Rev. Fitotec. Mex. Vol. 23. 335-354. 2000

CARACTERES MORFOLÓGICOS PARA VALORAR LA DIVERSIDAD ENTRE POBLACIONES DE MAÍZ EN UNA REGIÓN: CASO LA RAZA CHALQUEÑO

MORPHOLOGICAL TRAITS TO ASSESS DIVERSITY AMONG MAIZE POPULATIONS IN A REGION: CHALQUEÑO LANDRACE CASE

Braulio Edgar Herrera Cabrera[1], Fernando Castillo González[2], José de Jesús Sánchez González[3], Rafael Ortega Paczka[4] y Major M. Goodman[5]

RESUMEN

En virtud de que el estudio de la diversidad genética del maíz (*Zea mays* L.) en una región dada es conveniente con el fin de diseñar procedimientos para su mejor aprovechamiento, y que para estudios de diversidad entre razas se ha sugerido una serie de caracteres como apropiados, es importante determinar si las variables propuestas para evaluar material genético entre razas pueden modificarse al valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región agroecológica determinada. Con este propósito, se caracterizaron 104 colectas cuantificándoles 59 caracteres morfológicos en cuatro ambientes; la mayoría de las colectas provienen del área oriental del Estado de México (Chalco-Amecameca-Juchitepec). Los datos obtenidos se analizaron mediante; la estimación de la repetibilidad (r) que es la relación de componentes de varianza $r_c = [\sigma_c^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_{ca}^2)]$, la estructura de la matriz de correlaciones, y la variabilidad representada por cada variable en los tres primeros componentes principales. Esto permitió identificar 11 caracteres morfológicos para realizar estudios de la diversidad genética regional: días a la exposición de estigmas, altura de mazorca, proporción de olote en la mazorca, número de ramas de la panícula, diámetro de la mazorca, longitud de grano, volumen de grano, ancho de grano, número de hileras, ancho/longitud de grano y color de grano. Las estructuras reproductivas femeninas parecen ser los criterios morfológicos más importantes para la clasificación racial en maíz entre razas y dentro de razas.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Zea mays L., clasificación, razas, diversidad genética, repetibilidad.

SUMMARY

Studies on genetic diversity of maize (*Zea mays* L.) in a given region are considered convenient for a better utilization of such diversity, and considering that for these kind of studies a series of characters has been suggested as appropriate, it is important to determine if the list of those variables gotten from among maize races comparisons, should be modified for diversity characterization of populations within a particular ecological region. With this purpose 104 maize accessions were characterized, quantifying 59 morphological traits in four environments; most of the accessions are from the eastern region of the state of Mexico (Chalco-Amecameca-Juchitepec), Mexico. Data were analyzed using the estimation of the variance components ratio $r_c = [\sigma_c^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_{ca}^2)]$, as well as the single value descomposition of the correlation matrix, mainly to determine which original traits were responsible for the three first principal components. This allowed to identify 11 morphological characters that could be suggested as minimal to

1 Colegio de Postgraduados.Campus Puebla. Km. 125.5 Carret. Fed. México-Puebla. Col. La Libertad. C.P. 72130 Puebla. Pue. Tel. y Fax: 01(2) 285-0738 y 285-1444.

2 Colegio de Postgraduados. IREGEP. Km. 36.5 Carret. Texcoco-México. C.P. 56230 Montecillo, Estado de México. Tel. y Fax: 01(595) 2-0200 y 2-02-62.

3 Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas Agropecuarias. Km. 15.5 Carret. Guadalajara-Nogales. Las Agujas C.P. 45110 Zapopan, Jal. Tel. y Fax: 01(3)682-0213..

4 Universidad Autónoma Chapingo. Centros Regionales. Km. 38.5 Carret. México-Texcoco. C.P. 56230 Chapingo, Estado de México. Tel y Fax: 01(595) 4-5020 y 4-36-63

5 Depart. Crop Science, Box 7620, North Carolina State University, Raleigh, N.C. 27695-7620 Tel. y Fax. 00(919)515-7039 y 515-7959.

Fecha de Recepción: 20 de Abril de 1999.
Fecha de Aprobación: 23 de Mayo del 2000.

carry on studies on regional maize genetic diversity: days to silk, ear height, cob percentage in the ear, number of branches in the tassel, mid-ear diameter, kernel length, kernel volume, kernel width, number of rows in the ear, kernel width/length, and kernel color. Therefore, the reproductive female structures seem to be the most important morphological criteria to be used for diversity classification between and within maize races.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Zea mays L., maize, classification, races, genetic diversity, repeteability.

INTRODUCCIÓN

Para diseñar el aprovechamiento de algunas formas dentro de la diversidad genética regional de una especie, es necesario conocer de manera detallada la variación existente (Castillo, 1993). En el caso de maíz, es conveniente valorar la variación entre poblaciones que podría considerarse como variantes de una raza, y con ello clasificar la diversidad genética regional, lo que permitiría hacer un uso sistemático de las poblaciones a través de delinear procedimientos para un mejor aprovechamiento de los materiales nativos. Para ello, es importante determinar si los caracteres morfológicos propuestos como apropiados para valorar diversidad genética entre razas son también adecuados para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región agroecológica determinada.

La descripción de las razas de maíz y su clasificación se ha basado de manera importante en el trabajo realizado por Anderson y Cutler (1942). Entre sus contribuciones más significativas está la definición de raza, enunciada como el conjunto de individuos con suficientes características en común para permitir su reconocimiento como grupo; desde el punto de vista genético, una raza es un grupo de individuos con un número significativo de genes en común; las razas principales comparten un menor número de genes en común que las subrazas. También señalaron que los caracteres varían en sensibilidad a los cambios ambientales, siendo los caracteres de las estructuras reproductivas femeninas y masculinas los menos sensibles (más estables), y los de mayor relevancia para ser considerados como criterios de clasificación.

Para valorar la propuesta de Anderson y Cutler (1942), Goodman y Paterniani (1969) describieron una metodología para evaluar los efectos ambientales y de interacción genotipo-ambiente, que consiste en: a) establecer el material experimental en diferentes ambientes y utilizar las medias combinadas a través de los ambientes, y las respuestas a los ambientes como criterios de similitud entre *taxa*, y b) calcular la similitud entre *taxa* usando los caracteres cuyos sesgos debido a ambiente y a interacción genotipo-ambiente sean relativamente más pequeños. Con base en la caracterización de 55 razas y subrazas de maíz del Este de Sudamérica con 111 variables registradas, propusieron el uso de los estimadores de componentes de varianza a través de la relación siguiente de repetibilidad $(r_c) = \sigma_c^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_{ca}^2)$, en donde: σ_c^2 es el estimador de componente de varianza debido a las diferencias entre poblaciones o colectas, σ_a^2 es el estimador de componente de varianzas debido a las diferencias entre ambientes, y σ_{ca}^2 es el componente de varianza debido a la interacción colectas por ambientes. Un valor bajo de r_c es indicativo que la variabilidad entre razas, para el carácter considerado, es poco relevante con relación a la variación debido a efectos ambientales y de interacción genotipo-ambiente. Los caracteres de naturaleza reproductiva de la mazorca fueron menos afectados por factores ambientales y la interacción, los caracteres de la espiga fueron medianamente afectados, y los caracteres vegetativos fueron los más afectados.

Bajo una metodología similar, Sánchez (1983) caracterizó mediante 11 atributos a 30 razas de maíz de México evaluadas en tres localidades; señala que cuatro fueron los caracteres apropiados para la clasificación racial. Mientras que Silva (1992), en un trabajo en el que midió 34 características en 156 colectas de maíz de la raza Cónico evaluadas en tres localidades, concluyó que 17 fueron las variables apropiadas para describir a las poblaciones. En una investigación semejante, sobre la clasificación racial de maíz en la Sierra del Perú, Ortíz (1985) analizó 28 caracteres para valorar la diversidad entre 96 variedades representativas de 12 razas evaluadas en dos ambientes. Al usar como criterio de decisión la relación de varianza genética entre varianza fenotípica, recomienda 15 caracteres como apropiados para la clasificación racial. Un estudio más exhaustivo fue el de Sánchez *et al.* (1993), quienes midieron 47 caracteres en poblaciones de 50 razas de maíz de México y 24 de Centro y Sudamérica, evaluadas en 10 localidades y estaciones de crecimiento en México. Con base en la estimación de la relación de componentes de varianzas (Goodman y Paterniani, 1969), en el análisis de la estructura de la matriz de correlación y de las gráficas de Gabriel, sugirieron que puede lograrse información de buena calidad para valorar diversidad racial, con las siguientes variables: diámetro de mazorca/longitud de mazorca, ancho de grano, ancho de grano/longitud de grano, diámetro de médula, longitud de segmento de raquis, longitud de entrenudos de la rama central de la panícula, longitud de gluma masculina, longitud de la parte ramificada de la panícula/longitud de la panícula, número de hojas por planta.

Gran parte de la diversidad genética del maíz nativa de México aún se puede encontrar bajo estudio en los campos agrícolas en forma de variedades criollas en su centro de origen y diversidad, de modo que la conservación de tales recursos genéticos "*in situ*" es un hecho cotidiano. Tal es el caso de la región oriental del Estado de México (Chalco-Amecameca-Juchitepec), donde los maíces nativos cubren, prácticamente, el 100 % del área dedicada a este cultivo. En principio el maíz que predomina en esa región corresponde a la raza Chalqueño (Wellhausen *et al.*, 1951); sin embargo, se reconocen localmente diferentes formas, de las cuales, no existía una descripción y valoración de tal diversidad con el detalle pertinente para poder hacer planteamientos orientados al aprovechamiento y conservación de la misma. Por otro lado, para el estudio de la diversidad de maíz en esa región se contaba con los antecedentes mencionados en párrafos anteriores con respecto a qué atributos considerar para la caracterización de las poblaciones obtenidas de diferentes agricultores; no obstante, todos esos trabajos, con excepción del de Silva (1992), habían recomendado variables apropiadas para diferenciar y clasificar al nivel de razas de maíz. Al no tener la seguridad de que tales atributos fueran igualmente apropiados para definir y clasificar la diversidad entre poblaciones con un grado de diversidad menor, se planteó la necesidad de registrar información sobre una serie de características con el fin de valorar la pertinencia de cada una de ellas para determinar cuáles de ellas permitirían describir de mejor manera la diversidad predominante en la región, así como detectar las diferencias entre subtipos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objeto de evaluar un grupo un tanto representativo de la diversidad de la región de Chalco-Amecameca-Juchitepec, se caracterizaron 104 colectas: 78 de la región mencionada, colectadas de 1995-97; 11 de zonas similares en cuanto a altitud y clima originarias de Hidalgo, Edo. de México, Michoacán, Oaxaca, Puebla y Zacatecas, co-

lectadas entre 1943 y 1975 y conservadas en los bancos de germoplasma del INIFAP y CIMMYT; 8 identificadas como sobresalientes en evaluaciones en Valles Altos, algunas de ellas progenitoras de variedades mejoradas y/o híbridos comerciales (Silva, 1992; Hernández, 1994; Nava, 1995; INIFAP, 1996), y 7 accesiones típicas de las principales razas de las zonas de transición y Valles Altos: MÉX-5 (Palomero Toluqueño), MÉX-72 y PUE-32 (Cónico), GTO-144 (Cónico Norteño), HGO-7 y MÉX-37 (Chalqueño) y MOR-46 (Ancho) (Wellhausen *et al.*, 1951; Ortega *et al.*, 1991); estas últimas se consideraron con el fin de tener referencia de las razas de maíz que junto con el Chalqueño se reconocen como un complejo (Goodman y Brown, 1988). La ubicación del área de trabajo y de las colectas, así como la posible raza a la que pertenecen se muestra en la Figura 1.

La evaluación de campo se realizó en ambientes representativos del área de distribución del material colectado en el oriente del Estado de México, en las localidades de Poxtla, Municipio de Ayapango y en Tecámac durante 1996, y Poxtla y Tlapala, Municipio de Chalco, en 1997. A una altitud sobre el nivel del mar (msnm) y con una media anual de la precipitación pluvial (mm) de 2470 msnm y 928 mm, 2298 msnm y 660 mm y de 2240 msnm y 586 mm, para Poxtla, Tecámac y Tlapala, respectivamente. El clima para cada sitio es $Cb(w_2)(w)(i')gw''$, $Cb(w_1)(w)(i')g$ y $Bs_1kw(w)(i')g$, también en forma correspondiente (García, 1988). Los 104 materiales genéticos se evaluaron en ensayos uniformes en los cuatro ambientes, bajo un diseño de bloques incompletos al azar (Martínez, 1988) con tres repeticiones. La parcela experimental y útil fue de dos surcos de 5.0 m de largo y 0.85 m de ancho. Se sembraron tres semillas cada 50 cm y después de cuatro a cinco semanas se aclareó a dos plantas, quedando a una densidad de población aproximada de 47,000 plantas ha^{-1}.

Variables estudiadas

En cada ambiente, de 15 a 20 días después de la emisión de polen, se etiquetó una muestra de cuatro plantas por parcela para obtener de ellas los datos morfológicos. Las panículas se cortaron antes de la cosecha, a fin de que no se maltrataran, y al igual que las mazorcas superiores del tallo principal, se identificaron, secaron y guardaron para su posterior medición. En algunas parcelas, se cambiaron una o dos de las plantas etiquetadas, a fin de obtener mazorcas representativas de la colección evaluada.

Los 44 caracteres evaluados fueron divididos en los cuatro grupos siguientes: I) caracteres vegetativos (4), II) caracteres agronómicos (15), III) caracteres de la panícula (7), y IV) caracteres de la mazorca (18). Además de los caracteres señalados anteriormente, se generaron variables mediante la combinación aritmética entre caracteres medidos, dando un total de 59 caracteres estudiados, los cuales se presentan en el Cuadro 2. La descripción de caracteres se hizo tomando como referencia los estudios de Anderson y Cutler (1942), Wellhausen *et al.* (1951), CIMMYT (1985), Benz (1986), Sánchez (1989), IBPGR (1991) y CIAT(1993). Para cada carácter, el análisis de datos se hizo con las medias de las doce plantas por colecta y en cada localidad, por considerar a cada una de ellas como el comportamiento promedio de la población correspondiente en un ambiente dado.

Análisis estadísticos

De acuerdo con Emigh y Goodman (1985), "Los caracteres que varían grandemente entre poblaciones, con relación a su variabilidad dentro de poblaciones, son cla-

ramente más útiles para propósitos sistemáticos que los que muestran menor variabilidad entre poblaciones en proporción a sus varianzas dentro de poblaciones. De manera similar, los caracteres que son menos afectados por el ambiente en el que el organismo habita, con frecuencia son más útiles que los que son fuertemente afectados por efectos ambientales". También es importante conocer la estructura de la matriz de correlaciones entre las variables, ya que si algunos caracteres están altamente correlacionados, pueden registrarse sólo los esenciales, especialmente si la toma de datos está limitada por tiempo y recursos económicos. El análisis estadístico se hizo procurando tener el mayor grado de semejanza al de Sánchez *et al.* (1993), con el fin de que los parámetros fueran comparables. Por lo anterior, para valorar la importancia de caracteres para clasificación racial, se hicieron dos tipos de análisis:

a) Considerando el Análisis de varianza de los comportamientos promedio por colecta y por ambiente, en que las fuentes de variación fueron: entre colectas, entre ambientes y la interacción colectas por ambientes (Cuadro 1), se estimaron los componentes de varianza de la siguiente manera:

$$\sigma_c^2 = [\ CMC - CMAXC\ ] / a$$
$$\sigma_a^2 = [\ CMA - CMAXC\ ] / c$$
$$\sigma_{cxa}^2 = [\ CMAXC\ ]$$

Basado en los criterios propuestos por Goodman y Paterniani (1969), los caracteres apropiados para clasificación racial fueron aquellos que presentaron los valores más altos para la relación "r" (repetibilidad), en donde r fue estimada como:

$$r = \sigma_c^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_{cxa}^2)$$

donde: σ_c^2 es el estimador de la componente de varianza debido a colectas; σ_a^2 es el estimador de la componente de varianza debido a ambientes, y σ_{cxa}^2 es el estimador de la componente de varianza debido a la interacción entre colectas y ambientes. La regla de decisión consistió en aceptar a los caracteres cuyo valor de r fuera mayor o igual a uno punto cinco ($r \geq 1.5$). A diferencia de Goodman y Paterniani (1969) y Sánchez (1989), quienes consideraron un valor de $r \geq 3$ como regla de decisión, en este estudio se tomó a $r \geq 1.5$ porque se consideró que la diversidad genética entre poblaciones de la raza Chalqueño era menos contrastante que la explorada (entre razas) en los estudios citados, debido a que estos investigadores estudiaron la diversidad de las razas de Brasil y Sureste de Sudamérica, y las razas de maíz de México, respectivamente.

b) El Análisis de la estructura de la matriz de correlaciones. La estimación de componentes de varianza y la relación "r" aportó información para las características de manera individualizada; con el fin de tener una visión multivariada sobre los caracteres más relevantes, se realizó una descomposición en valores y vectores propios de la matriz de correlaciones (Rawlings, 1988); además se usó la gráfica de Gabriel con el objeto de tener una representación visual de la estructura de la información de los datos acerca de correlaciones entre variables y la magnitud en que cada variable aportó a la explicación de la varianza global de los datos (Marriott, 1974; Pla, 1986).

Antes de iniciar el análisis de valores propios, se excluyeron las variables que presentaron valores muy bajos para la relación "r", menores de 0.5 (Cuadro 2). Porque los caracteres que sufren menos modificaciones debido a efectos ambientales son los de mayor relevancia para ser considerados como criterios de clasificación (Anderson y Cutler, 1942; Goodman y Paterniani 1969; Emigh y

Goodman, 1985). Además, al eliminar los caracteres fuertemente afectados por el ambiente, la variación para cada variable vector es principalmente de naturaleza genética.

Por lo anterior, los análisis de la estructura de la matriz de correlaciones se aplicaron sobre las medias a través de ambientes de 33 variables para cada una de las 104 accesiones de maíz caracterizadas. Primero se realizó la transformación a la normal estándar con media igual a cero y varianza igual a la unidad, con el objeto de evitar las diferencias en las escalas de medición para cada atributo. Con la matriz de datos estandarizados se aplicó la descomposición de valores propios. También la estandarización permite combinar la información sobre componentes de la varianza con los análisis de la estructura de la matriz de correlaciones facilitando el análisis visual de la gráfica (Pla, 1986; Rawlings, 1988).

Se calculó la correlación entre los tres primeros componentes principales y las variables originales, así como el coeficiente de determinación de cada variable en esos tres componentes principales, los cuales se acumularon para los dos primeros y para los tres componentes principales considerados. Los caracteres que se consideraron como importantes fueron los que acumularon un coeficiente de determinación mayor o igual a 0.72.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis y estimación de componentes de varianza

En el Cuadro 2 se presentan los estimadores de componentes de varianza entre colectas (σ_c^2), entre ambientes (σ_a^2), de la interacción entre colectas y ambientes (σ_{cxa}^2), repetibilidad [$r = \sigma_c^2 / (\sigma_a^2+\sigma_{cxa}^2)$], la media y el coeficiente de variación para cada uno de los 59 caracteres en 104 colectas en cuatro ambientes. Las variables que presentaron valores de repetibilidad (r) desde 1.50 hasta 7.78 fueron como sigue: entre las de tipo vegetativo, altura de mazorca, altura de planta y la relación altura de planta/altura de mazorca; entre las de tipo agronómico y fenológico, días a la emisión de polen, días a la exposición de estigmas y la proporción de olote en el peso de la mazorca; para las de la panícula, número de ramas de la panícula, longitud de la parte ramificada y la relación entre ésta y la longitud total de la panícula presentaron valores de r próximos a 1.4; y para las de mazorca y grano, ancho de grano, color de grano, volumen de grano, número de hileras, longitud de grano, ancho/longitud de grano, volumen de 100 granos, diámetro de la mazorca, grosor de grano, peso de 100 granos, grosor/ancho de grano y grosor/longitud de grano.

Cuadro 1. Análisis de varianza para valores promedio por ambiente de evaluación y colecta caracterizada.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Esperanza de cuadrados medios
Ambientes	a-1	CMA	$\sigma_{axc}^2 + c\,\sigma_a^2$
Colectas	c-1	CMC	$\sigma_{axc}^2 + a\,\sigma_c^2$
AmbientesXColectas	(a-1) (c-1)	CMAXC	σ_{axc}^2

a = número de ambientes de evaluación

c = número de accesiones caracterizadas.

Cuadro 2. Estimadores de componentes de varianza para accesiones (σ_c^2), ambientes (σ_a^2), interacción colectas x ambientes (σ_{cxa}^2) y "repetibilidad" $r = \sigma_c^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_{cxa}^2)$ para 104 colectas de maíz de la raza Chalqueño. Poxtla 1996, Poxtla 1997, Tlapala 1997 y Tecámac, Edo. de México 1996.

Variable	σ_c^2	σ_a^2	σ_{cxa}^2	r	Media	C.V.
I. Caracteres vegetativos de la planta						
X1 Altura de planta (cm)	734.480	22.518	164.558	3.93	278.6	3.0
X2 Altura de mazorca (cm)	671.003	45.827	111.664	4.26	171.0	4.5
X3 Alt. de planta/alt. de mazorca	0.012	0.003	0.005	1.46	1.7	4.0
X4 Hojas arriba de la mazorca	0.068	0.342	0.193	0.13	4.6	5.4
X5 Hojas abajo de la mazorca	0.917	3.294	0.249	0.26	9.6	3.0
X6 Número de hojas totales	1.330	2.170	0.526	0.49	14.1	2.8
X7 Altura de planta/hojas totales	0.894	3.494	1.078	0.20	20.0	3.5
II. Caracteres agronómicos						
X8 Días a la emisión de polen	52.830	27.498	7.856	1.49	98.1	0.8
X9 Días a la exposición de estigmas	53.888	17.839	9.121	2.00	103.7	0.8
X10 Asincronía floral (días)	1.004	1.144	2.919	0.25	5.6	17.3
X11 Número de hijuelos	2.652	18.954	18.998	0.07	12.3	61.2
X12 Acame de raíz (%)	17.048	333.161	133.259	0.04	21.5	26.5
X13 Acame de tallo (%)	5.496	10.676	23.017	0.16	10.4	38.3
X14 Fecundidad (%)	4.456	24.626	29.475	0.08	84.4	10.2
X15 Cuateo	0.00669	0.00927	0.00900	0.36	0.8	20.5
X16 Proporción de olote en la mazorca (%)	6.454	0.841	3.232	1.58	11.7	11.9
X17 Rendimiento de grano (kg ha^{-1})	521232.604	1428726.307	839480.144	0.23	4837.1	15.2
X18 Calificación de planta	0.034	0.013	0.127	0.25	6.7	6.5
X19 Calificación de *Puccinia spp.*	0.297	0.212	0.379	0.50	3.3	23.4
X20 Calificación de *Cercospora zeae-maydis*	0.391	0.165	0.655	0.48	3.9	20.8
X21 Calificación de *Curvularia spp.*	0.082	3.275	0.291	0.02	4.4	19.8
X22 Calificación de *Helminthosporium maydis*	0.086	2.802	0.274	0.02	4.3	18.9
X23 Calificación de *Phyllachora maydis*	0.076	0.629	0.415	0.07	1.8	37.8
III. Caracteres de la panícula						
X24 Número de ramas de la panícula	4.318	0.496	2.271	1.56	7.6	14.7
X25 Longitud de la panícula (cm)	5.273	5.259	10.741	0.33	69.8	3.4
X26 Longitud de la rama central (cm)	2.039	3.113	6.366	0.22	32.7	6.4
X27 Long. rama central/long. de panícula	0.00015	0.00010	0.00060	0.21	0.5	5.5
X28 Longitud de la parte ramificada (cm)	2.629	0.212	1.677	1.39	8.0	15.0
X29 Long. parte ramificada/ long. de panícula	0.00064	0.00009	0.00038	1.38	0.1	15.1
X30 Longitud de pedúnculo (cm)	2.943	1.281	4.074	0.55	29.0	6.9
X31 Long. de pedúnculo/long. de panícula	0.00025	0.00005	0.00045	0.50	0.4	5.8
X32 Longitud del internudo rama central (cm)	0.00113	0.13778	0.00408	0.01	1.2	4.7
X33 Longitud del internudo rama lateral (cm)	0.00100	0.05264	0.00308	0.02	1.1	6.0
IV. Caracteres de la mazorca y grano						
X34 Número de hileras	1.835	0.025	0.396	4.35	14.8	4.3
X35 Número de granos por hileras	2.695	0.613	3.076	0.73	30.1	6.7
X36 Longitud de la mazorca (cm)	0.828	0.251	0.663	0.91	14.9	5.0
X37 Diámetro de la mazorca (cm)	0.115	0.015	0.031	2.46	4.8	5.2
X38 Diámetro/longitud de mazorca (cm)	0.00047	0.0038	0.0002	0.12	0.3	6.7
X39 Mazorcas podridas (%)	2.452	58.313	26.587	0.03	10.1	38.1
X40 Calificación de mazorca	0.143	0.193	0.299	0.29	6.8	8.4
X41 Forma de mazorca (calif.)	0.02942	0.00024	0.06413	0.46	2.2	6.0
X42 Grosor de grano (cm)	0.00074	0.00006	0.00028	2.37	0.5	4.4
X43 Ancho de grano (cm)	0.00846	0.00016	0.00093	7.78	0.9	3.2
X44 Grosor/ancho de grano	0.00100	0.00001	0.00050	1.95	0.6	5.0
X45 Longitud de grano (cm)	0.01769	0.00041	0.00375	4.22	1.6	2.4
X46 Grosor/longitud de grano	0.00055	0.00002	0.00030	1.87	0.3	5.1
X47 Ancho/longitud de grano	0.00350	0.00009	0.00075	4.08	0.5	3.9
X48 Volumen de grano (LXAXG) (cm^3)	0.01665	0.00058	0.00215	6.15	0.64	6.4
X49 Peso de 100 granos (g)	47.313	12.732	10.328	2.05	37.5	6.0
X50 Volumen de 100 granos (cm^3)	0.01420	0.00195	0.01805	3.78	0.57	4.8
X51 Peso/volumen de grano	6.645	23.088	16.324	0.17	0.58	7.7
X52 Forma del grano (calif.)	0.223	0.098	0.990	0.21	3.1	6.1
X53 Textura de grano (calif.)	0.397	0.166	0.285	0.88	3.7	9.5
X54 Color de grano (calif.)	1.174	0.002	0.163	7.08	2.6	7.5
X55 Color de olote (calif.)	0.025	0.002	0.027	0.85	1.1	19.7
X56 Diámetro de olote (mm)	0.00180	0.00528	0.0078	0.14	22.4	4.8
X57 Diám. de olote/diám. de mazorca	0.00004	0.00003	0.0004	0.09	0.5	5.9
X58 Diámetro de raquis (mm)	0.00057	0.00757	0.0050	0.04	12.3	6.6
X59 Diámetro de médula (mm)	0.00041	0.00440	0.0002	0.09	5.8	9.4

Cuadro 3. Variables de mayor relevancia con base en la relación $r = [\sigma_c^2 / (\sigma_{ac}^2 + \sigma_a^2)]$ para 104 colectas de maíz de la raza Chalqueño. Poxtla 1996 y Poxtla 1997, Tlapala 1997 y Tecámac 1996.

Variable	r	1†	2	3	4	5
I. Caracteres vegetativos de la planta						
X1 Altura de planta	3.926	3.8	0.2	2.0	-	3.0
X2 Altura de mazorca	4.261	2.8	0.8	3.9	-	4.9
II. Caracteres agronómicos						
X9 Días a la exposición de estigmas	2.000	6.0	-	0.7	-	0.4
X16 Proporción de olote en la mazorca	1.584	16.6	-	-	-	-
III. Caracteres de la panícula						
X24 Número de ramas de la panícula	1.560	56.7¶	1.2	6.5	2.0	-
IV. Caracteres de la mazorca y grano						
X34 Número de hileras	4.351	50.1	5.8	11.8	9.9	-
X37 Diámetro de la mazorca	2.455	4.0	4.4	1.3	0.9	-
X42 Grosor de grano	2.374	-	3.2	5.5	0.8	-
X43 Ancho de grano	7.781	-	3.3	21.4	2.1	-
X44 Grosor/ancho de grano	1.949	-	2.7	6.0	-	-
X45 Longitud de grano	4.221	7.9	3.8	2.2	0.6	-
X46 Grosor/longitud de grano	1.872	-	4.9	2.1	-	-
X47 Ancho/longitud de grano	4.084	-	2.8	13.1	-	-
X48 Volumen de grano (LXAXG)	6.151	-	2.2	5.8	-	-
X49 Peso de 100 granos	2.052	-	-	3.1	-	-
X50 Volumen de 100 granos	3.778	-	-	4.7	-	-
X54 Color de grano	7.083	-	-	-	-	-

† Silva (1992), [2]Goodman y Paterniani (1969), [3]Sánchez *et al.* (1993), [4]Ortíz (1985), [5]Sánchez (1983).

¶ tipo de ramificación en la espiga: 1=sencilla, 2=regular, 3=abundante.

Con base en los valores de repetibilidad "r", en el Cuadro 3 se presenta una lista de los caracteres que serían más apropiados para clasificación racial en el nivel de diversidad de este estudio. Además, se agregan otras columnas para determinaciones semejantes publicadas por otros autores. Se observa que en general las variables que permiten detectar diferencias entre accesiones de maíz son en su mayoría caracteres morfológicos de las estructuras reproductivas femeninas. Lo que indica, que su expresión es considerablemente menos afectada por factores ambientales y los efectos de la interacción con el ambiente también son bajos; esto corrobora los criterios recomendados para clasificación racial en maíz propuestos desde los estudios de Anderson y Cutler (1942) y de Goodman y Paterniani (1969).

Al comparar los valores de repetibilidad "r" (Cuadro 3), los caracteres vegetativos de alturas de planta (X1) y mazorca (X2) son muy similares a los obtenidos por Silva (1992), Sánchez *et al.* (1993) y Sánchez (1983); siendo la altura de mazorca (X2), la variable que presenta mayor consistencia. El carácter agronómico número de días a la exposición de estigmas (X9), sólo mostró consistencia con respecto a los valores obtenidos por Silva (1992); ya que Sánchez *et al.* (1993) determinaron valores de r = 2.4 sólo cuando los días se transformaron a unidades térmicas a la floración femenina, pero cuan-

do se midió en días el valor obtenido fue de r = 0.7. El valor de r en proporción de olote en la mazorca (X16) también fue consistente con los obtenidos por Silva (1992). El comportamiento de las dos características agronómicas quizás sea ocasionado por el tipo de diversidad genética que evaluaron los estudios de Silva (1992) y Herrera (1999) sobre una sola raza principalmente, Cónico y Chalqueño, respectivamente, así como la caracterización en ambientes de la región de origen, mientras que Sánchez *et al.* (1993) evaluaron en ambientes más contrastantes.

El carácter de la panícula número de ramas de la panícula (X24), mostró su importancia en prácticamente todos los estudios que la reportan, siendo de mayor relevancia en el que se evaluó mayor diversidad (Sánchez *et al.*, 1993), a excepción del estudio de Silva (1992), quien informa un valor de repetibilidad alto, quizás, porque evaluó cualitativamente a través de una escala sin cuantificar el número de ramas de la panícula.

Para caracteres de la mazorca, las nueve variables (X34, X37, X42, X43, X44, X45, X46, X47 y X48) que se midieron tanto en este estudio como en el de Goodman y Paterniani (1969) se observa una "r" promedio de 3.92 y 3.67, respectivamente; sobre esas mismas variables, el estudio de Sánchez *et al.* (1993) da una "r" promedio de 7.68, posiblemente como resultado de la mayor amplitud de diversidad evaluada; tal promedio está fuertemente influenciado por valores altos de r para número de hileras, ancho de grano y ancho/longitud de grano. Silva (1992) y Ortíz (1985) dan en algunas de estas variables un valor de repetibilidad relevante, que refuerza aún más la importancia de estas características. Para los caracteres peso (X49) y volumen de 100 granos (X50) se observa similar consistencia en los valores de este estudio y el de Sánchez *et al.* (1993). La variable color de grano (X54), evaluada cualitativamente (blanco = 1, crema = 2, amarillo = 3, pintos = 3.5, azul = 4, negro = 5 rojo = 6) sólo es reportada en este trabajo, con repetibilidad favorable.

Acorde con lo anterior, la mayoría de los caracteres seleccionados en este estudio corresponden a caracteres reproductivos de la mazorca y panícula. Sin embargo, existen caracteres vegetativos que pueden ser útiles para una mejor clasificación racial (Sánchez, 1983; Sánchez *et al.*, 1993; Silva, 1992). Por ello es importante identificar los caracteres más estables de la mazorca, panícula y vegetativos, y asegurar una mejor valoración de la morfología externa de la planta de maíz, que permita una mejor aplicación del concepto de raza y clasificación natural dados por Anderson y colaboradores (Anderson, 1944; 1946; Anderson y Cutler, 1942; Kelly y Anderson, 1943).

La comparación de valores de la relación "r" de este estudio con estudios previos (Goodman y Paterniani, 1969; Sánchez, 1983; Ortíz, 1985; Silva, 1992; Sánchez *et al.*, 1993) indican algunas diferencias (Cuadro 3). Estas diferencias podrían explicarse debido principalmente por el grado de amplitud diferencial de la diversidad genética caracterizada y por el muestreo de los ambientes; sin embargo, es conveniente hacer notar que para la caracterización de poblaciones provenientes de una región de poca amplitud geográfica en que los maíces corresponden a una raza preponderantemente, en este estudio Chalqueño, o variantes de un complejo racial (piramidal del altiplano central mexicano) los valores de repetibilidad (r) tienden a ser de menor magnitud con relación a comparaciones de diversidad racial, por lo que el criterio de decisión tendría que ser también ajustado proporcionalmente.

do se midió en días el valor obtenido fue de r = 0.7. El valor de r en proporción de olote en la mazorca (X16) también fue consistente con los obtenidos por Silva (1992). El comportamiento de las dos características agronómicas quizás sea ocasionado por el tipo de diversidad genética que evaluaron los estudios de Silva (1992) y Herrera (1999) sobre una sola raza principalmente, Cónico y Chalqueño, respectivamente, así como la caracterización en ambientes de la región de origen, mientras que Sánchez *et al.* (1993) evaluaron en ambientes más contrastantes.

El carácter de la panícula número de ramas de la panícula (X24), mostró su importancia en prácticamente todos los estudios que la reportan, siendo de mayor relevancia en el que se evaluó mayor diversidad (Sánchez *et al.*, 1993), a excepción del estudio de Silva (1992), quien informa un valor de repetibilidad alto, quizás, porque evaluó cualitativamente a través de una escala sin cuantificar el número de ramas de la panícula.

Para caracteres de la mazorca, las nueve variables (X34, X37, X42, X43, X44, X45, X46, X47 y X48) que se midieron tanto en este estudio como en el de Goodman y Paterniani (1969) se observa una "r" promedio de 3.92 y 3.67, respectivamente; sobre esas mismas variables, el estudio de Sánchez *et al.* (1993) da una "r" promedio de 7.68, posiblemente como resultado de la mayor amplitud de diversidad evaluada; tal promedio está fuertemente influenciado por valores altos de r para número de hileras, ancho de grano y ancho/longitud de grano. Silva (1992) y Ortíz (1985) dan en algunas de estas variables un valor de repetibilidad relevante, que refuerza aún más la importancia de estas características. Para los caracteres peso (X49) y volumen de 100 granos (X50) se observa similar consistencia en los valores de este estudio y el de Sánchez *et al.* (1993). La variable color de grano (X54), evaluada cualitativamente (blanco = 1, crema = 2, amarillo = 3, pintos = 3.5, azul = 4, negro = 5 rojo = 6) sólo es reportada en este trabajo, con repetibilidad favorable.

Acorde con lo anterior, la mayoría de los caracteres seleccionados en este estudio corresponden a caracteres reproductivos de la mazorca y panícula. Sin embargo, existen caracteres vegetativos que pueden ser útiles para una mejor clasificación racial (Sánchez, 1983; Sánchez *et al.*, 1993; Silva, 1992). Por ello es importante identificar los caracteres más estables de la mazorca, panícula y vegetativos, y asegurar una mejor valoración de la morfología externa de la planta de maíz, que permita una mejor aplicación del concepto de raza y clasificación natural dados por Anderson y colaboradores (Anderson, 1944; 1946; Anderson y Cutler, 1942; Kelly y Anderson, 1943).

La comparación de valores de la relación "r" de este estudio con estudios previos (Goodman y Paterniani, 1969; Sánchez, 1983; Ortíz, 1985; Silva, 1992; Sánchez *et al.*, 1993) indican algunas diferencias (Cuadro 3). Estas diferencias podrían explicarse debido principalmente por el grado de amplitud diferencial de la diversidad genética caracterizada y por el muestreo de los ambientes; sin embargo, es conveniente hacer notar que para la caracterización de poblaciones provenientes de una región de poca amplitud geográfica en que los maíces corresponden a una raza preponderantemente, en este estudio Chalqueño, o variantes de un complejo racial (piramidal del altiplano central mexicano) los valores de repetibilidad (r) tienden a ser de menor magnitud con relación a comparaciones de diversidad racial, por lo que el criterio de decisión tendría que ser también ajustado proporcionalmente.



1 Ancho
2 Cacahuacintle
3 Ancho-Chalqueño
4 Palomo
5 Elotes chalqueños
6 Chalqueño
7 Chalqueño-Cónico
8 Cónico
9 Cónico Norteño
10 Palomero Toluqueño
11 Mushito
12 Chalqueño-Arrocillo

Figura 1. Distribución y relaciones de colectas de la raza Chalqueño y colectas típicas de otras razas del Altiplano Mexicano.

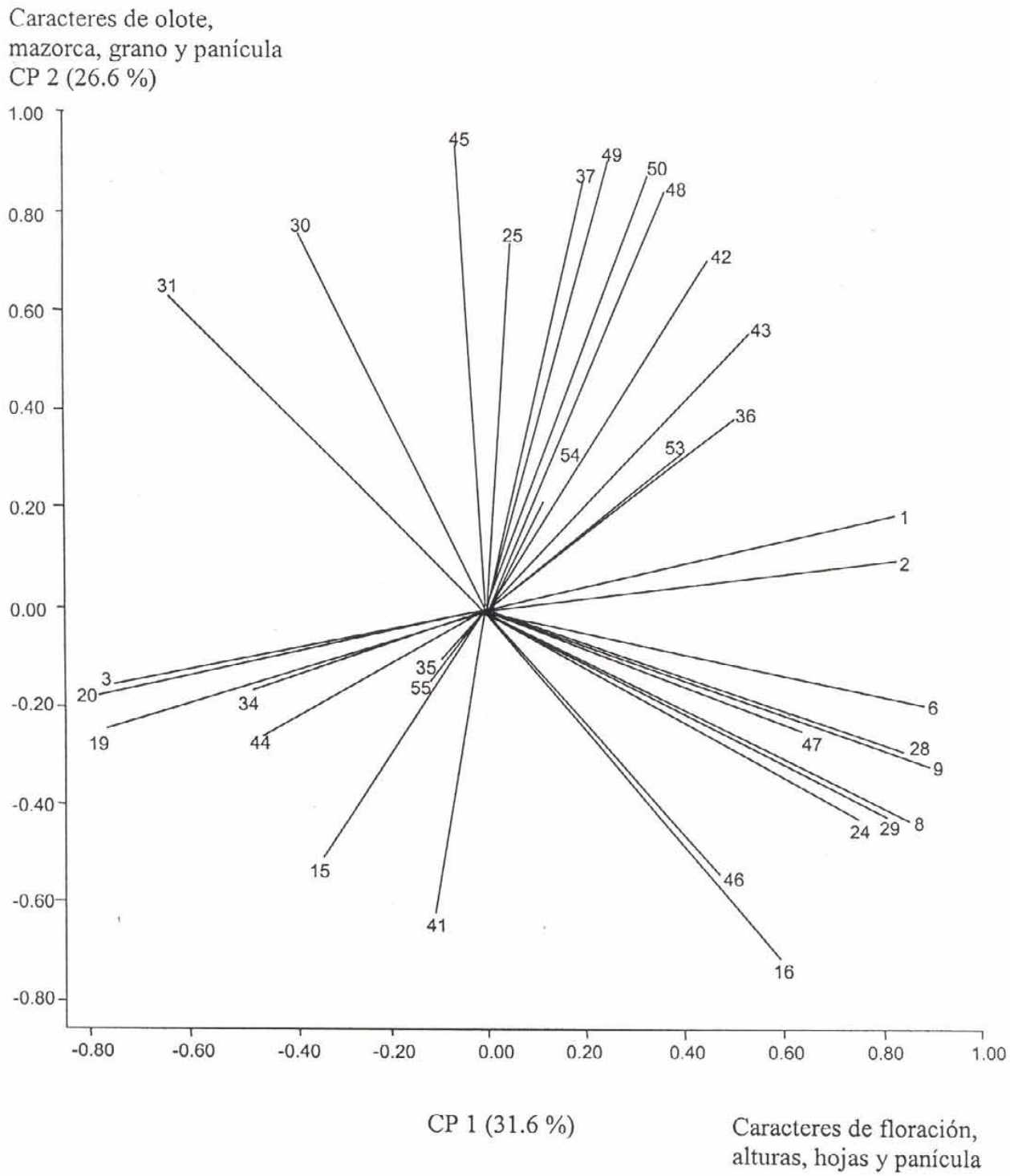
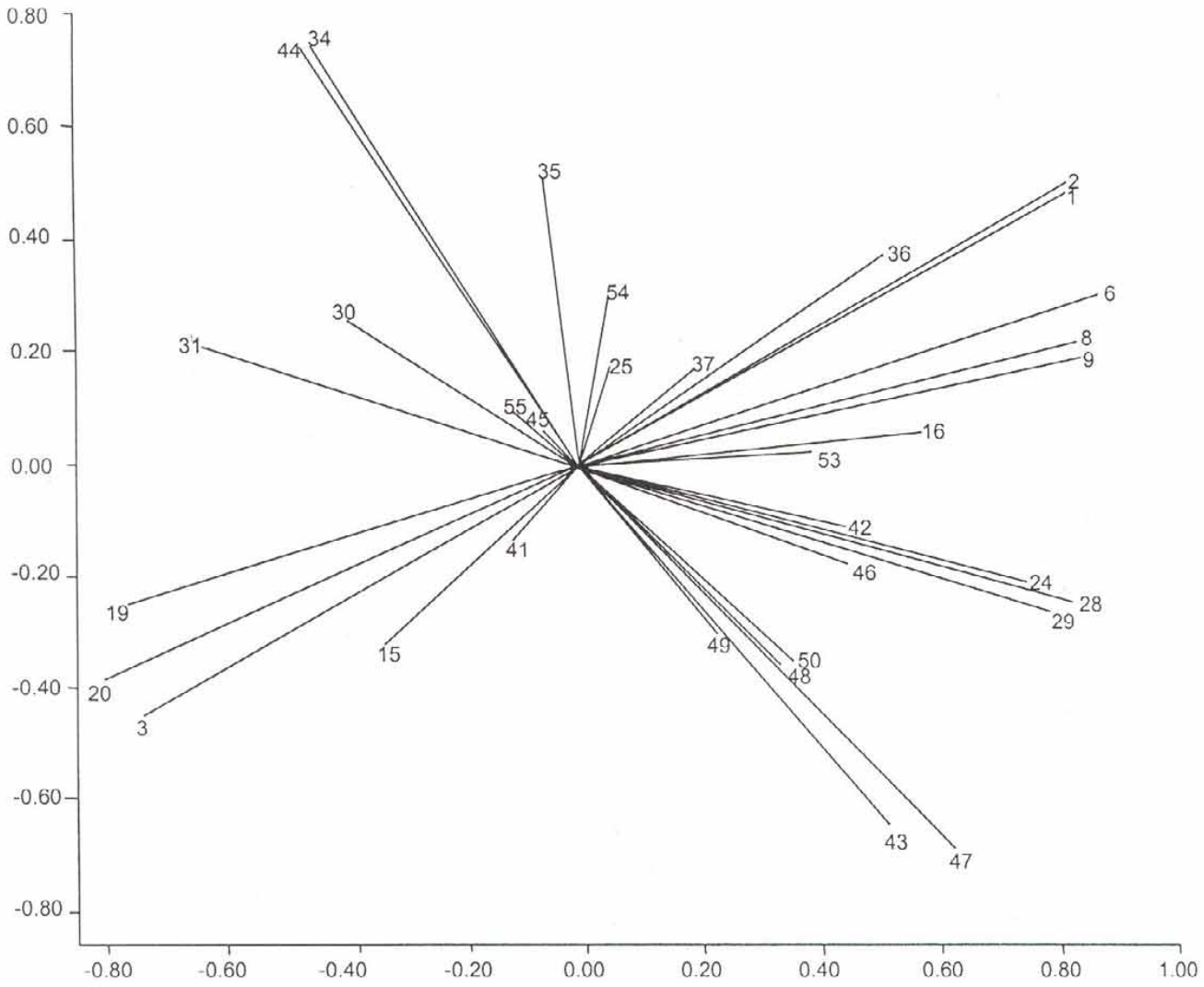


Figura 2. Primero y segundo componentes principales obtenidos a partir de datos morfológicos de 104 colectas de maíz de la raza Chalqueño. Los vectores representan las correlaciones de las variables originales (ver Cuadro 4) y los componentes principales correspondientes. Poxtla 1996 y Poxtla 1997, Tlapala 1997 y Tecámac, Edo. de México, 1996.

Caracteres de mazorca,
grano y alturas
CP 3 (12.2 %)



CP 1 (31.6 %)

Caracteres de floración,
alturas, hojas y panícula

Figura 3. Primero y tercer componentes principales obtenidos a partir de datos morfológicos de 104 colectas de maíz de la raza Chalqueño. Los vectores representan las correlaciones de las variables originales (ver Cuadro 4) y los componentes principales correspondientes. Poxtla 1996 y Poxtla 1997, Tlapala 1997 y Tecámac, Edo. de México. 1996.

Cuadro 4. Valores propios, vectores propios y la proporción acumulativa de la variación explicada por cada variable original en las primeras tres dimensiones del análisis de componentes principales en la caracterización de 104 colectas nativas de maíz de la raza Chalqueño. Poxtla 1996 y Poxtla 1997, Tlapala 1997 y Tecámac 1996, Edo de México.

Comp. Princ.	Valor propio	Proporción de la varianza	Variable	Vector propio			Prop. acum. de determinación.		
				1°	2°	3°	CP1	CP2	CP3
			I. Caracteres vegetativos de la planta						
1	10.455	0.316	X1 Altura de planta	0.252	0.066	0.235	0.662	0.700	0.923
2	8.780	0.266	X2 Altura de mazorca	0.253	0.035	0.239	0.669	0.679	0.910
3	4.016	0.122	X3 Alt. de planta/alt. de mazorca	-0.224	-0.052	-0.213	0.525	0.549	0.731
4	2.031	0.061	X6 Número de hojas totales	0.272	-0.065	0.148	0.772	0.809	0.900
			II. Caracteres agronómicos						
5	1.494	0.045	X8 Días a la emisión de polen	0.262	-0.142	0.095	0.717	0.893	0.930
6	1.270	0.038	X9 Días a la exposición de estigmas	0.274	-0.106	0.108	0.783	0.883	0.930
7	0.986	0.029	X15 Cuateo	-0.101	-0.168	-0.151	0.106	0.354	0.446
8	0.803	0.024	X16 Proporción de olote en la mazorca	0.182	-0.220	0.033	0.345	0.769	0.774
9	0.642	0.019	X19 Calificación de *Puccinia spp.*	-0.234	-0.086	-0.118	0.573	0.637	0.693
10	0.501	0.015	X20 Calificación de *Cercospora zeae-maydis*	-0.242	-0.062	-0.177	0.609	0.643	0.769
			III. Caracteres de la panícula						
11	0.430	0.013	X24 Número de ramas de la panícula	0.230	-0.140	-0.097	0.552	0.723	0.760
12	0.278	0.008	X25 Longitud de la panícula	0.017	0.251	0.090	0.002	0.554	0.587
13	0.256	0.007	X28 Longitud de la parte ramificada	0.256	-0.095	-0.119	0.687	0.765	0.823
14	0.207	0.006	X29 Long. parte ramificada/long. panícula	0.245	-0.140	-0.121	0.628	0.800	0.859
15	0.160	0.005	X30 Longitud de pedúnculo	-0.116	0.255	0.123	0.139	0.709	0.771
16	0.147	0.004	X31 Long. de pedúnculo/long. de panícula	-0.196	0.168	0.103	0.399	0.648	0.691
			IV. Caracteres de la mazorca y grano						
17	0.124	0.003	X34 Número de hileras	-0.141	-0.055	0.357	0.207	0.234	0.744
18	0.098	0.002	X35 Número de granos por hileras	-0.016	-0.022	0.246	0.002	0.006	0.251
19	0.076	0.002	X36 Longitud de la mazorca	0.157	0.132	0.183	0.259	0.412	0.547
20	0.056	0.002	X37 Diámetro de la mazorca	0.062	0.290	0.088	0.040	0.780	0.811
21	0.053	0.002	X41 Forma de mazorca	-0.031	-0.205	-0.058	0.010	0.380	0.394
22	0.043	0.001	X42 Grosor de grano	0.137	0.244	-0.050	0.196	0.717	0.728
23	0.031	0.001	X43 Ancho de grano	0.165	0.187	-0.305	0.283	0.789	0.963
24	0.020	0.001	X44 Grosor/ancho de grano	-0.136	-0.089	0.358	0.194	0.263	0.779
25	0.009	0.000	X45 Longitud de grano	-0.017	0.313	0.029	0.003	0.864	0.868
26	0.007	0.000	X46 Grosor/longitud de grano	0.144	-0.180	-0.066	0.218	0.502	0.519
27	0.005	0.000	X47 Ancho/longitud de grano	0.193	-0.081	-0.314	0.389	0.446	0.848
28	0.003	0.000	X48 Volumen de grano (LXAXG)	0.112	0.286	-0.177	0.131	0.850	0.976
29	0.002	0.000	X49 Peso de 100 granos	0.076	0.308	-0.130	0.061	0.892	0.960
30	0.001	0.000	X50 Volumen de 100 granos	0.103	0.294	-0.161	0.110	0.867	0.970
31	0.001	0.000	X53 Textura de grano	0.123	0.107	0.016	0.157	0.257	0.258
32	0.000	0.000	X54 Color de grano	0.017	0.031	0.143	0.003	0.011	0.094
33	0.000	0.000	X55 Color de olote	-0.033	-0.050	0.055	0.011	0.033	0.046

Caracteres vegetativos y agronómicos

Altura de planta (X1), altura de mazorca (X2), días a la exposición de estigmas (X9) y proporción de olote en la mazorca (X16) tienen valores de la relación "r" superiores a 1.5, que van desde 1.58 a 4.26; además, las anteriores más número de hojas totales (X6) y días a la emisión de polen (X8) presentan la mayor longitud de vectores y valores acumulados de determinación en las primeras tres componentes principales superiores a 0.90 a excepción de proporción de olote en la mazorca (0.774). Sin considerar a X16, las anteriores variables representan un sistema altamente correlacionado para cierto grupo de características, por lo que no todas serían indispensables. Es decir: días a la exposición de estigmas (X9), altura de mazorca (X2) y proporción de olote en la mazorca (X16) con los valores más altos de los estimados, pudieran considerarse como recomendables. Puesto que altura de planta y altura de mazorca, de manera similar que días a floración masculina y días a floración femenina, son caracteres correlacionados, con el registro de una de las alturas y una de las fechas de floración se puede explicar la variación en cada par de atributos; además, altura de mazorca es más fácilmente medida con relación a la altura total.

Caracteres de la panícula

Número de ramas de la panícula (X24) fue la que presentó el mayor valor de "r", que junto con la longitud de la parte ramificada (X28), longitud de la parte ramificada/longitud de la panícula (X29) y la longitud del pedúnculo (X30) presentan las mayores longitudes de vectores en las primeras dos dimensiones determinados por los componentes principales, y aún mayores valores de determinación en los tres primeros componentes principales (≥ 0.760). Sin embargo, X24, X28 y X29 representan un grupo correlacionado y X30 aunque parece ser independiente de aquel sistema tiene un valor muy bajo de "r". En estos términos, número de ramas de la panícula (X24) pudiera considerarse como el carácter de mayor relevancia y fácilmente medible en el campo; sin embargo, longitud de la parte ramificada y longitud de panícula pudieran ser útiles en caso de poder registrarse, en función de contar con recursos.

Caracteres de grano y mazorca

Los caracteres de grano; ancho de grano (X43), longitud de grano (X45), ancho/longitud de grano (X47), volumen de grano (X48), peso de 100 granos (X49), volumen de 100 granos (X50) y color de grano (X54), tuvieron los valores más altos de repetibilidad (r) que van desde 3.77 hasta 7.78 (Cuadros 2 y 3), a excepción de X49, y valores superiores a 0.85 en los coeficientes de determinación acumulada sobre los dos primeros componentes principales, sin considerar a X43, X47 y X54. Aun más, todas estas variables presentan la mayor longitud de vectores y valores acumulados de determinación en los tres primeros componentes principales superiores a 0.84. De estos caracteres, X48, X49 y X50 representan un sistema altamente correlacionado; sin embargo, la que presenta el mayor valor de "r" y mayor determinación sobre las primeras tres dimensiones es volumen de grano (X48). Con base en lo anterior, los caracteres de grano que pudieran considerarse de mayor utilidad son; longitud de grano (X45), volumen de grano (X48), ancho de grano (X43), ancho/longitud de grano (X47) y color de grano (X54).

Los caracteres de mazorca: diámetro de la mazorca (X37) y número de hileras (X34) fueron los que presentaron los mayores valores de repetibilidad (r), superiores a 2.4, y coeficientes de determinación acumulada sobre los tres primeros componentes princi-

pales superiores a 0.74. Por lo anterior, los dos caracteres pudieran considerarse como recomendables.

De los caracteres morfológicos cuantitativos identificados como recomendables tanto dentro (este estudio) como entre razas (Sánchez *et al.*, 1993), deben identificarse a ancho de grano (X43) y ancho/longitud de grano (X47), por coincidir dentro de los seleccionados. Sin embargo, los valores de "r" dentro de una raza a pesar de ser los más altos, apenas son de 7.7 y 4.0, respectivamente, mientras que en los estudios entre razas fue de 21.4 y 13.1, según corresponde. Se observó que la variable longitud de la parte ramificada de la panícula/longitud de panícula (X29) fue una variable que también sobresale en los dos estudios, aunque el grado de relevancia entre poblaciones es menor. Lo anterior parece indicar, que el grado de amplitud diferencial de la diversidad genética a evaluar por cada grupo de caracteres es diferente, y es en las variables de ancho de grano (X43) y ancho/longitud de grano (X47) que coinciden, guardando sus proporciones.

De las nueve variables que para valorar la diversidad entre razas recomiendan Sánchez *et al.* (1993), cuatro de ellas: longitud de entrenudos de la rama central, diámetro de médula, diámetro/longitud de mazorca y altura de planta/número de hojas totales, tuvieron baja repetibilidad al evaluar la diversidad entre poblaciones del oriente del estado de México, lo que parece indicar que tales atributos son útiles para diferenciar entre razas, pero no lo son para reconocer variación entre poblaciones dentro de una raza. Para altura de planta/número de hojas totales, sólo se evaluaron las hojas presentes a la floración, y no el número de hojas totales, lo que pudo ocasionar sesgos en el valor y ello explique el porqué "r" fue menor que 1.5. Por otro lado, al comparar este estudio y el de Silva (1992) existe la similitud en siete de las variables seleccionadas (X2, X9, X16, X24, X34, X37, X45), debido a que se trata de estudios más semejantes.

La comparación de valores de la relación "r" de este estudio con estudios previos indican algunas diferencias. Éstas podrían explicarse debido principalmente por el grado de amplitud diferencial de la diversidad genética caracterizada y por el muestreo de los ambientes. En el caso de las diferencias en material genético; en este estudio se evaluaron 104 colectas de maíz básicamente de la raza Chalqueño de los Valles Altos de México, el cual tendría semejanza con el estudio de Silva (1992), ya que evaluó 156 colectas de Cónico como raza primaria o secundaria de las partes altas de México. En contraste, el trabajo de Goodman y Paterniani (1969) estuvo basado en 55 razas y subrazas de maíz pertenecientes a dos grupos raciales el Cristal-Cateto y el Brasileño Dentado de Sudamérica, y en el caso de Sánchez *et al.* (1993) estudiaron 193 colectas que representaban 74 razas con mayor representatibidad de los grupos raciales de México. Ortíz (1985) estudió 96 variedades representativas de 12 razas de las tierras altas de Perú, y Sánchez (1983) caracterizó 30 colectas típicas de razas mexicanas.

Al analizar las diferencias en ambientes; en este estudio se evaluaron cuatro ambientes que representan las condiciones donde el maíz Chalqueño es originario y se cultiva preponderantemente, y se caracterizaron plantas que forman parte de experimentos con cuatro repeticiones dentro de ambiente, por su parte, Silva (1992) se limitó a tres localidades donde se cultiva Cónico con tres repeticiones por localidad. Goodman y Paterniani (1969) sólo evaluaron el material en una localidad durante cuatro años sin repeticiones. Sánchez *et al.* (1993) establecieron el

material experimental en 10 ambientes procurando representar las más importantes condiciones ecológicas para el cultivo de maíz en México y no utilizaron repeticiones dentro de ambiente. Ortíz (1985) condujo su investigación en una localidad por dos años, con dos fechas de siembra y dos repeticiones por siembra. Sánchez (1983) usó tres localidades contrastantes por un año con cuatro repeticiones por localidad.

CONCLUSIONES

Los valores de repetibilidad (r) al considerar la caracterización de poblaciones procedentes de la región oriental del Estado de México, principalmente correspondientes a la raza Chalqueño, fueron de menor magnitud con relación a los estimados en otros estudios en que se caracterizaron diferentes razas de maíz, no obstante los caracteres que permiten diferenciar ambos grados de diversidad genética son semejantes, por lo que el criterio de decisión con relación a la magnitud de r debe ser proporcional.

Los caracteres morfológicos mínimos apropiados para el estudio de la diversidad genética entre poblaciones de maíz nativas del oriente del Estado de México, principalmente de la raza Chalqueño son: días a la exposición de estigmas, altura de mazorca, porciento de olote, número de ramas de la panoja, diámetro de la mazorca, longitud de grano, volumen de grano, ancho de grano, número de hileras, ancho/longitud de grano y color de grano.

Los caracteres agronómicos, vegetativos, de la panícula, de la mazorca y de grano seleccionados, aseguran una descripción razonable de la morfología externa de la planta de maíz y permite a un conjunto de individuos con suficientes características en común su reconocimiento como grupo, según el concepto de raza y clasificación natural (Anderson y Cutler, 1942).

La valoración de las estructuras reproductivas femeninas, mazorca, grano y olote, parece ser el criterio morfológico más importante para la clasificación racial en maíz entre razas y dentro de razas.

La estimación de la repetibilidad (r) que es la relación de componentes de varianza $r_c = [\sigma_c^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_{ca}^2)]$, apoyados en los análisis de la estructura correlacional de la matriz de datos y los análisis de la variabilidad representada por cada variable a través de componentes principales, es un buen criterio para determinar los caracteres apropiados de mayor contribución para clasificación racial dentro y entre razas de maíz.

BIBLIOGRAFÍA

Anderson, E. 1944. Homologies of the ear and tassel in *Zea mays*. Ann. Mo. Bot. Gard. 31:325-343.

Anderson, E. 1946. Maize in México. A preliminary survey. Ann. Mo. Bot. Gard. 33:147-247.

Anderson, E. and H.C. Cutler. 1942. Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification. Ann. Mo. Bot. Gard. 29:69-89.

Benz, B.F. 1986. Taxonomy and evolution of Mexican maize. Unpublished Ph.D. Dissertation, University of Wisconsin, Madison. 433 p.

Castillo G., F. 1993. La variabilidad genética y el mejoramiento genético de los cultivos. *In*: Ciencia. Revista de la Academia de la Investigación Científica. México. No. Especial. pp. 69-79.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1993. Descriptores varietales: Arroz, frijol, maíz y sorgo. Cali, Colombia. Publicación CIAT No. 177. pp. 87-108.

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 1985. Manejo de ensayos e informe

de datos de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT. El Batán, México. 23 p.

Emigh, T.H. and M.M. Goodman. 1985. Multivariate analysis in nematode taxonomy. *In*: An advanced treatise on Meloidogyne. K.R. Barker, C.C. Carter, and J.N. Sasser (eds). North Carolina State University Graphics. Raleigh, N.C. Methodology Vol II:197-204.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ta. Ed. UNAM. Méx. D.F. 217 p.

Goodman, M.M. and W.L. Brown. 1988. Races of corn. *In*: Corn and Corn Improvement. G.F. Sprague and J.W. Dudley (eds.). 3rd ed. ASA. Madison, WS. pp. 33-79.

Goodman, M.M. and E. Paterniani. 1969. The races of maize. III. Choices of appropriate characters for racial classification. Econ. Bot. 23(3):265-273.

Hernández C., J.M. 1994. Estimación de efectos genéticos en poblaciones nativas de maíz sobresalientes en Valles Altos Centrales, Bajío y Trópico. Tesis D.C. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. 190 p.

Herrera C., B.E. 1999. Diversidad genética y valor agronómico entre poblaciones de maíz de la raza Chalqueño. Tesis D.C. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. 141 p.

IBPGR. 1991. Descriptors for maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico city/International Board for Plant Genetic Resources. Roma. 29 p.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. 1996. Híbridos y variedades de maíz liberados por el INIFAP hasta 1996. S.A.G.A.R. I.N.I.FA.P. Toluca, Méx. Publicación Especial 16. 103 p.

Kelly, I. and E. Anderson. 1943. Sweet corn in Jalisco. Ann. Mo. Bot. Gard. 30:405-412.

Marriott F., H.C. 1974. The interpretation of multiple observations. Academic Press inc. London, Ltd. 117 p.

Nava P., F. 1995. Evaluación de variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) sobresalientes de ciclo precoz e intermedio en Valles Altos Centrales de México. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. 103 p.

Ortega P., R., J.J. Sánchez G., F. Castillo G. y 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., y M. Livera M. (eds). Sociedad Mexicana de Fitogenética (SOMEFI). México. pp. 161-185.

Ortíz R., R.O. 1985. Efecto ambiental, interacción genotipo-medio ambiente y heredabilidad de las características morfológicas usadas en la clasificación racial de maíz en la Sierra del Perú. Tesis M.C. Universidad Agraria, La Molina, Perú. 90 p.

Pla E., L. 1986. Análisis multivariado: métodos de componentes principales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. 95 p.

Rawlings, J.O. 1988. Applied Regression Analysis: A Research Tool. Wadsworth & Brooks/Colo Advanced Books & Software. Pacific Grove, California. 553 p.

Sánchez-González, J.J. 1989. Relationships among the Mexican races of maize. Unplublished Ph. D. Dissertation, North Carolina State University, Department of Crop Science. Raleigh, N. C. 187 p.

Sánchez-González, J.J., M.M. Goodman, and O. Rawlings. 1993. Appropiate characters for racial classification in maize. Econ. Bot. 47(1): 44-59.

Sánchez P., P. 1983. Estudio de estabilidad de caracteres y razas de maíz de México. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Chapingo, México. 73 p.

Silva C., E.G. 1992. Estudio agronómico y taxonómico de colecciones de la raza de maíz "Cónico": su colección central y perspectivas de uso en el mejoramiento genético. Tesis M.C.

Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. 116 p.

Wellhausen, E.J., L.M. Roberts y 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. Secretaria de Agricultura y Ganaderia. México, D. F. 237 p.