

POBLACIONES SUPERIORES DE LA DIVERSIDAD DE MAÍZ EN LA REGIÓN ORIENTAL DEL ESTADO DE MÉXICO

SUPERIOR POPULATIONS WITHIN THE MAIZE DIVERSITY FROM EASTERN STATE OF MÉXICO

B. Edgar Herrera-Cabrera*¹, Fernando Castillo-González², Rafael A. Ortega-Pazkca³
y Adriana Delgado-Alvarado¹

¹Postgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km 125.5 carretera México-Puebla. Santiago Moxmopan, San Pedro Cholula. 72760, Col. La Libertad, Puebla. ²Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. ³Centros Regionales, Universidad Autónoma Chapingo. 56230, Chapingo, Texcoco, Edo. de México.

*Autor para correspondencia (behc@colpos.mx)

RESUMEN

Dentro de los tipos de maíz (*Zea mays* L.) de una región determinada existen diferencias en morfología y en capacidad de rendimiento. El presente estudio se diseñó para evaluar las poblaciones nativas de maíz en función de su morfología y rendimiento, para identificar colectas sobresalientes, y para comparar el rendimiento de poblaciones colectadas entre 1968-1972 vs. las de 1995-1996. En las localidades de Poxtla, Tecámac y Tlapala se evaluaron 130 colectas, la mayoría originarias de la región oriente del Estado de México, y algunos híbridos como testigos, y en todos ellos se midieron 18 caracteres morfológicos. Se hicieron análisis de varianza por localidad y combinados a través de ambientes; y análisis de contrastes ortogonales entre las poblaciones colectadas en 1968-1972 y 1995-1996. La comparación de medias se calculó con base en la media armónica (n), mediante la prueba de Tukey. Las colectas sobresalientes por rendimiento de grano para el tipo Chalqueño cremoso fueron COL-6712, COL-6758, COL-6715, COL-6717 y COL-260v, con comportamiento semejante al de los mejores híbridos; para Elotes Chalqueños la mejor fue COL-6719, y para los tipos Cacahuacintle y Ancho fueron COL-6718 y COL-6739. Con base en porcentaje de grano, diámetro de mazorca, ancho, longitud y volumen de grano y peso de 100 semillas, se detectó que las poblaciones colectadas en 1995-1996 fueron superiores a las de 1968-1972. La selección empírica efectuada por el agricultor sugiere que se pueden generar poblaciones de maíz locales de ciclo largo con un mayor rendimiento de grano. El hecho de que los agricultores mantengan su preferencia por sus variedades locales en lugar de sembrar híbridos, y las poblaciones locales superiores pueden ser aprovechadas para la conservación de la diversidad y para el mejoramiento de la productividad *in situ*.

Palabras clave: *Zea mays*, razas, Ancho, Cacahuacintle, Chalqueño, caracteres morfológicos, rendimiento.

SUMMARY

Within the corn (*Zea mays* L.) types available in a region, there are differences in morphology and yield capacity. The present study evaluated native maize populations based on their morphology and yield, to identify outstanding collections and to compare yields from populations collected in 1968-1972 and 1995-1996. In the localities of Poxtla, Tlapala and Tecámac, 130 collections were evaluated, most of them native from the eastern region of the State of México and some hybrids as controls. In all of them, 18 morphological characters were measured. Analyses of variance by location and combined through environments were performed, as well as orthogonal contrast analysis to compare populations collected in 1968-1972 vs. 1995-1996. Comparison of har-

monic means (n) was done with the Tukey test. Prominent collections in the creamy Chalqueño group were COL-6712, COL-6758, COL-6715, COL-6717 and COL-260v, since their grain yield was similar to that of the best hybrids; for Elotes Chalqueños group the best entry was COL-6719, and for the Cacahuacintle and Ancho groups COL-6718 and COL-6739 were the best collections. Based on percentage of grain, ear diameter, width, length and volume of grain and weight of 100 seeds, it was detected that populations collected in 1995-1996 were superior to those of 1968-1972. The empirical selection done by farmers suggests that they are able to generate local maize populations with longer growth season and greater grain yield. The facts that farmers maintain their preference for local varieties instead of sowing hybrids, and that there are superior local populations, can be used for the conservation of biological diversity and for improving corn productivity *in situ*.

Index words: *Zea mays*, landraces, Ancho, Cacahuacintle, Chalqueño, morphological traits, yield.

INTRODUCCIÓN

En México el maíz (*Zea mays* L.) tiene una gran diversidad genética y ha sido importante en el desarrollo de variedades modernas altamente productivas (Wellhausen *et al.*, 1951; Mangelsdorf, 1974; Goodman y Brown, 1988). La protección de tal diversidad involucra proteger a más de dos millones de agricultores marginados que siembran maíz en pequeña escala. Estos productores son los guardianes del germoplasma nativo de maíz, ya que conservan e incluso modifican la diversidad genética presente en sus territorios mediante el intercambio, flujo genético y experimentación de nuevas semillas (Kato *et al.*, 2009). En la práctica, ellos mantienen las variedades locales tradicionales, al identificar, seleccionar y cultivar lotes de semillas que conforman conjuntos homogéneos, y hacen de una variedad local o nativa una unidad fenotípica bien definida (Louette y Smale, 1996).

Cuando las poblaciones seleccionadas por el agricultor pasan de una generación a otra, el aislamiento en la selección causa que cada agricultor tenga su semilla particular, por

lo cual cada selección corresponde a una población. Esto plantea la posibilidad de que existan diferencias en morfología y en capacidad de rendimiento entre los tipos de maíz de una región determinada, y también a través del tiempo. Además, a través de los años y de los procesos de aislamiento, mutación, hibridación, selección natural y selección artificial, las variedades locales en ocasiones llegan a formar nuevas razas, tipos o variedades (Hernández, 1972; Dobzhansky, 1982).

Por ello, para diseñar el aprovechamiento y la conservación de algunos tipos de maíz local en las condiciones de la agricultura tradicional, es conveniente conocer de manera detallada la variación entre poblaciones, y al mismo tiempo evaluar su potencial agronómico (Castillo, 1993; Herrera-Cabrera *et al.*, 2000). Esto permitiría conocer la diversidad genética regional generada y conservada por los agricultores y evitar su pérdida, así como detectar poblaciones sobresalientes.

En la región oriental del Estado de México los maíces locales cubren, prácticamente, toda el área dedicada a este cultivo; es decir, son poblaciones nativas que aún están creciendo y evolucionando en su centro de origen y diversidad, que se conservan como recursos genéticos *in situ*. Una de las razas de maíz potencialmente más productivas del área, es Chalqueño (Wellhausen *et al.*, 1951). En dicha raza existe variación entre poblaciones de este tipo de maíz dentado de color cremoso, y además se encuentran otras variantes de la misma raza Chalqueño que presentan otros colores de grano como azul, rojo, amarillo, y blanco, de textura semiharinosa, así como otros tipos que parecen estar influidos por otras razas de maíz, algunos de ellos destinados a usos especiales. El potencial de rendimiento de estos maíces nativos, en palabras de los agricultores, ofrece más ventajas que los híbridos comerciales. Lo anterior sugiere que los genes que les confieren adaptación a estos ambientes no han sido aprovechados de manera integral en el área, y menos aún para otras regiones de México.

Para plantear esquemas de la conservación de la diversidad *in situ*, se requieren estudios del grado de complejidad de la variación del valor agronómico del maíz criollo del área. Con base en lo anterior, los objetivos del presente estudio fueron: evaluar poblaciones nativas de maíz en función de su morfología y rendimiento, para identificar colectas sobresalientes de las razas Chalqueño, Elotes Chalqueños, Cacahuacintle y Ancho; y comparar el rendimiento de poblaciones colectadas entre 1968-1972 vs. las del periodo 1995-1996. La hipótesis que aquí se plantea es que la diversidad genética del maíz en una región determinada ha generado poblaciones de mayor rendimiento y con diferencias de comportamiento ante cambios ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

Los 130 materiales evaluados en este trabajo corresponden a 77 accesiones provenientes de los municipios de: Amecameca, Atlautla, Ayapango, Chalco, Ecatingo, Juchitepec, Ozumba y Tepetlixpa en el Estado de México, colectadas entre 1994 a 1996; 11 del área de distribución de la raza Chalqueño (Wellhausen *et al.*, 1951), de los Estados de Hidalgo, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla y Zacatecas, colectadas entre 1943 a 1975 y conservadas en bancos de germoplasma (INIFAP y CIMMYT); ocho poblaciones sobresalientes identificadas en evaluaciones de Valles Altos (HGO-7, MÉX-37, MÉX-39, MÉX-301, MÉX-475, MICH-21, PUE-449 y Criollo de Almoloya); y siete consideradas como típicas de las razas Palomero Toluqueño, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño y Ancho (Wellhausen *et al.*, 1951; Ortega *et al.*, 1991).

Para el estudio de colectas nativas (1995-1996) e híbridos, se consideraron las 103 colectas anteriores que provienen de la clasificación en grupos de la diversidad de la raza de maíz Chalqueño (Herrera-Cabrera *et al.*, 2004), y ocho híbridos comerciales de Valles Altos ('HS-2', 'HS-5', '5CA7245', 'HCP-2', 'HCP-3', 'VS-22', 'H-33', y 'H-129'). Para la evaluación de colectas de maíz raza Chalqueño Cremoso de 1968-1972 y de 1995-1996, se incluyeron 19 materiales colectados de 1968-1972, proporcionados por los Bancos de germoplasma del INIFAP y CIMMYT, y 42 recolectados entre 1995-1996, ambos conjuntos provenientes del oriente del Estado de México.

Ubicación de los experimentos

Los 130 materiales se evaluaron en cuatro ambientes del Estado de México: Poxtla en 1996 y 1997, Tecámac en 1996, y Tlapala en 1997. Los materiales se cultivaron en condiciones de temporal (secano), a excepción de Tecámac donde se aplicaron tres riegos de auxilio a los 15, 25, y 40 d después de la siembra. Las principales características de clima y ubicación de los sitios de prueba se presentan en el Cuadro 1.

Manejo agronómico

Los ensayos de rendimiento fueron uniformes en los cuatro ambientes. La parcela útil fue de dos surcos de 5.0 m de longitud y 0.85 m de ancho. La densidad de población fue de 45 000 plantas ha⁻¹. Se fertilizó con la fórmula 120N-80P-00K en dos aplicaciones. Las fechas de siembra fueron: el 28 de abril en Poxtla (1997), y el 2, 24 y 27 de mayo en Tlapala (1997), Poxtla y Tecámac (1996), respectivamente.

Cuadro 1. Ubicación geográfica y características climatológicas de las localidades de evaluación de maíces en el Estado de México.

Localidad	Ubicación LN LO	Altitud (m)	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)	Tipo de clima
Poxtla	19° 08' 98° 46'	2470	14.00	928.4	Cb(w ²)(w)(i')gw ^w
Tecámac	19° 35' 98° 55'	2298	14.97	586.2	Bsikw(w)(i')g
Tlapala	19° 16' 98° 54'	2240	15.10	656.9	Cb(w ¹)(w)(i')g

Fuente: García (1988) y Estación Meteorológica de Tecámac.

Caracteres evaluados

Los caracteres morfológicos registrados para este estudio fueron: días a floración femenina (FLFE), altura de mazorca (ALMZ), proporción de olote en la mazorca (OLO), diámetro de la mazorca (DIMZ), longitud de grano (LOGR), volumen de grano (VOGR), ancho de grano (ANGR), número de hileras (HIMZ), y color de grano (COGR). Estos caracteres fueron definidos por Herrera-Cabrera *et al.* (2000) como los mínimos apropiados para el estudio de la diversidad genética entre poblaciones de maíz de la raza Chalqueño. Además, se midieron nueve variables agronómicas: rendimiento de grano (REND), aspecto de mazorca (ASMZ), acame del tallo (ACTA), días a floración masculina (FLMA), calificación de incidencia de *Puccinia sorghi* (PUC), calificación de incidencia de *Cercospora zeae-maydis* (CER), longitud de mazorca (LOMZ), peso de 100 semillas (100S) y altura de planta (ALPL). La descripción de los caracteres y métodos de medición se encuentran en Wellhausen *et al.* (1951) e IBPGR (1991).

Análisis estadísticos

Se hizo un análisis de varianza por ambiente y otro combinado a través de ambientes, para cada carácter medido, bajo el diseño experimental de bloques incompletos al azar con tres repeticiones.

Los grupos se definieron en función de la clasificación de la diversidad de la raza de maíz Chalqueño (Herrera-Cabrera *et al.*, 2004), más el grupo Híbrido. La comparación de medias entre grupos de colectas se calculó con base en la media armónica del número de accesiones (n) en cada grupo, mediante la prueba de Tukey. Además, se efectuaron análisis de contrastes ortogonales entre las 19 poblaciones colectadas entre 1968-1972 y las 42 accesiones colectadas entre 1995-1996, ambos conjuntos originarios del oriente del Estado de México y que correspondieron al tipo clásico de Chalqueño con grano cremoso dentado.

La significancia estadística debida a tratamiento se probó tomando como denominador al efecto de tratamiento dentro de grupo, y para localidad al efecto de tratamiento dentro de grupo por localidad. Todos los efectos, incluido

las interacciones, se probaron contra el error aleatorio. Los datos se analizaron con el procedimiento GLM (SAS Institute, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el propósito de diseñar esquemas de conservación de la diversidad *in situ*, que requieren estudios complejos de la variación del valor agronómico del maíz criollo de un área, es necesario hacer notar que si bien los datos evaluados tenían 14 años de haber sido generados continúan siendo vigentes, y por ello pueden contribuir al conocimiento científico y servir como antecedente para realizar nuevas investigaciones.

Valoración de colectas nativas (1995-1996) e híbridos

Los cuadrados medios del análisis de varianza combinado para 16 caracteres agronómicos, de seis grupos de maíces (Herrera-Cabrera *et al.*, 2004, más el grupo de híbridos comerciales), de un conjunto de 111 colectas evaluadas, se presentan en el Cuadro 2 donde se muestra que hubo diferencias significativas entre ambientes para todos los caracteres ($P \leq 0.01$).

Para grupos y para colectas dentro de grupo, las diferencias fueron significativas para todos los caracteres ($P \leq 0.01$), lo que muestra para los primeros, la agrupación adecuada de las colectas que dan origen a un grupo, la alta diversidad genética entre los grupos evaluados, y la existencia de marcadas diferencias para todas sus características. Y para los segundos, es un indicador de la amplia diversidad genética entre las poblaciones de diferentes agricultores que dan origen a un grupo, y la posibilidad de identificar material genético sobresaliente dentro de los grupos.

El comportamiento promedio a través de ambientes por colectas dentro de grupos de las poblaciones de maíz, ordenadas en forma decreciente de acuerdo con el rendimiento de grano por grupo, se presenta en el Cuadro 3.

El grupo de híbridos fue el de mayor rendimiento de grano con 6.0 t ha⁻¹, seguido de los Chalqueños cremoso y Elotes Chalqueños con rendimientos promedio de 5.5

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para 16 caracteres de seis grupos de un conjunto de 111 colectas de maíz, evaluados en Poxtla 1996 y Poxtla 1997, Tecámac 1996 y Tlapala 1997, Estado de México.

Fuente de variación	Grados de libertad	REND (t ha ⁻¹)	FLMA (días)	FLFE (días)	ALPL (cm)	ALMZ (cm)	OLOT (%)
Ambientes	3	324221**	10461**	7456**	5596**	17364**	299**
Reps./Amb.	8	4780	3	2	287	166	1
Grupo	5	143662**	9451**	9036**	104006**	86327**	1427**
Col./Gpo.	105	5725**	416**	455**	7881**	7438**	51**
Gpo. x Amb.	15	32132**	53**	52**	1298**	939**	14**
Amb. x Col./Gpo.	311	2134**	31**	37**	610**	405**	12**
Error	880	586**	0.6**	0.6**	75.4**	61.6**	2**
Promedio		4.9	98.1	103.6	277.6	169.6	11.8
CV (%)		15.6	0.8	0.7	3.1	4.6	12.3
DSH (0.05)		0.2	0.2	0.2	4.5	2.6	0.4
Fuente de variación	LOMZ (cm)	DIMZ (cm)	ANGR (mm)	LOGR (mm)	VOGR (mm ³)	ACTA (%)	CAMZ †
Ambientes	83**	3.8**	0.62**	0.61**	152**	4552**	53.2**
Reps./Amb.	1	0.2	0.02	0.03	8	58	0.2
Grupo	94**	24.9**	17.31**	49.22**	4182**	921**	32.2**
Col./Gpo.	11**	0.7**	0.56**	0.69**	76**	131**	2.1**
Gpo. x Amb	5**	0.4**	0.05**	0.47**	16**	162**	7.9**
Amb. x Col./Gpo.	2**	0.1**	0.03**	0.14**	8**	84**	0.8**
Error	0.5**	0.06**	0.007**	0.01**	1.6**	16**	0.3**
Promedio	14.9	4.8	8.5	15.6	638.5	10.2	6.8
CV (%)	4.9	5.1	3.2	2.3	6.3	39.6	8.3
DSH (0.05)	0.2	0.07	0.08	0.1	12.3	1.2	0.1
Fuente de variación	PUCC †	CERC †	100S (g)				
Ambientes	83**	73**	4310**				
Reps./Amb.	16	4	7				
Grupo	52**	72**	12312**				
Col./Gpo.	4**	6**	191**				
Gpo. xAmb	6**	13**	213**				
Amb. x Col./Gpo.	1**	2**	32**				
Error	0.5**	0.6**	5.0**				
Promedio	3.2	3.8	37.1				
CV (%)	23.7	20.8	6.0				
DSH (0.05)	0.2	0.2	0.6				

REND = rendimiento de grano; FLMA = floración masculina; FLFE = floración femenina; ALPL = altura de planta; ALMZ = altura de mazorca; OLO = olote; LOMZ = longitud de mazorca; DIMZ = diámetro de mazorca; ANGR = ancho de grano; LOGR = longitud de grano; VOGR = volumen de grano; ACTA = acame de tallo; CAMZ = aspecto de mazorca; PUC = calificación de *Puccinia sorghi*; CER = calificación de *Cercospora zeae-maydis*. 100S = peso de 100 semillas. † Escala de calificación de aspecto de mazorca, donde 1 = indeseable, 3 = mala, 5 = regular, 7 = buena, y 9 = excelente. † Escala de calificación de severidad de síntomas de enfermedad, donde 1 = ausencia de enfermedad y 9 = infección muy severa. ** y * Diferencias significativas, P=0.01 y 0.05, respectivamente. CV = coeficiente de variación. DSH (0.05) = diferencia significativa honesta (Tukey, 0.05).

Cuadro 3. Promedios para 16 caracteres de los grupos de maíz que integran la diversidad de los criollos e híbridos evaluados en Poxtla 1996 y Poxtla 1997, Tlapala 1997 y Tecámac 1996, Estado de México.

Núm. de col./Grupo	REND (t ha ⁻¹)	FLMA (días)	FLFE (días)	ALPL (cm)	ALMZ (cm)	OLO (%)	LOMZ (cm)	DIMZ (cm)
8 Híbridos	6.0	99	102	264	151	14	15.4	4.9
35 Chalqueño Cremoso	5.5	97	104	289	178	10	15.3	5.1
23 Elotes Chalqueños	5.2	97	103	287	180	11	15.1	5.0
12 Cacahuacintle y Ancho	4.7	97	104	275	165	12	14.8	4.8
15 Cónico, Palomero Toluqueño y Cónico Norteño	4.1	88	93	231	129	10	13.5	4.4
18 Mushito, Chalqueño Arrocillo y Chalqueño Cónico	3.7	110	114	289	185	17	14.7	4.3
	HIMZ (no)	ANGR (mm)	LOGR (mm)	VOGR (mm ³)	ACTA (%)	CAMZ †	PUC †	CER †
8 Híbridos	17	8.0	14.8	538	9.4	7.4	2.8	3.6
35 Chalqueño Cremoso	15	8.7	16.9	708	9.4	7.1	3.1	3.6
23 Elotes Chalqueños	15	8.7	16.6	702	9.2	7.0	3.0	3.7
12 Cacahuacintle y Ancho	12	10.5	16.0	852	10.6	6.9	3.1	4.1
15 Cónico, Palomero Toluqueño y Cónico Norteño	16	7.4	14.7	477	15.1	6.6	4.3	5.1
18 Mushito, Chalqueño Arrocillo y Chalqueño Cónico	15	7.9	13.2	467	9.5	6.2	3.1	3.6

REND = rendimiento de grano; FLMA = floración masculina; FLFE = floración femenina; ALPL = altura de planta; ALMZ = altura de mazorca; OLO = olote; LOMZ = longitud de mazorca; DIMZ = diámetro de mazorca; HIMZ = hileras de grano por mazorca; ANGR = ancho de grano; LOGR = longitud de grano; VOGR = volumen de grano; ACTA = acame de tallo; CAMZ = aspecto de mazorca; PUC = calificación de *Puccinia sorghi*; CER = calificación de *Cercospora zeae-maydis*.
 † Escala de calificación de aspecto de mazorca, donde 1 = indeseable, 3 = mala, 5 = regular, 7 = buena, y 9 = excelente. ‡ Escala de calificación de severidad de síntomas de enfermedad, donde 1 = ausencia de enfermedad, y 9 = infección muy severa.

y 5.2 t ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 3). Estos resultados muestran una mayor diversidad genética para rendimiento en las colectas criollas (3.7 a 6.5 t ha⁻¹) que en el material mejorado (5.3 a 6.9 t ha⁻¹). Los híbridos 'HS-2' y 'HS-5' fueron los que mostraron los mayores rendimientos y el mejor aspecto de mazorca; en sanidad de planta presentaron los valores más bajos de todos los materiales evaluados, que indica mayor sanidad, de 2.3 y 2.2 para *Puccinia* y 2.8 y 2.4 para *Cercospora*, respectivamente (Cuadro 4). Esto último evidencia que los programas de fitomejoramiento en los Valles Altos de México, además de rendimiento de grano, han aportado ganancias en otras características, como sanidad de planta y mazorca.

El grupo constituido por los tipos Mushito, Chalqueño Arrocillo y Chalqueño Cónico, fue el de menor rendimiento de grano; además presentó las plantas más tardías a floración, las mayores alturas de planta y mazorca, el mayor porcentaje de olote, y los valores más bajos en característi-

cas de mazorca y grano. Los grupos Cacahuacintle y Ancho presentaron valores intermedios para la mayoría de características, en relación con los grupos Chalqueño cremoso y Elotes Chalqueños, y con el grupo Mushito, Chalqueño Arrocillo y Chalqueño Cónico.

Al nivel de grupo, puede mencionarse que los materiales precoces que integran al grupo Cónico, Palomero Toluqueño y Cónico Norteño, y los materiales tardíos que integran al grupo Mushito, Chalqueño Arrocillo y Chalqueño Cónico, no mostraron rendimientos aceptables; los primeros, por ser precoces y producir mazorcas y granos pequeños, por no poseer capacidad para aprovechar al máximo el potencial del ambiente; y los últimos, por ser tardíos, que no alcanzan a madurar su grano antes del periodo libre de heladas tardías que inciden en la región oriente del Estado de México.

Cuadro 4. Comportamiento medio de las colectas de mayor rendimiento de grano de las razas Chalqueño Cremoso, Elotes Chalqueños, Cacahuacintle y Ancho, y de ocho híbridos, en 18 caracteres agronómicos evaluados en Poxtla 1996, Poxtla 1997, Tlapala 1997 y Tecamác 1996. Estado de México.

Núm.	GEN	REND (t ha ⁻¹)	FLMA (días)	FLFE (día)	ALPL (cm)	ALMZ (cm)	OLO (%)	LOMZ (cm)	DIMZ (cm)
Grupo Chalqueño Cremoso									
1	COL-6712	6.5	99	102	293	168	9	15.6	5.0
2	COL-6558	6.5	95	101	284	173	9	15.5	4.8
3	COL-6715	6.4	97	103	294	177	13	16.4	5.3
4	COL-6717	6.4	98	103	294	176	10	16.2	5.0
5	COL-308b	6.2	96	102	287	172	10	15.6	5.0
6	COL-302b	6.2	97	104	295	184	12	16.8	4.8
7	COL-260v	6.1	98	104	278	175	10	15.7	5.2
Media		6.3	97	103	289	175	10	16.0	5.0
Media del grupo Chalqueño [Ⓟ]		5.4	97	103	291	180	11	15.6	5.0
Grupo Elotes Chalqueños									
1	COL-6719	6.3	94	99	270	169	9	15.4	5.0
Media		5.2	97	103	287	180	11	15.1	5.0
Grupo Cacahuacintle									
1	COL-6718	5.0	89	96	263	157	13	15.0	5.2
Media		5.2	93	99	268	162	12	15.1	5.1
Grupo Ancho									
1	COL-6739	5.3	99	105	281	168	12	15.2	4.5
Media		4.4	103	107	263	151	13	14.7	4.6
Grupo Híbridos									
1	'HS-2'	6.9	103	106	277	151	13	15.4	4.7
2	'HS-5'	6.6	99	105	262	149	14	17.0	5.0
3	'HCP-3'	6.4	99	103	256	151	11	14.9	5.0
4	'H-129'	6.0	102	105	304	178	15	15.7	5.1
5	'H-33'	5.8	94	98	247	150	14	14.5	5.0
6	'VS-22'	5.7	94	96	282	158	12	14.9	4.9
7	'5CA7245'	5.5	96	98	215	103	17	15.3	4.7
8	'HCP-2'	5.3	102	107	264	160	15	15.5	4.7
Media		6.0	99	102	263	150	14	15.4	4.9
DSH (0.05)		0.4	0.4	0.4	4.2	3.9	0.8	0.4	0.1

REND = rendimiento de grano, FLMA = floración masculina, FLFE = floración femenina; ALPL = altura de planta; ALMZ = altura de mazorca; OLO = olote; LOMZ = longitud de mazorca; DIMZ = diámetro de mazorca. † Escala de calificación de color de grano, donde 1 = blanco, 2 = crema, 3 = amarillo, 3.5 = pinto, 4 = rojo, y 5 = azul. ‡ Escala de calificación de aspecto de mazorca, donde 1 = indeseable, 3 = mala, 5 = regular, 7 = buena, y 9 = excelente. † En función de 58 colectas de la región de Chalco-Amecameca-Juchitepec.

Cuadro 4. Comportamiento medio de las colectas de mayor rendimiento de grano de las razas Chalqueño Cremoso, Elotes Chalqueños, Cacahuacintle y Ancho, y de ocho híbridos, en 18 caracteres agronómicos evaluados en Poxtla 1996, Poxtla 1997, Tlapala 1997 y Tecamác 1996. Estado de México.

Núm.	HIMZ (#)	ANGR (mm)	LOGR (mm)	VOGR (mm ³)	100S (g)	COGR †	ACTA (%)	CAMZ †	PUC §	CER §
Grupo Chalqueño Cremoso										
1	15	8.6	17.5	678	39	1.9	8.3	7.7	3.2	3.3
2	14	8.8	16.7	672	44	2.0	13.9	7.4	2.7	3.8
3	15	9.4	16.9	814	44	2.0	6.5	7.6	2.8	3.3
4	15	8.4	16.7	683	41	2.0	8.0	7.8	3.2	3.2
5	14	8.8	16.3	701	41	1.8	5.2	7.1	3.5	3.7
6	16	8.3	16.1	655	40	2.0	8.3	7.5	3.0	3.7
7	14	9.3	17.0	771	45	1.6	6.9	7.0	2.8	3.5
Media	15	8.8	16.8	711	42	1.9	8.2	7.4	3.0	3.5
Media del grupo Chalqueño ^o	15	8.6	16.7	677	35	2.0	9.1	7.1	3.1	3.7
Grupo Elotes Chalqueños										
1	14	8.9	17.1	727	42	5.0	13.7	7.3	3.0	3.7
Media	15	8.7	16.6	702	40	4.8	9.3	7.0	3.0	3.7
Grupo Cacahuacintle										
1	13	11.2	15.4	1002	53	1.2	10.4	7.4	3.7	4.3
Media	13	10.7	15.9	940	50	1.5	12.8	7.1	3.1	4.1
Grupo Ancho										
1	9	11.5	15.7	876	48	2.0	6.4	7.5	3.7	3.8
Media	10	12.0	15.8	915	46	1.8	7.0	7.1	3.1	4.0
Grupo Híbridos										
1	16	8.4	14.0	530	32	2.0	9.7	7.8	2.3	2.8
2	17	8.4	15.0	569	32	2.0	11.4	7.7	2.2	2.4
3	18	7.9	15.7	554	33	2.8	9.5	7.0	2.8	3.2
4	18	8.0	15.0	529	31	2.0	8.5	7.4	2.5	3.7
5	18	7.6	15.2	527	32	2.0	10.6	7.2	3.3	4.5
6	18	7.8	15.4	557	34	2.8	14.8	7.3	3.7	4.5
7	16	8.0	13.1	464	28	2.0	4.3	7.5	2.7	3.3
8	16	8.4	15.2	578	33	2.3	6.5	7.2	3.2	4.3
Media	17	8.0	14.8	538	32	2.2	9.4	7.4	2.8	3.6
DSH (0.05)	0.3	1.3	0.2	19.4	1.2	0.1	2.0	0.3	0.4	0.4

HIMZ = hileras de grano por mazorca; ANGR = ancho de grano; LOGR = longitud de grano; VOGR = volumen de grano; ACTA = acame de tallo; CAMZ = aspecto de mazorca; PUC = calificación de *Puccinia sorghi*; CER = calificación de *Cercospora zea-maydis*; DSH (0.05) = diferencia significativa honesta (Tukey, 0.05). †Escala de calificación de color de grano, donde 1 = blanco, 2 = crema, 3 = amarillo, 3.5 = pinto, 4 = rojo, y 5 = azul. ‡Escala de calificación de aspecto de mazorca, donde 1 = indeseable, 3 = mala, 5 = regular, 7 = buena, y 9 = excelente. § Escala de calificación de severidad de síntomas de enfermedad, donde 1 = ausencia de enfermedad, y 9 = infección muy severa. ^o En función de 58 colectas de la región de Chalco-Amecameca-Juchitepec.

Las características distintivas de los grupos Cacahuacintle y Ancho, fueron su mayor ancho y volumen de grano, y su menor número de hileras de grano por mazorca (Cuadro 3, Figura 1). A pesar del endospermo harinoso de estas razas de maíz, al menos una accesión de cada grupo fue estadísticamente similar ($P \leq 0.05$) en rendimiento a uno de los híbridos evaluados (Cuadro 4). En el grupo Cacahuacintle, la colecta COL-6718 fue identificada como sobresaliente por tener grano de mayor volumen y ancho, aunque esto no le evitó tener también un bajo rendimiento.

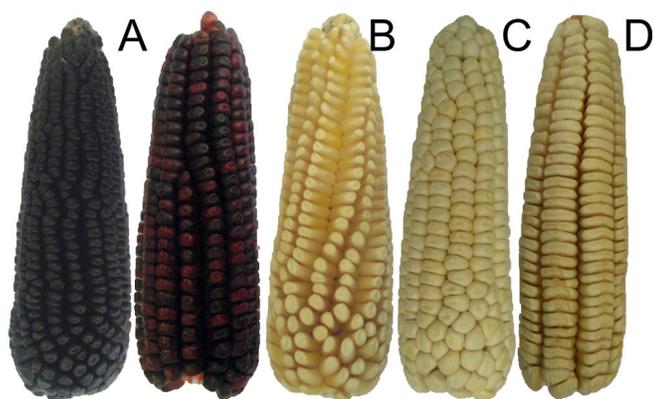


Figura 1. Mazorcas típicas de cuatro de las razas de maíz que se cultivan en el oriente del Estado de México: Elotes Chalqueños (A), Chalqueño Cremoso (B), Cacahuacintle (C) y Ancho (D).

En el grupo Ancho, la colecta COL-6739, a pesar de tratarse de una población que se ha adaptado en los últimos años a elevaciones sobre el nivel del mar mayores que la de la distribución geográfica normal de su raza, según Bretting y Goodman (1989), conservó su reducido número de hileras de grano por mazorca y su alto volumen de grano. El atractivo por cultivar el maíz Ancho consiste en su mayor valor en el mercado local, porque es preferido para la preparación de pozole. Al respecto, durante la exploración de colecta, se observó un proceso de movilización de esta forma de diversidad del maíz, lo que constituiría una futura línea de investigación con fines etnobotánicos, agronómicos y del estudio del dinamismo de la diversidad genética.

Entre las poblaciones sobresalientes de maíz Chalqueño, con rendimiento de grano semejante al de los híbridos, en particular del grupo Chalqueño cremoso (Figura 1), destacan las colectas: COL-6712, COL-6558, COL-6715, COL-6717, COL-308b, COL-302b y COL-260v, con rendimientos entre 6.5 y 6.1 t ha⁻¹, con aspecto, longitud y diámetro de mazorca, y días a floración masculina y femenina similares ($P \geq 0.05$) a la mayoría de los híbridos evaluados; no así, en altura de planta y mazorca, y número de hileras ($P \leq 0.05$). De este grupo, las colectas COL-6712 y COL-6558

sobresalieron también por su menor porcentaje de olote, lo que impacta el rendimiento, y la primera presentó además la mayor longitud de grano entre todas las colectas sobresalientes; ambas accesiones presentaron granos superiores en ancho, longitud, volumen y peso de 100 semillas ($P \leq 0.05$), al grano de los materiales mejorados. Además, las últimas dos poblaciones rindieron por arriba de todas las colectas criollas y sólo fueron superadas ($P \leq 0.05$) por los híbridos 'HS-2' y 'HS-5' (Cuadro 4).

Del grupo Elotes Chalqueños (Figura 1), con características distintivas como grano de color azul y de textura harinosa, la muestra COL-6719 fue más precoz (94 d a FLMA y 99 d a FLFE) que el grupo Chalqueño ($P \leq 0.05$) (Cuadro 4), y fue la de mayor rendimiento de grano entre todos los materiales de este grupo (Cuadro 3).

El rendimiento promedio de las siete mejores accesiones de Chalqueño cremoso fue de 6.3 t ha⁻¹, superior al rendimiento promedio (6.0 t ha⁻¹) de los híbridos (Cuadro 4). Si se considera que los materiales nativos o locales son altamente variables entre plantas, en contraste con los híbridos que son uniformes, es posible que puedan seleccionarse las mejores plantas de los criollos locales con la perspectiva de lograr una mejora sustancial a través del mejoramiento genético.

Tanto los híbridos como las colectas de Chalqueño sobresalientes, además de rendimiento de grano, presentaron promedios similares ($P \geq 0.05$) para: días a floración masculina y femenina, longitud, diámetro y aspecto de mazorca, color de grano, porcentaje de acame y sanidad (*Puccinia* y *Cercospora*). Los híbridos presentaron una menor altura de planta ($P \leq 0.05$). Sin embargo, en los caracteres de grano las colectas de Chalqueño fueron estadísticamente ($P \leq 0.05$) los de mayor longitud, volumen y peso de grano, además de ser los de menor porcentaje de olote (Cuadro 4).

La comparación agronómica entre los híbridos comerciales y las poblaciones nativas sobresalientes, explican la preferencia de los agricultores por sembrar sus criollos locales, a pesar de la existencia de híbridos de buen rendimiento. Las desventajas de los híbridos, también señaladas por los agricultores, son el mayor porcentaje de olote y el menor tamaño del grano, lo cual afecta su aceptación en los mercados locales, además de que en las siembras de humedad el tamaño de semilla podría ser importante para la emergencia de la plántula.

El rendimiento promedio de las ocho mejores poblaciones (6.3 t ha⁻¹) superó al de las 35 colectas del grupo Chalqueño cremoso (5.5 t ha⁻¹), subgrupo que representa aproximadamente 15 %. La promoción de la siembra de las poblaciones criollas sobresalientes de Chalqueño pudiera

significar el incremento del rendimiento de grano, sin afectar la variación de materiales nativos de ese tipo, ya que las colectas mantienen esa diversidad (Cuadro 4). Una situación semejante se presenta para cada uno de los grupos de diversidad local, de modo que hay maíces azules superiores como las poblaciones señaladas en el Cuadro 4, y así de los otros tipos, que pueden ser piezas importantes en la mejora de la producción de maíz en el área de estudio.

Tal vez más importante sea el hecho de la existencia de esa superioridad en los grupos de poblaciones reconocidas como «criollo local» en cualquier área donde se practica de manera preponderante la agricultura tradicional. En principio, la variación en valor agronómico se genera por el origen de cada población, constituida como la semilla nativa o local de cada agricultor, así como por la calidad de la selección de semilla que éste practica sobre su población. Una posible estrategia para aprovechar este fenómeno, sería, bajo la condición de que la mayoría (más de 90 %) de los agricultores seleccionaran su semilla de la cosecha previa y de que cuando adquirieran semilla lo hicieran de sus vecinos de la misma localidad, haría factible la adopción de las mejores poblaciones, sobre todo si en el tipo de evaluación aquí presentada participaran los agricultores de una comunidad (o un número pequeño de comunidades), de modo que la fuente de semilla superior fuera atestiguada de manera tangible.

Otra aportación de este estudio la constituyen las poblaciones sobresalientes como tales, pues las poblaciones locales de Chalqueño cremoso (COL-6712, COL-6558, COL-6715 y COL-6717, del área de Chalco-Amecameca-Juchitepec), parecen superiores a MÉX-37, HGO-7 y MICH-21, cuyo ciclo y morfología son semejante a los materiales chalqueños, pero solamente las tres últimas han sido la materia prima de los programas de mejoramiento en los Valles altos (Gámez *et al.*, 1996). Tal superioridad pudiera deberse a la influencia del uso de variedades mejoradas y la consecuente infiltración genética hacia los criollos durante décadas (Hernández, 1972; Louette y Smale, 1996). Sin embargo, el grupo Chalqueño parece estar conformado de material genético diferente, de modo que su potencial productivo, además de otras características de interés agronómico como tamaño de grano, podría aprovecharse en el enriquecimiento de los programas de mejoramiento genético actual con la incorporación de las colectas COL-6712, COL-6558, COL-6715, COL-6717, sobre todo en programas para materiales tardíos en siembras de humedad.

Habría que considerar también que los maíces pozoleros (pozole es un platillo regional), como el Ancho y el Cacaahuacintle y aún los maíces azules, han sido poco usados en el mejoramiento genético formal en México, aunque

últimamente hay algunos esfuerzos por conocerlos más en detalle (Arellano *et al.*, 2003). Esto amerita valorar la posibilidad de intensificar el trabajo de investigación para aprovechar mejor este germoplasma y generar alternativas tecnológicas para los agricultores del área.

El mayor tamaño de grano y menor proporción de olote en la mazorca de los maíces nativos, son atributos a los que no se había otorgado atención suficiente en programas técnicos, como lo sugiere la comparación de las colectas locales con los híbridos (Cuadro 4). Mientras los maíces locales presentaron alrededor de 10 % de olote, los híbridos tuvieron en promedio 14 %. Para el peso de 100 semillas, los híbridos presentaron valores promedios de 32 g, mientras que los locales variaron desde 39 hasta 53 g; y para el volumen de grano, los híbridos mostraron una media de 538 mm³ cuando los locales variaron de 655 a 1002 mm³.

Colectas de maíz de la raza Chalqueño, de 1968-1972 y de 1995-1996

En este estudio se hizo la comparación de 19 accesiones de maíz de la raza Chalqueño colectadas de 1968-1972 contra las 42 recolectadas entre 1995-1996, ambos conjuntos provenientes del oriente del Estado de México y correspondientes al tipo cremoso. Los resultados mostraron que las colectas de 1995-1996 presentaron un rendimiento de grano de 400 kg ha⁻¹ más que las accesiones de 1968-1972, aunque esta diferencia no fue significativa (Cuadro 5). Por tanto, no es posible asegurar que la selección de semilla practicada por los agricultores en un periodo de dos décadas, haya tenido un efecto. Es de suponer que si se aplicaran técnicas de selección más eficientes del fitomejoramiento, se podrían lograr avances significativos.

Aunque sin diferencia significativa, la tendencia de los maíces de 1995-96 a producir mayor rendimiento de grano (400 kg ha⁻¹) que los del periodo 1968-1972, y sobre todo por la identificación de accesiones de mayor rendimiento (Cuadro 4), apoyan la importancia de la evaluación de germoplasma local, pues indican la posibilidad de que en nuevos muestreos de material nativo se encuentren nuevas colectas sobresalientes.

Entre los dos periodos no se detectaron diferencias estadísticas para longitud de mazorca, hileras de granos por mazorca, acame de tallo, e incidencia de *Puccinia*. En términos numéricos se nota una ligera ventaja de las poblaciones de colecta reciente (Cuadro 5). La falta de significancia pudo deberse a que el mejoramiento de la mayoría de estos caracteres es lento y sumamente complejo (Ramírez, 1991), y tal vez no hayan sido suficientemente atendidos por los productores.

Cuadro 5. Comportamiento promedio de colectas de maíz raza Chalqueño efectuadas en Chalco de 1968-1972 y de 1995-1996, con respecto a 18 características agronómicas. Poxtla y Tlapala 1997, Estado de México.

Años	REND (t ha ⁻¹)	FLMA (días)	FLFE (días)	ALPL (cm)	ALMZ (cm)	OLO (%)	LOMZ (cm)	DIMZ (cm)	HIMZ (núm.)
Promedio									
1968-72 (19) ^Φ	6.6	100	104	280	168	9.5	15.8	5.0	15
1995-96 (42)	7.0	101	106	296	183	9.9	16.0	5.1	15
DAS (0.01)		**	**	**	**	**		**	
Años	ANGR (mm)	LOGR (mm)	VOGR (mm ³)	100S (g)	COGR †	ACTA (%)	CAMZ ‡	PUC §	CER §
Promedio									
1968-72 (19) ^Φ	8.5	16.4	663	42.7	2.0	10.5	7.1	3.0	4.0
1995-96 (42)	8.8	16.7	706	45.9	1.9	9.2	7.4	2.9	3.7
DAS (0.01)	**	**	**	**	**		**		**

REND = rendimiento de grano; FLMA = floración masculina; FLFE = floración femenina; ALPL = altura de planta; ALMZ = altura de mazorca; OLO = olote; LOMZ = longitud de mazorca; DIMZ = diámetro de mazorca; HIMZ = hileras de grano por mazorca; ANGR = ancho de grano; LOGR = longitud de grano; VOGR = volumen de grano; ACTA = acame de tallo; CAMZ = aspecto de mazorca; PUC = calificación de *Puccinia sorghi*; CER = calificación de *Cercospora zea-maydis*; DAS = diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en la prueba del contraste. [†]Escala de calificación de color de grano, donde 1 = blanco, 2 = crema, 3 = amarillo, 3.5 = pinto, 4 = rojo, y 5 = azul. [‡]Escala de calificación de aspecto de mazorca, donde 1 = indeseable, 3 = mala, 5 = regular, 7 = buena, y 9 = excelente. [§]Escala de calificación de severidad de síntomas de enfermedad, donde 1 = ausencia de enfermedad, y 9 = infección muy severa. ^ΦNúmero de colectas para el periodo.

Para el porcentaje de olote, el diámetro y aspecto de la mazorca, ancho, longitud, volumen y peso de 100 semillas, hubo diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre las colectas de 1968-1972 y las de 1995-1996, lo que parece indicar la mayor preferencia del agricultor de la región de Chalco por esas características. Al seleccionar de la troje (almacén rústico) las mazorcas para semilla, práctica aún muy extendida en la región, el agricultor identifica las mazorcas de mayor grosor y con olote delgado (Herrera-Cabrera *et al.*, 2002). De esta manera, es posible que la selección realizada por el agricultor haya sido quizás el factor más importante en la presencia de estas características morfológicas de la semilla de maíz en la región oriente del Estado de México.

El comportamiento del conjunto de colectas de 1968-1972 pudo también haber sido subestimado en algún grado debido a varios factores. La edad de la semilla, al tener más tiempo de recolecta o almacenamiento en bancos de germoplasma (INIFAP o CIMMYT) pudo haber presentado menor vigor en la emergencia, el cual quizás repercutió en el rendimiento. En cuanto a los cambios observados en las frecuencias génicas de hace 25 años a la fecha, se postula que el material recolectado más reciente haya pasado por más ciclos de selección que probablemente generaron variación en sus características, respecto a las anteriores. Cuando los agricultores aumentaron, por selección, el rendimiento de grano, también hicieron sus materiales más tardíos a floración y más altos en planta y mazorca (Cuadro 5).

CONCLUSIONES

Dentro de las poblaciones de maíz Chalqueño, que incluye a los grupos Chalqueño cremoso y Elotes Chalqueños, se encuentran colectas sobresalientes en rendimiento de grano, semejantes a los mejores híbridos. Para Chalqueño cremoso se identificaron a las colectas COL-6712, COL-6758, COL-6715, COL-6717 y COL-260v, y para Elotes Chalqueños a COL-6719, todas recolectadas en el oriente del Estado de México. El comportamiento de las poblaciones nativas sobresalientes de Chalqueño explica que la siembra generalizada de éstas incrementaría el rendimiento de grano promedio, sin afectar la diversidad en la región de Chalco-Amecameca-Juchitepec, Estado de México, donde se siembran dichos materiales.

Conocer la diversidad genética de maíz local permitió identificar colectas sobresalientes de los maíces pozoleros Cacahuacintle (COL-229c) y Ancho (COL-6739), lo cual merece ser considerado para aprovechar mejor todo germoplasma, y evitar la pérdida de la diversidad de maíz de la región.

La superioridad de los caracteres días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, porcentaje de olote, diámetro de mazorca, y anchura, longitud, volumen de grano y peso de 100 semillas, en poblaciones recientemente recolectadas (1995-1996), en relación con las recolectadas de 1968-1972, sugiere que las poblaciones que el agricultor ha continuado manejando por años ha conducido a la generación de poblaciones criollas más tardías con mayor rendimiento de grano.

BIBLIOGRAFÍA

- Arellano V J L, C Tut C, A M Ramírez, Y Salinas M, O R Taboada G (2003)** Maíz azul de los valles Altos de México: I Rendimiento de grano y caracteres agronómicos. *Rev. Fitotec. Mex.* 26:101-107.
- Bellon M R (1991)** The ethnocoology of maize variety management: A case study from Mexico. *Hum. Ecol.* 19:389-418.
- Bretting P K, M M Goodman (1989)** Karyotypic variation in Mesoamerican races of maize and its systematic significance. *Econ. Bot.* 43:107-124.
- Brush S B (1986)** Genetic diversity and conservation in traditional farming systems. *J. Ethnobiol.* 6:151-167.
- Castillo G F (1993)** La variabilidad genética y el mejoramiento de los cultivos. *Ciencia* 44:69-79.
- Dobzhansky T (1982)** Genetics and the Origin of Species. Series: The Columbia Classics in Evolution. Columbia Univ. Press. New York, USA. 364 p.
- Gámez VA J, M A Ávila P, H Ángeles A, C Díaz H, H Ramírez V, A Alejo J, A Terrón I (1996)** Híbridos y variedades de maíz liberados por el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) hasta 1996. SAGAR-INIFAP. Toluca, Méx. Publicación Especial 16. 103 p.
- García E (1988)** Modificaciones al sistema de clasificaciones climáticas de Köppen. 4ta ed. UNAM. México, D.F. 217 p.
- Goodman M M, W L Brown (1988)** Races of corn. *In: G F Sprague, J W Dudley (eds).* Corn and Corn Improvement. 3rd ed. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. pp:33-79.
- Hallauer A R, B Miranda F (1988)** Quantitative Genetics in Maize Breeding. 2nd ed. Iowa State Univ. Ames, Iowa, USA. 468 p.
- Hernández X E (1972)** Exploración etnobotánica en maíz. *Fitotec. Latinoam.* 8:46-51.
- Herrera-Cabrera B E, F Castillo-González, R A Ortega-Paczka, J J Sánchez-González, M M Goodman (2000)** Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza Chalqueño. *Rev. Fitotec. Mex.* 23:335-354.
- Herrera-Cabrera B E, A Macías-López, R Díaz-Ruiz, M Valdez-Ramírez, A Delgado-Alvarado (2002)** Uso de semilla criolla y caracteres de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 25:17-23.
- Herrera-Cabrera B E, F Castillo-González, J J Sánchez-González, J M Hernández-Casillas, R A Ortega-Paczka, M M Goodman (2004)** Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia* 38:191-206.
- IBPGR (1991)** Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center/ International Board for Plant Genetic Resources. IBPGR, Rome. 29 p.
- Kato T A, C Mapes, L M Mera, J A Serratos, R A Bye (2009)** Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. D. F. 116 p.
- Louette D, M Smale (1996)** Genetic Diversity and Maize Seed Management in a Traditional Mexican Community: Implications for *in situ* Conservation of Maize. NRG paper 96-03. CIMMYT, México. 21 p.
- Mangelsdorf P D (1974)** Corn, its Origin, Evolution and Improvement. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 262 p.
- Ortega P R A, J J Sánchez G, F Castillo G, J M Hernández C (1991)** Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México. *In: Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México.* R Ortega P, G Palomino H, F Castillo G, V A González H, M Livera M (eds). SOMEFI, A.C. Chapingo, México. pp:161-185.
- Ramírez D J L (1991)** El conocimiento de la fisiotecnia y su relación con la enseñanza de la Fitogenética en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 14:74-88.
- SAS Institute (1998)** The SAS System for Windows, Release 7.00. SAS Institute Inc. Cary, N.C. USA. 558 p.
- Wellhausen E J, L M Roberts, E Hernández X, en colaboración con P C Mangelsdorf (1951)** Razas de Maíz en México: su Origen, Características y Distribución. Folleto Técnico No. 5, Oficina de Estudios Especiales, Secretaría de Agricultura y Ganadería. México. 237 p.