

IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RAZAS DE MAÍZ EN SISTEMAS CAMPESINOS TRADICIONALES DE DOS ÁREAS RURALES DE CUBA

IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF RACES OF MAIZE IN TRADITIONAL FARMING SYSTEMS IN TWO RURAL AREAS OF CUBA

Fernández Granda L¹, Crossa J², Fundora-Mayor Z¹, Castiñeiras Alfonso L¹, Gálvez Rodríguez G³,
García García M⁴, Giraudy Bueno C⁵.

¹Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), Ministerio de la Agricultura. ²Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México.

³Universidad de la Habana, Ministerio de Educación Superior. ⁴Centro Nacional de Áreas Protegidas-CITMA. ⁵Unidad de Servicios Ambientales de Guantánamo-CITMA.

Resumen

El maíz es uno de los cultivos económicos en los que se ha investigado y avanzado en la mejora genética, pero es necesario estudiar la diversidad local presente en las áreas rurales, la que es conservada y manejada *in situ*, en los huertos caseros y/o fincas de los agricultores, dada la importancia de este grano básico en la subsistencia familiar. Los objetivos de este trabajo fueron identificar y caracterizar las razas de maíz en pequeños predios rurales de dos zonas de Cuba aisladas geográficamente: Pinar del Río y Guantánamo. Se estudiaron 55 poblaciones tradicionales y se evaluaron 14 caracteres (nueve continuos y cinco categóricos) en la mazorca y el grano. Estos se procesaron empleando la estrategia en dos pasos WARD-Método Local Modificado (MLM) para el agrupamiento de observaciones, utilizando variables continuas y categóricas simultáneamente. Como medida de similaridad se empleó la distancia de Gower, utilizando para su cálculo el paquete estadístico SAS 9.0. De este análisis se derivó la formación de seis grupos y se identificaron cuatro de las razas de maíz más importantes para Cuba: Criollo, Canilla, Tusón y Argentino, lo que sugiere que los campesinos conservan *in situ* una parte importante de la di-

versidad de las razas presentes en el germoplasma cubano de maíz. Se sugiere el estudio en otras áreas del país, específicamente en la región Oriental, provincia de Guantánamo, con el objetivo de corroborar la presencia de otras razas descritas para Cuba, ya que éstas sólo han sido ubicadas en muy baja frecuencia en localidades específicas del Valle de Caujerí, en Guantánamo.

Palabras clave: razas de maíz, conservación *in situ*, variedades tradicionales, distancia de Gower, Ward-MLM

Abstract

Maize is a crop of high economic importance to Cuba and even though past studies have focused on progresses in genetic improvement of the species, little work exists today regarding the presence of local diversity in *in situ* conditions of the genetic variability found within farming systems in rural areas. The objective of this work was to identify and characterize races of maize in little farming systems in two zones of Cuba. 55 landraces were studied, and fourteen characters (nine quantitative and five categorical) were measured

Autor Corresponsal:

Fernández Granda, L. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), Ministerio de la Agricultura, Dom. Calle 1, esq. 2, Santiago de las Vegas, C.P.17 200, Ciudad Habana, Cuba. Tel. 5376830098, Correo electrónico: lfernandez@inifat.co.cu.

directly on the ears and kernels. The quantitative and categorical characters were statistically processed simultaneously, using Ward-MLM (Modified Local Model), with the Gower's distance as a similarity measure through the statistical package SAS 9.0. This analysis derived the formation of six groups and the presence of four Cuban races of maize: *Criollo*, *Tusón*, *Canilla* y *Argentino*; this suggests that peasants in those little households conserve *in situ* an important part of the diversity of races existing in the Cuban maize germplasm. Studies in other areas of the country are strongly suggested, specifically in the Guantánamo region, with the objective of confirming the presence of other races reported for Cuba, because these have been identified only in a very low frequency in other very specific localities of the Guantánamo province (in Caujerí's Valley).

Key words: races of maize, *in situ* conservation, landraces, Gower's distance, Ward-MLM.

Introducción

Las poblaciones de maíz son altamente heterogéneas, y la mayoría de los genes de las plantas se encuentran en genotipos heterocigóticos (Sevilla, 2006). El manejo del cultivo a pequeña escala por parte de los agricultores constituye una clave en la evolución del maíz y su diversidad (Pressoir y Berthaud, 2004), ya que por lo general, los agricultores conservan mezclas de dos o más variedades. Las prácticas de cultivo, que incluyen en muchas ocasiones el manejo de numerosas poblaciones diferentes de maíz en un área pequeña, ha propiciado toda la variabilidad que existe *in situ*, en los sistemas de fincas tradicionales. Una de las mayores incógnitas en la evolución del maíz es cómo explicar la extraordinaria diversidad morfológica y genética que existe entre los maíces tradicionales (Matsuoka *et al.*, 2002); aspecto de gran interés para los investigadores y genetistas del cultivo.

La conservación dentro de los sistemas agrícolas implica necesariamente un constante cambio en las poblaciones de los cultivos,

como resultado de los procesos de evolución y las prácticas de los agricultores. Es por ello que la conservación *in situ* se reconoce como un proceso dinámico, que se encuentra en las manos de los agricultores (Perales *et al.*, 2003).

Aunque el maíz es uno de los cultivos económicos en los que se ha investigado y avanzado en la mejora genética, no existen suficientes estudios de la diversidad local presente en las áreas rurales de Cuba, la que es conservada y manejada *in situ* por los agricultores, en sus huertos caseros y/o fincas, por ser este uno de los cultivos importantes en la subsistencia familiar cubana (Castiñeiras *et al.*, 2007).

Muchos agricultores cubanos cultivan las mismas variedades que sus antecesores cultivaban años atrás, y es evidente que la riqueza que poseen los campesinos en sus fincas es de vital importancia para el futuro, ya que a través de generaciones han mantenido sus variedades tradicionales con prácticas de producción y conservación de su propia semilla (Castiñeiras *et al.*, 2007).

El germoplasma de esta especie se clasificó por primera vez por Sturtevant (1899), citado por Brandolini (1970), separando los individuos en seis grupos de acuerdo al color, la forma y el tipo de grano (Gutiérrez *et al.*, 2003). Sin embargo, Anderson y Cluter (1942) criticaron esta clasificación e investigaron sobre el rango de variabilidad entre colecciones de germoplasma del cultivo, desarrollando el concepto de "**raza de maíz**", tomando como base los trabajos de Kuleshov (1929) sobre la diversidad fenotípica, así como la información genética y arqueológica existente, y derivado de lo anterior propusieron como definición de raza a: "**un conjunto de individuos relacionados con características en común, que permiten ser reconocidos como un grupo**".

Para Cuba, Hatheway (1957) describió siete razas de maíz, pero pocas han sido las investigaciones que han permitido documentar en toda su magnitud la presencia de las mismas hasta nuestros días. Además, es muy

posible que en el transcurso de 50 años algunas de ellas aún permanezcan, otras se hayan modificado y posiblemente otras más se han extinguido. Los objetivos de este trabajo fueron identificar y caracterizar las razas de maíz desde el punto de vista morfológico y agronómico, en fincas ubicadas en dos áreas protegidas.

Materiales y métodos

Para el estudio de la variabilidad de maíz existente *in situ*, se eligieron dos regiones ubicadas en áreas de pre-montaña de dos áreas protegidas; la primera en Sierra del Rosario, en la región occidental en la Cordillera de Guaniguanico, que incluye las Provincias Pinar del Río y La Habana, y la segunda en Cuchillas del Toa, en la región oriental, ubicada en el Macizo Sagua-Baracoa, de la provincia de Guantánamo. La distancia entre las áreas seleccionadas es de 1000 km. El estudio se llevó a cabo en el contexto de los proyectos desarrollados por Cuba, con el apoyo del IPGRI/CROCEVIA (“Proyecto piloto para la conservación *in situ* de la variabilidad de plantas de cultivo”, 1997-1998) e IPGRI/GTZ (“Contribución de los huertos caseros a la conservación *in situ* de la biodiversidad agrícola”, 1999-2001). Las regiones fueron seleccionadas por presentar alta variabilidad para algunos cultivos de interés

económico, con diferencias marcadas por área y cultivo, entre los que se encuentra el maíz. Se registraron además las características edafo-climáticas del área donde se encuentran las fincas estudiadas en ambas regiones (Tabla 1).

Las fincas para el muestreo de la variabilidad del maíz y su manejo se seleccionaron utilizando los siguientes criterios: presencia de variedades tradicionales, la sucesión segura y una permanencia en el lugar no menor de 15 años del dueño, la reproducción de su propia semilla y el interés de los agricultores en apoyar la investigación. Se involucraron nueve comunidades en total, siendo las de Occidente: la Flora, La Tumba, Los Tumbos y Río Hondo y las de Oriente: La Carolina, La Vuelta, La Munición, Rancho de Yagua y Vega Grande.

Los estudios de variabilidad se realizaron en las fincas de occidente y oriente mencionadas, dónde existían mazorcas disponibles en el momento del muestreo. Se consideraron las muestras de cada uno de las variedades identificadas por los agricultores como accesiones independientes, considerando el sistema de reproducción alógamo de la especie y el manejo que de éstas hace el agricultor en la finca, ya que no practican el aislamiento entre cultivares, y mezclan la semilla después de la cosecha.

Tabla 1

Ubicación geográfica y principales características edafo-climáticas de las regiones estudiadas.

Características	Región Occidental	Región Oriental
Ubicación	Sierra del Rosario (Pinar del Río)	Parque Nacional “Alejandro de Humboldt” (Guantánamo)
m.s.n.m. (promedio)	156	684
Temperatura (media anual) °C	24.4	16-23
Precipitaciones (media anual) mm	2013.9	2048
Actividad fundamental	Café y Turismo	Pinares endémicos
Suelos predominantes	Ferralítico Rojo, Ferralítico Rojo Lixiviado y Ferralítico Amarillo Lixiviado	Ferralítico Rojo, Ferralítico Rojo Lixiviado y Pardo Sialítico

El estudio se realizó entre los meses de agosto y septiembre del 2005, utilizando muestras que fueron cosechadas entre abril y mayo del mismo año. Para ello, se seleccionaron 25 mazorcas por cada uno de los tipos presentes en las fincas, y las mediciones de los granos se realizaron en diez granos por tipo. Se midieron 14 caracteres correspondientes a la mazorca y el grano (nueve cuantitativos y cinco categóricos), de acuerdo con lo reco-

mendado por CIMMYT/IBPGRI (1991) (actual *Bioversity International*), los que se listan en la Tabla 2. Estas evaluaciones se realizaron en las fincas de los agricultores.

Para identificar y caracterizar las razas de maíz presentes en ambas regiones, se aplicó la estrategia en dos pasos Ward-MLM, propuesta por Franco *et al.* (1998, 1999, 2002, 2005) y por Franco y Crossa (2002).

Tabla 2.

Caracteres evaluados según su clasificación, unidad de medida (UM), acrónimo y tamaño de la muestra en los 55 cultivares conservados en las fincas de los agricultores (CIMMYT/IBPRI, 1991).

	Caracteres cuantitativos UM	acrónimo	Tamaño de la muestra
1	Longitud de la mazorca sin brácteas (cm)	LM	25 mazorcas/tipo identificado
2	Diámetro de la mazorca sin brácteas (cm)	DM	
3	Número de granos por hilera	NGH	
4	Número de hileras de granos	NHG	
5	Diámetro del olote (cm)	DO	
6	Longitud del grano (mm)	LG	10 granos/ tipo identificado
7	Ancho del grano (mm)	AG	
8	Grosor del grano (mm)	GrG	
9	Peso de 100 semillas (g)	P100S	3 muestras/tipo identificado
	Caracteres categóricos		
10	Forma de la mazorca	FM	25 mazorcas/tipo identificado
11	Color del olote	CO	
12	Disposición de hileras de grano	DHG	
13	Color del grano	CG	25 mazorcas/tipo identificado
14	Tipo de grano	TG	

Resultados y discusión

A partir del análisis Ward-MLM se obtuvieron seis grupos y la media de las probabilidades de asignación de cada observación por grupo fue de 0.99. Estos resultados están en correspondencia con los obtenidos por Franco *et al.* (1998) y Yáñez *et al.* (2004), quienes empleando el mismo método en otras colecciones de germoplasma de maíz, obtuvieron promedios de probabilidad de asignación de 0.90 y 0.98, y

menos del 5 y 2% de los materiales tuvieron probabilidad del 0.50 y 0.75, respectivamente. Estos valores también coinciden con los reportados por Fernández *et al.* (2009), en el estudio realizado en la colección *ex situ* del cultivo.

En la Tabla 3 se puede apreciar que el carácter LM presentó coeficientes de variación bajos, exceptuando los grupos 2 y

6 que exhibieron valores ligeramente altos (13.27 y 17.43%); para el DM el valor más elevado fue para el grupo 3 con 11.88% y el resto mostró valores muy pequeños. Una vez más el grupo 3 sobresale con el mayor valor de coeficiente de variación para DO con 32.14%, seguido de los grupos 6 y 1 con valores moderados; los otros grupos expresaron poca variación.

En el caso del NGH, los grupos 6, 3 y 2 revelaron los valores más elevados (18.26, 12.23 y 11.42%, respectivamente) y el resto obtuvo valores bajos. Para el NHG todos los grupos presentaron valores bajos, aunque el del grupo 4 fue superior con 10.70%. Las dimensiones del grano mostraron poca variación en los grupos formados, exceptuando el grupo 3, en el que la LG tuvo un valor de 15.30%. Sin embargo, el carácter que alcanzó los valores más elevados de manera general fue el P100S, donde los grupos 3, 4, 5 y 1 tuvieron valores que oscilaron entre 14.08 y 29.62%, y el mayor valor fue el del grupo 3, seguido por el grupo 4.

Al analizar los seis grupos, el grupo 1 mostró los mayores valores de coeficiente de variación para AG y GrG, el grupo 3 fue el que presentó los coeficientes de variación más altos para los caracteres DM, DO, NGH, LG y P100S, el grupo 4 para NHG y el grupo 6 para LM y NGH. En todos los grupos se detectó cierta dispersión para el P100S, seguido por el NGH y por último la LM; apuntando que estos caracteres son los más variables. En el grupo 4 el carácter NHG mostró valores de dispersión mayores que la unidad.

Los valores promedio de distancia de Gower (d) oscilaron entre 0.63 y 0.78; y se destacan los grupos 6 y 4 con 0.78 y 0.77, respectivamente, con los mayores valores, por lo que son los más diversos, ya que presentan valores cercanos a 1. Por el contrario el grupo 1, resultó ser el de menor valor de distancia de Gower. Los grupos 2, 3 y 5 presentaron valores muy cercanos, que oscilaron entre 0.69 y 0.71. No obstante, los valores de distancia de Gower alcanzados en cada grupo pueden considerarse elevados, y por consiguiente indicadores de alta diversidad dentro de cada uno de ellos.

Tabla 3

Descripción de los grupos formados mediante la estrategia Ward MLM. Número de accesiones por grupo (frecuencia), medias, coeficiente variación (cv), desviación estándar (ds) de las variables continuas y valor de distancia de Gower (d) media para cada grupo.

grupo	d promedio		LM	DM	DO	NGH	NHG	LG	AG	GrG	P100S
1	0,63	media	17.3	3.92	1.83	39.4	13.4	1.19	0.74	0.35	25.43
		cv	8.38	6.86	11.7	8.35	4.75	6.44	7.85	8.45	14.08
		ds	1.45	0.26	0.21	3.29	0.63	0.07	0.05	0.03	3.58
2	0,71	media	17.2	4.46	2.4	38.6	13.0	1.17	0.85	0.38	31.88
		cv	13.3	4.23	4.4	11.4	3.53	6.66	3.23	4.89	6.68
		ds	2.27	0.18	0.1	4.4	0.45	0.07	0.02	0.01	2.13
3	0,69	media	16.1	4.4	3.1	30.3	12.9	1.01	0.87	0.43	25.83
		cv	7.43	11.9	32.1	12.2	5.92	15.3	5.21	5.69	29.62
		ds	1.19	0.52	0.99	3.7	0.76	0.15	0.04	0.02	7.65
4	0,77	media	15.8	4.65	2.86	32.0	14.8	1.04	0.84	0.39	28.25
		cv	6.85	3.8	5.61	6.1	10.7	9.66	6.36	5.65	21.57
		ds	1.08	0.17	0.16	1.95	1.58	0.1	0.05	0.02	6.09
5	0,7	media	17.4	4.4	2.39	37.5	12.7	1.18	0.9	0.38	30.35
		cv	8.74	6.5	9.28	8.84	3.99	6.46	6.33	5.78	15.79
		ds	1.52	0.28	0.22	3.31	0.5	0.07	0.05	0.02	4.79
6	0,78	media	18.3	4.23	2.38	36.8	12.2	1.13	0.9	0.38	31.88
		cv	17.4	8.93	16.7	18.3	8.92	4.37	5.8	4.81	7.88
		ds	3.18	0.37	0.39	6.72	1.08	0.04	0.05	0.01	2.51

LM: Longitud de la mazorca (cm), DM: Diámetro de la mazorca (cm), NHG: Número de hileras de grano, NGH: Número de granos por hilera, DO: Diámetro del olote (cm), LG: Longitud del grano (mm), AG: Ancho del grano (mm), GrG: Grosor del grano (mm) y P100S: Peso de 100 semillas (g)

cv - coeficiente de variación (%)

ds - desviación estándar

En la Tabla 4, para los atributos categóricos, se aprecia por otra parte que la forma de la mazorca cilíndrico-cónica es la que más sobresale, con menor proporción en los grupos 3 y 6. La forma cilíndrica aparece representada en los grupos 3, 5 y 6; y la forma de cigarro se localiza solamente en los grupos 1 y 6. El grupo 6 resultó ser el más variable por presentar diferentes estados para este atributo.

Para el color del olote, al igual que en la colección *ex situ*, predominan los de color blanco, distribuidas en todos los grupos, destacándose los grupos 1, 3, 4 y 6 con el total de olotes de este color; encontrándose una menor frecuencia de olote blanco en el grupo 5. Sin embargo, el grupo 5 reunió accesiones que presentaron olote de color morado y jaspeado, constituyendo así el grupo más heterogéneo de todos para este atributo, seguido por el 2, que presentó como segunda variante, olotes jaspeados.

Tabla 4
Descripción de los grupos formados mediante la estrategia Ward MLM. Número de accesiones por grupo (frecuencia) y porcentajes en que se manifiestan las diferentes modalidades de las variables categóricas por grupo.

Grupos		1	2	3	4	5	6	
Número de variedades		12	12	4	8	13	6	
Porcentaje de los diferentes estados de cada variable categórica	Forma de la mazorca	cilíndrica			25.00		7.69	16.66
		cilíndrica-cónica	83.33	100.00	75.00	100.00	92.30	66.66
		cigarro	16.66					16.66
	Color olote	del blanco	100.00	66.66	100.00	100.00	53.89	100.00
		morado					30.76	
		jaspeado		33.33			15.38	
	Disposición de hileras de grano	Regular	100.00	83.33	100.00	75.00	84.61	100.00
		Recta				25.00		
		Espiral		16.66			15.38	
	Color grano	del Jaspeado		33.33			7.69	
		Amarillo				12.50	7.69	66.66
		Amarillo-naranja	91.66	41.66	75.00	12.50	38.46	33.33
		Naranja		8.33		62.50		
		Naranja-Rojo	8.33	16.66	25.00	12.50	15.38	
		Rojo					30.76	
	Tipo de grano	Dentado	75.00	91.66			92.30	50.00
		semi-dentado	25.00	8.33				16.66
		semi-cristalino			75.00	12.50	7.69	33.33
		Cristalino			25.00	87.50		

La disposición de hileras de granos que más abundó en los maíces *in situ* fue la regular y los grupos 1, 3 y 6 presentan todas sus mazorcas con esta disposición; sin embargo, los grupos 2 y 5 presentan la disposición en espiral y el 4 en forma recta, aunque con un porcentaje bajo, siendo éstos los más diversos para este carácter.

En cuanto al color del grano, los grupos 1 y 3 mostraron mayor representatividad del

color amarillo-naranja, aunque en todos los grupos estuvo presente este color, y como segunda variante el color naranja-rojo, que se encuentra también en todos los grupos, excepto en el 6. El grupo 2 presentó las mayores frecuencias para los colores amarillo-naranja, el jaspeado, el naranja rojo y naranja, en ese orden. El grupo 4 incluyó a los genotipos con granos de color naranja, aunque presentó otros colores como son amarillo, amarillo-naranja y naranja-rojo, en bajas proporciones. El grupo 5 reflejó una am-

plia gama de colores que van desde jaspeados hasta rojos, siendo este el más diverso, donde prevalece el color amarillo-naranja, seguido por el rojo. El grupo 6 se distinguió por tener la mayor cantidad de accesiones de grano color amarillo, seguido por las de color amarillo-naranja.

En el caso del tipo de grano predominó el dentado para los grupos 1, 2, 5, y en menor frecuencia en el 6. De igual manera, se detectó que los grupos 1, 2 y 6 incluyeron en proporción más baja los tipos semi-dentados; además, los grupos 5 y 6 presentaron la variante de tipo de granos semi-cristalino. El grupo 6 presentó tres tipos de granos diferentes, por lo que se considera el más variable para este carácter. Los granos cristalinos caracterizaron al grupo 4 y en menor proporción al 3, y para el tipo semi-cristalino ocurrió lo contrario.

De manera general, al analizar los diferentes estados de los caracteres categóricos en los seis grupos, se puede concluir que hay grupos

muy bien definidos en cuanto a estos atributos y que los grupos 4 y 6 son los más heterogéneos, ya que presentan en ocasiones varios estados para un mismo carácter; esto se refleja además en los altos valores de distancia de Gower.

La Tabla 5 muestra las relaciones entre los caracteres cuantitativos y las variables canónicas. Las tres primeras variables canónicas explicaron el 93% de la variabilidad. Se detectaron 12 correlaciones, de ellas cinco en sentido negativo, ubicadas cuatro en la canónica 1 y una en la canónica 3. La variable canónica 1 está correlacionada de manera negativa con las variables DM, DO, AG y GrG, y de manera positiva con NHG y LG. La variable canónica 2 está asociada a DM y al NHG. Por último, la variable canónica 3 está asociada de forma negativa al NHG y positivamente a LG, AG y P100S. Estas correlaciones de los caracteres con las variables canónicas son las que definen la distribución espacial de los cultivares en función de las dimensiones de la mazorca y el grano.

Tabla 5
Estructura canónica total de los caracteres cuantitativos evaluados en los 55 cultivares estudiados in situ.

	canónica 1	canónica 2	canónica 3
	59.51	24.55	9.54
% Acumulado	59.51	84.06	93.60
LM	0.15	-0.31	0.18
DM	-0.46	0.48	0.30
DO	-0.74	0.35	-0.02
NGH	0.55	-0.23	0.35
NHG	0.04	0.61	-0.46
LG	0.49	-0.22	0.43
AG	-0.59	-0.12	0.59
GrG	-0.64	0.08	0.15
P100S	-0.10	0.05	0.53

LM: Longitud de la mazorca (cm), DM: Diámetro de la mazorca (cm), NGH: Número de hileras de grano, NGH: Número de granos por hilera, DT: Diámetro del olote (cm), LG: Longitud del grano (mm), AG: Ancho del grano (mm), GrG: Grosor del grano (mm) y P100S: Peso de 100 semillas (g)
Valores en negrita e itálica tienen las mayores contribuciones

La Figura 1 muestra la distribución espacial de las variables canónicas en los seis grupos formados a partir de este análisis. Se puede observar que el grupo 1 se ubicó hacia la derecha del gráfico, en el centro quedaron los grupos 2, 5 y 6 y hacia la izquierda los grupos 3 y 4. También las Tablas 3 y 4 permiten comprender la distribución de las variedades estudiadas, según sus características categóricas y cuantitativas, así como el valor promedio de

distancia de Gower por grupo. Al analizar los grupos y considerando la procedencia de las variedades locales que conforman cada uno, se pudo apreciar que existen diferencias marcadas entre ellos. Los grupos 1 y 2 concentran 12 accesiones cada uno, procedentes de Oriente; los grupos 3 y 4 reúnen cuatro y ocho accesiones respectivamente de Occidente; el 5 dos de Occidente y 11 de Oriente, para un total de 13 y el 6, cinco de Occidente y una de Oriente.

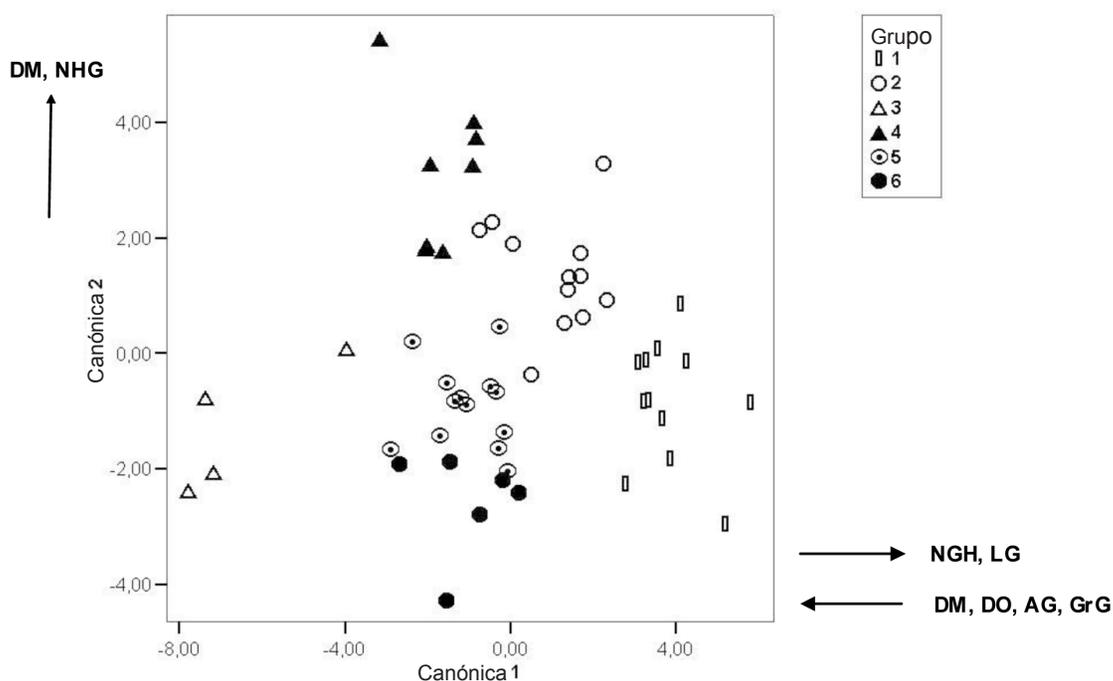


Figura 1 Distribución de los cultivares procedentes del estudio en las fincas rurales en las variables canónicas 1 y 2.

La Tabla 6 muestra los valores promedio de los caracteres cuantitativos para las razas identificadas, así como su tipo y color del grano; elementos claves que hicieron posible su identificación en los seis grupos formados.

El grupo 1 está constituido por 12 variedades tradicionales de Oriente, nueve corresponden al nombre 'Cuña'/'Tradicional'/'Tusa Fina' y la variedad tradicional 'Sin Nombre',

que presentan como característica fundamental mazorcas delgadas, con los valores más bajos para el diámetro del olote, con granos largos de poco ancho y grosor, color amarillo-naranja y tipo dentado (Tabla 6 y Figura 1). Estos elementos soportan la presencia de la raza Canilla, reportada por Hatheway (1957), quién expresa que esta raza se conoce por muchos agricultores como maíz sin olote y que aparece fundamentalmente en la antigua provincia Oriente.

En este grupo quedaron incluidos también dos cultivares que responden al nombre de 'Pollo', lo que sugiere en cierta forma la presencia de la raza Amarillo Reventador (*Yellow pop*), que se conocía como 'Maíz de Pollo Enano', y era ya difícil de encontrar en los años 50 del siglo pasado. No obstante, estos materiales encontrados poseen características muy similares a las descritas por Hatheway (1957) para esta raza, mazorcas y granos pequeños, de forma de cuña y de color amarillo-naranja. Sin embargo, estos dos cultivares no presentaron el grano con endospermo reventador, sino semi-dentado, hecho que puede deberse a la

introgresión de genes de otras variedades, debido a las prácticas de los agricultores de no utilizar el aislamiento entre variedades; prueba de ello es que el tipo de grano dominante en esta región es el dentado, lo cual sugiere que, de manera espontánea, se hayan producido hibridaciones, ocasionando la erosión genética de los atributos del endospermo tipo reventador (Hallauer y Miranda, 1988). Aunque hay cierto parecido entre estos dos cultivares con las características mencionadas por Hatheway (1957) para la raza Amarillo Reventador, el tipo de grano fue el que conllevó a que se clasificaran como pertenecientes a la raza Canilla.

Tabla 6
Valores promedio para los caracteres cuantitativos, tipo y color del grano de las razas identificadas según grupo formado por la estrategia Ward-MLM.

Raza	Criollo				Argentino	Tusón				Canilla
Grupo	3	5	6	media	4	2	5	6	media	1
Número de observaciones	4	1	2	7	8	12	12	4	28	12
LM	16.08	16.83	18.09	17	15.82	17.15	17.44	18.37	17.65	17.31
DM	4.4	4.28	4.38	4.35	4.65	4.46	4.42	4.16	4.34	3.93
DO	3.1	2.31	2.68	2.7	2.87	2.41	2.4	2.24	2.35	1.83
NHG	12.85	12.33	12.44	12.54	14.77	12.98	12.76	12.05	12.59	13.4
NGH	30.25	37.17	36.78	34.73	32	38.55	37.49	36.87	37.64	39.44
LG	1.01	1.11	1.1	1.07	1.05	1.18	1.19	1.15	1.17	1.19
AG	0.88	0.89	0.93	0.9	0.84	0.86	0.91	0.9	0.89	0.75
GrG	0.43	0.38	0.39	0.4	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.36
P100s	25.83	28.17	31.92	28.64	28.25	31.89	30.54	31.88	31.44	25.44
CG	AN	AN	AN		N	AN y J	AN y R	A		AN
TG	SC y C	SC	SC		C y SC	D y SD	D y SC	D y SD		D y SD

LM: Longitud de la mazorca (cm), DM: Diámetro de la mazorca (cm), NHG: Número de hileras de grano, NGH: Número de granos por hilera, DO: Diámetro del olote (cm), LG: Longitud del grano (mm), AG: Ancho del grano (mm), GrG: Grosor del grano (mm) y P100S: Peso de 100 semillas (g), CG: Color del Grano (A-Amarillo, AN-Amarillo-Naranja, N-Naranja, NR-Naranja –Rojo, R-Rojo, J-Jaspeado), TG: Tipo de Grano (C-Cristalino, D-Dentado, SC-Semi-cristalino, SD-Semi-dentado).

El grupo 3 concentró cuatro variedades de Occidente, tres de ellas que corresponden al nombre de 'Criollo', lo cual sugiere la presencia de la raza Criollo en ese grupo, ya que ésta se distingue por poseer mazorcas de granos de tamaño mediano. El color predominante de estas accesiones es el amarillo-naranja y el tipo de grano semi-cristalino. Hatheway (1957) refiere que este maíz puede encontrarse en toda la isla y que es un tipo intermedio entre las razas Argentino y Tusón.

El grupo 4 reúne ocho variedades de Occidente, siete de ellas corresponden a la raza 'Criollo' y sus características son relativamente parecidas a las del grupo 3, excepto por el color del grano, ya que en este grupo predominó el color naranja. Esto sugiere la presencia de la raza Argentino, que fue reportada únicamente en Oriente por Hatheway (1957). La presencia abundante de esta raza en Occidente, puede estar influenciada por el criterio de selección de algunos agricultores emigrantes, que se han asentado en esta zona, y por el hábito de consumo preferencial hacia ese color del grano. La migración de la población desde la región Oriental de Cuba hacia otras regiones del país, ha contribuido a la dispersión de esta raza, trayendo consigo quizás modificaciones en los hábitos de consumo en los agricultores de la zona Occidental. Esto puede catalogarse como un fenómeno puramente social, donde el factor antrópico es clave en la dispersión de sus hábitos y costumbres, ya que las personas muchas veces se trasladan llevando consigo no sólo sus conocimientos, sino también las semillas de sus variedades. La pérdida del nombre con que se conocía esta raza, puede deberse a su semejanza con la raza Criollo.

Los grupos 2 y 5, tienen más del 90% de sus integrantes con granos dentados. Entre las características sobresalientes de la raza Tusón están que poseen mazorcas con grandes dimensiones y valores elevados para el resto de los caracteres evaluados del grano. El grupo 2 concentra 12 variedades de la región Oriental y el 5, 11 de esta región y dos del Occidente. La principal característica distintiva de estos dos

grupos radica en la variación del color del grano, ya que en el prevalece el color amarillo-naranja, seguido del jaspeado y en baja frecuencia el naranja-rojo y naranja. En el grupo 5 las coloraciones son amarillo-naranja, seguido por el rojo, naranja-rojo y en menores proporciones granos amarillos y jaspeados.

Estas características, fundamentalmente en las dimensiones de las mazorcas, coinciden con lo reportado por Hatheway (1957) para la raza Tusón, ubicando su posible origen en la antigua provincia de Oriente. Los 11 cultivos de la región Oriental encontrados en el grupo 5 y uno de Occidente se clasificaron como raza Tusón y el otro cultivar de Occidente, con grano semi-cristalino, fue clasificada como Criollo y es denominado también así por los agricultores.

Por último, el grupo 6 se caracteriza por presentar las mazorcas más grandes y gruesas, con valores elevados para todos los caracteres del grano. En este grupo se encuentra un cultivar local de Oriente y cinco procedentes de Occidente. De esta última región, tres corresponden al maíz 'Gibara', variedad comercial rescatada por Carlos González del Valle en 1936, siendo su procedencia la antigua provincia Camagüey, y que resulta un representante genuino de la raza Tusón. Tanto el cultivar de Oriente ubicado en este grupo, como los tres denominados 'Gibara' corresponden a la raza Tusón. Por otra parte, se incluyen dos variedades tradicionales de Occidente, nombradas 'Criollo' y que se clasifican como pertenecientes a la raza Criollo, provenientes de las fincas 11 y 17, con granos semi-cristalinos, siendo muy probable que en algún momento se hayan mezclado con la vc. 'Gibara' como consecuencia de la cercanía con otras fincas colindantes que siembran esta variedad comercial.

Este hecho es otro de los ejemplos del cruzamiento aleatorio entre esas variedades, producto del manejo de la producción de semilla; que unido a la selección del agricultor, propicia que estas variedades mantengan caracteres distintivos entre ellas, pero que se

parezcan en gran medida a la variedad comercial 'Gibara'. Es importante señalar que la variedad de la región Oriental incluida en este grupo corresponde a la denominación de 'Canilla', pero no corresponden a sus características morfo-agronómicas de la raza del mismo nombre, lo que no ha podido ser aclarado aún a partir de la información de que se dispone hasta el momento y el sistema de nomenclatura usado por los agricultores.

En los casos de los grupos 1 y 2, todas los cultivares corresponden a las fincas de Oriente; por las características antes descritas, se identifica para el grupo 1 la raza Canilla y en el 2 la raza Tusón, cada una con 12 accesiones. Es posible que dentro de ellas se encuentren algunos cultivares que sean duplicados. Situación similar se obtuvo en los grupos 3 y 4, con cuatro y ocho cultivares, pero procedentes de Occidente, y se clasificaron como razas Criollo y Argentino, respectivamente.

La posible presencia de duplicados de una misma raza en estas regiones, sugiere que esto pueda deberse a la ocurrencia de una selección convergente hacia cultivares demandados por los agricultores, con características similares relacionadas con sus preferencias y costumbres. O bien, debido al intercambio de semillas que se produce entre los agricultores; algunos cultivares pueden ser similares y estar presentes en más de una finca, porque se prefieran por su mejor adaptación a las condiciones edafo-climáticas de cada región, o por otros atributos comunes demandados por los agricultores.

Otro ejemplo de posibles duplicados, pero entre las regiones, es el caso del grupo 5 con la raza Tusón, donde 11 cultivares son de Oriente y uno de Occidente. Las migraciones de la población desde la región Oriental de Cuba hacia otras partes del país, pueden y de hecho han propiciado la dispersión de esta raza, con la posibilidad de que se haya producido la ocurrencia de duplicados en este grupo. La estructura genética particular de los cultivares manejados (número de variedades por

fincas) y la selección direccional hacia atributos similares demandados por los agricultores, son también sin duda factores condicionantes de la eventual aparición de los mismos. El proceso de detección de duplicados es muy complejo, y para ello es necesario el empleo de otras técnicas, como los marcadores moleculares, microsatélites o SSR's, entre otros (IPGRI, 2004; Spooner *et al.*, 2005).

Franco e Hidalgo (2003) plantearon que la detección de duplicados en una colección de germoplasma es un tema de discusión complejo. La identificación de duplicados está en función de la valoración de los caracteres genéticos de una población o accesión. Igualmente, se debe tener presente la precisión o validez de las comparaciones, ya que en el sentido estricto de la genética de poblaciones se pueden encontrar ciertas similitudes o 'igualdades' entre dos accesiones aunque no sean exactamente duplicados. Se denomina redundancia al germoplasma que tiene un genotipo en común, pero la redundancia no es propiamente un duplicado (Sevilla, 2004).

Pressoir y Berthaud (2004) expresaron que las características de las variedades tradicionales son creadas o mantenidas por un proceso activo, resultado del origen cultural de los agricultores y los criterios de selección, lo que se ajusta a la situación particular que se plantea. Los agricultores cubanos le otorgan nombre coincidentes en muchos casos con los términos utilizados por Hatheway (1957) para describir las razas cubanas de maíz. Esto explica en primera instancia que, a pesar de no ser común la práctica del aislamiento en la siembra de diferentes cultivares de esta especie en los sistemas tradicionales, estas razas se mantienen en la actualidad, y en segundo lugar, que aún conservan sus características distintivas.

La distribución de las razas encontradas, en los seis grupos formados, es la que a continuación se describe. Se destaca la raza Tusón, con la mayor frecuencia en los grupos 2, 5 y 6; a continuación le sigue la raza Canilla,

localizada en el grupo 1, y la raza Argentino, localizada en el grupo 4; por último, la raza Criollo se ubicó en los grupos 3, 5 y 6.

Hallauer y Miranda (1988) señalaron, coincidiendo con los resultados obtenidos, que las razas se distinguen por diferentes caracteres cuantitativos y cualitativos, que son frecuentemente variables dentro de una misma raza y los niveles de diferenciación entre ellas no son siempre los mismos y a veces son sutiles, pero las razas parecen mantenerse por sí mismas por muchas generaciones sin perder su identidad. Sevilla (2006) destacó que las razas generalmente son mantenidas por los agricultores cuando tienen algún valor y no necesariamente económico; este propio autor señaló que la clasificación racial del maíz se ha hecho por aproximaciones sucesivas.

Se puede afirmar que aún se encuentran, en las dos regiones estudiadas, cuatro de las razas descritas por Hatheway (1957): Criollo, Canilla, Tusón y Argentino. La presencia de estas razas en los sistemas tradicionales de Cuba, sugiere que se diferencian por su morfología y adaptación a las regiones donde se localizan y que han evolucionado en virtud de las demandas, los usos y las costumbres de los agricultores cubanos que las han conservado hasta nuestros días, jugando en esto un papel crucial, la selección realizada por ellos. Su presencia debe considerarse como un componente importante en la cultura de las regiones estudiadas, como lo son también el idioma, la música, las costumbres y la preparación de alimentos, entre otras manifestaciones culturales, como afirmara Sevilla (2006).

Conclusiones y recomendaciones

Se demostró la presencia de cuatro razas cubanas de maíz (Criollo, Tusón, Canilla y Argentino), en las fincas ubicadas en las dos áreas protegidas de Cuba, lo que sugiere el establecimiento de una política adecuada de manejo, que considere los diversos factores que ponen en riesgo la permanencia de la variabilidad tradicional de maíz del país para el futuro.

La distribución del cultivo del maíz en los sistemas tradicionales de las dos áreas estudiadas indicó una mayor presencia de éste en la región oriental, con una mayor diversidad en los cultivares tradicionales identificados, así como en las formas de manejo, por lo que se deben realizar nuevas colectas en otras áreas rurales de Cuba, especialmente en la región Oriental, con la finalidad de detectar la presencia de algunas razas poco representadas y eventualmente otras razas nuevas.

Se recomienda incrementar investigaciones multidisciplinarias, que permitan profundizar en los riesgos asociados al manejo del cultivo del maíz, así como utilizar metodologías como los marcadores moleculares para profundizar en las relaciones filogenéticas entre las razas.

Agradecimiento

Deseamos agradecer a *Bioversity Internacional* (antiguo IPGRI) y al IDRC por los fondos destinados para la realización del estudio en las fincas rurales de Cuba. También queremos dar las gracias a los agricultores de Pinar del Río y Guantánamo, por su apoyo durante todo el trabajo de campo, así como a todo el equipo de investigación.

Literatura citada

- Anderson E, Cluter HC. Races of *Zea mays*. I. Their recognition and classification. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 1942; 29: 69-88.
- Brandolini A, Brandolini A. Classification of Italian Maize (*Zea mays* L.) germplasm. *Plant Genetic Resources Newsletter* 2001; 126: 1-11.
- Castiñeiras L, Barrios O, Fernández L, León N, Shagarodsky T, Fundora-Mayor Z, *et al.* Informe final del Proyecto Internacional en: Manejo adaptativo de los sistemas de semillas y flujo genético para una agricultura de sostenible y el mejoramiento de la subsistencia en los trópicos húmedos de México, Cuba y Perú 2007; 67.
- CIMMYT/ IBPGR. Listado de descriptores de maíz. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos 1991; 85.
- Fernández L, Crossa J, Fundora-Mayor ZM, Gálvez G, Acuña G, Guevara C. Identificación y caracterización agromorfológica de razas cubanas de maíz en la colección nacional del cultivo. *Revista Cultivos Tropicales* 2009; 30: 62-70.
- Franco J, Crossa J, Díaz J, Taba S, Villaseñor J, Eberhart SA. Classifying Genetic Resources by categorical and continuous variables. *Crop. Science* 1998; 38: 1688-1696.
- Franco J, Crossa J, Díaz j, Taba S, Villaseñor S, Eberhart SA. A sequential clustering for classifying gene bank accessions. *Crop Science* 1997; 37: 1656-1662.
- Franco J, Crossa J, Villaseñor S, Taba S, Eberhart SA. A two stages, three way method for classifying genetic resources in multiple environments. *Crop Science* 1999; 39: 259-267.
- Franco J. Crossa J. The modified location model for classifying genetic resources: I. Association between categorical and continuous variables. *Crop Science* 2002; 42: 1719-1726.
- Franco J, Crossa J, Taba S, Eberhart SA. **The modified location model for classifying genetic resources: II. Unrestricted variance-covariance matrices.** *Crop Science* 2002; 42: 1727-1736.
- Franco J, Crossa J, Taba S, Shands H. 2005 A sampling strategy for conserving diversity when forming core subsets. *Crop Science* 2005; 45: 1035-1044.
- Franco J. Crossa J, Warburton, Marilyn, Taba S. **Diversity When Forming Core Subsets Using Genetic Markers** *Crop Science* 2006; 46: 854-864.
- Franco TL, Hidalgo R. Análisis Estadísticos de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín Técnico No. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) Cali, Colombia 2003; 89.
- Gutiérrez L, Franco J, Crossa J. Abadie T. Comparing a preliminary racial classification with a numerical classification of the maize landrace of Uruguay. *Crop Science* 2003; 43: 718-727.

- Hallauer AR, Miranda JB. Quantitative Genetics in Maize Breeding. The IOWA State University Press, Ames IOWA 1988; 468.
- Hatheway WH. Races of maize in Cuba. Publication 453. National Academy of Sciences National Research Council, Washington DC 1957; 75.
- IPGRI. Módulos de Aprendizaje sobre Marcadores Moleculares. Institute for Genomic Diversity, Cornell University. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Roma Italia 2004; ISBN 92-9043-666-2. Vol.:1, 2.
- Kuleshov NN. The geographical distribution of the varietal diversity of maize in the world. Trudy po Prikladni Botanike, Genetike, i Seleksii. Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding and Lenin Academy of Agricultural Sciences USSR 1929; 20: 506-510.
- Matsuoka Y, Vigoroux Y, Goodman MM, Sanchez GJ, Buckler E, Doebley J. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 2002; 99: 6080-6084.
- Perales H. Brush SB. and Qualset Dynamic management of maize landraces in Central Mexico. Economic Botany 2003; 57: 21-34.
- Pressoirs G, Berthaud J. Population structure and strong divergent selection shape phenotypic diversification in maize landraces. Heredity 2004; 92: 95-101.
- Sevilla R, Holle M. Recursos genéticos vegetales. Electronic Data System Luis León Asociados S. R. L. 2004; 445.
- Sevilla R. Colecta y clasificación para programar la conservación *in situ* de la diversidad de maíz en la Amazonía peruana. *En*: Fundamentos genéticos y socioeconómicos para analizar la agrobiodiversidad en la región Ucayali, 16 de enero del 2003, Puclallpa, Perú. Bioersity International, Cali Colombia 2006; 33-50.
- Spooner DR, Treuren V, De Vicente MC. Molecular markers for genebank management. Technical Bulletin N010. The International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Rome Italy 2005.
- Sturtevant EL, Varieties of corn. United States Department of Agriculture off Experiment Station Bulletin 1899; 57.
- Yáñez C, Sánchez V, Caicedo M, Zambrano J, Franco J, Taba S. La colección núcleo de los recursos genéticos de maíces de altura ecuatorianos. *En*: Barrandiarán Gamarra M, Chávez Cabrera A, Sevilla Panizo r, Narro León T. (Eds.) XX Reunión Latinoamericana de Maíz, 2004, octubre. 11-14, 492-503. Lima.gura 1 Distribución de los cultivares procedentes del estudio en las fincas rurales en las variables canónicas 1 y 2.