Rev. Fitotec. Mex. 12:105-119. 1989

APORTACIONES AL ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE MAIZ DE LAS PARTES ALTAS DE MEXICO

Rafael Ortega Paczka[1] y Jesús Sánchez González[2]

RESUMEN

Como parte de un proyecto para el análisis de la diversidad de maíz (*Zea mays* L.) de México, se estudió la variación presente en las partes altas —arriba de 1850 msnm— del centro y norte del país, con el objeto de precisar mejor las razas existentes en estas áreas, las relaciones de similitud entre ellas y sus colectas representativas. En 1975 se inició la inspección de aproximadamente 2000 colectas, de las cuales se eligieron 35 que se consideraron representativas del conjunto; las 35 muestras se sembraron en Chapingo, Méx. en 1978 y se describieron con cierto detalle. Los datos obtenidos se analizaron con técnicas de taxonomía numérica. En general, los resultados confirmaron los obtenidos en estudios previos, tanto a nivel de razas como de complejos (grupos) raciales. Se definieron las colectas más adecuadas para representar a las razas Palomero Toluqueño, Cacahuacintle, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Bolita, Arrocillo Amarillo, Apachito y Palomero de Chihuahua. Las colectas estudiadas de Cristalino de Chihuahua, Gordo y Azul mostraron niveles altos de similitud entre sí, sugieriendo que pueden representar el mismo germoplasma básico y debieran considerarse como una misma raza. En cuanto a grupos raciales, se forma uno integrado por las formas provenientes de la Alta Babícora, otro por Cacahuacintle y Elotes Cónicos y un tercero con el resto.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Zea mays L.; Taxonomía numérica; Razas de maíz; Germoplasma nativo.

[1] Investigador del INIA cuando se realizó la fase de campo de este trabajo; actualmente Profesor-Investigador de la Coordinación de Centros Regionales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. C.P. 56230.

[2] Investigador de la Unidad de Recursos Genéticos del INIFAP. CIFAP- Jalisco. Apartado Postal 6-558. Guadalajara, Jalisco.

SUMMARY

This work was initiated with the purpose of studying the diversity of maize (*Zea mays* L.) in México, in particular, variation of maize populations from high altitude —above 1850 m— of central and north—central México, and to have a better knowledge on maize races and their relationships. In 1975, ears of 2000 collections were observed; 35 of them were considered representative of the whole set, which were planted at Chapingo, Méx. for description in 1978. Numerical taxonomy was used for data analysis. In general, grouping of populations in races and racial complexes (racial groups) agreed with previous studies. Typical collections were defined for the following races: Palomero Toluqueño, Cacahua-cintle, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Bolita, Arrocillo Amarillo, Apachito and Palomero de Chihuahua. Samples of Cristalino de Chihuahua, Gordo and Azul were very closely associated suggesting that they may represent the same basic germplasm. Three racial groups can be defined: one from Alta Babícora, Chih., the second from Cacahuacintle and Elotes Cónicos, and the third group with the remaining races.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Zea mays L.; Numerical taxonomy; Maize races; Native germplasm.

INTRODUCCION

El estudio de los maíces nativos de México tradicionalmente ha ocupado un lugar importante entre las investigaciones que se realizan en el país. Este hecho tiene varias causas, entre las que destacan: a) la gran importancia del cultivo del maíz tanto a nivel nacional como mundial; b) que el maíz muy probablemente fue domesticado en

México, en donde se localiza el teocintle [*Zea mexicana* (Schrader) Kuntze], su pariente silvestre más cercano, y en donde aún existe una enorme diversidad de formas locales sólo comparable tal vez a la registrada en la Región Andina; c) que la producción de este grano básico en el país está basada en las variedades nativas, tanto porque se siembran directamente como porque las variedades mejoradas e híbridos se han derivado casi exclusivamente de ellas; y d) que el maíz ha resultado una planta cómoda para estudiarse merced a ser anual, fácil de cruzarse y cuya metodología de investigación está considerablemente desarrollada en la literatura nacional e internacional.

A partir de 1975 se puso en marcha en el Programa de Maíz del INIA (hoy INIFAP), un proyecto a mediano plazo que tiene como objetivos revisar y afinar la variación de maíz presente en todo el territorio mexicano, pues la monografía de Wellhausen *et al.* (1951) resulta insuficiente y ya claramente superable en virtud de que: a) algunas de las bases teóricas principales, han sido superadas (especialmente las referentes al origen del maíz, el papel del hombre en su evolución bajo domesticación y los procesos que dan origen a las razas); b) se cuenta con más colectas que cuando se realizó el estudio (2000 colectas en 1951, 8000 en 1975 y ahora cerca de 10 000 en el Banco de Germoplasma de Maíz del actual INIFAP) y que varias de ellas no se pueden clasificar adecuadamente dentro de las razas descritas por Wellhausen *et al.* (1951), Hernández y Alanís (1970), o bien ya se podían vislumbrar colectas representativas de las "razas no bien definidas" (Wellhausen *et al.*, 1951); c) varias de las colectas con que se describieron las razas se han perdido en forma total, o han sufrido sensibles desviaciones en su manejo, de tal manera que ya no corresponden a las descripciones de las mismas; y d) se cuenta con nuevos e importantes instrumentos de análisis, especialmente con las técnicas de taxonomía numérica.

El proyecto general, "Reestudio de la variación nativa del maíz en México", ha avanzado más lentamente de lo planeado, y el presente artículo es uno de sus frutos, entre los cuales se pueden anotar también parcialmente las tesis doctorales de Ortega (1985) y Sánchez (1989). El nuevo listado general de las razas mexicanas de maíz y sus colectas representativas aparecerá en las memorias de la "Tercera Reunión sobre Recursos Fitogenéticos de México", evento y publicación promovidos por SOMEFI y el Jardín Botánico de la UNAM. En el proyecto general sobre las razas mexicanas de maíz, participan ahora tanto investigadores del INIFAP, como de la Universidad Autónoma Chapingo y del Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca.

El objetivo central del presente artícu-lo fue revisar las razas de maíz de las partes altas del norte y centro de México, sus colectas representativas, así como las interrelaciones entre dichas razas.

REVISION DE LITERATURA

Los investigadores que han estudiado la variación nativa de maíz de las partes altas de México, han subrayado la enorme riqueza y peculiaridad de las formas ahí presentes (Kuleshov, 1981; Anderson, 1946; Bautista, 1949; Wellhausen *et al.*, 1951; Brandolini, 1970; Goodman, 1972).

Según Kuleshov (1981), quien hizo su estudio en 1930, en el área de la Mesa Central de México tiene lugar la mayor diversidad mundial de características de grano de los grupos dentado y reventador tipo arroz. Dicho autor considera que el tipo vegetativo de la planta de maíz de los Valles Centrales es

endémico de esa área y lo caracteriza por: vainas de las hojas muy pubescentes, hojas caídas, espiga muy poco ramificada, sistema radicular superficial y pobre, con indicios de adaptación a bajas temperaturas pero no heladas y con la transpiración más eficiente de las variedades probadas.

Brandolini (1970) sostiene que en México se localizan tres centros de diversidad de maíz: 1) el Noroeste que incluye el Suroeste de los E.U.; 2) el centro montañoso; y 3) el sur que incluye a Guatemala.

Goodman (1972), utilizando técnicas de taxonomía numérica, define cuatro grupos de razas mexicanas de maíz, uno de los cuales corresponde a formas de las partes altas montañosas del centro de México, que se caracterizan sobre todo por poseer mazorca de forma cónica y grano con ápice.

Las razas identificadas y su número de colectas representativas para las diferentes partes altas del centro y norte de México son las siguientes:

Wellhausen *et al.* (1951) indican que los maíces nativos de los Valles Altos Centrales pertenecen a las razas Palomero Toluqueño, Arrocillo Amarillo, Cónico y Chalqueño; en las partes altas del norte del país describen a Cónico Norteño; las formas de los Valles Centrales de Oaxaca las ubican dentro de la raza Bolita; indican como razas no bien definidas de las partes altas de México a Mushito en la Sierra Sur de Oaxaca, y a Complejo Serrano en Jalisco; además publican fotografías de mazorcas de Cristalino de Chihuahua. El número de colectas representativas indicadas para cada raza varió considerablemente, alcanzando la cifra de 14 para Cónico Norteño, en el caso de Cacahuacintle se redujo a una y para las razas no bien definidas y la subraza Elotes Cónicos no señalan muestras.

Hernández y Alanís (1970) describen a Apachito, Gordo y Azul como nuevas razas de las partes altas del Noroeste de México en base a siete, seis y una colectas respectivamente; señalan la presencia en estas áreas de Cónico Norteño y Cristalino de Chihuahua, sin indicar colectas representativas.

Ortega (1985) describe a Cristalino y Palomero de Chihuahua, dos razas antes no bien estudiadas del Noroeste del estado de Chihuahua, en base a dos y una colecta respectivamente.

Después de la aparición de la obra de Wellhausen *et al.* (1951), se han presentado los siguientes hechos principales que ameritan el reestudio de las razas de maíz de México y sus muestras representativas:

1) Se han realizado importantes hallazgos arqueológicos (Mangelsdorf y Lister, 1956; Mangelsdorf *et al.*, 1967) y trascendentes descubrimientos citológicos (McClintock *et al.*, 1981; Kato, 1984).

2) Se han efectuado numerosos trabajos de colecta de maíces criollos en áreas no muestreadas con anterioridad o estudiadas deficientemente (Ortega y Angeles, 1978).

3) Se han perdido algunas colectas representativas de varias razas (Ortega y Angeles, 1978).

4) Se han descrito nuevas razas (Hernández y Alanís, 1970; Ortega, 1985; Benz, 1986; Sánchez, 1989).

5) Se ha estudiado la variación mexicana de maíz con ayuda de técnicas de taxonomía numérica (Goodman, 1972; Cervantes, 1976; Hernández, 1986).

MATERIALES Y METODOS

Colectas Usadas en el Estudio

En 1975 y 1976 se observaron mazorcas de aproximadamente 2000 colectas de maíces nativos procedentes de lugares del centro y norte de la República con una altitud superior a los 1850 msnm y de ahí se eligieron 94 como tentativamente representativas de las razas de maíz de esas regiones. Se tuvo especial cuidado en incluir a las muestras usadas por Wellhausen *et al.* (1951) y Hernández y Alanís (1970) para describir las razas del área de estudio.

Las 94 colectas elegidas se sembraron y observaron en 1977 en Chapingo, Méx., en el entonces Campo Agrícola Experimental del Valle de México (CAEVAMEX), con el objeto de estudiarlas en un ambiente uniforme, discriminar algunas de ellas y detectar visualmente por lo menos tres colectas representativas de cada raza. En algunos casos el objetivo no se logró plenamente, habiéndose identificado tan solo una o dos colectas por raza. Los trabajos se continuaron con un total de 35 colectas, cuyos datos de pasaporte se presentan en el Cuadro 1. Es necesario aclarar que se procuró que las muestras elegidas de cada raza discreparan en caracteres secundarios, con el objeto de evitar la inclusión de duplicados y tener ilustrada la variación intraracial.

Técnicas de Descripción de las Colectas

La descripción de las colectas bajo estudio se realizó en 1978 bajo condiciones de riego en el CAEVAMEX. De cada una de las 35 colectas elegidas se sembraron 10 surcos de 10 m de largo y 92 cm de ancho, con plantas cada 20 cm; de dicha parcela, cuatro surcos se destinaron al estudio y el resto a aumento de semilla. En los cuatro surcos se etiquetaron al azar 25 plantas que tuvieran competencia completa; aquellas plantas que no presentaron daños severos por plagas o enfermedades se les determinaron los 23 caracteres indicados en el Cuadro 2. El número de plantas medidas por colecta varió de 11, en Zac. 4, a 23 en Pue. 510 y Qro. 90, con un promedio de 18.4.

El cultivo se condujo conforme las recomendaciones técnicas para la región en aquellos años: se sembró bajo riego el 20 de abril; a la siembra se aplicó la dosis de 60-40-0 y a la primera escarda se adicionó el equivalente a 60 kg de N; se dieron tres riegos de auxilio; las malezas se combatieron mediante la aplicación preemergente de 750 g de Gesaprim disueltos en 300 litros de agua; la cosecha se realizó conforme las colectas llegaban a plena madurez.

Análisis por Taxonomía Numérica

La similitud entre colectas se estimó en base al complemento del coeficiente de correlación y a distancia euclidiana promedio o distancia taxonómica descritas por Sneath y Sokal (1973) y Cervantes (1976).

El análisis de similitud (disimilitud) se aplicó después de haber estandarizado las variables o caracteres del Cuadro 2, comparando vectores hilera correspondientes a pares de colectas de una matriz de datos 35 x 23.

Como medidas de similitud se usaron:

a) Distancia euclidiana promedio, **md**.

$$\mathbf{md}_{ij} = [\ \Sigma\ (X_{ik} - X_{jk})^2 / n\ ]^{1/2}$$

Cuadro 1. Información de pasaporte de las colectas usadas en el estudio.

Colecta[1]	Raza propuesta	Clasificó[2]	Lugar de colecta: Altitud (msnm)	Lat. (°)	Long. (°)	Grano: Text.[3]	Color[4]
Chih. 207	Apachito	H	2510	26	107	SC	RO
Chih. 160	Gordo	H	2040	28	107	HA	BL
Chih. 214	Gordo	H	2040	28	107	HA	BL
Chih. 147	Azul	O	2140	29	107	HA	MO
Chih. 128	Cristalino de Chihuahua	O	2095	29	108	SC	AM
Chih. 129	Cristalino de Chihuahua	O	2095	29	108	SC	BL
Chih. 154	Cristalino de Chihuahua	O	2140	29	107	SC	BL
Chih. 254	Cristalino de Chihuahua	O	1900	28	107	SC	AM
Chih. 135	Palomero de Chihuahua	O	2095	29	108	RE	BL
Méx. 5	Palomero Toluqueño	W	2640	19	99	RE	BL
Méx. 6	Palomero Toluqueño	W	----	--	---	RE	BL
Tlax. 311	Palomero Toluqueño	O	2600	19	98	RE	BL
Ver. 342	Arrocillo	O	2410	19	97	CR	AM
Méx. 7	Cacahuacintle	W	2675	19	99	HA	BL
Méx. 212	Cacahuacintle	O	----	--	---	HA	BL
Pue. 591	Cacahuacintle	O	2600	19	97	HA	BL
Pue. 510	Elotes Cónicos	O	2200	19	98	HA	NE
Pue. 618	Elotes Cónicos	O	2550	19	97	HA	NE
Méx. 72	Cónico	W	2620	19	99	DE	BL
Méx. 108	Cónico	O	2520	19	99	DE	AM
Pue. 32	Cónico	W	2260	19	98	DE	AM
Pue. 108	Cónico	W	----	19	97	DE	BL
Gto. 144	Cónico Norteño	O	2000	21	100	DE	BL
Zac. 170	Cónico Norteño	O	2090	22	103	DE	AM
Zac. 246	Cónico Norteño	O	2300	22	101	DE	BL
Qro. 90	Cónico Norteño	O	1900	20	100	DE	BL
Oax. 40	Bolita	W	----	17	96	DE	BL
Oax. 180	Bolita	O	----	--	---	DE	BL
Zac. 4	Chalqueño	W	2114	22	102	DE	BL
Hgo. 7	Chalqueño	W	2100	20	99	DE	BL
Méx. 35	Chalqueño	W	2240	19	98	DE	BL
Méx. 37	Chalqueño	W	2350	19	99	DE	BL
Gto. 167	Chalqueño	O	1950	21	100	DE	BL
Mich. 351	Tarasco	O	2320	19	102	DE	AM
Mich. 371	Tarasco	O	2100	19	101	DE	BL

[1] Nomenclatura del Banco de Germoplasma de Maíz del INIFAP.
[2] W = Wellhausen *et al.* (1951), H = Hernández y Alanís (1970), O = Ortega P., R. (Inédito).
[3] HA = harinoso, DE = dentado, SC = semi-cristalino, CR = cristalino, RE = reventador.
[4] BL = blanco, AM = amarillo, MO = morado, NE = negro, RO = rosado.

donde:

X_{ik} = valor del caracter k de la colecta i,
X_{jk} = valor de la característica k de la colecta j,
i, j = 1, 2, ... r razas
k = 1, 2, ... n caracteres
$\mathbf{md}_{ij}$ adquiere valores $0 \leq \mathbf{md}_{ij}$, con 0 para semejanza máxima.

b) Complemento del coeficiente de correlación, $\mathbf{rc}_{ij} = 1 - r_{ij}$

$$r_{ij} = \frac{\Sigma X_{ik} X_{jk}}{[\Sigma X_{ik}^2 \Sigma X_{jk}^2]^{1/2}}$$

donde las X_{ik} son desviaciones con respecto a la media.

$\mathbf{rc}_{ij}$ adquiere valores de 0 a 2; con 0 para asociación completa y 2 para discordancia máxima.

Después de generar las matrices de similitud (disimilitud), se realizó el análisis de agrupamiento usando el método conocido como "Promedio de Grupo". Para el análisis de los datos se usó el programa "Taxon" escrito por Solís (1974).

RESULTADOS

Los resultados de los análisis de agrupamiento se presentan en forma de dendrogramas en las Figuras 1 y 2, para el complemento del coeficiente de correlación (**rc**) y distancia euclidiana promedio (**md**), respectivamente.

Complemento del Coeficiente de Correlación

De acuerdo con los resultados mostrados en la Figura 1, la asociación entre colectas de

Cuadro 2. Caracteres determinados en cada colecta.

Caracteres de planta
Días a antesis del 50% de las plantas.
Días a exposición de estigmas del 50% de las plantas.
Altura total de planta (cm).
Altura a la base de la mazorca superior (cm).
Largo de la hoja de la mazorca superior (cm).
Ancho de la hoja de la mazorca superior a 1/4 de longitud (cm).
Ancho de la hoja de la mazorca superior a 3/4 de longitud (cm).
Caracteres de espiga
Longitud total (cm).
Longitud de la parte ramificada (cm).
Número total de ramificaciones.
Caracteres externos de mazorca
Longitud total (cm).
Diámetro a 1/4 de la base (cm).
Diámetro a 3/4 de la base (cm).
Número de hileras en la parte media.
Longitud total del pedúnculo (cm).
Diámetro del pedúnculo en la base de la mazorca (mm).
Caracteres internos de mazorca
Diámetro medio (cm).
Diámetro del olote (mm).
Diámetro del raquis (mm).
Caracteres de grano
Longitud (mm).
Ancho (mm).
Espesor (mm).
Depresión (escala de cinco puntos).

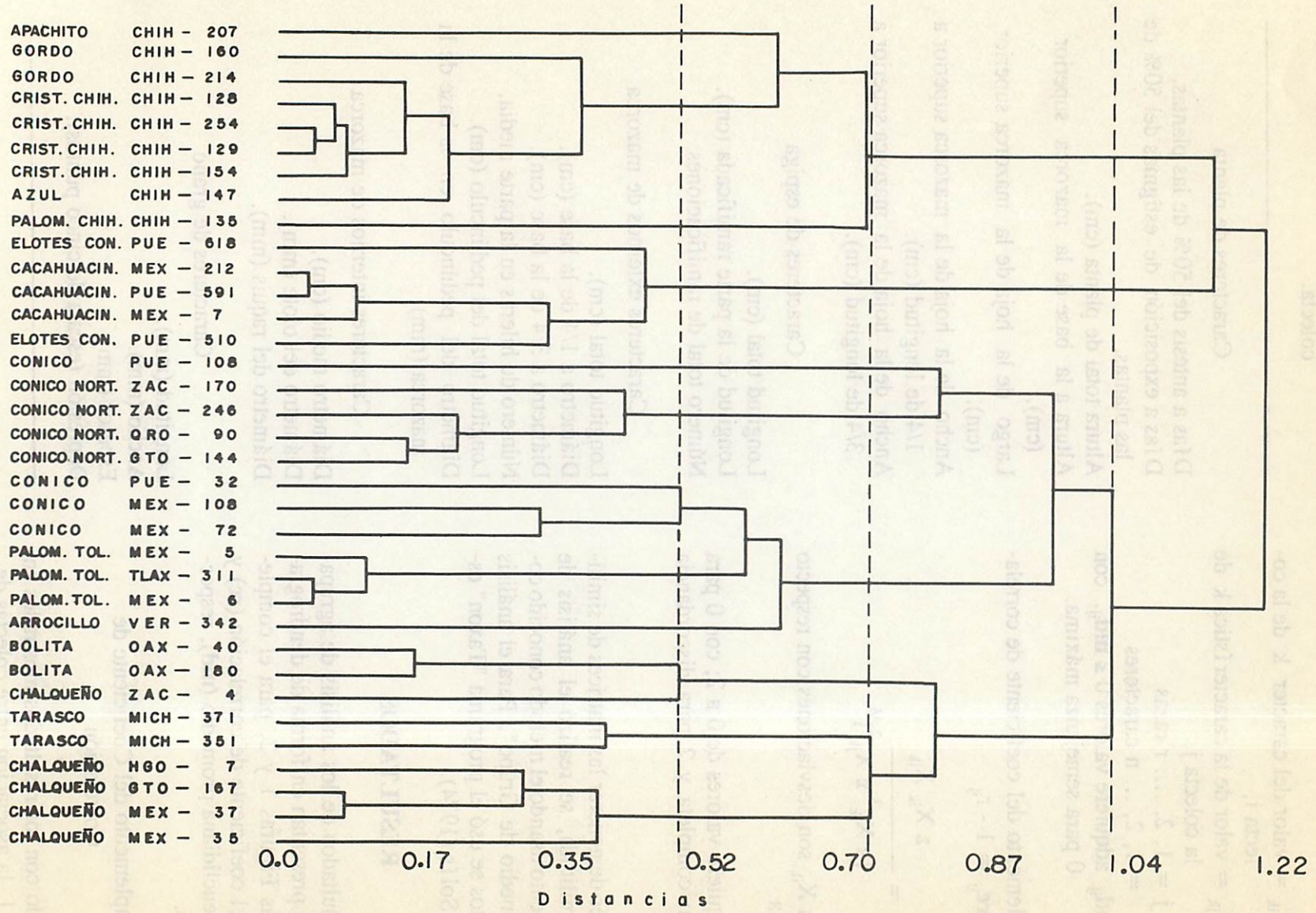


FIG. 1. Dendrograma de 35 criollos de maíz de las partes altas de México, obtenido por medio del Complemento del Coeficiente de Correlación.

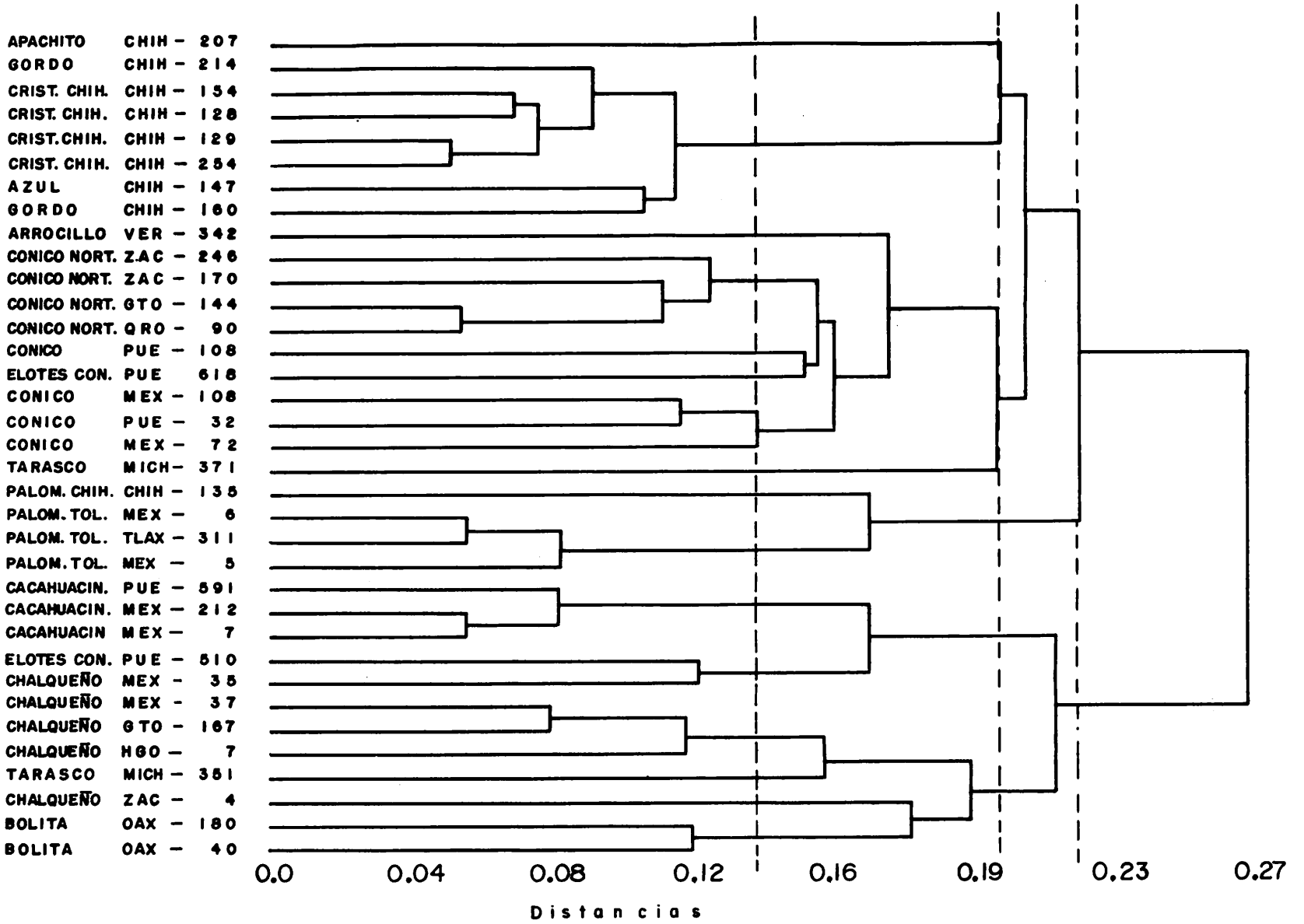


FIG. 2. Dendrograma de 35 criollos de maíz de las partes altas de México, obtenido por medio de Distancia Euclideana Promedio (md).

una misma raza se inicia a valores de rc cercanos a 0.10; sin embargo, la diferenciación entre razas y un adecuado agrupamiento de colectas dentro de razas ocurre al nivel de 0.50. En este nivel quedaron perfectamente asociadas a su raza correspondiente las cuatro colectas de Cónico Norteño, las tres de Palomero Toluqueño, las dos de Bolita y las dos de un tipo denominado tentativamente Tarasco. Asimismo, se conservan aisladas las muestras únicas incluídas como representativas de Apachito, Palomero de Chihuahua y Arrocillo Amarillo; cuatro de las cinco colectas de Chalqueño se encuentran agrupadas, manteniéndose aislada Zac. 4; las muestras propuestas de Cónico, a excepción de Pue. 108, quedaron asociadas entre sí. Otro grupo más quedó formado por las dos colectas propuestas para Elotes Cónicos y las tres de Cacahuacintle; finalmente, quedaron reunidos los cuatro representantes de Cristalino de Chihuahua, los dos de Gordo y el de Azul.

Al nivel de 0.73 se formaron los grupos siguientes: (1) formado por todas las muestras provenientes de la Alta Babícora, Chih., y que, conforme al Cuadro 1, se proponían pertenecientes a las razas Apachito, Gordo, Azul, Cristalino de Chihuahua y Palomero de Chihuahua; (2) integrado por los maíces harinosos de la parte central de México, es decir por las dos colectas propuestas como representantes de Elotes Cónicos y las tres de Cacahuacintle; (3) compuesto sólo por Pue. 108, originalmente propuesta como Cónico; (4) incorporó exclusivamente a las cuatro muestras de Cónico Norteño; (5) incluyó a las tres representantes de Palomero Toluqueño, a Ver. 342 (única muestra para Arrocillo Amarillo) y tres de las cuatro colectas de Cónico; (6) agrupó a las dos muestras de Bolita y a Zac. 4 propuesto como Chalqueño; (7) incorporó a las dos colectas de Tarasco y a cuatro de las cinco propuestas como Chalqueño.

A un nivel de 1.04 se formaron tres grupos: (1) constituido exclusivamente por los criollos provenientes de la región de la Alta Babícora, Chih.; (2) incluyó a las razas harinosas de la parte central del país (Cacahuacintle y Elotes Cónicos); y (3) incorporó al resto de las razas, es decir a Palomero Toluqueño, Arrocillo Amarillo, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Tarasco y Bolita.

Distancia Euclidiana Promedio

En la Figura 2 se observa que al nivel de 0.14 se generó la mejor delimitación de razas: todas las colectas de las razas Cónico Norteño, Palomero Toluqueño, Cacahuacintle y Bolita se encontraron formando grupos definidos; se mantuvieron independientes las muestras únicas estudiadas de las razas Apachito, Arrocillo Amarillo y Palomero de Chihuahua; tres de los cuatro Cónicos constituyeron un grupo y tres de cinco Chalqueños otro; todas las colectas de Cristalino de Chihuahua, Gordo y Azul se encontraron asociadas; Pue. 108 (Cónico), Pue. 618 (Elotes Cónicos), Zac. 4 (Chalqueño), Mich. 351 y Mich. 371 (Tarasco) se mantuvieron como grupos individuales.

Al nivel de 0.20 se formaron cinco grupos: el primero incluyó todos los criollos de la Alta Babícora, excepto Chih. 135 que representa a Palomero de Chihuahua; el segundo grupo estuvo formado básicamente por los maíces dentados precoces, incluyó los cuatro Cónicos Norteños, tres Cónicos, Arrocillo Amarillo, Pue. 618 (Elotes Cónicos) y Mich. 371 (Tarasco); el tercero unió a las tres muestras de Palomero Toluqueño con la única de Palomero de Chihuahua; el cuarto se compuso básicamente de los maíces harinosos de los Valles Altos Centrales (Méx. 7, Méx. 212, Pue. 591 y Pue. 510), además incluyó a Méx. 35 (Chalqueño); el último agrupamiento estuvo constituido por los maíces dentados tardíos, asoció a todos

los Chalqueños (excepto Méx. 35), a las dos colectas de Bolita y a Mich. 351 representante de Tarasco.

Al nivel de 0.22 se formaron dos grupos que discrepan básicamente en la longitud del ciclo vegetativo de sus integrantes, un grupo reunió a los criollos relativamente precoces y el otro a los tardíos.

DISCUSION

Razas Resultantes y Muestras Representativas

De acuerdo con los resultados experimentales obtenidos, enriquecidos y explicados por la literatura revisada, la diversidad de maíz de las partes altas del centro y norte de México se puede representar por las siguientes razas y colectas representativas.

1) Gordo-Azul-Cristalino de Chihuahua

Los análisis de agrupamiento indican que las muestras estudiadas de Gordo, Azul y Cristalino de Chihuahua tuvieron gran similitud, asociándose consistentemente en los dos análisis, lo cual sugiere que pueden representar el mismo germoplasma básico, diferenciándose casi exclusivamente por características especiales de grano como son color y textura.

Cristalino de Chihuahua había sido mencionada por Wellhausen *et al.* (1951), Mangelsdorf y Lister (1956), así como por Hernández y Alanís (1970); sin embargo, estos autores no indicaron muestras representativas. Ortega (1985) describió esta raza en base a Chih. 128 y 129, colectas que se incluyen en el presente estudio.

Hernández y Alanís (1970), en la descripción de Gordo, utilizaron entre otras colectas a Chih. 160 y 214, las cuales también se estudiaron aquí. Estos mismos autores utilizaron Chih. 218 como única colecta de Azul, la que no se pudo incluir en el estudio por falta de semilla, pero en su lugar se utilizó Chih. 147.

2) Apachito

La colecta Chih. 207 fue una de las elegidas por Hernández y Alanís (1970) para escribir a esta raza; el presente estudio confirma que este criollo, aunque está relacionado al resto de los maíces de la Alta Babícora, Chih., se diferencía de ellos lo suficiente como para considerarlo perteneciente a una raza diferente; esto fue más claro por medio de distancia euclidiana promedio (Figura 2) que por complemento del coeficiente de correlación (Figura 1), aunque en ambos dendrogramas mantuvo su independencia a los niveles en que se definieron las razas.

3) Palomero de Chihuahua

En el muestreo de las formas locales de maíz de la Alta Babícora, Chih. realizado en 1968, se reunieron unas cuantas muestras muy parecidas en mazorca a Palomero Toluqueño; uno de estos maíces, Chih. 135, sirvió de base a Ortega (1985) para la descripción de Palomero de Chihuahua. Dicho autor encontró también que esta raza estaba considerablemente emparentada con Palomero Toluqueño por sus características de mazorca; en cambio, por sus características de planta y relativa adaptación a la región del Kubán, URSS, más se asemejaba a Cristalino de Chihuahua. Ambos parentescos son sugeridos también por el presente estudio.

4) Cacahuacintle y Elotes Cónicos

Wellhausen *et al.* (1951) describieron a Cacahuacintle con base exclusivamente en Méx. 7. Con objeto de contar con varias

muestras por raza, en 1976-1977 se identificaron a Méx. 212 y Pue. 591 como colectas apropiadas para representar a Cacahuacintle; los resultados (Figuras 1 y 2) confirman que estas muestras se asemejan mucho a Méx. 7 y pueden representar adecuadamente a esta raza harinosa. Adicionalmente, el análisis con base en el complemento del coeficiente de correlación asocia a las dos colectas de Elotes Cónicos (Pue. 510 y 618) con Cacahuacintle, lo anterior ratifica lo indicado por Wellhausen *et al.* (1951), en el sentido de que Elotes Cónicos está emparentado con Cacahuacintle. Se sugiere seguir considerando a Cacahuacintle como raza y elevar a Elotes Cónicos de subraza de Cónico con raza emparentada a Cacahuacintle.

5) Palomero Toluqueño

Se estudiaron como representantes de esta raza a Méx. 5 y 6 propuestas por Wellhausen *et al.* (1951); además se incluyó a Tlax. 311 colectada recientemente. Los tres ejemplares confirmaron su bondad como típicos representantes de la raza, ya que se asociaron entre sí desde niveles bajos de disimilitud conservando su independencia de otros grupos.

6) Arrocillo Amarillo

No fue posible estudiar las colectas con que fue inicialmente descrita la raza; en cambio, se usó a Ver. 342, colectada recientemente. Esta muestra se mantuvo separada al nivel en que los grupos en general correspondían a las diferentes razas; a niveles superiores de **rc** se asoció a los maíces palomeros; en cambio, en los análisis de **md** se relacionó al complejo Cónico-Cónico Norteño; estas relaciones ya habían sido señaladas por Wellhausen *et al.* (1951) y Cervantes (1976).

7) Cónico

Como muestras de Cónico se estudiaron a Méx. 72, Méx. 108, Pue. 32 y Pue. 108; de ellas Méx. 108 fue propuesta por los autores de este estudio y el resto por Wellhausen *et al.* (1951). Según los resultados, con excepción de Pue. 108, el resto de los Cónicos estuvieron reunidos a los niveles en que se definieron la mayoría de las razas. Esto ilustra una vez más lo peculiar de Cónico y contribuye a precisar mejor las colectas que pueden usarse como representativas de esta raza.

8) Cónico Norteño

Los resultados con esta raza fueron los esperados, dado que las cuatro colectas estudiadas mostraron con nitidez su similitud y sus diferencias con respecto a los otros criollos incluidos; cabe aclarar que estas cuatro muestras fueron colectadas después de 1950 y propuestas en este trabajo como representativas de la raza.

9) Chalqueño

Se estudiaron cinco muestras tentativamente representativas de esta raza; de ellas cuatro ya habían sido seleccionadas por Wellhausen *et al.* (1951) y solamente una (Gto. 167) se incluyó por primera vez en este estudio. Conforme a **md**, de las muestras de Chalqueño incluídas, Hgo. 7, Méx. 37 y Gto. 167 se comportaron como era esperado; según **rc**, además de las muestras ya señaladas, también Méx. 35 se asoció en forma temprana. Por lo que respecta a Zac. 4, inesperadamente se relacionó más a Bolita que a sus presuntos compañeros de raza. Por lo anterior se sugiere como colectas representativas de Chalqueño a Hgo. 7, Méx. 37 y Gto. 167; con menor seguridad a Méx. 35 y se desecha a Zac. 4.

10) Tarasco

Hernández[1] colectó en la Meseta Tarasca en 1969 algunas muestras parecidas a la raza no bien definida Mushito de Oaxaca; de éstas se eligieron para el estudio a Mich. 351 y Mich. 371. Los resultados obtenidos con **rc** sugieren que existe un grado aceptable de similitud entre estas colectas y suficientes diferencias con el resto para considerarla como raza; en cambio, con **md** los resultados no concuerdan con lo esperado. Es necesario aclarar que en este estudio Mich. 351 resultó dos semanas más tardío que Mich. 371; esta diferencia es considerablemente grande y tal vez explique las discrepancias encontradas. Es importante señalar que en los análisis de similitud, Tarasco y especialmente Mich. 351 se asocian consistentemente con Chalqueño. Lo anterior concuerda con los resultados de Sánchez (1989) e indican que Tarasco pudo haberse derivado originalmente de Chalqueño, logrando adaptación a las condiciones características (altitud de 2000 a 2400 msnm, humedad relativa alta y baja luminosidad) de la región Tarasca de Michoacán.

11) Bolita

Esta raza se estudió con base en Oax. 40, elegida por Wellhausen *et al.* (1951), y con Oax. 180, seleccionada por los autores. Los resultados obtenidos con las dos medidas de similitud confirman un estrecho parecido entre estos dos ejemplares, así como diferencias considerables con el resto de las colectas estudiadas.

[1] Hernández X., E. Profesor Emérito del Colegio de Postgraduados (C.P. 56230, Chapingo, Méx.) Comunicación Personal en 1972.

Posibles Explicaciones a los Principales Agrupamientos de Razas

El agrupamiento de los criollos de la Alta Babícora, Chih., y su conservación como grupo hasta niveles elevados de disimilitud, tanto por **md** como por **rc**, parece fortalecer la hipótesis de la existencia de un centro de diversidad de maíz en el Noroeste de México como lo sugieren Brandolini (1970) y Goodman (1972).

Con **rc**, desde niveles bajos de disimilitud, se forma un grupo constituido por los maíces harinosos de los Valles Altos Centrales y dicho grupo se mantiene independiente hasta niveles considerablemente elevados. Con **md** se observa similar tendencia; sin embargo, es menos consistente. El agrupamiento de las colectas de Cacahuacintle y su pariente Elotes Cónicos, así como su relativo aislamiento de los demás, puede explicarse por su posible procedencia de Sudamérica, hipótesis expuesta por Wellhausen *et al.* (1951).

Un tercer complejo racial formado considerando los resultados de **rc**, incluye a todo el resto de razas de mazorca cónica de los Valles Altos Centrales (Palomero Toluqueño, Arrocillo Amarillo, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño y Tarasco), además incorpora a Bolita. Este complejo concuerda en gran parte con la "Línea genealógica Palomero Toluqueño" de Mangelsdorf (1974), "Mexican Pyramidal Ear Complex" de Benz (1986) y "Grupo Cónico" de Sánchez (1989).

Con **md** a niveles superiores los complejos se van fusionando hasta llegar a constituir dos agrupamientos básicos que discrepan fundamentalmente en longitud de ciclo.

Colectas Representativas de las Razas

De acuerdo a estos resultados, se recomienda usar las siguientes colectas como representativas de las razas estudiadas:

Raza representativas	Colectas
Palomero Toluqueño	Méx. 5, Méx. 6 y Tlax. 311
Cacahuacintle	Méx. 7, Méx. 212 y Pue. 591
Cónico	Méx. 72, Méx. 108 y Pue. 32
Cónico Norteño	Qro. 90, Gto. 144, Zac. 170 y Zac. 246.
Chalqueño	Hgo. 7, Méx. 37 y Gto. 167
Bolita	Oax. 40 y Oax. 180

De las siguientes razas sólo se estudió una colecta por lo que la recomendación es preliminar:

Apachito	Chih. 207
Palomero de Chihuahua	Chih. 135
Arrocillo Amarillo	Ver. 342

Las colectas Chih. 128, 129, 154 y 254 (correspondientes a Cristalino de Chihuahua), Chih. 160 y 214 (pertenecientes a Gordo) y Chih. 147 (propuesto como Azul), podrían agruparse en una sola raza a la que tentativamente se sugiere denominar Cristalino de Chihuahua-Gordo-Azul.

Aportaciones Metodológicas del Presente Estudio

La innovación metodológica más importante que aporta el presente estudio es que se utiliza como unidad de trabajo a las colectas individuales y a partir de sus niveles de disimilitud, con base en un gran conjunto de características analizadas por técnicas de taxonomía numérica, se define empíricamente a las razas y agrupamientos de razas reconocibles, procurando conservar en lo posible las aportaciones de trabajos anteriores basados en técnicas de taxonomía convencional. En las investigaciones taxonómicas intraespecíficas de maíz, publicadas con anterioridad, se había considerado como unidad de trabajo a la raza, estudiándose una sola colecta por raza, o bien, se habían promediado los valores obtenidos con diferentes colectas presumiblemente pertenecientes a una misma raza. Lo anterior ha originado problemas para comparar las clasificaciones obtenidas en diversos estudios; en muchos casos el número de colectas dentro de la raza es muy variable y en otros las muestras representativas son diferentes para cada estudio.

CONCLUSIONES

Las técnicas de taxonomía numérica empleadas resultaron útiles para la selección de muestras representativas de razas y para el establecimiento de relaciones de parentesco.

En general los resultados tendieron a confirmar tanto los agrupamientos esperados de las colectas a nivel de razas, así como las interrelaciones entre razas conforme a trabajos previos por otros autores.

Todas las colectas inicialmente consideradas como representativas de las razas Palomero Toluqueño, Cónico Norteño, Cacahuacintle y Bolita confirmaron su clasificación; así mismo las muestras únicas de Apachito, Palomero de Chihuahua, Arrocillo Amarillo y la mayoría de las correspondientes a Cónico y Chalqueño.

Las razas Cristalino de Chihuahua, Gordo y Azul, debido a su gran similitud, parecen

haberse derivado del mismo germoplasma básico y pudieran considerarse como una misma raza.

Las colectas estudiadas del tipo denominado tentativamente Tarasco, mostraron asociación con Chalqueño, sin embargo se encontraron algunos indicios que indican que pudiera constituir una nueva raza. Cacahuacintle y Elotes Cónicos parecen estar cercanamente asociados, sin embargo, estos resultados no fueron suficientemente consistentes.

Agradecimientos

Se agradece profundamente a las siguientes personas su colaboración en la toma de datos de campo: Virgilio Moreno, Eduviges Moreno, Carlos Garay, Víctor Mendoza y Mauro Valle.

BIBLIOGRAFIA

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

Bautista R., N. 1949. Tipos de maíz de la Mesa Central. Tesis Profesional. ENA, Chapingo, Méx. 55p.

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

Brandolini, A. 1970. Maize. In: Genetic Resources in Plants, their Exploration and Conservation. Frankel, O.H. and E. Bennett (eds.). IBP Handbook No. 11. Oxford and Edinburgh. pp. 273-309.

Cervantes S., T. 1976. Efectos genéticos y de interacción genotipo-ambiente en la clasificación de las razas mexicanas de maíz. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 139 p.

Goodman, M.M. 1972. Distance analysis in biology. Syst. Zoology 21: 174-186.

Hernández C., J.M. 1986. Estudio de caracteres químicos del grano de las razas mexicanas de maíz y clasificación racial. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 79 p.

Hernández X., E. y G. Alanís F. 1970. Estudio morfológico de cinco nuevas razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México: Implicaciones filogenéticas y fitogeográficas. Agrociencia 5: 3-30.

Kato Y., T.A. 1984. Chromosome morphology and the origin of maize and its races. Evolutionary Biology 17: 219-253.

Kuleshov, N.N. 1981. Maíces de México, Guatemala, Cuba, Panamá y Colombia. En: Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia, Bukasov, S.M. 1981. Versión al español de Jorge León, de la traducción inglesa de M.H. Byleveld. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 40-53.

Mangelsdorf, P.C. 1974. Corn, its Origin, Evolution and Improvement. Harvard University Press. 262p.

_____ and **R.H. Lister. 1956.** Archaeological evidence on the evolution of maize in Northwestern México. Bot. Mus. Leafl. Harvard Univ. 17: 151-177.

_____, **R.S. Mac Neish and W.C. Galinat. 1967.** Prehistoric wild and cultivated maize. In: The Prehistory of the Tehuacan Valley. Vol. I. Environment and Subsistence. Byers S. (ed.) Texas Univ. Press. pp. 178-300.

McClintock, B., T.A. Kato Y. y A. Blumenschein. 1981. Constitución cromosómica de las razas de maíz. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 521 p.

Ortega P., R. 1985. Variedades y razas mexicanas de maíz y su evaluación en cruzamientos con líneas de clima templado como material de partida para fitomejoramiento. Tesis doctoral. Instituto Nacional de Plantas de la Unión Soviética N.I. Vavilov. 211 p. (en ruso).

_____ y **H. Angeles A. 1978.** Maíz. En: Recursos Genéticos Disponibles a México. Cervantes S., T. (ed.). Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, México. pp. 75-84.

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

Sneath, P.H.A. and R.R. Sokal. Numerical Taxonomy. W.H. Freeman and Co. San Francisco, USA. 573 p.

Solís del Rivero, R. 1974. Algoritmos, estrategias y modelos para métodos de agrupación. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 92 p.

Wellhausen, E.J., L.M. Roberts y E. Hernández X. En Colaboración con P.C. Mangelsdorf. 1951. Razas de Maíz en México. Folleto Técnico Número 5. Oficina de Estudios Especiales. SAG, México. 237 p.