

MEDIAS Y VARIANZAS EN VARIEDADES SINTÉTICAS DE MAÍZ CON DIFERENTES FUENTES DE GERMOPLASMA DE TEOCINTLE

MEANS AND VARIANCES IN SYNTHETIC MAIZE VARIETIES WITH DIFFERENT GERMPLASM SOURCES OF TEOCINTE

José Miguel Padilla García^{1*}, José de Jesús Sánchez González¹, José Luis Ramírez Díaz², Juan Francisco Casas Salas¹, José Ron Parra¹, Margarito Chuela Bonaparte² y Mario Aguilar Sanmiguel²

¹ Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Km 15.5 Carr. Guadalajara a Nogales. C.P. 45110, Zapopan, Jal., México. Tel. y Fax: 01 (33) 3682-0213. Correo electrónico: jpadilla@maiz.cucba.udg.mx. ² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km 10 Carr. Tlajomulco-San Miguel Cuyutlán, C.P. 45640, Tlajomulco de Zúñiga, Jal., México. Tel y Fax: 01(379) 772-4051. Correo electrónico: cenjal@cirpac.inifap.conacyt.mx.

* Autor responsable

RESUMEN

Los parientes silvestres de las especies cultivadas representan un recurso genético potencial para incrementar la diversidad genética, y con ello mejorar la resistencia a factores adversos y el rendimiento económico. En el caso del teocintle (*Zea spp.*), existen resultados alentadores de su uso para mejorar líneas élite de maíz (*Zea mays* L.), pero hay poca información del comportamiento de poblaciones de maíz con germoplasma de teocintle y de su uso potencial en el mejoramiento genético. El objetivo de esta investigación fue estimar el efecto de seis fuentes de germoplasma de teocintle en las medias y varianzas de variedades sintéticas de maíz, en varias generaciones de recombinación. Siete sintéticos F₂, F₃ y F₄ se evaluaron en Tlajomulco y Ameca, Jalisco, México, en punta de riego y temporal o seco, respectivamente. En cada localidad se estableció un experimento factorial en bloques completos al azar con cuatro repeticiones; los factores fueron las seis fuentes de teocintle y las generaciones (F₂, F₃ y F₄). Se hicieron pruebas de homogeneidad de varianzas para cada variable en cada uno de los tratamientos. Ninguna de las fuentes de germoplasma de teocintle causó incrementos significativos en el rendimiento de grano o sus componentes, respecto al sintético original. Las fuentes de teocintle JAL (*Zea mays ssp. parviglumis*) y ZD (*Zea diploperennis*) parecen ser las más prometedoras para usarse en programas de mejoramiento genético de maíz de áreas subtropicales, debido a que mostraron la mayor variabilidad y valores medios. Las varianzas de algunos sintéticos no son consistentes a través de localidades pero se demostró que las fuentes de teocintle modifican los niveles de variabilidad y en varios casos superaron significativamente al sintético original.

Palabras clave: *Zea mays* L., *Zea spp.*, diversidad genética, mejoramiento poblacional, especies silvestres.

SUMMARY

Wild relatives of crop species are potential sources for increasing genetic diversity, and thereby for improving the resistance to adverse environmental factors and grain yield. In the case of teosinte (*Zea spp.*), the closest relative of maize (*Zea mays* L.), there are encouraging results for using it to improve maize elite lines; but there is less information about using maize populations containing teosinte germplasm as a potential source in maize improvement. This research was

conducted to estimate the effect of six sources of teosinte on population parameters (means and variances) through three generations of recombination. Seven synthetics and their generations F₂, F₃, and F₄ were evaluated in Tlajomulco and Ameca, Jalisco, México, under irrigation and rainfed conditions, respectively. The experiment was based on a randomized complete block design with four replications, where treatments were arranged as factorial with six teosinte sources and generations F₂, F₃, and F₄ as factors. Means and variances were calculated for each population, and tests for homogeneity of variances were performed to determine whether the observed variances were equal for each treatment. None of the teosinte germplasm sources caused significant increases in grain yield and yield components. The most promising teosinte sources for maize improvement for subtropical areas were JAL (*Zea mays ssp. parviglumis*) and ZD (*Zea diploperennis*) because they showed the highest variability and mean values. Although variances between generations and locations were not consistent, teosinte sources were capable to modify positively the genetic variability for some variables, because variances were greater than those obtained for the original synthetic.

Index words: *Zea mays* L., *Zea spp.*, population breeding, genetic diversity, wild relatives of crops.

INTRODUCCIÓN

La formación de variedades mejoradas de plantas se fundamenta en la disponibilidad y aprovechamiento de la diversidad genética, en los criterios de selección de fuentes de germoplasma y en el conocimiento y la aplicación correcta de las metodologías de mejoramiento (Márquez, 1988).

A la diversidad genética disponible para el mejoramiento de los cultivos también se conoce, de manera amplia, como recursos fitogenéticos. Éstos pueden dividirse en diferentes categorías; una de ellas corresponde a los parientes silvestres de las especies cultivadas modernas, los cuales a pesar de que existen evidencias suficientes de su contribución en la disminución de la vulnerabilidad

genética y de que son fuente importante de genes para las especies modernas cultivadas (Tanksley y McCouch, 1997), no han sido suficientemente estudiados y aprovechados en la formación de variedades mejoradas. Las especies silvestres son consideradas como fuente de genes de mayor importancia para resistencia a factores adversos, como ha sido demostrado en *Lycopersicon pimpinellifolium* en la modificación de caracteres de fruto de *Lycopersicon esculentum* (Tanksley y Nelson, 1996), en la transferencia de genes de *Aegilops tauschii* a trigo (*Triticum aestivum*), para la resistencia a enfermedades y plagas (Murphy *et al.*, 1997), y en el uso de genes provenientes de *Arachis cardenasii* como fuente de resistencia a diversas enfermedades de *Arachis hypogaea* (García *et al.*, 1995).

En el caso del maíz (*Zea mays* L.), uno de los parientes más cercanos utilizado como fuente de germoplasma en estudios de variabilidad genética, de aptitud combinatoria general y específica, heterosis y en el mejoramiento de caracteres cuantitativos es el teocintle (*Zea* spp.) (Sehgal, 1963; Lambert y Leng, 1965; Nault y Findley, 1982; Galinat, 1985; Chuela, 1999; Casas, 2000); aun cuando los resultados son alentadores respecto al mejoramiento genético del maíz, también se ha encontrado que aportan genes indeseables que dificultan el manejo de las poblaciones segregantes (CIMMYT, 1997; Chuela, 1999).

Al respecto, existe muy poca investigación de la variabilidad genética de poblaciones de maíz que contengan germoplasma de teocintle y que potencialmente podrían ser utilizadas como poblaciones base en la formación de híbridos comerciales; tampoco se ha determinado la mejor fuente de teocintle para tal fin, ni se han descrito problemas potenciales de ligamiento factorial que pudieran limitar la selección de genes transgresivos que se presentan en caracteres cuantitativos, cuando se mejoran líneas élite de maíz utilizando teocintle (Casas, 2000). Con base en lo anterior, el objeto de esta investigación fue estimar el efecto de seis fuentes de teocintle en los parámetros poblacionales (medias y varianzas) de variedades sintéticas de maíz, en varias generaciones de recombinación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético utilizado incluyó las generaciones avanzadas (F₂, F₃ y F₄) de siete variedades sintéticas de maíz; seis de ellas con una fuente diferente de germoplasma de teocintle. La séptima fue una variedad sintética sin teocintle. Los sintéticos se formaron con seis líneas endogámicas élite de maíz; cinco de ellas (LPC1, LPC2, LPC5, LPC18 y LPC21) son subtropicales, obtenidas en el Programa de Maíz del Campo Experimental Centro de Jalisco, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), y la sexta es

una versión blanca de la línea de origen templado Mo17W formada en EEUU; las líneas fueron previamente descritas por Ramírez *et al.* (1995a, 1995b) y Casas (2000).

Para la obtención de las variedades sintéticas, cada línea se cruzó con las siguientes seis fuentes de teocintle a) dos poblaciones de *Zea mays* ssp. *mexicana* (Schrader) Iltis, colectadas en Chalco, Estado de México (CH) y Churintzio, Michoacán (MC); b) tres poblaciones de *Zea mays* ssp. *parviglumis* Iltis & Doebley, colectadas en La Lima, Jalisco (JAL), Mazatlán, Guerrero (MAZ) y San Cristóbal Honduras, Oaxaca (OAX); y c) una población de *Zea diploperennis* Iltis, Doebley & Guzmán, colectada en Las Joyas, Jalisco (ZD). Las poblaciones de teocintle fueron seleccionadas con base en la información disponible relacionada con isoenzimas, morfología, distribución geográfica y nudos cromosómicos (Smith *et al.*, 1982; Doebley *et al.*, 1984; Sánchez *et al.*, 1998), procurando que representaran la diversidad genética conocida en México. La incorporación del teocintle a las líneas se hizo por el método de retrocruza. Las líneas fueron el progenitor recurrente y cada fuente de teocintle fue el progenitor donante. Las retrocruzas 1 y 2 se obtuvieron en los ciclos agrícolas primavera-verano (PV) y otoño-invierno (OI) de 1993 y 1994; de esta manera se formaron siete grupos de líneas: seis grupos (uno por fuente) de líneas modificadas con 12.5 % de germoplasma de teocintle y un grupo con las líneas originales.

En el ciclo PV 1995, en Tlajomulco, Jalisco, se hicieron cruza dialélicas dentro de cada grupo de líneas, y los sintéticos en F₁ se integraron con la mezcla mecánica de igual número de semillas de las 15 cruza dialélicas (dentro de cada grupo). En los ciclos OI 1995/1996 en La Huerta, Jalisco, PV 1996 en Tlajomulco, Jalisco y OI 1997/1998 en Santiago Ixcuintla, Nayarit, se obtuvieron las generaciones avanzadas F₂, F₃ y F₄ de las siete poblaciones. En el avance generacional de F₂ a F₄, se usó el método de cruza planta a planta dentro de cada sintético; cada planta se usó una sola vez como hembra o como macho. El número mínimo y máximo de plantas utilizadas en la obtención de las generaciones de F₂ a F₄ fueron los siguientes: a) en F₂ 244 y 282, b) en F₃ 94 y 160, y c) en F₄ 200 y 274 plantas, respectivamente. Aun cuando en la F₃ hubo reducción en el número de plantas, la cantidad usada de plantas está dentro de los tamaños de población recomendados (Crossa *et al.*, 1994).

Las siete variedades sintéticas en sus generaciones F₂, F₃ y F₄, y los testigos H-357 y la variedad sintética SI-R1 F₂ se evaluaron en ensayos uniformes durante el ciclo PV 98 en las localidades Tlajomulco y Ameca, Jalisco, en los sistemas de siembra de punta de riego y de temporal (secano), respectivamente. El experimento se diseñó en bloques

completos al azar con cuatro repeticiones, con un arreglo de tratamientos factorial, cuyos factores fueron las fuentes de teocintle y las generaciones (F_2 , F_3 y F_4); la unidad experimental consistió de cuatro surcos de 4.0 m de longitud distanciados 0.80 m, con 17 plantas cada uno. Como parcela útil se utilizaron 20 plantas con competencia completa seleccionadas al azar en los dos surcos centrales de cada unidad experimental. De cada planta se tomaron datos individuales de rendimiento de grano (REND) y sus componentes: número de hileras por mazorca (HPM), número de granos por hilera (GPH), longitud de mazorca (LMZ), diámetro de mazorca (DMZ), peso de 200 semillas (P200S), días a floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (AP) y altura a la mazorca principal (AM).

Se hicieron análisis de varianza de cada variable por localidad y análisis combinado de las dos localidades; se hicieron comparaciones entre medias utilizando la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS). Para cada variable y localidad se hicieron tres pruebas de homogeneidad de varianzas en cada tratamiento, que fueron: a) prueba rápida de Hartley, b) prueba clásica de Bartlett, y c) prueba de homogeneidad de matrices de varianzas y covarianzas de Bartlett modificada por Box (Morrison, 1978). Las pruebas se hicieron utilizando el Sistema de Análisis Estadístico (SAS). En la prueba clásica de Bartlett se usó el programa BARTEST, escrito en código SAS por Hussein *et al.* (2001). Para la prueba de homogeneidad de matrices de varianzas y covarianzas se usó el procedimiento PROC DISCRIM (SAS, 1990); en este caso se calcularon los valores de χ^2 y los logaritmos naturales del determinante de las matrices de varianzas y covarianzas para cada tratamiento. De acuerdo a Cliff (1987), si varias matrices son similares, dicha similaridad se reflejará en los valores de los determinantes.

Para cada localidad, las varianzas se estimaron con base en una muestra de 80 plantas (20 plantas por parcela y cuatro repeticiones), y las pruebas simples de Hartley y Bartlett se hicieron dividiendo el material experimental en cuatro grupos: a) todos los tratamientos (F_2 , F_3 y F_4 , y testigos), b) sintéticos en segunda generación (F_2), c) sintéticos en tercera generación (F_3), y d) sintéticos en cuarta generación (F_4). En adición a las pruebas anteriores, se llevó a cabo la prueba de varianzas de Bartlett para generaciones dentro de cada fuente de germoplasma. Esta prueba se realizó para tener una idea de los posibles efectos de deriva genética y desequilibrio de ligamiento; es decir, para detectar reducciones o aumentos significativos en la variabilidad de los sintéticos al pasar de F_2 a F_4 .

Finalmente, con la idea de evaluar la existencia de variantes transgresivas para el rendimiento de grano en los sintéticos con germoplasma de teocintle, se identificaron

las plantas dentro de cada localidad y generación que superaran la media del sintético original más 1.5 veces la desviación estándar.

RESULTADOS

Comparación de medias

Mediante los análisis de varianza combinados (no presentados), se detectaron diferencias significativas entre fuentes de teocintle en todas las variables estudiadas. También hubo diferencias significativas entre localidades en casi todas las variables, excepto en número de hileras por mazorca, diámetro de mazorca y peso de 200 semillas; en generaciones, sólo se detectaron diferencias en el número de días a floración masculina. En muy pocos casos se detectaron interacciones significativas (interacción fuentes x generaciones en la variable altura de planta, y en localidades x fuente para longitud de mazorca, altura de planta y altura de mazorca); en el resto de las interacciones (localidades x generaciones y localidades x generaciones x fuentes), no hubo ninguna significancia. Los coeficientes de variación fueron menores a 8 %, lo que indica que las condiciones generales del manejo de los experimentos fueron apropiadas y los resultados obtenidos pueden considerarse confiables.

Solamente se presentan las comparaciones de medias para fuentes de teocintle, debido a que las generaciones y la mayoría de interacciones no resultaron significativas en los análisis de varianza.

El sintético sin teocintle (Original) superó significativamente en rendimiento de grano a los sintéticos con teocintle (Cuadro 1), con diferencias que oscilaron entre 11.6 y 17.1 %, atribuibles al hecho de que en el sintético sin teocintle los componentes del rendimiento fueron significativamente mayores que en los sintéticos con teocintle; el sintético sin teocintle fue significativamente un día más tardío y con menor altura de mazorca.

El sintético ZD tuvo el promedio de rendimiento numéricamente más alto y MC el más bajo. Al respecto, destaca que el sintético ZD superó significativamente en número de hileras y diámetro de mazorca a todos los sintéticos, excepto a Jalisco (JAL), y superó a Mazatlán (MAZ) y Oaxaca (OAX) en el peso de 200 semillas. Los sintéticos MC y CH fueron los más precoces, lo cual coincide con los resultados de Casas (2000); en altura de planta y mazorca, los sintéticos MC, ZD y CH fueron estadísticamente los de menor porte, y JAL y OAX los de mayor altura (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias por planta del rendimiento de grano y sus componentes y variables agronómicas, en función de la fuente de teocintle.

Fuente de teocintle	REND	HPM	GPH	LMZ	DMZ	P200S	FM	FF	AP	AM
Original	146.0	15.3	34.0	16.8	4.61	58.9	63.2	62.9	268.5	120.7
ZD	130.8	13.7	31.4	16.3	4.09	53.6	62.5	61.9	270.6	125.6
JAL	129.8	13.4	31.1	16.5	3.89	53.3	62.9	61.8	280.8	132.5
CH	127.6	12.9	30.1	15.9	3.82	53.2	61.8	60.3	271.0	127.5
MAZ	126.3	13.1	29.8	16.1	3.73	49.7	63.0	62.0	278.5	132.3
OAX	125.1	12.8	28.4	16.2	3.66	51.0	62.5	61.2	280.8	134.0
MC	124.7	13.3	29.5	15.7	3.90	53.0	61.9	60.9	266.5	126.5
DMS (0.05)	5.8	0.3	0.9	0.4	0.06	1.4	0.5	0.5	4.0	3.1

REND = rendimiento de grano por planta (g); HPM = número de hilera por mazorca; GPH = número de grano por hilera; LMZ = longitud de mazorca (cm); DMZ = diámetro de mazorca (cm); P200S = peso de 200 semillas (g); FM = floración masculina (d); FF = floración femenina (d); AP = altura de planta (cm), y AM = altura de mazorca (cm). ZD = Fuente de teocintle *Zea diploperennis*; JAL = Fuente de teocintle Jalisco; MAZ = Fuente de teocintle Mazatlán; OAX = Fuente de teocintle Oaxaca; CH = Fuente de teocintle Chalco; MC = Fuente de teocintle Mesa Central.

Con relación a el valor agronómico de las poblaciones, en los sintéticos con y sin teocintle, ocurrió primero la floración femenina que la masculina, lo cual puede ser una ventaja para las poblaciones en la respuesta a condiciones limitantes, debido a que la sincronía floral se ha asociado positivamente con la tolerancia a factores adversos (Edmeades *et al.*, 1993).

Comparación de varianzas

Tlajomulco, Jalisco. En el Cuadro 2 se presentan las estimaciones de la varianza de las 10 variables estudiadas en cada tratamiento. Como podría esperarse, la cruza simple H-357 mostró las menores estimaciones de varianzas para la mayoría de los caracteres estudiados. En los sintéticos, no se detectó influencia de las generaciones y de las fuentes de germoplasma de teocintle, en los valores de las estimaciones de varianza.

Los mayores valores numéricos para los valores estimados de las varianzas para rendimiento de grano se presentaron en la generación F₂ de los sintéticos JAL, ZD y OAX, y los menores ocurrieron en la F₂, F₃ y F₄ de los sintéticos con CH. En el resto de variables no existe una tendencia definida; si acaso, MC presenta estimaciones de varianza de alta magnitud en la generación F₂, para granos por hilera, diámetro de mazorca y peso de 200 semillas, mientras que OAX en F₄ presenta valores bajos en hileras por mazorca, granos por hilera y longitud de mazorca (Cuadro 2).

Las pruebas de Hartley y Bartlett, en rendimiento de grano sólo detectaron diferencias significativas entre varianzas cuando se incluyeron todos los tratamientos (Cuadro 3). Estas diferencias se deben a la inclusión del híbrido simple H-357, cuya estimación de varianza fue casi tres

veces menor que la del sintético F₂ con el sintético JAL, el cual presentó la mayor varianza estimada (Cuadro 2).

En el resto de los grupos (generaciones F₂, F₃ o F₄) no se detectaron diferencias; a pesar de lo anterior, destaca el comportamiento de los sintéticos Original y ZD, que mantuvieron estimaciones altas de varianza en las diferentes generaciones. El sintético CH mantuvo valores bajos en las diferentes generaciones, mientras que en JAL los valores decrecieron fuertemente de F₂ a F₄ (Cuadro 2). Se detectaron diferencias entre los sintéticos en F₄ en el número de hileras por mazorca y en el número de granos por hilera hubo diferencias en la generación F₂ y F₃; el sintético JAL presentó el valor más bajo en F₂, y el sintético MAZ dentro de las F₃ (Cuadros 2 y 3). Las estimaciones de varianza en longitud de mazorca fueron significativamente diferentes sólo entre los sintéticos F₃; OAX presentó el menor valor y el mayor el Original. En diámetro de mazorca hubo diferencias en todas las generaciones, las varianzas con menor y mayor valor fueron, respectivamente, para Original y MC en F₂, MC y ZD en F₃ y Original y MC en la F₄. En el peso de 200 semillas, se detectaron diferencias significativas en las generaciones F₂, F₃ y F₄; en todos los casos el sintético con germoplasma de MAZ tuvo las varianzas con menor valor (Cuadros 2 y 3).

En el resto de variables, con excepción de altura de planta en la generación F₃, siempre se detectaron diferencias significativas; es decir, al menos una varianza fue estadísticamente diferente del resto. Con respecto a los sintéticos F₂, JAL tuvo las mayores varianzas en días a floración masculina, floración femenina y altura de planta, mientras que las menores correspondieron a MAZ, ZD y CH. En los sintéticos en F₃, CH tuvo las menores varianzas en días a floración masculina, floración femenina y altura de mazorca, y las mayores se observaron en días a floración masculina y altura de planta en OAX y días a floración femenina en ZD. Finalmente, en los sintéticos en F₄, ZD presentó las mayores estimaciones de varianza en días a floración femenina, altura de planta y mazorca, mientras que MC y Original tuvieron los menores valores, respectivamente.

En la prueba de homogeneidad se observa que en todas las generaciones se detectaron diferencias significativas para las matrices de varianzas y covarianzas (Cuadro 4).

Con base en los logaritmos naturales del determinante, en la F₂ el sintético original tuvo la menor variación global, mientras que MC y JAL la mayor; en la F₃, CH y ZD tuvieron la menor y mayor variación, respectivamente; y en la F₄, MC y MAZ presentaron la variación más baja y ZD la más alta (Cuadro 4).

Ameca, Jalisco. De manera similar que en Tlajomulco, en Ameca los sintéticos en F₂ con JAL y ZD tuvieron las mayores estimaciones de varianzas en rendimiento de grano (Cuadro 5); en esta localidad CH y MC en F₂ también mostraron valores altos en las varianzas estimadas.

Según la prueba de Hartley y Bartlett hubo diferencias significativas entre las estimaciones de varianza para todas las variables cuando se incluyeron todos los tratamientos (Cuadro 6).

En las generaciones, los resultados más relevantes se presentan indicando la varianza estimada menor y mayor.

Para las generaciones y variables en que se detectó significancia fueron: en la F₂ para granos por hilera con CH y OAX, longitud de mazorca con JAL y CH, diámetro de mazorca y días a floración femenina con Original y CH, y altura de mazorca con Original y OAX. En las F₃ hubo diferencias en hileras por mazorca con JAL y OAX, granos por hilera con ZD y CH, longitud de mazorca con MC y MAZ, diámetro de mazorca con Original y CH, peso de 200 semillas con MAZ y OAX, floración masculina y floración femenina con CH y Original, altura de planta con ZD y CH, y altura de mazorca con ZD y OAX. En las F₄ hubo diferencias en rendimiento de grano con ZD y MC,

Cuadro 2. Estimaciones de las varianzas de 10 variables en función de la fuente de teocintle y la generación filial.

FUE	GEN	VREND	VHPM	VGPH	VLMZ	VDMZ	VP200S	VFM	VFF	VAP	VAM
T-MC	F2	1679.4	3.800	50.6	5.224	0.242	168.2	7.435	9.253	584.2	368.6
T-MC	F3	2042.5	3.038	41.9	5.065	0.126	100.0	6.230	8.121	500.1	269.9
T-MC	F4	1812.2	3.942	36.9	3.734	0.211	123.0	3.700	5.158	663.4	178.0
T-CH	F2	1576.6	3.682	40.6	4.546	0.214	118.1	6.247	8.301	521.3	207.5
T-CH	F3	1465.1	3.246	37.7	4.658	0.160	99.9	4.609	6.416	458.5	145.5
T-CH	F4	1557.4	5.706	34.1	3.993	0.160	128.7	5.165	7.233	628.0	241.6
T-OAX	F2	2231.3	3.618	49.9	6.120	0.206	116.8	8.450	9.983	691.5	317.1
T-OAX	F3	2139.9	3.572	41.1	3.139	0.139	108.5	8.501	10.639	574.8	416.9
T-OAX	F4	1767.6	<u>2.709</u>	27.5	4.366	0.162	109.5	6.298	10.473	854.7	252.4
T-MAZ	F2	1852.5	3.985	37.3	4.071	0.228	67.2	5.503	9.564	599.1	180.0
T-MAZ	F3	1666.1	3.775	28.0	3.804	0.160	85.3	7.105	8.567	477.7	254.5
T-MAZ	F4	1518.8	4.087	35.6	4.412	0.169	83.7	8.582	10.063	643.9	321.1
T-JAL	F2	2529.1	4.153	28.2	5.186	0.197	131.8	9.187	12.762	865.2	196.7
T-JAL	F3	1532.9	3.732	33.1	3.958	0.172	131.6	5.070	6.909	471.7	190.2
T-JAL	F4	1485.4	3.836	39.1	5.892	0.139	104.3	5.865	9.886	478.6	187.4
T-ZD	F2	2339.6	4.151	43.1	4.881	0.186	134.2	7.070	7.138	773.0	302.5
T-ZD	F3	1706.6	4.849	37.7	5.275	0.232	133.0	7.994	11.762	595.4	253.6
T-ZD	F4	2190.8	3.764	40.5	4.975	0.167	146.3	6.791	11.402	917.5	338.5
T-O	F2	2204.6	3.734	45.6	5.539	0.133	137.6	6.653	7.494	536.3	160.3
T-O	F3	2043.1	3.968	45.9	5.695	0.151	146.3	5.615	8.771	443.4	215.3
T-O	F4	2169.4	5.727	35.0	5.721	0.104	129.4	8.405	9.487	<u>288.5</u>	167.5
SIR1	F2	1657.6	2.840	32.2	3.491	0.089	102.0	<u>3.437</u>	6.607	404.7	192.4
H-357	F1	<u>975.0</u>	3.068	<u>20.1</u>	<u>2.081</u>	<u>0.046</u>	<u>25.9</u>	<u>4.981</u>	<u>4.608</u>	354.2	<u>111.8</u>

En negritas = mayor varianza; subrayado = menor varianza; VREND = varianza del rendimiento de grano por planta; VHPM = varianza del número de hileras por mazorca; VGPH = varianza del número de granos por hilera; VLMZ = varianza de longitud de mazorca; VDMZ = varianza del diámetro de mazorca; VP200S = varianza del peso de 200 semillas; VFM = varianza del número de días a floración masculina; VFF = varianza del número de días a floración femenina; VAP = varianza de altura de planta, y VAM = varianza de altura de mazorca; FUE = fuente de teocintle; GEN = generación filial; SIR1 = sintético intermedio de líneas élite recicladas; T-O = variedad sintética sin teocintle; T-ZD = variedad sintética *Zea diploperennis*; T-JAL = variedad sintética Jalisco; T-MAZ = variedad sintética Mazatlán; T-OAX = variedad sintética Oaxaca; T-CH = variedad sintética Chalco; T-MC = variedad sintética Mesa Central.

Cuadro 3. Valores calculados de χ^2 de las pruebas de Hartley y Bartlett para homogeneidad de varianzas.

Grupo	Prueba	REND	HPM	GPH	LMZ	DMZ	P200S	FM	FF	AP	AM
F2, F3, F4 y	Hartley	2.59 *	1.35 ns	2.53 *	2.94 *	5.30 *	6.50 *	2.67 *	2.77 *	2.44 *	3.30 *
testigos	Bartlett	48.50 *	31.62 ns	49.13 *	65.23 *	139.13 *	147.24 *	59.36 *	66.74 *	76.56 *	107.25 *
F2	Hartley	1.60 ns	1.15 ns	1.79 *	1.50 ns	1.82 *	2.50 *	1.67 *	1.79 *	1.66 *	2.30 *
	Bartlett	7.25 ns	0.75 ns	8.91 ns	4.09 ns	8.14 ns	17.13 *	7.25 ns	9.32 ns	8.77 ns	24.59 *
F3	Hartley	1.46 ns	1.58 ns	1.64 *	1.81 *	1.85 *	1.72 *	1.84 *	1.83 *	1.34 ns	2.86 *
	Bartlett	5.28 ns	5.34 ns	6.06 ns	9.97 ns	9.08 ns	8.78 ns	12.39 *	11.09 ns	3.10 ns	25.76 *
F4	Hartley	1.47 ns	1.87 *	1.47 ns	1.58 ns	2.02 *	1.75 *	2.32 *	2.21 *	2.59 *	2.02 *
	Bartlett	6.14 ns	15.56 *	3.53 ns	7.07 ns	10.25 ns	7.47 ns	18.45 *	16.23 *	31.95 *	18.95 *

* Valor estadísticamente significativo (P = 0.05); ns = no significativo; REND = rendimiento de grano por planta; HPM = número de hileras por mazorca; GPH = número de granos por hilera; LMZ = longitud de mazorca; DMZ = diámetro de mazorca; P200S = peso de 200 semillas; FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AP = altura de planta y AM = altura de mazorca.

Cuadro 4. Logaritmo natural del determinante de las matrices de varianzas y covarianzas en las 10 variables estudiadas.

Fuente	Generación		
	F ₂	F ₃	F ₄
T-MC	29.8	27.5	27.4
T-CH	27.8	26.6	27.8
T-OAX	28.6	28.6	28.0
T-MAZ	28.0	27.0	27.5
T-JAL	29.2	27.0	27.7
T-ZD	28.2	28.7	29.6
Original	25.7	27.8	27.6
χ^2	499.5	406.1	479.4
Prob > χ^2	0.0001	0.0027	0.0001

T-MC = variedad sintética Mesa Central; T-CH = variedad sintética Chalco; T-OAX = variedad sintética Oaxaca; T-MAZ = variedad sintética Mazatlán; T-JAL = variedad sintética Jalisco; T-ZD = variedad sintética *Zea diploperennis*.

hileras por mazorca con ZD y Original, granos por hilera con ZD y MAZ, longitud de mazorca con MC y MAZ, diámetro de mazorca con Original y OAX, días a floración masculina con Original y MAZ, días a floración femenina con CH y JAL, altura de planta con Original y OAX y altura de mazorca con Original y ZD (Cuadro 5).

Respecto a la prueba de homogeneidad de matrices de varianzas y covarianzas correspondientes a la localidad Ameca (Cuadro 7), en todas las generaciones se detectaron diferencias significativas; estos resultados coinciden con los encontrados en Tlajomulco.

Cuadro 5. Estimaciones de las varianzas de 10 variables en función de la fuente de teocintle y la generación filial.

FUE	GEN	VREND	VHPM	VGPH	VLMZ	VDMZ	VP200S	VFM	VFF	VAP	VAM
T-MC	F2	1822.4	4.025	43.7	6.225	0.194	114.7	5.397	9.430	845.4	421.6
T-MC	F3	1510.9	4.577	37.3	3.954	0.235	64.0	4.101	7.597	657.5	385.0
T-MC	F4	1836.5	3.537	33.7	4.806	0.250	100.8	4.538	9.487	1043.2	449.1
T-CH	F2	1876.8	4.087	24.6	7.911	0.249	135.7	5.927	11.539	793.7	378.5
T-CH	F3	1856.2	3.942	53.1	6.393	0.257	86.2	3.267	4.653	1016.1	558.2
T-CH	F4	1785.4	4.125	36.3	5.086	0.240	98.1	3.923	5.615	353.5	294.9
T-OAX	F2	1609.8	3.438	43.8	6.120	0.190	113.4	6.501	11.032	704.7	473.0
T-OAX	F3	1639.7	5.927	40.8	7.654	0.209	111.0	5.959	10.289	866.4	568.6
T-OAX	F4	1516.4	3.016	38.6	5.630	0.286	106.4	4.309	8.829	1151.6	383.2
T-MAZ	F2	1627.5	3.654	38.1	5.577	0.231	112.8	5.757	7.639	589.8	438.6
T-MAZ	F3	1462.4	3.815	34.8	7.969	0.207	60.0	5.725	8.560	793.2	419.6
T-MAZ	F4	1546.4	5.142	49.1	9.840	0.239	106.6	5.094	7.582	800.0	457.8
T-JAL	F2	2046.5	3.816	35.1	4.785	0.244	140.8	4.513	8.506	594.2	350.5
T-JAL	F3	1458.8	3.556	41.6	5.780	0.121	89.6	6.013	7.387	963.6	509.9
T-JAL	F4	1455.8	3.407	36.0	7.737	0.155	91.2	4.237	10.095	954.7	449.4
T-ZD	F2	1851.3	3.403	28.4	5.439	0.172	94.9	4.413	8.344	868.8	285.8
T-ZD	F3	1253.7	4.769	22.5	5.323	0.176	104.4	3.787	7.347	608.7	355.1
T-ZD	F4	971.0	2.809	30.3	5.903	0.152	69.0	4.043	6.458	614.3	508.8
T-O	F2	1695.3	3.722	37.9	7.471	0.132	106.0	4.304	6.884	695.1	253.6
T-O	F3	1240.3	4.977	32.9	5.828	0.106	102.5	6.899	10.588	656.6	389.9
T-O	F4	1280.7	5.743	38.8	7.303	0.129	76.6	3.389	8.045	385.8	203.1
SIR1	F2	1251.9	3.028	24.0	4.530	0.090	72.9	3.648	5.442	484.0	296.5
H-357	F1	489.9	3.443	15.8	2.416	0.038	14.7	1.611	1.894	203.0	180.8

En negritas = mayor varianza; subrayado = menor varianza; VREND = varianza del rendimiento de grano por planta; VHPM = varianza del número de hileras por mazorca; VGPH = varianza del número de granos por hilera; VLMZ = varianza de longitud de mazorca; VDMZ = varianza del diámetro de mazorca; VP200S = varianza del peso de 200 semillas; VFM = varianza del número de días a floración masculina; VFF = varianza del número de días a floración femenina; VAP = varianza de altura de planta, y VAM = varianza de altura de mazorca; FUE = fuente de teocintle; GEN = generación filial; SIR1 = sintético intermedio de líneas élite recicladas; T-O = variedad sintética sin teocintle; T-ZD = variedad sintética *Zea diploperennis*; T-JAL = variedad sintética Jalisco; T-MAZ = variedad sintética Mazatlán; T-OAX = variedad sintética Oaxaca; T-CH = variedad sintética Chalco; T-MC = variedad sintética Mesa Central.

Cuadro 6. Valores calculados de χ^2 de las pruebas de Hartley y Bartlett para homogeneidad de varianzas.

Grupo	Prueba	REND	HPM	GPH	LMZ	DMZ	P200S	FM	FF	AP	AM
F ₂ , F ₃ , F ₄ y testigos	Hartley	4.18 *	1.18 ^{ns}	2.78 *	3.27 *	6.50 *	9.56 *	4.04 *	6.09 *	4.28 *	2.62 *
	Bartlett	97.49 *	35.61 *	78.43 *	91.3 *	202.74 *	200.12 *	103.59 *	150.67 *	159.53 *	89.75 *
F ₂	Hartley	1.27 ^{ns}	1.20 ^{ns}	1.78 *	1.65 *	1.88 *	1.48 ^{ns}	1.51 ^{ns}	1.67 *	1.47 ^{ns}	1.86 *
	Bartlett	1.74 ^{ns}	1.17 ^{ns}	10.43 ^{ns}	7.42 ^{ns}	11.37 ^{ns}	4.37 ^{ns}	6.30 ^{ns}	8.39 ^{ns}	5.79 ^{ns}	11.98 ^{ns}
F ₃	Hartley	1.50 ^{ns}	1.67 *	2.36 *	2.02 *	2.42 *	1.85 *	2.11 *	2.28 *	1.67 *	1.60 *
	Bartlett	4.73 ^{ns}	7.41 ^{ns}	15.58 *	12.61 *	24.55 *	13.06 *	18.19 *	16.62 *	9.67 ^{ns}	8.81 ^{ns}
F ₄	Hartley	1.89 *	2.04 *	1.62 *	2.05 *	2.23 *	1.54 ^{ns}	1.50 ^{ns}	1.80 *	3.26 *	2.51 *
	Bartlett	10.35 ^{ns}	17.26 *	5.41 ^{ns}	16.02 *	21.68 *	6.39 ^{ns}	3.74 ^{ns}	10.09 ^{ns}	48.92 *	22.19 *

* Valor estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$); ns = no significativo. REND = rendimiento de grano por planta; HPM = número de hileras por mazorca; GPH = número de granos por hilera; LMZ = longitud de mazorca; DMZ = diámetro de mazorca; P200S = peso de 200 semillas; FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AP = altura de planta, y AM = altura de mazorca.

Con base en los logaritmos naturales del determinante, la mayor variación global ocurrió en CH y MAZ dentro de las F2, CH y OAX dentro de las F3, y OAX y MAZ dentro de las F4. La F2 y la F3 del sintético Original presentaron la menor variación global, y en F4, CH y el Original presentaron los valores más bajos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Logaritmo natural del determinante de las matrices de varianzas y covarianzas en 10 variables estudiadas.

Fuente	Generación		
	F ₂	F ₃	F ₄
T-MC	28.76	27.72	29.23
T-CH	29.38	29.41	25.99
T-OAX	28.68	29.68	30.05
T-MAZ	29.24	28.24	30.37
T-JAL	28.74	28.51	29.67
T-ZD	27.54	27.46	27.41
Original	26.46	26.95	26.01
χ^2	516.89	535.12	502.61
Prob > χ^2	0.0001	0.0001	0.0001

T-MC = variedad sintética Mesa Central; T-CH = variedad sintética Chalco; T-OAX = variedad sintética Oaxaca; T-MAZ = variedad sintética Mazatlán; T-JAL = variedad sintética Jalisco; T-ZD = variedad sintética *Zea diploperennis*.

Con respecto a la comparación de varianzas para generaciones dentro de fuentes de germoplasma, los resultados se presentan en el Cuadro 8. En rendimiento de grano hubo dos casos de reducciones significativas en las varianzas de F₂ a F₄: uno con la fuente JAL en Tlajomulco, donde la varianza en F₂ fue de 2529 y en F₄ se redujo a 1485 (Cuadro 2), y el otro en Ameca en ZD, donde la varianza en F₂ fue igual a 1851 y en F₄ de 971 (Cuadro 5).

Aun cuando las diferencias de las varianzas de F₂ a F₄ en JAL y ZD no son uniformes en las dos localidades, en ambas hubo tendencia a disminuir. Los resultados (Cuadro 8) indican la existencia tanto de cuellos de botella como de desequilibrio de ligamiento en algunos sintéticos. De las 140 pruebas de χ^2 realizadas, 28 resultaron significativas; ocho de éstas registraron incrementos significativos en las varianzas, mientras que 20 mostraron reducciones drásticas, la mayoría correspondieron a los componentes del rendimiento, con poca consistencia a través de sintéticos o localidades. En MAZ y OAX, a pesar de haberse usado los menores números de plantas para obtener la F₃, no se detectaron reducciones significativas en los niveles de variabilidad.

En cuanto a variantes transgresivas para el rendimiento de grano dentro de los sintéticos con germoplasma de teocintle, es decir, plantas con valores superiores a la media del sintético original más 1.5 veces la desviación estándar estimada, resultó que de un total de 3360 plantas medidas, 220 (6.5 %) superaron el criterio establecido. Del total de plantas superiores identificadas, 22 % corres-

pondieron al sintético Original, 17 % a ZD, 16 % a JAL, 13 % a MC, mientras que CH, MAZ y OAX tuvieron 11, 11 y 10 %, respectivamente.

DISCUSIÓN

En promedio de las dos localidades, ninguna de las fuentes de germoplasma de teocintle causó incrementos significativos en la media de rendimiento de grano o sus componentes en los sintéticos con genes de teocintle al compararse con el original, lo cual concuerda con los resultados de Chuela (1999). La explicación más congruente de estos resultados se relaciona con la condición homocigótica o heterocigótica de los segmentos de teocintle en cada uno de los sintéticos (Sehgal, 1963). Con excepción del sintético original, el resto de los sintéticos se integró con líneas que contenían 12.5 % de la misma fuente de teocintle, y de acuerdo con Sehgal (1963), la heterosis e incrementos en el rendimiento y sus componentes ocurren cuando los segmentos cromosómicos incorporados del teocintle se encuentran en forma heterocigótica con respecto a maíz. La probabilidad de encontrar altas proporciones en condición heterocigótica son más reducidas que si cada línea tuviera un origen diferente con respecto a teocintle. A pesar de que los sintéticos con germoplasma de teocintle no lograron superar la media del rendimiento de grano del sintético original, las fuentes JAL (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) y ZD (*Zea diploperennis*) parecen ser prometedoras para usarse en programas de mejoramiento genético de maíz de áreas subtropicales; dichos sintéticos superaron en rendimiento y otros componentes al resto de sintéticos con teocintle. También es de destacarse la obtención de materiales más precoces cuando se usan las fuentes CH y MC (*Zea mays* ssp. *mexicana*).

Diversos investigadores han sugerido la posibilidad de incrementar la variabilidad genética y de producir niveles altos de heterosis en maíz por medio de la incorporación de germoplasma de las especies silvestres (Reeves, 1950; Cohen y Galinat, 1984; Sehgal, 1963; Stalker, 1989; Magoja y Pischedda, 1994); no obstante que en este trabajo las varianzas entre sintéticos no fueron consistentes a través de localidades, se observó que las fuentes de teocintle modifican los niveles de variabilidad y en algunas variables los sintéticos con teocintle superaron al sintético original (Cuadros 2 y 4). Aún cuando hubo pocos casos de reducción en varianzas de F₂ a F₄, el tamaño efectivo de las poblaciones durante los procesos de recombinación y el tamaño de muestra empleado para estimar las varianzas son factores de gran importancia para el diseño de trabajos similares.

Cuadro 8. Valores de χ^2 de la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas y tamaños de población para obtener F₂, F₃ y F₄.

Variable	Localidad	Fuente de germoplasma					
		MC	CH	OAX	MAZ	JAL	ZD
REND	Tlajomulco	0.76	0.12	1.17	0.77	7.25**	2.07
	Ameca	0.93	0.05	0.12	0.22	3.08	8.40**
HPM	Tlajomulco	1.51	7.00*	2.02	0.13	0.24	1.26
	Ameca	1.29	0.04	10.30*	2.78	0.26	5.74
GPH	Tlajomulco	1.98	0.58	6.87**	1.79	2.05	0.35
	Ameca	1.34	11.30*	0.31	2.57	0.65	1.89
LMZ	Tlajomulco	2.59	0.52	8.50*	0.43	3.12	0.13
	Ameca	4.10	3.79	1.98	6.18*	4.60	0.24
DMZ	Tlajomulco	8.72**	2.21	3.05	2.98	2.34	2.17
	Ameca	1.36	0.09	3.63	0.44	10.10**	0.47
P200S	Tlajomulco	5.34	1.25	0.13	1.34	1.37	0.22
	Ameca	6.94**	4.31	0.08	8.81**	5.28	3.56
FM	Tlajomulco	9.45**	1.86	2.23	3.83	7.77**	0.57
	Ameca	1.53	7.47**	3.55	0.37	2.80	10.50*
FF	Tlajomulco	6.99**	1.31	0.09	0.53	7.28**	5.79
	Ameca	1.23	19.00**	1.01	0.37	1.93	1.29
AP	Tlajomulco	1.56	1.98	3.10	1.86	9.92**	3.66
	Ameca	4.15	21.50**	4.81	2.28	5.66	3.34
AM	Tlajomulco	10.20**	5.13	4.97	6.50*	0.05	1.64
	Ameca	0.47	8.24**	3.04	0.15	2.79	6.77*
PROG. F ₂		274	276	244	262	254	282
PROG. F ₃		160	118	108	94	110	140
PROG. F ₄		242	250	200	274	240	200

* = Valor estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$) con incremento de varianzas de F₂ a F₄. ** = Valor estadísticamente significativo ($P \leq 0.01$) con reducción de varianzas de F₂ a F₄; PROG. = Número de plantas usadas en la obtención de los sintéticos en F₂, F₃ y F₄; REND = rendimiento de grano por planta; HPM = número de hileras por mazorca; GPH = número de granos por hilera; LMZ = longitud de mazorca; DMZ = diámetro de mazorca; P200S = peso de 200 semillas; FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; MC = variedad sintética Mesa Central; CH = variedad sintética Chalco; OAX = variedad sintética Oaxaca; MAZ = variedad sintética Mazatlán; JAL = variedad sintética Jalisco; ZD = variedad sintética *Zea diploperennis*; ORIG = variedad sintética sin teocintle.

El estudio de plantas individuales permitió identificar en los sintéticos con germoplasma de teocintle, plantas con buen potencial de rendimiento de grano y características deseables, aunque no en altas proporciones. Aunque resulta ser prometedor el hecho de haber observado variantes transgresivas, se requerirá determinar su valor en los programas de mejoramiento mediante estudios de aptitud combinatoria y heterosis.

CONCLUSIONES

Ninguna de las fuentes de germoplasma de teocintle causó incrementos significativos en la media de rendimiento de grano o sus componentes de los sintéticos con relación al sintético original.

Las fuentes de teocintle JAL (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) y ZD (*Zea diploperennis*) parecen ser las más prometedoras para usarse en programas de mejoramiento genético de maíz de áreas subtropicales, dado que superan en rendimiento y otros componentes al resto de sintéticos con teocintle.

No obstante que las varianzas entre generaciones y localidades no son consistentes, se pudo observar que las fuentes de teocintle modifican la magnitud de la variabilidad, y en algunas variables superan significativamente al sintético original.

Con base en el estudio de plantas individuales de los sintéticos con germoplasma de teocintle, se identificaron variantes transgresivas con alto rendimiento y características deseables; pero se requiere determinar su valor en el mejoramiento del maíz a través de trabajos futuros de aptitud combinatoria y heterosis.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a través del proyecto 1588PB y por la Fundación Produce Jalisco, A.C.

BIBLIOGRAFÍA

- Casas S J F (2000) Uso del teocintle (*Zea* spp.) en el mejoramiento genético de líneas élite de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Doctor en Ciencias. PICAFA. CUCBA, Universidad de Guadalajara. pp: 26-58.
- CIMMYT (1997) Las personas y la colaboración: Plan a mediano plazo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), 1998-2000. México, D.F.: CIMMYT. pp: 10-11.
- Cliff N (1987) Analyzing Multivariate Data. Harcourt Brace Jovanovich Publishers. 494 p.
- Cohen J I, W C Galinat (1984) Potential use of alien germplasm for maize improvement. Crop Sci. 24: 1011-1015.
- Crossa J, S Taba, S A Eberhart, P Bretting (1994) Practical considerations for maintaining germplasm in maize. Theor. Appl. Genet. 89: 89-95.
- Chuela B M (1999) Análisis genético de las cruza dialélicas de seis líneas de maíz con germoplasma de teocintle. Tesis de Maestro en Ciencias en Manejo de Áreas de Temporal. CUCBA. Universidad de Guadalajara. pp: 34-94.
- Doebley J F, M M Goodman, C W Stuber (1984) Isoenzymatic variation in *Zea* (GRAMINEAE). Systematic Bot. 9: 203-218.
- Edmeades G O, J Bolaños, M Hernández, S Bello (1993) Underlying causes for silk delay in low land tropical maize. Crop Sci. 33:1029-1035.
- Galinat W C (1985) Teosinte, the antecessor of maize: perspectives for its use in maize breeding for the tropics. In: Breeding Strategies for Maize Production Improvement in the Tropics. A Brandolini, F Salamini (eds). N. 100 Relazioni e Monografie Agrarie Subtropicale e Tropicali, Nuova Serie, Food and Agriculture Organization of U.N., Istituto Agronomico Per L'Oltremare, Italy. pp: 93-103.
- García G M, H T Stalker, G Kochert (1995) Introgression analysis of and interspecific hybrid population in peanuts (*Arachis hypogaea*) using RFLP and RAPD markers. Genome 38: 166-176.
- Hussein M A, A Bjornstad, A H Aastveit, T Berg (2001) BARTTEST. A SAS program for Bartlett test on equality of variances. Institutt for Plantefag, Agricultural University of Norway. [En línea]. Disponible en <http://www.nlh.no/ipf/Publikasjoner/hussein/> (Revisado el 15 de marzo del 2001).
- Lambert R J, E R Leng (1965) Backcross response of two mature plant traits for certain corn-teosinte hybrids. Crop Sci. 5: 239-241.

- Magoja J L, G Pischedda (1994)** Maize x Teosinte hybridization. *In*: Y P S Bajaj (ed) Biotechnology in Agriculture and Forestry. Vol. 25 Maize. Springer-Verlag. pp: 85-101.
- Márquez S F (1988)** Genotecnia Vegetal: Métodos Teoría Resultados. Tomo II. AGT Editor. pp: 360-479.
- Morrison D F (1978)** Multivariate Statistical Methods. 2nd. Edition. McGraw Hill. USA. 415 p.
- Murphy J P, C A Griffey, P L Finney, S Leath (1997)** Agronomic and grain quality of *Triticum aestivum* x *Aegilops tauschii* backcross populations. *Crop Sci.* 37: 1960-1965.
- Nault L R, W R Findley (1982)** *Zea diploperennis*: a primitive relative offers new traits to improve corn. *Desert Plants* 3(4): 202-205.
- Ramírez D J L, J Ron P, O Cota A (1995a)** H-315 Híbrido de maíz de ciclo Intermedio para la zona subtropical y tropical de México. Folleto Técnico Núm. 3. Campo Experimental Centro de Jalisco. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. INIFAP. Tlajomulco, Jalisco. pp: 4-20.
- Ramírez D J L, J Ron P, J B Maya L, O Cota A (1995b)** H-357 y H-358 híbridos de maíz de cruza simple para la zona subtropical y tropical de México. Folleto Técnico Núm. 4. Campo Experimental Centro de Jalisco. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. INIFAP. Tlajomulco, Jalisco. pp: 4-23.
- Reeves R G (1950)** The use of teosinte in the improvement of corn inbreds. *Agron. J.* 42: 248-251.
- Sánchez G J J, T A Kato Y, M Aguilar S, J M Hernández C, A López R, J A Ruiz C (1998)** Distribución y Caracterización del Teocintle. Libro Técnico No. 2. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. INIFAP. 149 p.
- SAS Institute Inc (1990)** SAS Users' guide: Statistics, Version 6. Cary, NC. SAS Institute, Inc.
- Sehgal S M (1963)** Effects of Teosinte and "Tripsacum" Introgression in Maize. The Bussey Inst., Harvard Univ., Cambridge, MA, USA. 63 p.
- Smith J S C, M M Goodman, T A Kato Y (1982)** Variation within teosinte. II. Numerical analysis of chromosome knob data. *Econ. Bot.* 36: 100-112.
- Stalker H T (1989)** Utilizing wild species for crop Improvement. *In*: Scientific Management of Germplasm: Characterization, Evaluation and Enhancement. H T Stalker, C Chapman (eds). IBPGR Training Courses: Lecture Series. 2. Rome with the Department of Crop Science North Carolina State University. pp: 139-151.
- Tanksley S D, J C Nelson (1996)** Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTL's from unadapted germplasm into elite breeding lines. *Theor. Appl. Genet.* 92:191-203.
- Tanksley S D, S R McCouch (1997)** Seed banks and molecular maps: Unlocking genetic potential from the wild. *Science* 377(2): 1063-1066.