

Caracterización morfológica de maíces criollos del Caribe colombiano

Morphologic characterization of native corns from Colombian Caribbean Region

Hermes Aramendiz Tatis¹, Yolaida Arias², Daniel Castro², Norbey Marín³ y Antonio López⁴

Resumen: El maíz es uno de los cultivos alimenticios más importantes del mundo y constituye parte integral de la dieta y cultura de la gran mayoría de los pueblos latinoamericanos. Esta especie ha evolucionado en diferentes microambientes de la Región Caribe colombiana lo que ha generado una gran variabilidad genética; por esta razón, en el C.I. Turipaná de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA- se procedió a caracterizar morfoagronómicamente 256 cultivares criollos de maíz del banco de germoplasma de CORPOICA y cinco cultivares comerciales; a tal fin se utilizaron 42 descriptors del CIMMYT/IBPGR para incorporar estos criterios, de acuerdo con sus atributos agronómicos, en un programa de fitomejoramiento participativo. Fue necesario realizar estimaciones de datos faltantes, tanto para variables cuantitativas como cualitativas, cuando lo ameritaron. Posteriormente, los datos fueron procesados utilizando análisis de componentes principales y análisis de conglomerados. El análisis de componentes mostró que los cinco primeros componentes explicaron el 95,20% de la variación total y que las variables con mayor contribución fueron la longitud total de la espiga, el ángulo de la hoja y la longitud del pedúnculo de la espiga. El dendrograma del agrupamiento indicó la existencia de dos subgrupos de alta variabilidad genética entre ellos que constituye una buena fuente para el mejoramiento de plantas.

Palabras clave adicionales: *Zea mays*, germoplasma, descriptors, análisis de componentes principales.

Summary: Maize (*Zea mays*) is one of the world's most important food crops, being a staple food for most Latin-American people. This species has evolved in several microenvironments throughout the Colombian Caribbean region, leading to great genetic variability. Due to this species's relevance to this area, 255 creole cultivars from Corpoica's germplasm bank (Montería, Colombia) and five commercial genotypes were thus agronomically and morphologically characterised at C.I. Turipana. Forty-two CIMMYT/IBPGR descriptors were used for incorporating them into a joint breeding/phytoimprovement programme based on their agronomical attributes. Missing data was estimated where necessary for both quantitative and qualitative variables. Main component and conglomerate analysis was used for processing data. Component analysis revealed that the first five components represented 95.20% of total variance; the major contributors were total spike length, leaf angle and the spike's peduncle length. The grouping dendrogram revealed two subgroups having high genetic variability, this being considered as being a good source for a breeding programme.

Additional key words: *Zea mays*, germplasm, descriptors, main components analysis.

Introducción

LAS VARIETADES CRIOLLAS DE MAÍZ que han sido conservadas por los agricultores en los sistemas de producción

asociados con la economía campesina poseen alta variabilidad genética como resultado de las mutaciones y la recombinación genética que alimentan la variabilidad y contribuyen a la evolución en sus conjuntos pro-

Fecha de recepción: 9 de septiembre de 2004
Aceptado para publicación: 27 de mayo de 2005

1 Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería. e-mail: haramendiz@hotmail.com

2 Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería.

3 Estadístico, Universidad de Córdoba, Montería.

4 Investigador, C.I. Turipaná, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, Montería. e-mail: corpoica@monteria.cetcol.net.co

ductivos; por esta razón, la FAO (1996) señala que la mayor diversidad genética del maíz se encuentra en el continente americano por ser su centro de origen.

Grant *et al.* (1965), señalan que los maíces oriundos de la región caribe colombiana, especialmente la raza Cuba Yellow Flint, tienen una amplia adaptación y son altamente valiosos en latitudes de 30° o menos.

Según Potter y Jones (1991), Harding (1996) y Jaramillo, Baena y Montoya (2003), la caracterización del germoplasma puede realizarse utilizando una gran variedad de métodos tales como marcadores morfológicos y caracteres agronómicos, marcadores citológicos (cariotipos), marcadores bioquímicos (análisis de isoenzimas, electroforesis de proteínas, metabolitos secundarios) y marcadores moleculares (RFLPs, AFLPs, RAPDs, microsatélites y otros).

El conocimiento de la variabilidad es fundamental para los estudios de evolución y la determinación de los efectos que han ocurrido a lo largo de la domesticación. Toda esta información, debidamente organizada y procesada estadísticamente, permite conocer las distancias genéticas entre las diferentes entradas y conformar así conglomerados genéticos, sirviendo además para la detección de duplicados en las colecciones, con incrementos en el manejo de los mismos (Ligarreto, 1995).

La caracterización publicada en forma de catálogos hace útil un germoplasma, ya que sus usuarios conocen la variabilidad y pueden acceder a la misma de acuerdo a sus necesidades. Las distancias genéticas conocidas a través del procesamiento de la información obtenida, sirve de orientación a los fitomejoradores para la selección de progenitores distantes en la búsqueda del avance genético (Torregróza, 1984).

La caracterización, además de cuantificar la variabilidad genética existente en las colecciones, permite el diseño de estrategias de conservación y utilización de aquellas. Lo mismo ocurre en la consecución de accesiones no existentes, bien sea por medio de introducción y/o colecta. El objetivo de esta investigación fue caracterizar morfológicamente cultivares criollos de maíz y contribuir a un diseño de fitomejoramiento participativo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el C.I. Turipaná de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –CORPOICA–, en Montería (Córdoba, Colombia), ubicado a

8° 51' de latitud norte y 75° 45' de longitud oeste, con una altitud de 14 m.s.n.m.; temperatura promedio de 28° C; humedad relativa del 85% en promedio y precipitación promedio anual de 1.700 mm.

El recurso genético correspondió a 255 cultivares criollos de los departamentos de Córdoba, Bolívar, Atlántico, Magdalena y Guajira, conservados en el banco de germoplasma de maíz de CORPOICA. Así mismo, cinco cultivares comerciales y un cultivar proveniente de Amazonas.

La disposición en campo de las variedades fue en parcelas únicas, donde cada unidad experimental estuvo conformada por seis surcos, utilizando como parcela útil para la toma de información los cuatro surcos centrales, marcando al azar cinco plantas por surco, para un total de 20 plantas por parcela. En el manejo agronómico, el control de malezas se realizó con glifosato (4 L · ha⁻¹) antes de la siembra, la fertilización se realizó con urea (100 kg · ha⁻¹) y el control de *Spodoptera frugiperda* con lufenuron (Match®, 0,5 L · ha⁻¹); los surcos fueron cosechados en forma manual. La polinización fue controlada para garantizar la pureza varietal.

Se utilizaron 42 descriptores que contemplaban aspectos morfo-agronómicos aprobados por CIMMYT/IBR-PGR (1991), de los cuales se realizaron registros diarios o en la época, según lo demanda cada descriptor. Los datos fueron digitados en hojas electrónicas y convertidos en un archivo con extensión Prn; utilizando el software SAS® (Statistical Analysis System, version 6.12, 1998) se generó un programa con el fin de depurar la información y prepararla para el procesamiento respectivo. Se realizaron transformaciones que permitieron la inclusión de los cultivares con valores faltantes. Las transformaciones fueron Splines y Unitie (Young *et al.*, 1978). Seguidamente se corrió el procedimiento de componentes principales a través del cual se pudo realizar al análisis de conglomerados; se retuvieron aquellos componentes con valores superiores a 0,75 como lo sugieren Brandolini y Brandolini (2001).

Para la selección de los caracteres con mayores aportes a cada componente, se tuvo en cuenta su contribución al valor total del componente y el coeficiente de variación cuando fue mayor de 10%. El número de grupos de cultivares se seleccionó utilizando los estadísticos pseudo f , pseudo t^2 y el criterio cúbico de agrupamiento (*ccc*). El principio de selección que utilizan estos estadísticos dice que el número de grupos, cuando la disimilaridad entre ellos es máxima, se obtiene cuando el

valor de la pseudo t^2 alcanza un pico mínimo, siempre y cuando no se haya considerado un número de grupos excesivos; por su parte, los valores de la pseudo f y el criterio cúbico del agrupamiento deben ser máximos (Sarle, 1983).

Resultados y discusión

Analisis multivariado

La Tabla 1 contiene los cinco componentes principales con valores propios superiores a 0,75, siendo evidente que los dos primeros explican el 88,14% de la varianza acumulada. El primer componente explica el 54,39% de la variación, lo que está asociado principalmente con características de la mazorca y el grano: longitud del pedúnculo de la mazorca, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, diámetro del ráquis, diámetro y color de la tusa, peso de 1.000 granos; ancho, grosor, y longitud de grano; distribución de las hileras en la mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, tipo y color de grano, color del pericarpio, aleurona y endosperma. Así mismo se asocia con características relacionadas con la hoja, como la pubescencia de la vaina, de la hoja, el arco y orientación de la superficie de la hoja.

Tabla 1. Valores propios de la matriz de covarianza para los componentes seleccionados en el agrupamiento con caracteres morfoagronómicos.

Componente	Valor propio	Varianza individual %	Varianza acumulada %
1	21,75	54,39	54,39
2	13,50	33,75	88,14
3	1,05	2,63	90,77
4	0,91	2,28	93,05
5	0,86	2,15	95,20

Para el segundo componente, el porcentaje de variación fue de 33,75% y se asoció principalmente con características de la planta: altura de la planta y la mazorca, longitud y ancho de la hoja, número de hojas por encima de la mazorca superior, número de hojas por planta y masa radicular; también con características de la biología reproductiva (longitud de la parte ramificada, ramificaciones primarias y terciarias, al igual que la floración femenina). Por su parte, la contribución a la variación de los componentes tres, cuatro y cinco fue de escaso monto (2,63; 2,28 y 2,15%, respectivamente).

El tercer componente está relacionado con la longitud del pedúnculo de la espiga; el cuarto, con el ángulo que forma la hoja y el quinto componente, con la longitud

de la espiga (Tabla 2). Estos resultados son similares a los reportados por Ligarreto *et al.* (1998) y Brandolini y Brandolini (2001), en la caracterización de maíces andinos e italianos, respectivamente, y son de gran interés en la diferenciación morfológica de las variedades.

Tabla 2. Valores para las características que hicieron mayores aportes a cada uno de los componentes en el agrupamiento según caracteres morfoagronómicos.

CARACTERÍSTICA	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Altura de la planta	-0.012338	0.268149*	-0.040384	0.008606	-0.030856
Altura de la mazorca	-0.012290	0.264184*	-0.012336	-0.015293	-0.036542
Longitud de la hoja	-0.011596	0.258508*	0.012534	-0.026388	0.020433
Ancho de la hoja	0.000591	0.255088*	-0.087930	0.046817	0.021290
Masa radicular	-0.010376	0.211798*	-0.162065	0.080085	-0.055715
Longitud de la espiga	0.038002	0.106452	0.232781	0.052138	0.882488*
Longitud pedúnculo espiga	0.011213	0.074725	0.610423*	-0.111468	-0.418533
Longitud de la parte ramificada	-0.009860	0.253626*	-0.051672	0.030326	-0.066131
Longitud pedúnculo mazorca	0.209296*	0.012877	-0.004317	0.006825	-0.009970
Longitud de la mazorca	0.209293*	0.012975	-0.003770	0.007421	-0.010003
Diámetro de la mazorca	0.209292*	0.012954	-0.004091	0.006962	-0.010923
Diámetro del ráquis	0.209300*	0.012739	-0.004275	0.007102	-0.010850
Diámetro de la tusa	0.209296*	0.012850	-0.004054	0.007097	-0.011039
Peso de 1.000 granos	0.209330*	0.012019	-0.002873	0.006006	-0.009651
Angulo de la hoja	-0.029543	0.004017	0.499484	0.763620*	-0.054384
Ancho de grano	0.209294*	0.012906	-0.004196	0.007035	-0.011250
Grosor de grano	-0.209292*	-0.012922	0.004570	-0.007107	0.011157
Longitud de grano	0.209296*	0.012856	-0.004285	0.006883	-0.010580
Color de tallo	-0.003655	-0.073689	-0.503196	0.618706*	-0.084486
Pubescencia de la vaina	0.209267*	0.013010	-0.000635	0.004464	-0.001202
Número total de hojas	-0.013160	0.269059*	-0.037517	0.004824	-0.035289
Número de hojas encima / Mz	-0.013038	0.267960*	-0.034513	-0.004554	-0.009585
Ramificaciones primarias	-0.009595	0.257471*	-0.065394	0.054085	-0.030736
Ramificaciones secundarias	-0.009810	0.168838	0.130671	0.064872	0.131824
Ramificaciones terciarias	-0.010035	0.269531*	-0.034016	0.004745	-0.027561
Cobertura de la mazorca	0.011849	-0.270386	0.001988	0.000426	-0.000021
Daño de la mazorca	-0.078028	-0.198783	-0.066497	0.004803	0.034248
Número de bracteos	-0.012214	0.266741*	-0.036548	-0.012944	-0.034648
Color de la tusa	-0.209302*	-0.013070	0.003249	-0.002551	0.007176
Distribución de hileras	-0.209409*	0.009835	0.002504	-0.002993	0.006997
Número de hileras/mazorca	0.209305*	0.012818	-0.003843	0.005862	-0.010426
Número de granos/hilera	0.209266*	0.013748	-0.004347	0.007207	-0.009837
Tipo de grano	-0.209312*	-0.012550	0.003218	-0.005697	0.008617
Color de grano	-0.209271*	-0.013886	0.002122	-0.004069	0.008375
Superficie de grano	-0.147870	0.188895*	-0.023829	-0.012576	-0.018939
Color pericarpio	0.209344*	0.012804	-0.000401	0.000745	-0.001202
Color aleurona	0.209330*	0.013175	-0.001202	0.003645	-0.002776
Color endospermo	0.209311*	0.013044	-0.003480	0.004592	-0.006534
Arco de la hoja	0.209293*	0.012373	-0.002251	0.003296	-0.003776
Orientación sup. hoja	-0.208534*	-0.013187	0.006220	-0.002602	-0.001866
Floración masculina	-0.208732*	-0.012407	0.006865	-0.001522	0.005356
Floración femenina	-0.069270	0.245280*	-0.011965	-0.014304	-0.024456

* Características relevantes que explican el componente.

Al considerar los resultados obtenidos, se puede inferir que el rendimiento está en función del primer componente principal, puesto que involucra características de la mazorca y grano; por su parte, el segundo componente está asociado con el vigor de la planta, ya que se relaciona con la altura de la planta, hojas y la inflorescencia masculina. El tercer y quinto componentes representan las estructuras reproductivas, en tanto que el cuarto componente se refiere a la eficiencia de la planta en la captación de la energía solar (Tabla 2).

De acuerdo con los estadísticos pseudo f , pseudo t^2 y el criterio cúbico de agrupamiento (ccc), fueron seleccionados siete (7) grupos (Tabla 3) y se definió la representación gráfica de la similitud entre grupos.

El dendrograma del agrupamiento basado en los descriptores propuestos por CIMMYT/IBRGR (1991) indica la existencia de dos grandes grupos a la distancia (R^2) de 0,90 (Figura 1). El grupo uno lo conforman tres subgrupos: el *subgrupo I* con 186 cultivares de los cuales 51% son oriundos del Magdalena, 20% de Bolívar, 11% de Córdoba, 11% Atlántico, 3% de la Guajira y el 3% restante proceden del Amazonas y los cultivares comerciales; el *subgrupo II* con 25 cultivares de los cuales el 40% proceden del Magdalena,

Tabla 3. Análisis de cluster en el agrupamiento con caracteres morfo-agronómicos de interés general.

Cluster	R^2	R^2 sem parc	ccc	psf	psf ²
1	0.000	0.378	0.000	0	156.50
2	0.376	0.490	-2.337	156.97	63.66
3	0.868	0.012	29.405	851.18	30.65
4	0.881	0.019	22.406	633.57	11.63
5	0.900	0.016	20.97	578.69	76.43
6	0.916	0.020	20.942	560.29	120.15
7	0.937	0.011	23.83	628.11	3.08
8	0.946	0.008	25.58	666.05	7.74
9	0.957	0.009	27.37	708.5	146.95
10	0.967	0.005	30.67	817.52	9.66

R^2 sem parc: R^2 semi-parcial ajustado.
ccc: criterio cúbico de agrupamiento.
psf: pseudo f .
psf²: pseudo t^2 .

el 36% de Bolívar, 8% del Atlántico, 8% de Córdoba y 8% de la Guajira. Y el *subgrupo III* registró 33 cultivares perteneciendo el 42% al Magdalena, el 30% a Bolívar, 18% a Córdoba, 6% Atlántico y 3% a Guajira. De acuerdo a estos resultados, el departamento de Magdalena fue el que mayor número de variedades apporto y es donde existe la mayor diversidad genética, posiblemente por la poca demanda de híbridos para

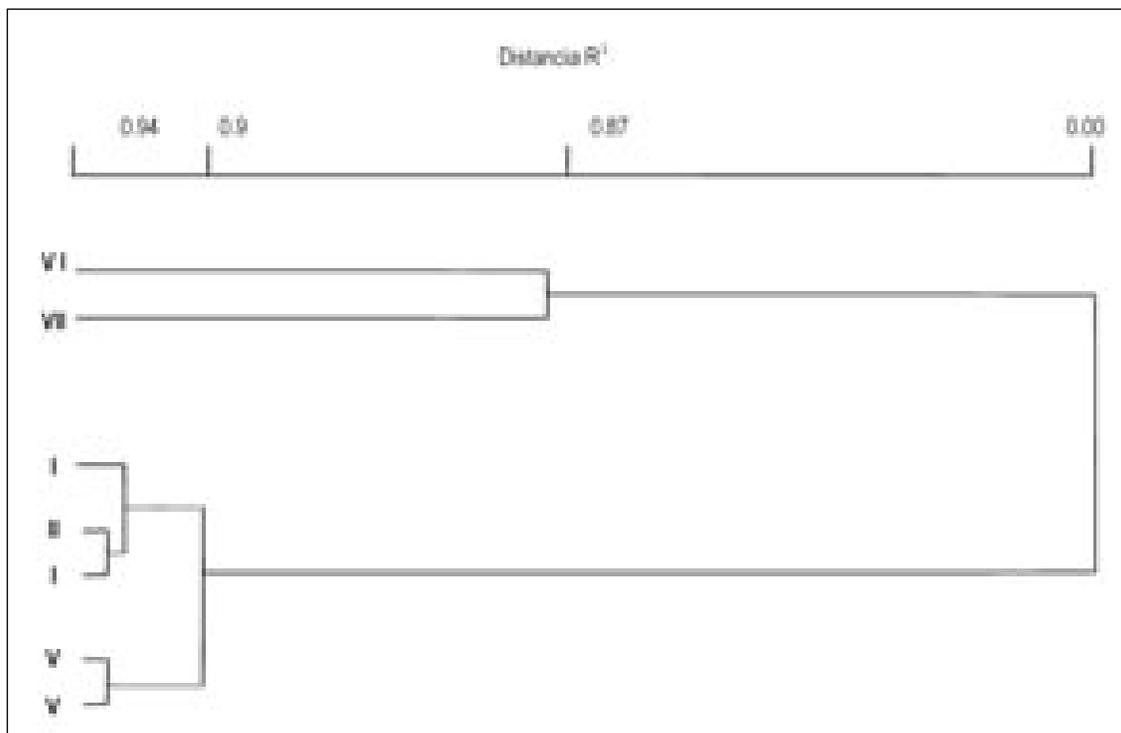


Figura 1. Dendrograma del agrupamiento basado en 42 descriptores morfoagronómicos.

uso de los productores; ello que indica que el germoplasma criollo juega un rol importante por ser poblaciones heterogéneas heterocigotas, que mantienen un equilibrio con el ambiente como resultado de una intensa selección natural y humana, acumulando genes favorables para factores bióticos y abióticos; en tanto que Córdoba, donde el cultivo es de alta importancia agrícola, registro poca participación a causa del progresivo desplazamiento causado por la demanda de híbridos de primera generación y coloca en riesgo la agrobiodiversidad; como estrategia de conservación *in situ* de los recursos fitogenéticos para contrarrestar problemas tecnológicos y sociales.

El grupo dos lo conforman los subgrupos IV y V. El subgrupo IV está integrado por 8 cultivares, correspondiendo al 38% a Bolívar, 25% a Córdoba, 25% a Guajira y el 12% al Magdalena. En tanto que el subgrupo V está integrado por 4 variedades, de las cuales el 75% es oriundo del Magdalena y el 25% de Córdoba.

A la distancia (R^2) de 0.87 aparecen los subgrupos VI y VII conformados por pocas variedades, destacándose el VII por poseer un solo cultivar, procedente del departamento del Magdalena, el cual mostró mucha divergencia con respecto a la población en general y el VI con tres cultivares, colectados en Bolívar, Córdoba y Guajira.

Características de los grupos

Características de la planta. En lo concerniente a las variables que determinan las características de la planta, se destaca que los valores más bajos con respecto a la altura de la planta y de la mazorca, lo registró el grupo VI, con altura de planta inferior a 90,22 cm en promedio y corresponden a los cultivares B 302 , C 349 y G 314. Así mismo, sobresalen por su precocidad a la floración masculina (45 días) y orientación de la lámina foliar convexa con arco normal. Estos atributos agronómicos permiten inferir el uso de dichos recursos genéticos en un programa de mejoramiento en aras de reducir la susceptibilidad al volcamiento y con ello la pudrición de la mazorca; especialmente en aquellas área donde se presentan lluvias esporádicas al momento de la cosecha. Así mismo, mejorar el rendimiento de grano, por incremento de la densidad de población, capacidad que está asociada a una mayor tolerancia a estreses ambientales (Bolaños, 1993) y mayor capacidad de captación de luz para la producción de fotosintatos, mejorando los índice de cosecha.

El grupo VII representado por el cultivar M 448, presentó el mayor promedio de masa radicular con una capacitancia de 33,74 y altura de la planta alrededor de 294,37 cm en promedio, que favorece el uso de éste en el desarrollo de variedades para cultivos asociados, dado el vigor y capacidad de anclaje, que le permite a la planta disponer de una mayor exploración de agua y nutrientes dentro del perfil del suelo; lo que es un atributo agronómico ventajoso en la tolerancia a sequía, pues permite reducir la senescencia de la hojas (Amato y Ritchie, 2002) y a incrementar la eficiencia en el período de llenado de grano (Bolaños, 1993).

El color del tallo fue una característica de gran variabilidad en los grupos, siendo el color verde el de mayor predominación y presente en todos los grupos. De igual manera, se encontraron la combinación de colores verde y morado, y tallos color café, fruto de las hibridaciones ocurridas entre cultivadores que ocupan áreas geográficas similares.

Características de la espiga. La longitud del pedúnculo fue poco variable (8-12 cm) destacándose los grupos IV y VI como los de menor longitud y en cuanto a su longitud total sobresalen por su poca variación y menor tamaño (< 18 cm) los grupos VI y VII respectivamente. Con respecto a longitud de parte ramificada y número de ramificaciones se destaca el grupo VI por mostrar pequeñas (< 15 cm) y escasas ramificaciones primarias (< 10) y secundarias (< 4) al igual que ausencia de ramificaciones terciarias en los grupos VI y VII. La bondad de estos últimos grupos radica en el uso eficiente de los fotosintetizados hacia los órganos reproductivos mejorando la tasa diaria y tiempo de alargamiento en el llenado de granos y no hacia la formación de ramificaciones de cualquier índole; como lo expresan (Geraldí *et al.*, 1985; Bolaños, 1993; Pérez - Colmenarez *et al.*, 2000; y Aramendiz *et al.*, 2002). Así mismo, Orr and Sundberg (1994), señalan que ésta variación morfológica, es un indicador importante de la diversidad genética, entre las variedades criollas y los genotipos mejorados.

Características de la mazorca y grano. Se destaca en estas características que no obstante la población estudiada ser oriunda de la Región Caribe, 23 cultivares no presentaron adaptabilidad a las condiciones ambientales por el efecto de la selección gámetica y genotípica, ejercida sobre la floración femenina que no ocurrió y esto se explica por las altas temperaturas, ya que ésta condición prolonga el período de llenado de

grano cuando las plantas se someten a estrés de calor, reduciendo el peso del grano, como consecuencia de la reducción del contenido de almidón, aceite, proteína y densidad del mismo como lo reporta Wilhelm *et al.* (1999); por lo que dicha caracterización, debe de realizarse en condiciones similares a las del lugar de origen de cada material (Ligarreto *et al.*, 1998). Singletary *et al.* (1992), encontraron respuesta diferencial de 8 líneas endogámicas a estrés por calor durante el período de llenado de grano, registrándose en algunas ausencia de producción de granos, por bloqueo de las enzimas responsables de la síntesis de almidón, aceite y proteína Wilhelm *et al.* (1999) y enfatizan en la necesidad de seleccionar genotipos tolerantes a éste factor, para su uso en el mejoramiento de plantas.

Al considerar la longitud total de la mazorca con el número de granos por hilera, se observa una buena relación en estos aspectos dentro del grupo IV. Así mismo, sobresale el grupo VI por presentar mazorcas pequeñas, características de las áreas semiáridas de la región caribe; con respecto al color del grano en el endosperma, se presenta una alta diversidad, especialmente en los grupos I, II y III, seguido del IV, hasta llegar al VI que solo presenta una alternativa. Los colores del endosperma que predominan son blanco y amarillo, seguidos del crema y amarillo pálido. Este carácter, es de gran importancia ya que está estrechamente relacionado a los contenidos nutricionales de éste, pues el amarillo y anaranjado tienen mayor utilidad para la fabricación de alimentos balanceados por su alto contenido de vitamina A y carotenos; en tanto que los blancos para el consumo humano.

En lo referente al tipo de grano, estos fueron variables en los diferentes grupos, siendo los más heterogéneos el I, II, III y IV; y en menor escala el grupo VI con dos estados. Los de mayor presencia dentro de los grupos y en alto porcentaje son los semiharinosos y semicristalinos y los cristalinos los cuales según Pérez - Colmenarez *et al.* (2000), son más resistentes a la pudrición de grano que los dentados, seguido de los granos opaco semiharinosos y opacos semidentados semiharinosos; lo que otorga una ventaja biológica en el uso de dichos cultivares con tolerancia a insectos plagas, especialmente en el almacenamiento de dichos granos, que deben de hacer los campesinos para las futuras siembras y satisfacción de sus necesidades orgánicas. Esta variabilidad encontrada, permite reducir la vulnerabilidad genética y hacer un mayor aprovechamiento de la variación genética aditiva como lo indica Lj *et al.* (1998). En tér-

minos generales existe una gran variabilidad genética en la región caribe, fruto de las mutaciones y recombinaciones genéticas, de tal manera que cada variedad posee una estructura genética particular en su nicho de producción; lo que permite alcanzar diferencias genéticas entre dichas accesiones, situación ésta que implica conservar y utilizar estos recursos genéticos en un programa de fitomejoramiento en asocio con productores para sus diferentes sistemas de producción y, valorar la conservación de dichos agricultores para poder desarrollar genotipos con mayores y más estables rendimientos, mejor adaptabilidad, mayor valor nutritivo y tolerancia a factores adversos.

Conclusiones

- Existe una gran variedad entre los cultivares oriundos de la región caribe, la cual se explica con cinco componentes principales.
- El departamento del Magdalena posee la mayor variabilidad entre los cultivares de clima cálido y la Guajira el menor.
- Las altas temperaturas posiblemente influyeron en la no expresión de algunos caracteres de la mazorca y grano, porque altera el metabolismo de las enzimas responsables de la síntesis de almidón, proteínas y aceite.
- Todos los grupos registraron características de interés, por lo que deben incorporarse de manera activa en los programas de mejoramiento de la especie.

Literatura citada

- Amato, M. y J. Ritchie. 2002. Spatial distribution of roots and water uptake of maize (*Zea mays* L.) as affected by soil structure. *Crop Science* 42, 773-780.
- Aramendiz, T. H.; S. Villalba y E. Manotas. 2002. Efecto de la selección recurrente por tamaño de la inflorescencia masculina en la variedad de maíz (*Zea mays* L.) ICA V. 156. *Fitotecnia Colombiana* 2(1), 60-66.
- Bolaños, J. 1993. Bases fisiológicas del progreso genético en cultivares del PRM. P 11-19. En: Síntesis de resultados experimentales del PRM -1992. Vol 4. 60 p.
- Brandolini, A. y A. Brandolini. 2001. Classification of Italian maize (*Zea mays* L.) germplasm. *Plant Genetic Resources News Letter* 126, 1-11.
- CIMMYT/IBPGR. 1991. Descriptores para maíz. 30 p.
- De León, C. y S. Pandey. 1989. Improvement of resistance to ear and stalk rots and agronomy traits in tropical maize gene pools. *Crop Science* 29, 12-17.
- Geraldi, I.O.; J.B. Miranda y R. Vencovsky. 1985. Estimates of genetic parameters of tassel characters in maize (*Zea mays* L.) and breeding perspectives. *Maydica* 30, 1-14.

- Harding, K. 1996. Approaches to assess the genetic stability of plant genetic recovered from *in vitro* culture. En: Normah M.; M. Narimah y M.Clyde (eds.). *In vitro* Conservation of Plant Genetic Resources. pp. 135-168.
- Jaramillo, S.; M. Baena y J. Montoya. 2003. Material de apoyo a la capacitación en conservación *in situ* de la diversidad vegetal en áreas protegidas y en fincas. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali. 89 p.
- Lj, R.; M. Kang; O. Moreno y L. Pollak. 1998. Genetic variability in exotic x adapted maize (*Zea mays* L.) germplasm for resistance to maize weevil. *Plant Genetic Resources Newsletter* 114, 22-25.
- Kang, M.; O. Moreno y L. Pollak. 1998. Genetic variability in exotic x adapted maize (*Zea mays* L.) germplasm for resistance to maize weevil. *Plant Genetic Resources Newsletter* 114, 22-25.
- Ligarreto, A.G. 1995. Estadísticas aplicadas en el análisis de la información del germoplasma. En: Memorias Curso Taller sobre Caracterización del Germoplasma Vegetal. 6 p.
- Ligarreto, A.G.; P.A. Ballén y B.D. Huertas. 1998. Evaluación de la características cuantitativas de 25 accesiones de maíz (*Zea mays* L.) de la zona andina. *Revista Corpoica* 2(2), 1-5.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. 1996. Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo. Leipzig. 6 p.
- Orr A.R. y M.D. Sundberg. 1994. Inflorescence development in a perennial teosinte: *Zea perennis* (Poaceae). *American Journal of Botany* 81, 598-602.
- Pandey, S.; A.O. Diallo; T.M. Islam y J. Deutsch. 1987. Response to full-sib selection in four medium maturity maize populations. *Crop Science* 27, 617-622.
- Pérez-Colmenarez, A.A.; J.D. Molina-Galán y A. Martínez. 2000. Adaptación a clima templado de una variedad de maíz tropical mediante selección masal visual estratificada. *Revista Agropecuaria* 34, 533-542.
- Potter, R. y M. Jones. 1991. Molecular analysis of genetic stability. En: Dodds, J.H. (ed.). *In vitro* methods for conservation of plant genetic resources. Chapman and Hall, London, UK. pp. 71-91.
- Sarle, W.S. 1983. Cubic Clustering Criterion, Cary. En: SAS/ATAT. User's Guide. The cluster procedure. Version 6, 4th edition, 561 p.
- Singleton, G.W.; R. Banisadr y P.L. Keeling. 1997. Influence of gene dosage on carbohydrate synthesis and enzymatic activities in endosperm of starch-deficient mutants of maize. *Plant Physiology* 113, 293-304.
- Torregroza, M. 1984. Fundamentos del mejoramiento genético en las plantas cultivadas. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA (mimeografiado). Bogotá. 93 p.
- Wilhelm, E.P.; R.E. Mullenc; P.L. Keeling y G.W. Singleton. 1999. Heat stress during grain filling in maize. Effects on kernel growth and metabolism. *Crop Science* 39, 1733-1741.
- Young, F.W.; Y. Takane y J. Licuw. 1978. Monotone spline transformations for dimension reduction. *Psychometrika* 48, 575-595.