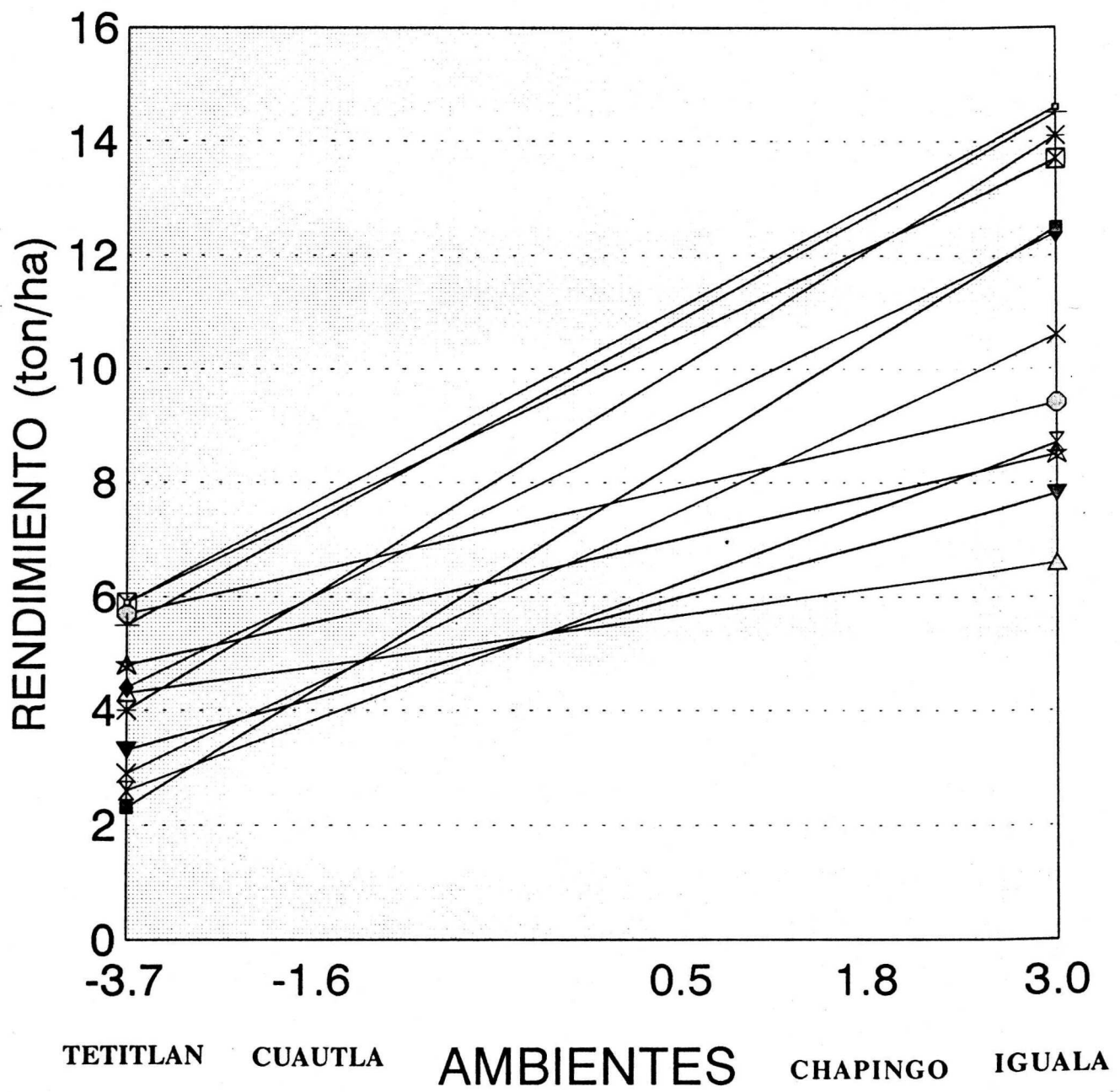
Si se analizan con detenimiento los resultados mostrados en el Cuadro R8, se podrá advertir que de los 12 materiales evaluados, el Criollo 2 originario del estado de Guerrero, presenta estimaciones de sus parámetros de estabilidad que se aproximan más a los ideales; no obstante su media de rendimiento es relativamente baja, lo que hace del Criollo 2 un material estable pero de bajo rendimiento. Este resultado tiene gran relación con las investigaciones de Morfín y Ortiz (1990) quienes reportan que en general las variedades criollas poseen una alta heterogeneidad genética por lo que presentan una mayor capacidad de amortiguamiento a los cambios ambientales, en comparación con otros materiales. La estabilidad del Criollo 2 medida con varianza, desviación estandar y amplitud, sin embargo, indica que este material es de estabilidad intermedia.

Del Cuadro R8 sobresalen el Mejorado 1 y el Criollo 4; el primero porque las estimaciones de sus parámetros de estabilidad

no están muy lejanas de los valores de la variedad estable y por presentar el mayor rendimiento promedio (10.68 ton/ha). El Criollo 4 por su parte, presenta una varianza de desviaciones de regresión aceptable, lo cual es coherente con los resultados del análisis de estabilidad del primer enfoque; no obstante su coeficiente de regresión es el de menor valor y el más distante de uno; adicionalmente su rendimiento promedio en todos los ambientes resultó ser el de menor valor.

Utilizando el coeficiente de regresión y la media de rendimiento de cada variedad, es posible construir una gráfica en donde se observen las líneas de regresión de las doce variedades de tomate de cáscara que se evaluaron (Figura R1). Se puede observar como el Criollo 4, es el que más se diferencia, debido a que muestra un comportamiento totalmente diferente del resto de las variedades evaluadas (Figura R1). Tal exhibición de una variedad en particular, dependiente del comportamiento de las demás variedades, es una característica del método propuesto por Eberhart y Russell (1966); así, un material que bajo el enfoque de la "estabilidad pura", esto es bajo el criterio de medidas de dispersión resulte ser el más estable (v. g. Criollo 4), puede cambiar su categorización al utilizar alguna otra estrategia para el estudio de su estabilidad. Resultados similares fueron obtenidos por Joppa et al. (1971) en un estudio sobre la estabilidad del rendimiento de cultivares de trigo durante varios años; dichos autores reportan que una vez detectado el

FIGURA R1. RESPUESTA DE DOCE VARIEDADES DE OMADE DE CASCARA EN CINCO LOCALIDADES DE PRUEBA



- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| —○— MEJ1 | —+— MEJ2 | —*— REND | —■— CRI1 |
| —×— CRI2 | —◆— CRI3 | —△— CRI4 | —⊠— SALA |
| —●— CRI5 | —▼— TAMA | —★— CRI6 | —⊞— MEJ3 |

comportamiento diferencial de los cultivares a través de los años de estudio, los cultivares incluidos en la definición del índice ambiental afectó, al menos en parte, los coeficientes de regresión de los demás cultivares, los cuales pudieron presentar valores de estimación cercanos o mayores que la unidad.

En ambientes favorables, los materiales Mejorados muestran un comportamiento en rendimiento bastante similar a la variedad Rendidora; sin embargo, en ambientes con condiciones adversas, el comportamiento de aquéllos es mejor en comparación con el de ésta, en virtud del mayor valor de su rendimiento; siendo incluso estadísticamente superiores en la localidad de Tetitlán, Nayarit (Cuadro A8). Tal situación sugiere que la labor de mejoramiento genético realizado por investigadores del Departamento de Fitotecnia de la U.A.CH., si bien se ha manifestado poco significativa en rendimiento en ambientes favorables; ha impactado indirectamente en un incremento en rendimiento bajo condiciones adversas.

Los resultados de la clasificación de las variedades de tomate de cáscara, con base en sus parámetros de estabilidad (Carballo, 1970), sugieren que todos los materiales son consistentes al presentar una varianza de las desviaciones de regresión que no difiere significativamente de cero; es decir, mostraron consistencia en su rendimiento al cambiar de una localidad a otra. Las variedades Criollos 4, 5 y 6, Tamazula y Salamanca presentan buena respuesta en ambientes desfavorables; el resto de las variedades

muestra una buena respuesta en ambientes favorables (Cuadro R9). No obstante, resulta conveniente tomar con cierta prudencia los resultados obtenidos de tal clasificación, en virtud de lo relativo que resulta el término "buena respuesta". Así por ejemplo, el Criollo 4 clasificado como una variedad de "Respuesta buena en ambientes desfavorables y consistente", se ubica a la vez en la mitad de materiales de menor rendimiento promedio; de lo cual se deduce que en ambientes poco favorables al menos seis de los materiales evaluados presentan mejor respuesta que el Criollo 4 (Figura R1).

CUADRO R9. Clasificación de doce variedades de tomate de cáscara, con base en sus parámetros de estabilidad (Carballo, 1970).

VARIEDAD	CLASIFICACION
MEJORADO 1.	Respuesta buena en ambientes favorables, c.
MEJORADO 2.	Respuesta buena en ambientes favorables, c.
RENDIDORA.	Respuesta buena en ambientes favorables, c.
CRIOLLO 1.	Respuesta buena en ambientes favorables, c.
CRIOLLO 2.	Respuesta buena en ambientes favorables, c.
CRIOLLO 3.	Respuesta buena en ambientes favorables, c.
CRIOLLO 4.	Respuesta buena en ambientes desfavorables, c.
SALAMANCA.	Respuesta buena en ambientes desfavorables, c.
CRIOLLO 5.	Respuesta buena en ambientes desfavorables, c.
TAMAZULA.	Respuesta buena en ambientes desfavorables, c.
CRIOLLO 6.	Respuesta buena en ambientes desfavorables, c.
MEJORADO 3.	Respuesta buena en ambientes favorables, c.

c= consistente

5.3. ANÁLISIS POR AMBIENTE

5.3.1. Análisis y discusión de los resultados de la localidad de prueba Chapingo, México

El Cuadro A1 ilustra los resultados obtenidos del análisis de varianza, para las variables volumen y número de frutos por kilogramo en los cortes 1, 2 y 3; al igual que rendimiento en el primer corte y rendimiento total. En dicho cuadro se observa que con excepción de las variables volumen de frutos en los corte 1 y 3 y rendimiento total, el resto presenta algún tipo de significancia.

A medida que transcurren los cortes se incrementa el volumen y número de frutos por kilogramo, lo cual corresponde con el desarrollo normal del cultivo; como la unidad de peso es la misma (1 kg), se infiere que los frutos formados conforme transcurren los cortes se tornan más livianos (Cuadro A1). La media de rendimiento total de 9.885 ton/ha es bastante aceptable para un cultivo establecido bajo punta de riego. En promedio el mayor porcentaje del rendimiento total se logra en el primer corte. No obstante los altos coeficientes de variación encontrados por diversos autores en caracteres de tomate de cáscara (v. g., Santiaguillo y López, 1992), en la presente investigación los valores de éstos fueron relativamente bajos, lo que da mayor confiabilidad a los resultados obtenidos (Cuadro A1).

CUADRO. A1. Significancia de la fuente de variación variedades, en las variables volumen de fruto/kg número de frutos/kg en los cortes 1,2 y 3, rendimiento total (RENT) y rendimiento en el corte 1 (RC1). Localidad de prueba Chapingo, México.

VARIABLE	CM	C.V.	MEDIA
VOL1	6651.52NS	8.47	1093.33
VOL2	1592.42*	2.26	1154.17
VOL3	3406.63NS	5.12	1155.21
NF1	450.70**	13.21	39.35
NF2	538.02**	16.13	48.85
NF3	724.57**	16.65	55.02
RENT	18.75NS	32.05	9.8853
RC1	14.51**	42.80	4.9723

** Diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$)

* Diferencias significativas ($\alpha=0.05$)

NS Diferencias no significativas ($\alpha=0.05$)

VOL_i= Volumen de frutos en el corte i (i=1,2,3)

NF_i= Número de frutos en el corte i (i=1,2,3)

En el volumen de frutos por kilogramo del segundo corte, al menos la media de una variedad fue significativamente diferente ($\alpha=0.05$) a las medias del resto de las variedades, lo cual era de esperarse puesto que los materiales evaluados con respecto a esta variable, son tipos totalmente diferentes. La prueba de comparación de medias (DMS, $\alpha=0.05$) muestra que los materiales Criollo 5 y Tamazula presentan los menores valores para dicha variable. Numéricamente destacan por un mayor volumen los materiales Criollo 4, Criollo 6 y Salamanca con 1185, 1178 y 1175 ml/kg de fruto,

respectivamente (Cuadro A2). De lo anterior se deduce un tamaño pequeño para aquellos materiales y grande para éstos.

Cuadro A2. Prueba de comparación de medias (DMS, $\alpha=0.05$) para las variables volumen (VFC2, ml) y número de frutos (NFC2) en el segundo corte, rendimiento en el primer corte (RC1, ton/ha) y rendimiento total (RENT, ton/ha)). Localidad de prueba Chapingo, Méx.

MATERIAL	VFC2	NFC2	RC1	RENT
CRIOLLO 4	1185A	36 CD	2.59 E	7.17 D
CRIOLLO 6	1178A	36 D	3.09 DE	9.23 BCD
SALAMANCA	1175A	46 BCD	2.38 E	7.58 D
CRIOLLO 3	1160AB	48 B	5.37ABCDE	9.79ABCD
MEJORADO 3	1160AB	51 B	5.88ABCD	10.16ABCD
CRIOLLO 1	1155AB	45 BCD	4.10 CDE	8.70 BCD
MEJORADO 1	1153ABC	44 BCD	8.13A	13.87A
CRIOLLO 2	1148ABC	48 B	4.72 CDE	8.19 CD
RENDIDORA	1148ABC	47 BC	6.61ABC	13.06AB
MEJORADO 2	1148ABC	43 BCD	7.87AB	12.55ABC
CRIOLLO 5	1126 BC	76A	4.98 BCDE	9.21 BCD
<u>TAMAZULA</u>	1115 C	66A	3.95 CDE	9.12 BCD
DMS	37.606	11	3.06	4.56

Medias unidas con la misma letra son estadísticamente iguales.

Por otra parte, se puede deducir que el número de frutos por kilogramo de al menos un material, difirió del número de cada una del resto de las variedades evaluadas ($\alpha=0.01$). En el Cuadro A2 se presenta la prueba de comparación de medias para dicha variable,

tan sólo para el segundo corte, mismo que refleja los resultados obtenidos en los cortes 1 y 3. Es posible observar como los materiales Criollo 5 y Tamazula con 76 y 66 frutos por kilogramo, respectivamente, son estadísticamente superiores a las medias de número de frutos de las variedades restantes. Este resultado junto con lo obtenido en la variable volumen de frutos por kilogramo, indican que las variedades antes citadas son materiales con un gran número de frutos de tamaño pequeño. Esto es muy comprensible si se considera que para la región occidente del país es común la preferencia hacia el consumo de frutos de tomate de cáscara de tamaño medio y pequeño, tales como las variedades Criollo 5 y Tamazula que son originarias del estado de Jalisco.

En virtud de la asociación que existe entre las características número y volumen de frutos por kilogramo, en relación a la expresión final del tamaño de fruto en tomate de cáscara; resulta factible la selección de variedades de esta hortaliza con un tamaño de fruto apropiado a la preferencia del consumidor.

Como ya se indicó, tomando en cuenta todos los cortes efectuados, el análisis de varianza realizado a la variable rendimiento total no encontró diferencias significativas entre los efectos de las doce variedades (Cuadro A1). Sin embargo; al aplicar la prueba de comparaciones múltiples de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) ésta sí las detectó (Cuadro A2); esto

se explica porque no necesariamente tiene que haber una correspondencia exacta entre las dos pruebas. Estas son dos pruebas diferentes. Los materiales que destacaron en esta variable y que son estadísticamente iguales fueron Mejorado 1, Rendidora, Mejorados 2 y 3 y Criollo 3 (Cuadro A2). El Mejorado 1, con mas ciclos de selección que los Mejorados 2 y 3, se logró imponer numéricamente en rendimiento sobre el material del cual se derivó (Rendidora), mismo que se situó en segundo lugar, poniendo de relieve su gran capacidad de rendimiento. Por el contrario, los materiales de menor rendimiento total fueron Salamanca y el Criollo 4 con rendimientos de 7.57 y 7.17 ton/ha, respectivamente.

Si se consideran los resultados de la prueba de comparación de medias para la variable rendimiento en el primer corte (Cuadro A2), lo cual indica cierta precocidad de las variedades sobresalientes; se observa que en general aquellos mostraron un comportamiento bastante similar a la variable rendimiento total. Así, las variedades con mayor rendimiento final presentaron el mayor rendimiento en el corte 1 y viceversa; lo que las hace variedades rendidoras y precoces; ameritando que tales variedades sean consideradas en futuras investigaciones conducidas durante varios años. La precocidad constituyó un criterio de selección para los fitomejoradores de tomate del Departamento de Fitotecnia de la U.A.Ch., intentándose conferirla a los materiales obtenidos a partir de la variedad Rendidora; tal situación explica la precocidad mostrada por los materiales Mejorados, al ubicarse en

el grupo superior en relación al rendimiento en el primer corte (Cuadro A2). En el otro extremo, los materiales poco rendidores en el primer corte resultaron ser el Criollo 4 y Salamanca, con rendimientos respectivos de 2.58 y 2.37 ton/ha, situación que junto con su rendimiento medio total los hace no precoces y poco rendidores.

5.3.2. Análisis y discusión de los resultados de la localidad de prueba Cuautla, Morelos

Los resultados del análisis de varianza muestran diferencias no significativas ($\alpha=0.05$) para el volumen de frutos por kilogramo a través de los cortes (Cuadro A3), por lo que considerando adicionalmente a los resultados de la localidad anterior, se deduce que es un caracter poco variable en el cultivo de tomate de cáscara. Contrariamente, el número de frutos por kilogramo presentó diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) en cada uno de los cortes; esto es, en cada corte, no todas las variedades presentaron estadísticamente el mismo número de frutos por kilogramo. Tales diferencias encuentran explicación en el diferente origen geográfico y genético de las variedades de tomate evaluadas. Las variables rendimiento en el primer corte y rendimiento total no mostraron diferencias estadísticas; sin embargo, al aplicar la prueba de comparación de medias (DMS,

$\alpha=0.05$) si se determinó tal situación se debe a que éstas son dos pruebas diferentes (Cuadros A3 y A4).

CUADRO. A3. Significancia de la fuente de variación variedades, en las variables volumen de fruto/kg y número de frutos/kg en los cortes 1,2, 3 y 4, rendimiento total (RENT) y rendimiento en el corte 1 (RC1). Localidad de prueba Cuautla, Morelos.

VARIABLE	CM	C.V	MEDIA
VOL1	2424.24NS	4.76	1093.33
VOL2	23369.70NS	10.04	1273.33
VOL3	11960.61NS	10.33	1259.17
VOL4	4178.78NS	4.07	1250.83
NF1	612.02**	15.05	38.63
NF2	1154.20**	14.36	50.13
NF3	1387.54**	13.60	51.04
NF4	1119.7 **	26.32	53.71
RENT	9.3279 NS	33.81	6.3693
RC1	3.0199 NS	85.56	1.6008

** Diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$)

NS Diferencias no significativas ($\alpha=0.05$)

NF_i= Número de frutos/kg en el corte i (i=1, 2, 3, 4)

VOL_i= Volumen de frutos/kg en el corte i (i=1, 2, 3, 4)

Al analizar el rendimiento en el primer corte, la variedad criolla Rendidora obtuvo el mayor rendimiento numérico con 3.170 ton/ha, lo cual pone de manifiesto su alta precocidad en su Estado

de origen. El rendimiento promedio en el primer corte de dicha variedad fue estadísticamente diferente al de las demás variedades. El menor rendimiento se obtuvo en los materiales Criollos 2 y 4, con 0.496 y 0.382 ton/ha, de manera respectiva; de tales rendimientos se deduce su ciclo tardío.

Cuadro A4. Comparación de medias (DMS, $\alpha=0.05$) para rendimiento en el primer corte (RC1, ton/ha) y rendimiento total (RENT, ton/ha). Localidad de prueba Cuautla, Mor.

MATERIAL	RC1	RENT
RENDIDORA	3.170A	7.555AB
CRIOLLO 3	2.609AB	5.630ABC
CRIOLLO 5	2.227ABCC	7.793A
MEJORADO 3	2.029AB C	7.937A
MEJORADO 1	1.989AB C	8.160A
MEJORADO 2	1.864AB C	6.527AB
TAMAZULA	1.419AB C	5.546ABC
CRIOLLO 1	1.334AB C	4.628 BC
SALAMANCA	1.047 B C	5.597ABC
CRIOLLO 6	0.645 B C	7.237AB
CRIOLLO 2	0.496 C	3.001 C
CRIOLLO 4	0.382 C	6.463AB
DMS	1.97	3.100

Medias unidas con la misma letra son estadísticamente iguales.

El mayor rendimiento total lo obtuvo el Mejorado 1, con 8.160 ton/ha, el cual resultó ser estadísticamente igual al rendimiento de otros nueve materiales. La variedad rendidora se ubicó

numéricamente en cuarto sitio. En el otro extremo los Criollos 1 y 2, ambos originarios del estado de Guerrero mostraron el menor rendimiento total con 4.628 y 3.001 ton/ha, respectivamente.

5.3.3. Analisis y discusión de los resultados de la localidad de prueba Iguala, Guerrero

En análisis de varianza para las variables rendimiento en el primer corte y rendimiento total (dos características que denotan, como ya se ha indicado, la precocidad de un material y potencial de rendimiento) determinó diferencias altamente significativas entre las medias de los rendimientos de las variedades ($\alpha=0.01$); lo cual significa que la hipótesis que establece que las medias de rendimiento de las doce variedades son iguales, fue rechazada (Cuadro A5). Tales diferencias indican la existencia de variabilidad genética para la variable rendimiento, que pudiera ser explotada en un programa de mejoramiento genético.

CUADRO A5. Significancia de las variables rendimiento total (RENT) y rendimiento en el corte 1 (RC1). Localidad de prueba Iguala, Gro.

VARIABLE	CM	C.V	MEDIA
RENT	72.228**	27.28	11.106
RC1	2.2076**	42.89	4.967

** Diferencias altamente significativas ($\alpha= 0.01$)

Los resultados de la prueba de comparación de medias (DMS, $\alpha=0.05$) indican que los materiales más precoces, como consecuencia de presentar el mayor rendimiento en el primer corte, fueron Mejorado 1, Mejorado 3, Rendidora, Mejorado 2 y Criollos 2 y 3, con rendimientos respectivos de 8.45, 7.85, 6.95, 6.91, 6.09 y 5.45 ton/ha (Cuadro A6). A pesar de no existir diferencias estadísticas entre las variedades anteriores, numéricamente el Mejorado 1, material de máximo rendimiento, dista del Criollo 3 en 3.005 ton/ha, lo cual desde el punto de vista económico tal diferencia podría resultar bastante favorable al redundar en una mayor ganancia para el productor. Esta diferencia, sin embargo, no es estadísticamente significativa.

El menor rendimiento en el primer corte se registró en las variedades Criollo 5, Salamanca, Criollo 4, Tamazula y Criollo 6, con rendimientos respectivos de 3.13, 3.03, 2.46, 2.36 y 1.68 ton/ha (Cuadro A6).

En relación al rendimiento total, el mayor valor lo obtuvo el Mejorado 1 con 15.64 ton/ha, el cual es estadísticamente igual al rendimiento total de los mejorados 2 y 3, Rendidora y Criollos 3, 1 y 2. Las medias de rendimiento total de los Mejorados 1, 2 y 3 significativamente iguales a la media de rendimiento de la variedad Rendidora, sugiere una vez más que el mejoramiento realizado a los primeros no ha impactado de manera significativa

en el caracter señalado, cuando las variedades desarrollan en ambientes de condiciones favorables, como lo es la localidad de Iguala, Guerrero.

Cuadro A6. Comparación de medias (DMS, $\alpha=0.05$) para rendimiento en el primer corte (RC1, ton/ha) y rendimiento total (RENT, ton/ha). Localidad de prueba Iguala, Gro.

MATERIAL	RC1	RENT
MEJORADO 1	8.451A	15.564A
MEJORADO 3	7.853AB	14.306A
RENDIDORA	6.954AB	14.746A
MEJORADO 2	6.905AB	15.423A
CRIOLLO 2	6.086ABC	11.517AB
CRIOLLO 3	5.446ABCD	14.306A
CRIOLLO 1	5.252 BCDE	13.625A
CRIOLLO 5	3.134 CDEF	7.465 BC
SALAMANCA	3.035 CDEF	8.356 BC
CRIOLLO 4	2.461 DEF	4.714 C
TAMAZULA	2.357 EF	6.800 C
CRIOLLO 6	1.681 F	5.441 C
DMS	3.070	4.359

Medias unidas con la misma letra son estadísticamente iguales.

Las variedades criollas 1 y 2, ambas originarias del estado de Guerrero, a pesar de que en otros ambientes se mantuvieron entre los materiales poco rendidores, en esta localidad de Iguala, Gro

elevaron su producción considerablemente, colocándose en los primeros siete materiales de mayor rendimiento. Este incremento en rendimiento muy probablemente fue debido a que encontraron las condiciones ambientales apropiadas, bajo las cuales a juzgar por su origen, por siempre se han desarrollado.

Los materiales que en el primer corte rindieron menos, obtuvieron también el menor rendimiento total al final de su ciclo y viceversa; por lo que se deduce una alta correlación entre el rendimiento inicial y el rendimiento final; lo cual puede tener gran aplicación en el campo del mejoramiento genético vegetal; en virtud de que en la generación de nuevas variedades de tomate de cáscara sería factible descartar materiales poco rendidores con tan solo los resultados del primer corte. En el otro extremo, con los mismos resultados se posibilitaría la selección de materiales rendidores y precoces. Ambas situaciones contribuyen notablemente para que el mejoramiento genético del tomate de cáscara sea rápido y económico.

5.3.4. Analisis y discusión de los resultados de la localidad de prueba Tetitlán, Nayarit

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas ($\alpha=0.05$) para las variables rendimiento en el primer corte y rendimiento total (Cuadro A7), lo cual significa que la

hipótesis que establece que las variedades de tomate de cáscara presentan estadísticamente un igual rendimiento en el primer corte o total es rechazada. variedad fue estadísticamente muy diferente al rendimiento promedio del resto de las variedades.

CUADRO. A7 Significancia para las fuente de variación variedades, en las variables rendimiento total (RENT) y rendimiento en el corte 1 (RC1). Localidad de prueba Tetitlán, Nayarit.

VARIABLE	CM	C.V	MEDIA
RENT	13.3223**	28.82	4.3137
RC1	0.89057**	51.67	0.6947

** Diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$)

El coeficiente de variación para el primer corte, no obstante su alto valor (51.67), es explicable en términos de la alta variabilidad genética existente en tomate de cáscara que puede constituir en una fuente de variación no controlada al aplicar cada tratamiento varias veces. Además, y de mucha importancia en este aspecto fue la alta incidencia de plagas durante el desarrollo del cultivo, particularmente aquéllas que directamente atacaban el órgano vegetal de interés (v.g. gusano del fruto, *Heliothis* sp.). Ésta, por otro lado, causó que la media de rendimiento de 4.313 ton/ha resultara muy baja para una zona de riego. La incidencia de plagas y enfermedades en estudios de estabilidad genética suele ser muy común y la importancia de ello

es que el ataque de fitopatógenos puede influir en cierta inestabilidad de materiales susceptibles (Joppa, et al., 1971).

La prueba de comparación de medias de rendimiento determinó que el Mejorado 3 resultó ser el material más precoz al presentar la máxima producción en el primer corte (1.885 ton/ha), mismo que fue estadísticamente superior y diferente al resto de los rendimientos de las variedades evaluadas (Cuadro A8). Un grupo estadístico medianamente precoz estuvo integrado por 7 materiales que fueron los Mejorados 1 y 2, Tamazula, Criollos 2 y 3, Salamanca y Rendidora, de los cuales destaca el Tamazula, ya que si bien se mantuvo poco rendidor en el primer corte en otras localidades, en Tetlitlán, Nay. se ubicó dentro de un conjunto de materiales estadísticamente de mediano rendimiento inicial; tal incremento en la producción presumiblemente fue debido a que siendo Tamazula originario del estado de Jalisco encontró las condiciones ambientales apropiadas para expresarse en un desarrollo precoz.

Si se considera el rendimiento total al final de los cortes, se puede observar que los Mejorados 1, 2 y 3, junto con el Criollo 3 se impusieron significativamente sobre las demás variedades (Cuadro A8). En el otro extremo, el material menos rendidor al final de su ciclo fue Salamanca, tendencia que se manifestó en los demás sitios de evaluación. El resto de las variedades presentaron un rendimiento estadísticamente intermedio. La superioridad de los

materiales Mejorados y del Criollo 3 en parte es consecuencia de que todos ellos se han cultivado en su lugar de origen bajo condiciones de riego y se han adaptado ampliamente a ellas, mismas que prevalecieron en la localidad en cuestión. Los bajos rendimiento de los materiales, particularmente de los Mejorados, encuentra explicación en una alta incidencia de plagas y enfermedades previamente discutida.

Cuadro A8. Comparación de medias (DMS, $\alpha=0.05$) para rendimiento en el primer corte (RC1, ton/ha) y rendimiento total (RENT, ton/ha). Localidad de prueba Tetitlán, Nay.

MATERIAL	RC1	RENT
MEJORADO 3	1.885A	6.327AB
MEJORADO 1	1.091 B	7.008A
CRIOLLO 3	0.946 BC	5.788AB
CRIOLLO 2	0.933 BC	4.317 BC
TAMAZULA	0.704 BCD	2.931 CD
MEJORADO 2	0.655 BCD	6.883A
SALAMANCA	0.476 CD	1.597 D
RENDIDORA	0.437 CD	4.389 BC
CRIOLLO 5	0.407 D	4.246 BC
CRIOLLO 6	0.347 D	2.740 CD
CRIOLLO 1	0.238 D	2.791 CD
CRIOLLO 4	0.218 D	2.748 CD
MDS	0.5165	1.790

Medias unidas con la misma letra son estadísticamente iguales.

5.3.5. Análisis y discusión de los resultados de la localidad de prueba Celaya, Guanajuato

El análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) para las variables rendimiento en el primer corte y rendimiento total (Cuadro A9). Los valores de los coeficientes de variación en las variables señaladas muestran gran confiabilidad en los resultados obtenidos. La media general del rendimiento total de 8.557 ton/ha es relativamente baja si se considera que el cultivo se desarrolló bajo riego; probablemente tal valor se debió principalmente al aspecto fitosanitario, puesto que no obstante las medidas de prevención y control realizadas, se detectaron fuertes focos de infección por cenicilla (*Sphaeroteca* sp.) y gusano del fruto (*Heliothis* sp.).

CUADRO. A9 Significancia para la fuente de variación variedades, en las variables rendimiento total (RENT) y rendimiento en el corte 1 (RC1). Localidad de prueba Celaya, Gto.

VARIABLE	CM	C.V.	MEDIA
RENT	16.0793**	20.11	8.557
RC1	2.51579**	44.76	1.342

** Diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$)

En relación a la variable rendimiento en el primer corte, el grupo de materiales superior está integrado por los Mejorados 1 y

2, Criollo 5, Criollo 3 y Mejorado 3, con rendimientos respectivos de 2.4, 2.3, 1.964, 1.959 y 1.954 ton/ha; razón por la que resultaron ser los más precoces (Cuadro 10). Un grupo de rendimiento intermedio se conformó por el Criollo 2, Criollo 1 y Rendidora. El resto de las variedades se comportó de manera tardía al manifestarse en un menor rendimiento en el primer corte.

Cuadro A10. Comparación de medias (DMS, $\alpha=0.05$) para rendimiento en el primer corte (RC1 ton/ha) y rendimiento total (RENT, ton/ha). Ambiente de prueba Celaya, Gto.

MATERIAL	RC1	RENT
MEJORADO 1	2.416A	8.819ABCD
MEJORADO 2	2.356A	10.977AB
CRIOLLO 5	1.964AB	10.084ABC
CRIOLLO 3	1.959AB	8.571 BCD
MEJORADO 3	1.954AB	11.062A
CRIOLLO 2	1.424 BC	8.631ABCD
CRIOLLO 1	1.324 BCD	9.742ABC
RENDIDORA	1.071 CDE	7.912 CDE
CRIOLLO 4	0.496 DE	6.751 DEF
TAMAZULA	0.481 DE	4.430 F
SALAMANCA	0.337 E	6.042 EF
CRIOLLO 6	0.318 E	9.667ABC
DMS	0.8642	2.400

En relación a rendimiento total, siete materiales figuraron en los sitios más altos. Las variedades Criollo 3 y Rendidora se comportaron medianamente rendidores al final de su ciclo.

Finalmente, el Criollo 4, Salamanca y Tamazula mostraron el menor rendimiento total; lo cual al menos para Salamanca no era de esperarse, puesto que dicha variedad es originaria del Estado de Guanajuato y la lógica indicaba que en la localidad de Celaya mostrara un buen rendimiento. El bajo rendimiento mostrado por Salamanca pudiera deberse a que posee un mayor ciclo reproductivo en comparación con los materiales tipo Rendidora (Rendidora y Mejorados 1, 2 y 3); como consecuencia de ello, es mayor la probabilidad de afectar su rendimiento en función de cambios ambientales a través de la estación de crecimiento o ante un cierto ataque de fitopatógenos (Peña et al 1991).

VI. CONCLUSIONES

Con base en los objetivos del trabajo, las hipótesis planteadas y las condiciones que se presentaron durante la presente investigación, se llegó a las siguientes conclusiones.

1. Los doce materiales de tomate de cáscara evaluados, en general respondieron de manera diferencial a los cambios del ambiente para el caracter de interés; esto es, hubo cambios diferentes en el rendimiento de las variedades al pasar de un ambiente a otro.

2. Cuando la estabilidad fue conceptuada como constancia del comportamiento a través de los ambientes, la variedad más estable por presentar una menor variación de su rendimiento a través de las localidades, según la varianza, desviación estandar, amplitud y coeficiente de variación fue el Criollo 4 originario del Estado de Michoacán. Sin embargo, entre los máximos de los rendimientos de las variedades, el Criollo 4 fue el inferior. Su rendimiento promedio general fue significativamente uno de los más bajos. En este enfoque destacan el los Mejorados 1 y 2, y Rendidora, en virtud de que no obstante la variación de su rendimiento, el menor valor registrado de este último es muy similar al máximo rendimiento del Criollo 4.

3. Según el modelo de Eberhart y Russell, todos los materiales evaluados resultaron ser estables; ya que los valores de sus

coeficientes de regresión y desviaciones de regresión no difieren significativamente de los ideales (la unidad y cero, respectivamente).

4. En ambientes de condiciones adversas los mejorados 1 y 2 aún cuando fueron estadísticamente iguales a otros materiales, siempre estuvieron en el grupo superior. En el otro extremo, los materiales que en estos ambientes mostraron el menor rendimiento fueron Salamanca y Tamazula.

5. En ambientes de condiciones favorables (Chapingo, México e Iguala, Guerrero), las variedades Mejorados 1 y 2 y Rendidora siempre estuvieron en el grupo de mayor rendimiento ($\alpha=0.05$).

6. En general, los materiales que en el primer corte mostraron el mayor rendimiento, obtuvieron también el mayor rendimiento promedio total. Esto implica que en términos de mejoramiento genético, la selección de materiales rendidores y precoces bien pudiera realizarse con base en los resultados del primer corte, proporcionando con ello un ahorro de tiempo y costos.

7. Toda vez que fue positiva y significativa ($\alpha=0.01$) la correlación entre el rendimiento medio de las variedades y la varianza, desviación estandar y amplitud de su rendimiento a través de las localidades de prueba se infiere que, en general, a medida que se incrementa el rendimiento medio también se

incrementa la variación del rendimiento a través de los sitios de evaluación; lo que significa la existencia de cierta dificultad al pretender obtener un material estable y rendidor.

8. Los resultados de la clasificación de las variedades de tomate de cáscara evaluadas, con base en los valores que tomaron sus parámetros de estabilidad, indicaron que los Mejorados 1, 2 y 3, Rendidora y los Criollos 1, 2 y 3 fueron categorizados según el criterio de Carballo (1970) como variedades de respuesta buena en ambientes favorables y consistentes; mientras que Salamanca, Tamazula y los Criollos 4, 5 y 6 clasificaron como variedades de respuesta buena en ambientes desfavorables y consistentes.

9. Por su rendimiento siempre ubicado en el grupo superior ($\alpha=0.05$) y su comportamiento estable, según el criterio de Eberhart y Russell (1966), los materiales Mejorado 1, Mejorado 2 y Rendidora, ameritarían evaluaciones adicionales con el fin de estimar con mayor precisión sus valores genotípicos.

10. Las localidades en las cuales se obtuvo estadísticamente el menor rendimiento promedio fueron Tetitlán, Nayarit y Cuautla, Morelos; razón por la cual fueron consideradas como ambientes desfavorables. El mayor rendimiento medio se observó en Chapingo, México e Iguala, Guerrero; localidades consideradas consecuentemente como ambientes favorables. Celaya, Guanajuato se ubicó en una posición intermedia respecto de las localidades señaladas.

11. En relación a los criterios de Hamblin et al. (1980) citados por Sahagún (1992) las localidades en las que se pudiera realizar la evaluación y selección de variedades son Tetitlán, Nay.; Iguala, Gro y Chapingo, Méx; toda vez que fue positiva y altamente significativa la correlación entre el rendimiento medio de las variedades en una localidad y el rendimiento medio de las variedades en todas las localidades,

12. En Chapingo, México, los materiales que presentaron significativamente el mayor rendimiento promedio total fueron Mejorado 1 (13.8, ton/ha), Rendidora (13.05, ton/ha), Mejorado 2 (12.54, ton/ha), Mejorado 3 (10.16, ton/ha) y Criollo 3 (9.78 ton/ha). En las localidades Cuautla, Morelos; Iguala, Guerrero; Tetitlán, Nayarit y Celaya, Guanajuato; dichos materiales fueron, respectivamente Mejorado 1 (8.1 ton/ha), Mejorado 3 (7.9 ton/ha), Criollo 5 (7.7 ton/ha) y Rendidora (7.5 ton/ha); Mejorados 1, 2 y 3 y Rendidora; Mejorados 1,2 y 3 y Criollo 3; Mejorados 3 y 2 y Criollo 5.

13. La característica volumen de frutos por kilogramo presentó poca variación en las localidades en que se cuantificó; no obstante, el número de frutos por kilogramo sí mostró diferencias significativas, en donde los materiales originarios del Estado de Jalisco presentaron el máximo valor.

VII. RECOMENDACIONES

Si se deseara estudiar más profundamente el fenómeno sería conveniente realizar evaluaciones adicionales durante durante varios años a fin de estudiar el efecto del factor tiempo sobre las variables consideradas.

Con la idea de incrementar el conocimiento relativo al tomate de cáscara, es favorable conducir experimentos en donde se estudie la estabilidad de otras características fenotípicas de interés agronómico.

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo, es preciso continuar los estudios sobre los materiales Mejorados ya que prometen ser variedades estables y sobre todo altamente rendidoras aún en condiciones críticas.

Pensar en la posible recomendación de el cultivo de alguno de los materiales evaluados como variedad comercial, es pensar en el Mejorado 1; ya que no obstante la variación de su rendimiento, su se mantuvo siempre por arriba del material más estable.

VIII. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Abadía J.; M. L. Gómez-Guillamón; J. Cuartero; F. Nuez. 1984. Interaction genotype×cultivation method for melon fruit characters. CUCUMIS AND MELON'S 84 IIIrd MEETING. 2-5 July, Plovdiv, Bulgaria. Pp.95-98.
- Ayala P.; J. P. 1991. Caracterización de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.) en Chapingo, Méx. Tesis Profesional. Fitotecnía, UACH. México. 62 pp.
- Allard, R. W. and Bradshaw, A. D. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. CROP SCI. 4:503-508.
- Bilbro J. D. and L. L. Ray. 1976. Environmental stability and adaptation of several cotton cultivars. CROP SCI. 16:821-824.
- Bucio A.; L. 1966. Environmental and genotype-environmental components of variability. I. Inbred lines. HEREDITY 21:387-397.
- Bucio A.; L. 1992. Aspectos históricos de la interacción genotipo-ambiente y la contribución del grupo Bucio-Jinks. Origen de la estimación de las interacciones. En: Memorias del Simposio Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnía Vegetal. Guadalajara, Jal, México. pp. 29-65.
- Carballo C.; A. 1970. Comparación de variedades de maíz de el Bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo, México. 88 h.

- Cárdenas Ch. I. E. 1981. Algunas técnicas experimentales con tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de postgraduados. Centro de Genética. Chapingo, México. Pp. 57-89.
- Castillo T. N. y M. Salazar G. 1987. Estabilidad del rendimiento de híbridos y variedades de girasol en diferentes fechas de siembra en el Valle del Mayo, Sonora. FITOTECNIA 10:62-71.
- Cornelius P. L. 1993. Statistical test and retention of terms in the additive main effects and multiplicative interaction model for cultivar trials. CROP SCI. 33:1186-1193.
- Cornelius P. L.; D. A. Van Sanford and M. S. Seyedsadi. 1993. Clustering cultivars into groups without rank-change interactions. CROP SCI. 33:1193-1200.
- Crossa, J. 1992. Análisis estadístico de series de experimentos. En: Memorias del Simposio Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal. Guadalajara, Jal, México. Pp. 149-169.
- Cruz M. R. y A. Hernández J. 1994. Análisis computacional de la interacción genotipo-ambiente con el modelo AMMI. REVISTA FITOTECNIA MEXICANA. 17(1)103-115.
- Cruz M.; R. y M. Salazar G. 1992. Métodos alternativos en el análisis de la interacción Genotipo-Ambiente. En: Memorias del Simposio Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal. Guadalajara, Jal, México. Pp. 127-148.
- D'Arcy W. G. 1979. The clasification of the *solanaceae*. In: J. G. Hawkes; R. N. Lester and A. D. Skeiding. The biology and taxonomy of the *Solanaceae*. ACADEMIC LONDON U.K. Pp.3-47.

- Duran R.; R. 1989. La interacción genético ambiental en la genotecnia vegetal. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México. 319 p.
- Eberhart S. A. and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. CROP SCI. 6:36-40.
- Finlay K. W. and G. N. Wilkinson. 1963. The analisis of adaptation in a plant breeding programme. AUST. JOUR. AGRI. RES. 14:742-754.
- Francis T. R. y L. W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. CAN. JOUR. PLANT SCI. 58:1029-1034.
- García E. 1987. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 4ta. Ed. Instituto de Geografía de la UNAM. México. 217 p.
- García V.; A. 1975. Citotaxonomía del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.). Avances en la enseñanza y la investigación 1975-1976. Colegio de Postgraduados. Centro de Genética. ENA.Chapingo, México. Pp. 34-39.
- Gómez P.; A. et. al. 1991. El Consumo de hortalizas en México. CIESTAAM. UACH. Chapingo, México. 51 p.
- Grant, V. 1963. The origin of adaptation. Columbia University. Press. New York, United States of North América. 606 p.
- Hallauer A. R. and J. B. Miranda F. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press/Ames. United States of North América. 468 p.

- INIA-MEXICO. 1981. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el estado de Puebla. Campo Experimental Tecamachalco, Puebla. Pp. 24-26.
- Joppa L. R., K. L. Lebsock and R. H. Busch. 1971. Yield stability of selected spring wheat cutivars (*Triticum aestivum* L. em Thell) in the uniform regional nurseries, 1959 to 1968.
- Knauft D. A. and D. W. Gorbe. 1993. Consistency of rank correlations of peanut breeding lines for market grade characteristics and yield. CROP SCI. 33:697-693.
- Langer I.; K. V. Frey; T. B. Bailey. 1978. Production response and stability characteristics of oat cultivars in different areas. CROP. SCI. 18:938-942.
- León G. A. 1978. Genética de la evolución: Aspectos cuantitativos. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 247.
- Lin C. S. and M. R. Binns. 1988. A method for analysing cultivar×location×year experiments: a new stability parameter. Ottawa, Canada. THEOR. APPL. GEN. 76:425-430.
- Lin C. S.; M. R. Binns and L. P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: Where do we stand?. CROP SCI. 26:894-900.
- Lin C. S. and G. Butler. 1990. Cluster analysis for analysing two-way classification data. AGRON. JOUR. 82:344-348.
- Livera M.; M. 1979. Adaptación y adaptabilidad de genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) tolerantes al frío. Tesis Profesional M.C. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 142 p.

- López J.; A. 1978. Utilización de los parámetros de estabilidad para la elección de variedades de maíz de riego y temporal para el estado de Durango. Tesis Profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 69 p.
- López M., R.; J. F. Santiaguillo H.; A. Peña L.; J. A. Cuevas S. y J. Sahagún C. 1992. Evaluación de 60 genotipos de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.) en Chapingo, México. REVISTA CHAPINGO. Serie Horticultura. 2:131-134.
- Margalef, R. 1980. Ecología. Ediciones Omega S. A. Barcelona España. 951 p.
- Márquez S.; F. 1974. El problema de la interacción genético-ambiental en Genotecnia Vegetal. PATENA. Chapingo, México, 113 p.
- Márquez S., F. 1985. Genotecnia Vegetal. Métodos, teoría y resultados. Tomo I. AGT-Editor S. A. México. pp 118-125.
- Márquez S., F. 1991. Genotecnia Vegetal. Métodos, teoría y resultados. Tomo III. AGT-Editor S. A. México. pp 177-192.
- Márquez S.; F. 1992. La interacción genético-ambiental en Genotecnia Vegetal. Revisión. En: Memorias del Simposio Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal. Guadalajara, Jal, México. Pp. 1-27.
- Martínez G.; A. 1992. Análisis de parámetros de estabilidad cuando algunas variedades no figuran en todos los ambientes. En: Memorias del Simposio Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal. Guadalajara, Jal, México. pp. 171-197.

- Menzel Y. M. 1951. The cytotaxonomy and genetics of *Physalis*.
REPRINT FROM PROC. AMER. PHILOS. SOC. 95(2):132-183.
- Molina G.; J. D. 1992. Introducción a la genética de poblaciones y Cuantitativa. Algunas implicaciones en la Genotecnia. AGT EDITOR S. A. México. 349 p.
- Moll R. H. and Stuber C. W. 1974. Quantitative genetic empirical result relevant to plant breeding. ADB. AGROM. 26 (IV): 287-295.
- Morfín V. A. y J. Ortiz C. 1990. Estabilidad del rendimiento de genotipos de maíz bajo condiciones de temporal. SOMEFI. Cd. Juárez, Chihuahua. Pág. 277.
- Ortega A. J. y O. S. Magaña T. 1992. Param: Sistema de análisis de parámetros de estabilidad. En: Congreso Nacional de Fitogenética. Tuxtla Gutierrez, Chiapas. Pág. 363.
- Palomares G.; S. Balasch; J. Cuarteto y F. Nuez. 1984. Interacciones genotipo por medio en los valores de la ACG para número de frutos en tomate. V Jornadas de Selección y Mejora de Plantas Hortícolas (antes Selección y Mejora de Tomate y Pimiento. Centro Regional de Investigación y Desarrollo Agrario del Ebro (CRIDA-03). 22-25 de Mayo, Logroño, España. Pp. 39-45.
- Pandey K. K. 1957. Genetics of self-incompatibility in *Physalis ixocarpa*, Brot. A new system. AMER. JOUR. BOT. 44: 879-887.
- Peña L., A. y Márquez S., F. 1990. Mejoramiento genético del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.). REVISTA CHAPINGO. México. (71-72):84-88.
- Peña L., A.; P. F. Ramírez y R. A. Cruz. 1991. Edad al trasplante

de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo, México. REVISTA CHAPINGO. (73-74):57-60.

Plaisted R. L. and C. Peterson L. 1959. A technique for evaluating the ability of selection to yield constantly in different locations or seasons. AM. POT. JOUR. 36:381-385.

Powell W.; P. D. S. Caligari; M. S. Phillips; J. L. Jinks. 1986. The measurement and interpretation of genotype by environment interaction in spring barley (*Hordeum vulgare*). HEREDITY. 56:255-262.

Raun W. R.; H. J. Barreto and R. L. Westerman. 1993. Use of stability analysis for long-term soil fertility experiments. AGRON. JOUR. 85:159-167.

Sahagún C., J. 1992. El ambiente, el genotipo y su interacción. México. REVISTA CHAPINGO. (79-80):5-12.

Santiaguillo H., J. F. y López M., R. y 1992. Colección, conservación y evaluación de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.) en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Santiaguillo H., J. F. López M., R.; Peña L., A. y Cuevas S., J. A. 1992. Distribución, colecta y conservación de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis* spp.) en México. REVISTA CHAPINGO. (2):125-129.

Sánchez P.; P. 1983. Estudio de estabilidad de caracteres y de razas de maíz en México. Tesis de Maestría. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 73 p.

Saray M.; C. R. 1977. El cultivo del tomate de cáscara en el estado de Morelos. INIA-CIAMEC. Circular No. 57. México.

Saray M.; C. R. 1982. Importancia de la precosecha (calentamiento) en el rendimiento de tomate de cáscara *Physalis ixocarpa*, Brot. Tesis de Maestría. Centro de Genética. C. P. Pp. 9-23.

SARH. 1992. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo I. México, D. F. Pp. 215-217.

SARH. 1993. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo I. México, D. F. 656 p.

Secretaría de Gobernación. Centro Nacional de Estudios Municipales de la Secretaría de Gobernación. 1988. Colección: Enciclopedia de los municipios de México. Estado de Guerrero. Pp. 203-208.

Secretaría de Gobernación. Centro Nacional de Estudios Municipales de la Secretaría de Gobernación. 1988. Colección: Enciclopedia de los municipios de México. Estado de Guanajuato. Pp. 44-49.

Secretaría de Gobernación. Centro Nacional de Estudios Municipales de la Secretaría de Gobernación. 1988. Colección: Enciclopedia de los municipios de México. Estado de México. Pp. 498-501.

Secretaría de Gobernación. Centro Nacional de Estudios Municipales de la Secretaría de Gobernación. 1988. Colección: Enciclopedia de los municipios de México. Estado de Nayarit. Pp. 18-21.

Searle, S. R. 1971. Linear models. Wiley series in probability and mathematical statistics. John Wiley & Sons, Inc. United States of América. 532 p.

Wilsie C. P. 1962. Crop adaptation and distribution. W. H. Freeman and C. San Francisco and London. 448 p.

Yates F. and W. G. Cochran. 1938. The analysis of groups of experiments. JOUR. AGRIC. SCI. 28:556-580.

Zavala G.; F.; P. J. Bramel C.; J. D. Eastin; M. D. Witt and D. J. Andrews. 1992. Unpredictable environments. CROP SCI. 32: 51-57.