

ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE TOMATE DE CASCARA (*Physalis ixocarpa* Brot.) II. REGRESION DE GENOTIPOS SOBRE INDICES AMBIENTALES

Santiago H., J.F.¹; J. Sahagún C.²; A. Peña L.²; J.A. Cuevas S.².

¹ Centro Reg. Univ. de Occidente CRUOC. Guadalajara, Jal.

² Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. C. P. 56230.

RESUMEN En la horticultura mexicana el tomate de cáscara ha venido cobrando gran importancia en los últimos años; sin embargo, la investigación sobre dicha especie es limitada y se carece de información experimental sobre la estabilidad de su rendimiento. En el presente trabajo se estimaron parámetros de estabilidad del rendimiento de 12 variedades de tomate de cáscara. Las 12 variedades se evaluaron usando un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones en cada uno de cinco ambientes. El análisis de estabilidad se realizó con base en el modelo de Eberhart y Russell (1966). Todos los materiales resultaron estables al presentar parámetros de estabilidad que no difirieron significativamente de los ideales. Las variedades 'Mejorados 1', '2' y '3', 'Criollo3' y 'Rendidora' ameritarían evaluación adicional para estimar en forma más extensiva y precisa su valor, tanto desde el punto de vista comercial como genotécnico, toda vez que en las condiciones de esta evaluación resultaron ser estables y rendidoras.

PALABRAS CLAVE: Parámetros de estabilidad, estabilidad genética, evaluación genotípica.

YIELD STABILITY OF HUSK TOMATO (*Physalis ixocarpa* Brot.) II. REGRESSION OF GENOTYPES ON ENVIRONMENT INDEX

SUMMARY. In Mexico, husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.) is of increasing importance. However the research in this vegetable is insufficient and at present, there is not information relative to stability of performance. In the present study, the stability parameters of 12 husk tomato varieties were estimated. These varieties were evaluated in a randomized complete block design, with four replications at each of five environments. Stability analysis was based on the model by Eberhart and Russell (1966). All husk tomato varieties were stable, as their stability parameters were not different from the ideal values. 'Mejorado 1', 'Mejorado 2', 'Mejorado 3', 'Criollo3', and 'Rendidora' seem to deserve a more refined study in future investigations to assess more extensively and accurately their commercial and breeding value, because of their performance in this study.

KEY WORDS: Stability parameters, genetical stability, genotypic evaluation.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las múltiples hortalizas cultivadas en México, el tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) es una de las más importantes, toda vez que se ubica en los primeros cinco sitios en relación a superficie cultivada (SARH, 1993). Su uso más difundido es el alimenticio; no obstante, se utiliza con fines medicinales, artesanales y decorativos. Su importancia se refleja en el hecho de que de una planta poco conocida pasó a ser una hortaliza de amplio cultivo en México (sobre todo en los últimos 25 años) y con gran potencial en otros países de América y Europa. Sin embargo, la investigación sobre esta hortaliza es limitada; la mayor parte de ella está referida a la técnica de producción y métodos de mejoramiento genético, no

habiéndose generado información en torno a la estabilidad de su rendimiento.

El tomate de cáscara se encuentra distribuido en todos los estados de la República Mexicana, en forma silvestre, cultivada y domesticada. La amplia variabilidad genética que supone tal distribución y diversidad de formas de la especie, puede aprovecharse en programas de mejoramiento genético (Peña y Márquez, 1990).

En el mejoramiento genético de una especie, el mejorador debe tener perfectamente definidas las características agronómicas y el comportamiento del nuevo material que ha de obtener (Sahagún, 1992). Considerando que la meta final del fitomejorador es la liberación de cultivares altamente productivos y agrobiológicamente deseables, es conveniente que el proce-

so de evaluación considere experimentos de campo, realizados en varios ambientes, con la idea de generar información relacionada con la estabilidad de su rendimiento. Toda vez que la estabilidad es un carácter que tiene una base genética (Eberhart y Russell, 1966), es posible identificar genotipos con dicha cualidad a partir de evaluaciones preliminares, realizadas en diferentes localidades e idealmente, durante varios años para identificar los materiales más rendidores y estables.

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de estimar el coeficiente de regresión y la varianza de desviaciones de regresión del rendimiento de doce variedades de tomate de cáscara, bajo las hipótesis de que las variedades a evaluar responden de manera diferencial a los cambios de ambiente y que al menos una de ellas presentará características sobresalientes, como alto rendimiento y estabilidad en su comportamiento.

REVISION DE LITERATURA

Aspectos generales del tomate de cáscara

El tomate de cáscara es una especie mexicana conocida con una diversidad de nombres comunes, entre ellos tomate, tomate verde, tomate de fresadilla y tomatillo. Su centro de origen más probable es el territorio mexicano, ya que en él es posible encontrar una amplia variabilidad genética, en forma silvestre, fomentada, cultivada o domesticada, ocupando múltiples condiciones naturales (Santiaguillo y López, 1992).

La amplia variabilidad genética del tomate de cáscara constituye un invaluable recurso para su mejoramiento (Peña y Márquez, 1990). De acuerdo con esta línea de pensamiento, Aureliano Peña Lomelí y colaboradores, en el Departamento de Fitotecnia de la UACh, iniciaron un programa de producción y mejoramiento genético en la especie citada a la fecha han formado algunos materiales mejorados obtenidos por selección practicada en la variedad criolla Rendidora.

Interacción genotipo-ambiente y estabilidad

La interacción genético-ambiental se interpreta como la medida en que el comportamiento diferencial de los genotipos no se mantiene constante a través de los ambientes. Allard y Bradshaw (1964) señalaron que en la genotecnia vegetal la interacción genotipo-ambiente dificulta la detección de la superioridad de un material sobre otros, cuando son evaluados en diferentes loca-

lidades y/o durante varios años. Estos autores señalaron que una vez que se detecta la significancia de la interacción genético-ambiental es posible la utilización de estrategias encaminadas a estudiar las particularidades de su efecto. Estas estrategias incluyen a las agrupadas en el rubro de análisis de estabilidad (Plaisted y Peterson, 1959; Eberhart y Russell, 1966).

El concepto de estabilidad ha tenido diferentes connotaciones en el campo del mejoramiento genético; independientemente de ello, lo importante es hacer una adecuada interpretación de los resultados obtenidos y una acertada aplicación de los mismos (Durán, 1989). En el estudio de la interacción genotipo-ambiente y estabilidad genética, el trabajo de Eberhart y Russell (1966) planteó un modelo que involucra dos parámetros de estabilidad, el coeficiente de regresión (B) y la varianza de las desviaciones de regresión (S^2_d). A pesar de la utilidad y amplia difusión del modelo anterior, también ha sido fuertemente criticado por la forma de obtener las medidas ambientales y por presuponer una linealidad del modelo. Con base en los valores que toman el coeficiente de regresión y la varianza de las desviaciones de regresión, Carballo (1970) clasificó a las variedades en seis categorías.

Considerando que la meta final del fitomejorador es la liberación de cultivares altamente productivos y agrónomicamente deseables, es conveniente que el proceso de evaluación considere experimentos de campo, realizados en varias localidades e idealmente durante varios años, con el fin de generar información relacionada con su estabilidad (Allard y Bradshaw, 1964; Sahagún, 1992).

MATERIALES Y METODOS

La investigación se llevó a cabo en cinco localidades de importancia en la producción de tomate de cáscara (Cuadro 1). Las variedades estudiadas fueron tres materiales mejorados obtenidos en la Universidad Autónoma Chapingo (SJ/27/1, SP/12 y SM1SF1SM2), tres criollos comerciales ('Rendidora', 'Salamanca' y 'Tamazula') y seis criollos sobresalientes en rendimiento en una evaluación previa realizada por Santiaguillo y López (1992).

Cada experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El manejo técnico del cultivo se realizó conforme la forma que adoptan los productores de cada sitio experimental. Se registró el rendimiento por corte y total para cada variedad, en cada una de las localidades de prueba; de dichos valores se obtuvo el

CUADRO 1. Localidades de prueba para la evaluación de estabilidad del rendimiento de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.).

Localidad	Ciclo ²	Altitud (msnm)	Coordenadas		Clima
			LN	LO	
Chapingo, Méx.	V-O 1993	2 250	19° 29'	98° 53'	Cb(Wo)(w)(i)g
Iguala, Gro.	V-O 1993	635	18° 22'	99° 33'	Awo(w)(i)g
Cuautla, Mor.	O-I 1993-94	1 291	18° 48'	98° 57'	A(C)W1(w)(i')
Tetitlán, Nay.	O-I 1993-94	750	21° 08'	104° 37'	Aw1(w)(i')
Celaya, Gto.	I-P 1994	1 754	20° 31'	100° 49'	Bs1hw(w)(e)g

² V-O, O-I y I-P indican ciclo verano-otoño, otoño-invierno e invierno-primavera, respectivamente.

carácter rendimiento medio de las variedades que fue el carácter de interés. El análisis de estabilidad se realizó con base en el modelo estadístico de Eberhart y Russell (1966). La estimación de los coeficientes de regresión y de las varianzas de desviaciones de regresión se efectuó utilizando el programa PARAM presentado por Ortega y Magaña (1992). Las variedades se clasificaron según el criterio de Carballo (1970), mientras que las localidades de prueba se clasificaron con base en los valores de su índice ambiental.

RESULTADOS Y DISCUSION

A partir de los rendimientos medios de las variedades se obtuvieron los índices ambientales. Los valores de éstos (Iguala, 3.06; Chapingo, 1.84; Celaya, 0.51; Cuautla, -1.68 y Tetitlán, -3.73) indican que los ambientes más favorables fueron Iguala, Gro. y Chapingo, Méx.; y que los de condiciones menos propicias resultaron ser Cuautla, Mor. y Tetitlán, Nay., muy posiblemente como consecuencia de una alta incidencia de plagas y enfermedades. Con base en los índices ambientales se obtuvo el análisis de varianza mostrado en el Cuadro 2.

El análisis de varianza para parámetros de estabilidad detectó significancia ($P = 0.05$) sólo para el factor variedades (Cuadro 2), lo que indican que la hipótesis que establece que el rendimiento medio de cada una de las variedades de tomate de cáscara es estadísticamente igual, fue rechazada; situación que es explicable por el diferente origen geográfico y genético de los materiales utilizados. No obstante es de resaltar la amplia capacidad adaptativa del tomate de cáscara, al exhibir un favorable comportamiento en ambientes tan contrastantes como lo son: Iguala, Guerrero y Chapingo, México. Ya realizado el análisis de varianza para parámetros de regresión, según lo indican Eberhart y Russell (1966). Dichos parámetros se presentan en el Cuadro 3.

CUADRO 2. Análisis de varianza para parámetros de estabilidad para la variable rendimiento de 12 variedades de tomate de cáscara.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios
TOTAL	59	713.78	
Variedades (V)	11	191.91	17.45*
Ambientes (A)	4	357.1	89.28
V x A	44	164.78	3.75
A (lineal)	1	357.09	
V x A (lineal)	11	51.09	4.6
Desviación conjunta	36	113.70	3.2
'Mejorado 1'	3	9.32	3.11
'Mejorado 2'	3	5.77	1.92
'Rendidora'	3	7.17	2.39
'Criollo 1'	3	7.09	2.36
'Criollo 2'	3	9.71	3.24
'Criollo 3'	3	9.04	3.01
'Criollo 4'	3	10.12	3.37
'Salamanca'	3	3.53	1.18
'Criollo 5'	3	11.32	3.77
'Tamazula'	3	9.28	3.09
'Criollo 6'	3	23.81	7.94
'Mejorado 3'	3	7.56	2.52
Error conjunto	165	936.03	5.67

* Diferencia significativa ($P = 0.05$)

Los coeficientes de regresión no son estadísticamente diferentes entre sí y no difieren significativamente de la unidad (Cuadro 3). Similarmente, las varianzas de las desviaciones de regresión no resultaron ser estadísticamente diferentes de cero y aunque no es muy común que presenten signo negativo, esto es factible de ocurrir, tal como lo reportaron Hallauer y Miranda (1981). En estos casos, Searle (1971) sugirió que la estimación de la varianza de las desviaciones de regresión se tome como cero. Los valores resultantes para los coeficientes de regresión y varianza de las desviaciones de regresión (Cuadro 3) corresponden con los resultados del análisis de varianza mostrados en el Cuadro 2, en el sentido de que los primeros no difieren significativamente de la unidad y los segundos de cero.

CUADRO 3. Medias de rendimiento y parámetros de estabilidad de 12 variedades de tomate de cáscara

Variedad	Media (t·ha ⁻¹)	Coefficiente de regresión	Varianza de desviación de regresión
Mejorado 1	10.68	1.27	-932.9
Mejorado 2	10.47	1.32	-934.1
Rendidora	9.53	1.48	-933.6
Criollo 1	7.90	1.50	-933.6
Criollo 2	7.13	1.13	-932.8
Criollo 3	8.82	1.18	-933.0
Criollo 4	5.57	0.33	-932.7
Salamanca	5.91	0.90	-934.9
Criollo 5	7.76	0.54	-932.3
Tamazula	5.76	0.66	-932.9
Criollo 6	6.86	0.54	-928.1
Mejorado 3	10.16	1.15	-933.5

Los resultados anteriores conducen a la conclusión de que, de acuerdo a los criterios de Eberhart y Russell (1966), todas las variedades de tomate de cáscara evaluadas son estables, toda vez que sus coeficientes de regresión y varianza de las desviaciones de regresión no difieren significativamente de la unidad y cero, de manera respectiva. Debe tener en cuenta que en este caso el concepto de estabilidad es de tipo agronómico, 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 las variedades sea también superior. No es a la estabilidad en términos de ausencia de cambio a la que se hace referencia.

Con los valores de los coeficientes de regresión y de las medias de rendimiento de las variedades es

posible construir una gráfica en donde se observen las líneas de regresión de aquellas (Figura 1). El 'Criollo 4' muestra un comportamiento distinto en comparación con el resto de las variedades (Figura 1). Resultados similares obtuvieron Joppa *et al.* (1971) al estudiar la estabilidad del rendimiento de cultivares de trigo durante varios años; dichos autores encontraron que los cultivares incluidos en la definición del índice ambiental, afectaron, 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. Los materiales 'Mejorados' y el 'Criollo 3' exhiben el mayor rendimiento en ambientes desfavorables; mientras que en ambientes con condiciones favorables lo exhiben estos materiales, junto con 'Rendidora'.

Según la clasificación de Carballo (1970), todas las variedades fueron consistentes al presentar una varianza de desviación de regresión que no difiere significativamente de cero. Los tres materiales Mejorados, 'Rendidora' y los 'Criollo 1', '2' y '3' fueron clasificados como de "Respuesta buena en ambientes favorables". Por el contrario, los 'Criollo 4', '5' y '6', 'Salamanca' y 'Tamazula' se clasificaron como de "Respuesta buena en ambientes desfavorables". A pesar de que el 'Criollo 4' se encuentra en esta última categoría, también se ubicó en la mitad de materiales de menor rendimiento; lo cual indica que en ambientes no favorables al menos seis materiales presentan mejor respuesta que el 'Criollo 4' (Figura 1).

CONCLUSIONES

Según el modelo de Eberhart y Russell (1966), todas las variedades evaluadas resultaron estables, ya que los valores de su coeficiente de regresión y varianza de las desviaciones de regresión no difirieron de manera significativa de la unidad y cero, respectivamente.

En ambientes de condiciones adversas, los 'Mejorado 1', '2' y '3' y el 'Criollo 3', mostraron el mayor rendimiento; éstos mismos junto con 'Rendidora' se comportaron similarmente en ambientes favorables.

Por su alto rendimiento y estabilidad, los 'Mejorado 1', '2' y '3', 'Criollo 3' y 'Rendidora', ameritarían evaluación adicional, con el fin de estimar con mayor precisión su valor tanto desde el punto de vista comercial como genotécnico.

Con base en el criterio de Carballo (1970) todas las variedades fueron consistentes; los 'Mejorado 1', '2' y '3' 'Rendidora' y los Criollo '1', '2' y '3' se clasificaron

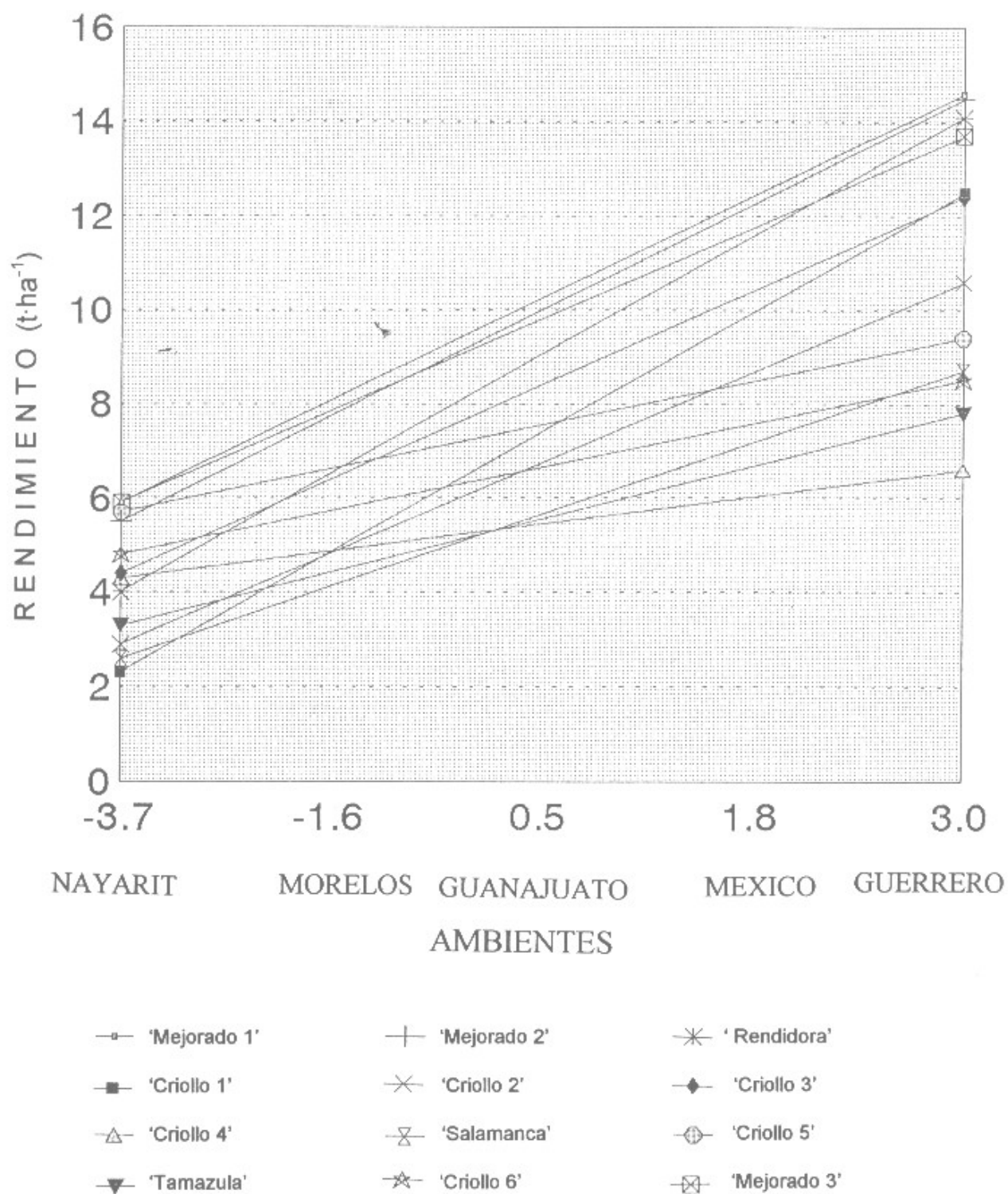


Fig. 1. Respuesta de doce variedades de tomate de cáscara en cinco ambientes de prueba

como de "respuesta buena en ambientes favorables". El resto de las variedades se clasificaron como de "respuesta buena en ambientes desfavorables".

LITERATURA CITADA

- ALLARD, R. W.; A. D. BRADSHAW. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4:503-508.
- 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. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 88 p.
- DURAN R., R. 1989. La interacción genético-ambiental en la genotecnía vegetal. Tesis de Licenciatura, Departamento de Fitotecnía. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 319 p.
- EBERHART, S.A.; W. A. RUSSELL. 1966. Stability parameters for comparing varieties *Crop Sci.* 6:36-40.
- GARCIA, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Cuarta Ed. Instituto de Geografía de la UNAM. México. 217 p.
- HALLAUER, A.R.; J.B. MIRANDA. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press/Ames, USA. 468 p.
- JOPPA, L.R.; K.L. LEB SOCK; R.H. BUSCH. 1971. Yield stability of selected spring wheat cultivars (*Triticum aestivum* L. em Thell) in the uniform regional nurseries, 1959 to 1968. *Crop Sci.* 11:238-241.
- MARQUEZ S., F. 1992. La interacción genético-ambiental en genotecnía vegetal. Revisión. Memorias del Simposium Interacción y Genotipo Ambiente en Genotecnía Vegetal. SOMEFI. Guadalajara, Jalisco. Méx. pp. 1-27.
- ORTEGA A. J.; O. S. MAGAÑA T. 1992. PARAM: Sistema de análisis de parámetros de estabilidad. Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Tuxtla Gutiérrez, Chis. Resúmenes. Pág. 363.
- PEÑA L., A.; F. MARQUEZ S. 1990. Mejoramiento genético del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) Revista Chapingo. 71-72:84-88.
- PLAISTED, R. L.; C. PETERSON Y. 1959. A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. *Amer. Potato J.* 36:381-385.
- SAHAGUN C., J. 1992. El ambiente, el genotipo y su interacción. México, Revista Chapingo 79-80: 5-12.
- SANTIAGUILLO H., J. F.; R. LOPEZ M. 1992. Colecta, conservación y evaluación de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnía. UACH. México. 100 p.
- SARH. 1993. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo I. México, D. F. pp. 215-217.
- SEARLE, S.R. 1971. Linear models. Wiley series in probability and mathematical statistics. John Wiley & Sons, Inc. United States of America. 532 p.