



PRESENCIA DE LA VARIABILIDAD *Ex Situ* E *In Situ* EN EL GERMOPLASMA CUBANO DE MAÍZ (*Zea mays* L.). IMPORTANCIA DE LA COMPLEMENTACIÓN DE AMBOS ENFOQUES DE CONSERVACIÓN

Presence of variability *Ex Situ* and *In Situ* in the cuban germplasm of maize (*Zea mays* L.). Importance of the complementation of both conservation approaches

Lianne Fernández Granda[✉], José Crossa, Zoila Fundora-Mayor, Guillermo Gálvez Rodríguez, Gloria Acuña Fernández y Carlos Guevara Vázquez

ABSTRACT. This investigation was carried out with the objective of identifying and characterizing the races of maize, from the morphological and agronomic point of view, keeping in mind the strategy and status of conservation of the samples, as well as to establish the dynamics of races in the time, and to offer a working strategy for the evaluation and conservation of the genetic pool of maize crop in Cuba. In order to do that, they took the data of characterization of the *ex situ* collection, integrated by 92 accessions of the Cuban National Genebank, and 55 accessions evaluated *in situ* in two rural areas of Cuba. In both conservation forms, 14 characters were evaluated (nine continuous and five categorical ones) corresponding to the ear and the grain. They were analyzed using the strategy in two steps Modified Local WARD-method (MLM) with the statistical package SAS 9.0. In the accessions corresponding to the Cuban National Genebank, the Creole (*Criollo*) and Argentinean (*Argentino*) races stand out, and in the study carried out in the farms, races *Tusón* and *Canilla* were the most abundant. It was also showed that races *Amarillo Reventador* and *Sweet (Dulce)* were only present in the collection of the Cuban National Genebank. The characterized diversity found in the *ex situ* collection, is not entirely located in the *in situ* areas of the studied households, and *vice versa*, what suggests that it is necessary to collect in those areas, providing this way the enrichment of the *ex situ* collection and on the other hand to guarantee the conservation of the genetic pool of this crop in Cuba, through both forms. These elements demonstrate the necessity of the complementation in both conservation approaches.

Key words: cuban races; maize, *Zea mays*,
ex situ and *in situ* conservation, WARD-MLM

RESUMEN. Se realizó esta investigación con el objetivo de identificar y caracterizar las razas de maíz desde el punto de vista morfológico y agronómico teniendo en cuenta la estrategia y estatus de conservación de las muestras, así como para establecer la dinámica de las razas en el tiempo y brindar una estrategia de trabajo para la evaluación y conservación del acervo genético del cultivo de maíz en Cuba. Para ello, se tomaron los datos de la caracterización de la colección *ex situ*, formada por 92 accesiones del Banco de Germoplasma Nacional Cubano y 55 accesiones evaluadas *in situ* en dos áreas rurales de Cuba. En ambas formas de conservación, se evaluaron 14 caracteres (nueve continuos y cinco categóricos) correspondientes a la mazorca y el grano. Estos se procesaron empleando la estrategia en dos pasos WARD-Método Local Modificado (MLM) para el agrupamiento de observaciones, con el paquete estadístico SAS 9.0. En las accesiones correspondientes al Banco de Germoplasma, sobresalen las razas *Criollo* y *Argentino*, y en el estudio realizado en las fincas, lo hacen las razas *Tusón* y *Canilla*. Se manifestó además, que las razas *Amarillo Reventador* y *Dulce* sólo se encontraron en la colección correspondiente al Banco de Germoplasma. La diversidad caracterizada encontrada en la colección *ex situ* en el Banco de Germoplasma pues, no se encuentra en su totalidad ubicada en las áreas *in situ* de las fincas estudiadas, y viceversa, lo que sugiere que es necesario coleccionar en esas áreas, para así enriquecer la colección *ex situ* y garantizar de esta manera la conservación del acervo genético del cultivo en Cuba en ambas formas de conservación. Estos elementos demuestran, lo necesaria que es la complementación de ambos enfoques de conservación.

Palabras clave: razas cubanas; maíz, *Zea mays*,
conservación *ex situ* e *in situ*, WARD-MLM

Dra.C. Lianne Fernández Granda, Investigador Auxiliar; Dra.C. Zoila M. Fundora Mayor, Investigador Titular del Grupo de Genética Vegetal, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT), calle 1, esquina 2, Santiago de las Vegas, CP 17200; Dr.C. Guillermo Gálvez Rodríguez, Profesor e Investigador Titular,

Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Cuba; Dr. José Crossa, Jefe del departamento de Bioestadística, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México.

✉ lfernandez@inifat.co.cu

INTRODUCCIÓN

Para preservar los recursos genéticos encontrados en los sistemas agrícolas se pueden emplear dos estrategias de conservación: *ex situ* e *in situ*. La conservación *ex situ* captura el material genético, generalmente la semilla, y lo protege en un banco de germoplasma. En cambio, la conservación *in situ* permite que los procesos evolutivos continúen y la preservación en los campos de los agricultores ocurre bajo su manejo. Estas dos estrategias se consideran como complementarias (2, 22).

La complementariedad y sostenibilidad de la conservación *in situ* y *ex situ* se basa en el hecho de que, a través de muchos y repetidos procesos de selección y producción de semillas, los agricultores han desarrollado y dado forma a las variedades locales de cultivos (3). Por esa razón, la conservación en finca de los recursos genéticos vegetales y animales es sinónimo de conservación *in situ*.

El mantenimiento de la diversidad genética en la finca o *in situ*, es una estrategia de conservación, complementaria a la conservación *ex situ* en bancos de genes y su importancia está en el hecho de que el proceso de evolución puede continuar, mientras que la conservación *ex situ* representa una situación «congelada y estática» (3, 15, 27), que detiene la evolución, pero que preserva el germoplasma contra los eventos extremos *in situ*.

Aunque pocos estudios han comparado los efectos de la conservación *in situ* y *ex situ* (20) encontraron una declinación en la diversidad genética dentro de las accesiones de la cebada (*Hordeum vulgare* L. subsp. *vulgare*), relacionada con el tiempo de almacenaje y de la regeneración *ex situ*, mientras que (25) encontraron diferencias fenotípicas entre las variedades de maíz Hopi conservadas *in situ* y el germoplasma conservado *ex situ*.

Es importante reconocer el valor y la complementariedad de la conservación *in situ* en relación con la *ex situ*, pues es una forma de mantener la compleja interacción entre las variedades tradicionales cultivadas, genéticamente diversas y sus plagas, predadores y patógenos, maximizando la retención y la evolución continua de las cualidades genéticas de las variedades de los agricultores (3).

Los objetivos de este trabajo fueron: identificar y caracterizar las razas de maíz desde el punto de vista morfológico y agronómico teniendo en cuenta la forma de conservación, así como realizar una dinámica de las razas en el tiempo y brindar una estrategia de trabajo para la evaluación y conservación del acervo genético del cultivo de maíz en Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron los datos de la caracterización de 92 accesiones procedentes la colección *ex situ* (Tabla I) y de 55 cultivares tradicionales identificados *in situ* en dos regiones (Tabla II), ubicadas en áreas de pre-montaña, la primera en la región Occidental en la Cordillera de

Guaniguanico, que incluye las provincias Pinar del Río y Mayabeque, y la segunda en la región Oriental, ubicada en el Macizo Sagua-Baracoa, de la provincia de Guantánamo. Ambas regiones están ubicadas en áreas protegidas, estando incluida el área en Occidente, en la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, y en el Oriente, en el Parque Nacional «Alejandro de Humboldt» de la Reserva de la Biosfera Cuchillas del Toa, utilizando los mismos caracteres listados en la Tabla III.

A los valores cuantitativos y categóricos mencionados, se aplicó la estrategia en dos pasos Ward MLM sugerida por (7, 8, 9, 10, 11). Para comprender la estructura racial de las 147 accesiones, distribuidas en los grupos formados, se analizaron los valores de los atributos estudiados en cada uno, así como las diferentes formas de los caracteres categóricos en especial el color y tipo de grano, lo cual apoyó su diferenciación según (6).

Por último, se compararon gráficamente los valores por raza en dos momentos en el tiempo (1980-1990 y 2004-2006) con los valores obtenidos por (14), considerando que las accesiones conservadas *ex situ*, fueron colectadas de las formas existentes *in situ* durante la década de finales del 1980 y principios de 1990, momento en que estaban presentes *in situ* y fue «congelada su evolución», con el objetivo de establecer una dinámica de las razas en el tiempo. Además, se ofrece una metodología de trabajo para la evaluación del germoplasma cubano de maíz

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuando se utilizaron los datos de las variables cuantitativas y categóricas de las accesiones conservadas en la colección *ex situ* del Banco de Germoplasma, conjuntamente con las que se incorporaron a partir de los estudios *in situ*, se obtuvieron tres grupos. La media de las probabilidades de asignación de cada observación por grupo fue de 0,97 y solamente dos accesiones alcanzaron valores inferiores al 0,75. Los resultados están en correspondencia con los obtenidos por (7, 28), para otras colecciones de germoplasma de maíz.

La Tabla IV ofrece el comportamiento de los caracteres cuantitativos en los tres grupos formados, donde se puede constatar que los coeficientes de variación para cada atributo evaluado en cada uno de los grupos formados son moderadamente bajos, exceptuando el P100S en los grupos 2 y 3 con el valor más elevado. Sin embargo, al comparar cada atributo por grupo, se detectó que en el grupo 1 los caracteres DM, NHG, LG y GrG presentan los valores más bajos de coeficientes de variación.

El grupo 2 alcanzó los menores valores para LM, DT, NGH y AG, así como los más altos para LG. El grupo 3 presenta los coeficientes más altos para todos los atributos a excepción de la LG.

Por otra parte, en los tres grupos se aprecia la tendencia de que para P100S y NGH hay siempre gran dispersión y en menor cuantía para LM y NHG, este último solo para los grupos 2 y 3.

Tabla I. Relación de accesiones de la colección *ex situ*, teniendo en cuenta su provincia de procedencia y región a la cual pertenecen

Número	Accesiones	Provincia	Región	Número	Accesiones	Provincia	Región
1	P 683	Ciego de Ávila	Central	47	P 876 NIN 253	Holguín	Oriental
2	P 683	Ciego de Ávila	Central	48	P 823 A	Las Tunas	Oriental
3	P 506 B NIN 276	Villa Clara	Central	49	P 677 B	Ciego de Ávila	Central
4	P 315	Cienfuegos	Central	50	P 639 NIN 221	Sancti Spíritus	Central
5	P 572	Sancti Spíritus	Central	51	P 1771 ACB	Pinar del Río	Occidental
6	P 433 NIN 113	Villa Clara	Central	52	P 2314	Holguín	Oriental
7	P 653 NIN 226	Sancti Spíritus	Central	53	P 1156 NIN 227	Sancti Spíritus	Central
8	P 877	Holguín	Oriental	54	P 1598 A	Guantánamo	Oriental
9	P 820 ACT	Las Tunas	Oriental	55	P 2313	Holguín	Oriental
10	P 530	Sancti Spíritus	Central	56	P 1598 D	Guantánamo	Oriental
11	P 732 A ACT	Ciego de Ávila	Central	57	P 2133 ACB	Granma	Oriental
12	P 683 B ACT	Ciego de Ávila	Central	58	P 1771 NIN 224	Pinar del Río	Occidental
13	P 521 NIN 108	Sancti Spíritus	Central	59	P 2162 NIN 239	Guantánamo	Oriental
14	P 123 A	Pinar del Río	Occidental	60	P 2133	Granma	Oriental
15	P 799 NIN 259	Holguín	Oriental	61	P 2313-2	Holguín	Oriental
16	P 156	Pinar del Río	Occidental	62	P 1225 ABC	Holguín	Oriental
17	P 208	Pinar del Río	Occidental	63	P 1236 NIN 238	Holguín	Oriental
18	P 672 NIN 230	Ciego de Ávila	Central	64	P 2284	Ciudad Habana	Occidental
19	P 821 C	Las Tunas	Oriental	65	P 2313	Holguín	Oriental
20	P 873 NIN 245	Holguín	Oriental	66	P 3014 A	Holguín	Oriental
21	P 732 B	Ciego de Ávila	Central	67	P 3116	Guantánamo	Oriental
22	P 854 AC NIN 264	Holguín	Oriental	68	P 3033	Cienfuegos	Central
23	P 416 B NIN 114	Villa Clara	Central	69	P 3128	Cienfuegos	Central
24	P 479 NIN 240	Villa Clara	Central	70	P 3168	Guantánamo	Oriental
25	P 823 A NIN 229	Las Tunas	Oriental	71	P 3014 B	Holguín	Oriental
26	P 732 B	Ciego de Ávila	Central	72	P 3050	La Habana	Occidental
27	P 820 ACB	Las Tunas	Oriental	73	P 1225	Holguín	Oriental
28	P 854 B	Holguín	Oriental	74	P 1010 A NIN 268	Holguín	Oriental
29	P 732 CA 127	Ciego de Ávila	Central	75	P 479 ACT A	Villa Clara	Central
30	P 811 C	Holguín	Oriental	76	P 823 ACT	Holguín	Oriental
31	P 677 NIN 272	Ciego de Ávila	Central	77	P 2046	Isla de la Juventud	Occidental
32	P 839	Holguín	Oriental	78	P 2546	La Habana	Occidental
33	P 270	Villa Clara	Central	79	P 1010 B NIN 269	Holguín	Oriental
34	P 639 NIN 242	Sancti Spíritus	Central	80	P 2527 A	La Habana	Occidental
35	P 614	Sancti Spíritus	Central	81	P 2338	Holguín	Oriental
36	P 799 A1	Holguín	Oriental	82	P 1830 NIN 155	Pinar del Río	Occidental
37	P 854 C	Holguín	Oriental	83	P 841 B NIN 117	Holguín	Oriental
38	P 315 B	Cienfuegos	Central	84	P 3647	Guantánamo	Oriental
39	P 732 BA 127	Ciego de Ávila	Central	85	P 3169 AB	Guantánamo	Oriental
40	P 811 B	Holguín	Oriental	86	P 3648	Guantánamo	Oriental
41	P 821 A1	Las Tunas	Oriental	87	P 3649	La Habana	Occidental
42	P 854 A	Holguín	Oriental	88	P 3650	La Habana	Occidental
43	P 854 ACB	Holguín	Oriental	89	Pajimaca	Variedad comercial	Variedad comercial
44	P 212	Pinar del Río	Occidental	90	Victoria	Variedad comercial	Variedad comercial
45	P 876 NIN 251	Holguín	Oriental	91	Gíbara	Variedad comercial	Variedad comercial
46	P 142	Pinar del Río	Occidental	92	Francisco Mejorado	Variedad comercial	Variedad comercial

Tabla II. Relación de los 55 cultivares de maíz identificados en las fincas de Occidente y Oriente

Número	Región	Finca	Nombre	Número	Región	Finca	Nombre
93	Occidental	1	Criollo	121	Oriental	21	Pollo
94	Occidental	2	Criollo	122	Oriental	21	Pinto
95	Occidental	3	Criollo	123	Oriental	21	SN
96	Occidental	4	Criollo	124	Oriental	21	Tusa Morada
97	Occidental	5	Criollo	125	Oriental	21	Tusa Gruesa
98	Occidental	5	Gíbara	126	Oriental	23	Cuña
99	Occidental	5	Morao	127	Oriental	23	Criollo
100	Occidental	8	Criollo	128	Oriental	23	Pinto
101	Occidental	9	Criollo	129	Oriental	23	Pollo
102	Occidental	11	Criollo	130	Oriental	23	Rojo
103	Occidental	12	Enano de México	131	Oriental	23	Morao
104	Occidental	14	Criollo	132	Oriental	23	Yanelys
105	Occidental	14	Gíbara	133	Oriental	24	Cuña
106	Occidental	15	Gíbara	134	Oriental	24	Argentino
107	Occidental	15	Criollo	135	Oriental	25	Canilla/Tradicional
108	Occidental	16	Mexicano	136	Oriental	27	Canilla
109	Occidental	16	Criollo	137	Oriental	28	Cuña
110	Occidental	17	Criollo	138	Oriental	30	Cuña
111	Occidental	18	Criollo	139	Oriental	31	Tusa Fina
112	Oriental	19	Cuña	140	Oriental	31	Tusa Gruesa
113	Oriental	19	Morado	141	Oriental	32	Canilla
114	Oriental	19	Argentino	142	Oriental	32	Mexicano
115	Oriental	19	Mexicano	143	Oriental	32	Morao
116	Oriental	19	Tuson	144	Oriental	33	Cuña
117	Oriental	21	Cuña	145	Oriental	34	Cuña
118	Oriental	21	Grano Ancho	146	Oriental	35	Cuña
119	Oriental	21	Grande	147	Oriental	36	Cuña
120	Oriental	21	Morao				

Tabla III. Caracteres evaluados según su clasificación, unidad de medida (UM), acrónimo y tamaño de la muestra en los 147 cultivares estudiados

		acrónimo	Tamaño de la muestra
Caracteres cuantitativos (UM)			
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 de la tusa (cm)	DT	
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 de la tusa	CT	
12	Disposición de hileras de grano	DHG	
13	Color del grano	CG	25 mazorcas/tipo identificado
14	Tipo de grano	TG	

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

grupo	1			2			3		
n	48			60			39		
d promedio	0,77			0,72			0,76		
caracteres	media	cv	ds	media	cv	ds	media	cv	ds
LM	17,32	11,10	1,92	14,80	10,15	1,50	13,52	14,91	2,01
DM	4,21	9,55	0,40	4,17	10,52	0,43	3,98	12,15	0,48
DT	2,20	15,80	0,34	2,71	14,17	0,38	2,23	20,36	0,45
NGH	37,99	10,46	3,97	30,09	10,40	3,13	25,06	14,16	3,55
NHG	12,95	5,43	0,70	14,30	7,71	1,10	14,14	10,05	1,42
LG	1,16	7,47	0,08	1,04	11,21	0,11	0,90	11,02	0,10
AG	0,84	9,76	0,08	0,82	9,72	0,08	0,79	18,79	0,14
GrG	0,37	7,33	0,02	0,38	8,54	0,03	0,38	13,90	0,05
P100S	28,92	16,81	4,86	23,98	21,98	5,27	19,39	22,13	4,29

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

También se pueden apreciar en la tabla, que los valores obtenidos para la distancia de Gower resultaron altos, ya que están próximos a uno, reflejando la alta diversidad que hay en cada grupo (11). Los grupos 1 y 3 manifiestan la mayor variabilidad bajo estas consideraciones.

La Tabla V ofrece las principales características de los tres grupos formados para los caracteres categóricos; en ella se observa que la forma de la mazorca cilíndrica-cónica es la que más predomina en todos los grupos, los que también incluyen accesiones con otras formas, como son las de cigarro, la cónica y la cilíndrica en bajas proporciones, siendo los grupos 2 y 3 los más variables para este atributo. El color de la tusa que predominó fue el blanco en todos los grupos, como en los análisis realizados de manera individual para las accesiones de la colección *ex situ* y la variabilidad *in situ*; sin embargo, en el grupo 3, un 15 % de ellas posee tusas jaspeadas. Los grupos 1 y 2 reúnen algunas accesiones con tusas jaspeadas y de color morado, siendo estos los más heterogéneos.

En cuanto a la disposición de las hileras de grano, los grupos 2 y 3 son los que presentan nuevamente la mayor cantidad de variantes, aunque en los tres grupos predomina la disposición regular. Para el color del grano, se distingue el grupo 1 con la mayor diversidad de colores, abarcando seis modalidades que van desde el amarillo, naranja y sus combinaciones, hasta llegar al rojo, aunque predomina siempre el amarillo naranja y le sigue el amarillo, así como también incluye accesiones de grano jaspeado. El grupo 2 incluye accesiones cuyo color predominante es el amarillo-naranja, le sigue el amarillo y el naranja en ese orden, y en el grupo 3 también sobresalen accesiones con granos amarillo-naranja, con la mayor frecuencia, seguidos por el amarillo.

Tabla V. 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
Número de accesiones		48	60	39
Forma de la mazorca	cilíndrica	4,16	8,33	2,56
	cilíndrica-cónica	85,41	88,33	76,92
	cónica		1,66	5,12
Color de la tusa	cigarro	10,41	1,66	15,38
	blanca	79,16	91,66	84,61
	morada	8,33	3,33	
Disposición de hileras de grano	jaspeada	12,50	5,00	15,38
	regular	89,58	90,00	84,61
	irregular	2,08	1,66	7,69
Color del grano	recta		5,00	5,12
	espiral	8,33	3,33	2,56
	jaspeado	10,41		
Tipo de grano	blanco		1,66	
	amarillo	20,83	26,66	69,23
	amarillo-naranja	47,91	45,00	23,07
	naranja	2,08	18,33	2,56
	naranja-rojo	10,41	6,66	5,12
Porcentaje de los diferentes estados las variables categóricas	rojo	8,33	1,66	
	dentado	72,91	1,66	
	semi-dentado	18,75	1,66	5,12
	semi-cristalino	4,16	13,32	12,82
	cristalino	4,16	78,33	79,48
	reventón		3,33	2,56
	dulce		1,66	

Se detectó claramente que la mayor concentración de accesiones con granos dentados y semi-dentados, se encuentra ubicada en el grupo 1, y en pocas cantidades semi-cristalinos y cristalinos. El grupo 2 concentra tipos únicos como son el dulce y el reventador; se encuentran en este grupo en muy baja frecuencia los dentados y semi-dentados, y se destaca la presencia de los tipos cristalinos y semi-cristalinos. En el grupo 3, se reúne una mayor cantidad de accesiones de granos cristalinos y semi-cristalinos, y en baja frecuencia semi-dentados.

La Tabla VI brinda las relaciones entre los caracteres cuantitativos y las variables canónicas. Las dos primeras variables canónicas acumulan el 100 % de la variabilidad. La variable canónica 1 está correlacionada con las variables LM, NGH, LG y P100S. La variable canónica 2 está asociada solo al carácter DT.

La Figura 1 muestra la distribución espacial de las 147 accesiones considerando las variables canónicas discriminantes, en los tres grupos formados a partir del análisis estadístico. El grupo 1 ocupa en su inmensa mayoría el área del cuadrante inferior derecho, aunque algunas accesiones se concentran en el superior.

Tabla VI. Estructura canónica total de los caracteres comunes evaluados en las 147 accesiones correspondientes a ambas formas de conservación

	canónica 1	canónica 2
% de variación explicado	86,02	13,98
% acumulado	86,02	100,00
LM	0,70	-0,14
DM	0,19	0,14
DT	-0,09	0,78
NGH	0,89	-0,10
NHG	-0,44	0,41
LG	0,74	0,09
AG	0,19	0,05
GrG	-0,11	0,04
P100S	0,66	0,02

LM: Longitud de la mazorca (cm), DM: Diámetro de la mazorca (cm), DT: Diámetro de la tusa (cm), NGH: Número de granos por hilera, NHG: Número de hileras de grano, 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 expresan las mayores contribuciones

Casi todas las accesiones de este grupo corresponden a las identificadas en el estudio *in situ*. El grupo 2 se concentró hacia el centro, en los cuadrantes superiores y el grupo 3 ocupa el cuadrante inferior izquierdo. En estos dos grupos, dominaron las accesiones de la colección *ex situ* del Banco de Germoplasma.

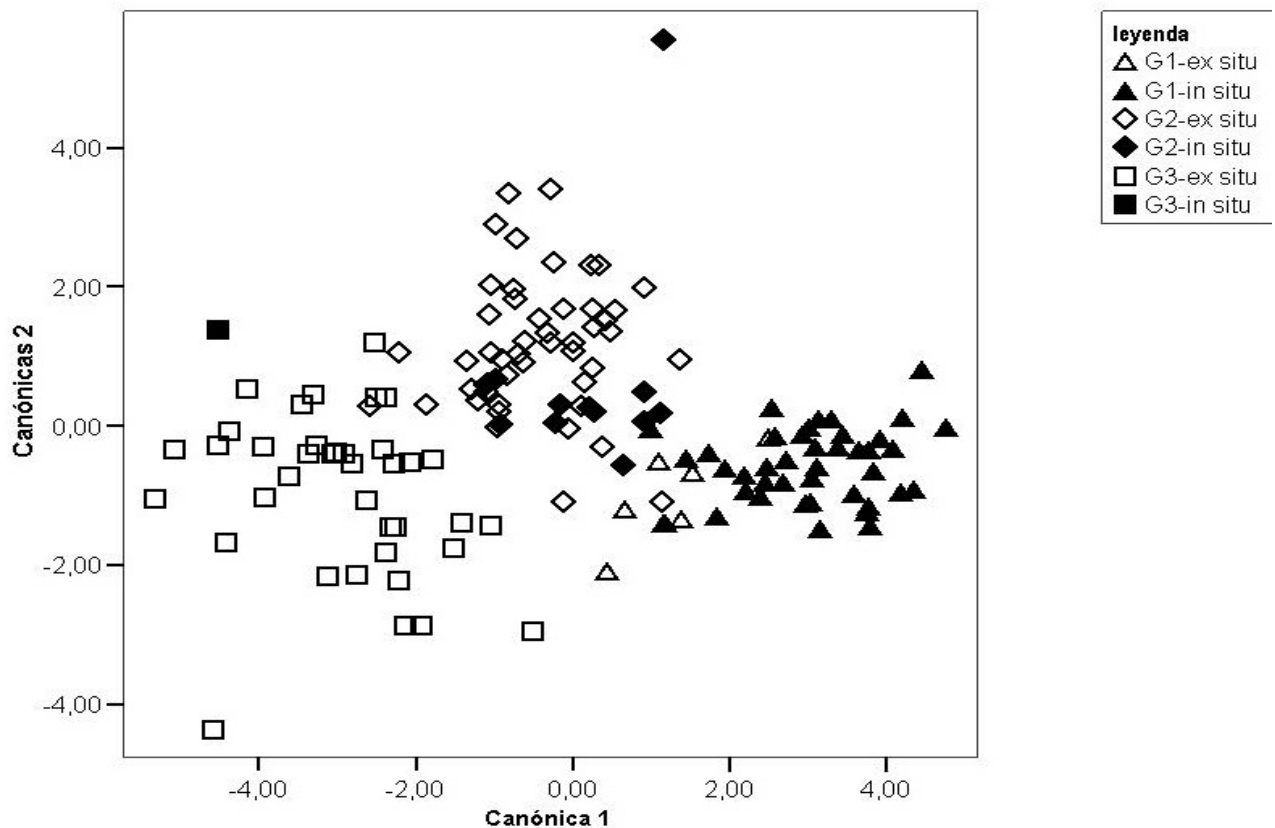


Figura 1. Distribución de las accesiones de las 147 accesiones según forma de conservación (*ex situ* e *in situ*) en las variables canónicas 1 y 2

En la Tabla VII se puede constatar, que en los tres grupos formados, se encuentran presentes accesiones correspondientes a ambas formas de conservación (*ex situ* e *in situ*), aunque en distintas proporciones. El grupo 1 presenta 42 accesiones procedentes del estudio *in situ* y seis de la colección nacional, para un total de 48 accesiones. El grupo 2 concentra 60 accesiones, siendo este el más numeroso; de ellas, 48 corresponden a la colección nacional *ex situ* y 12 provienen del estudio realizado *in situ* en las áreas rurales. El grupo 3 es el más pequeño, con 39 representantes, donde 38 son de la colección nacional y uno solo corresponde al estudio *in situ*.

Tabla VII. Relación de accesiones según forma de conservación, región de procedencia y grupo al que pertenece

Forma de conservación	Total de accesiones por región	Grupos		
		1	2	3
		48	60	39
<i>ex situ</i>	Occidental	2	10	3
	Central	1	13	15
	Oriental	3	21	20
	Variedades Comerciales		4	
Total <i>ex situ</i>		6	48	38
<i>in situ</i>	Occidental	6	12	1
	Oriental	36		
Total <i>in situ</i>		42	12	1

De manera general, se puede concluir que los grupos 2 y 3, concentran la mayor cantidad de accesiones de la colección nacional *ex situ* y los grupos 1 y 2 concentran accesiones procedentes de la conservación *in situ*, cuya mayor variabilidad está representada en el grupo 1. Las accesiones que se encuentran en estos últimos grupos, representan vacíos de la colección *ex situ*, que pueden ser llenados por las accesiones *in situ*.

Estos resultados permiten asegurar que la incorporación de las accesiones identificadas *in situ* en la colección nacional del cultivo, ha permitido enriquecer ésta con nuevos tipos que hasta entonces estaban en muy baja frecuencia o no estaban presentes, y enfatizan la importancia de la complementariedad de ambas formas de conservación. Además, estos resultados ofrecen elementos trascendentales que apoyarán la propuesta de estrategias de conservación a mediano y largo plazo del acervo de genético del cultivo en Cuba, ya que la diversidad de este cultivo, puede resultar un recurso estratégico para la seguridad alimentaria futura del país, como lo asegura de manera general (13).

En la Tabla VII se puede también apreciar la representatividad de las accesiones por región de procedencia, en cada grupo formado, así como según la forma de conservación. En el grupo 1 sobresale la región Oriental, en ambas formas de conservación, con mayor énfasis en las variedades tradicionales del estudio *in situ*; en los grupos 2 y 3, predomina también la región Oriental, pero esta vez, a partir de las accesiones conservadas en la colección *ex situ*, con ausencia total de las accesiones representadas *in situ* en la región Oriental. Para ambas formas de conservación, las accesiones de la región Occidental se ubicaron en su inmensa mayoría en el grupo 2. La mayor frecuencia de las accesiones cuyo origen es la región Central se localizó en los grupos 2 y 3.

Las diferentes formas de los caracteres categóricos, contribuyeron a identificar las razas con bastante precisión, ya que como se puede apreciar, los genotipos se mostraron muy mezclados para estos atributos, con un fuerte predominio de los granos cristalinos y semi-cristalinos, fundamentalmente en los grupos 2 y 3 (Tabla VIII); muchos caracteres agronómicos aparecen mezclados, combinando en un mismo grupo diferentes tipos de grano, producto de que las poblaciones son heterogéneas. La caracterización a partir de los caracteres de la mazorca y el grano es importante, porque el tipo de grano y el color son caracteres de muy alta heredabilidad, y están muy poco permeados por la influencia ambiental (24).

En el grupo 1, se reúne un total de 48 accesiones; de ellas, 44 corresponden a los tipos dentados y semi-dentados (35 y nueve respectivamente). De estas 44, 30 pertenecen a la raza Tusón y 14 son características de la raza Canilla, considerando las dimensiones de la mazorca y la tusa, elementos importantes para su diferenciación. Las otras cuatro accesiones corresponden a los tipos de grano cristalino y semi-cristalino, lo que sugiere la presencia de la raza Criollo. La inclusión de estas últimas cuatro accesiones en este grupo, sugiere también que el resto de las características de la mazorca y el grano de estas de la raza Criollo, están muy imbricadas con el resto de las accesiones cuyo grano es dentado y semi-dentado por lo que se consideró en este caso que el tipo de grano es un elemento relevante que permitió establecer esta discriminación entre ellas.

El grupo 2 es el más voluminoso, con 60 accesiones. Aquí, se incluyen 47 cuyo grano es cristalino y ocho semi-cristalinos, para un total de 55. De estas, 40 pertenecen a la raza Criollo y 15 a la raza Argentino.

Tabla VIII. Distribución de los tipos de granos en los tres grupos formados a partir del Ward MLM en las 147 accesiones

Grupo	n	dentado	semi-dentado	semi-cristalino	cristalino	reventador	dulce
1	48	35	9	2	2		
2	60	1	1	8	47	2	1
3	39		2	5	31	1	
Total	147	36	12	15	80	3	1

Tabla IX. Distribución de las razas por grupo en que se encuentra número de observaciones en cada caso y características generales

Raza Grupo	Criollo			Total/ media	Argentino			Total/ media	Tusón			Total/ media	Canilla			Total/ media	Amarillo Reventador			Total/ media	Dulce		Total/ media
	1	2	3		2	3	1		2	3	1		3	2	3		1	3	Du		Bi		
Número observaciones	4	40	33	77	15	3	18	30	2	1	33	14	1	15	2	1	3	1	3	1			
LM	17,88	14,81	13,61	15,43	14,96	14,79	14,88	17,37	14,68	14,96	15,67	17,1	12,4	14,76	14,18	6,74	10,46	13,6	13,6				
DM	4,01	4,15	4,05	4,07	4,31	3,6	3,96	4,41	4,07	3,68	4,05	3,84	4,25	4,05	3,62	3,24	3,43	4,55	4,55				
DT	2,27	2,71	2,27	2,41	2,8	2,09	2,45	2,38	2,78	2,49	2,55	1,79	1,6	1,7	2,16	1,84	2	2,5	2,5				
NGH	37,47	29,6	25,24	30,77	30,71	27,05	28,88	37,72	31,3	18,16	29,06	38,7	29,1	33,92	33,12	16,18	24,65	32,03	32,03				
NHG	12,82	14,15	14,32	13,76	14,45	13,57	14,01	12,77	15,15	12,86	13,59	13,4	12,8	13,12	14,89	12,8	13,84	15,4	15,4				
LG	1,1	1,05	0,92	1,03	1,03	0,84	0,94	1,17	1,1	0,83	1,03	1,17	0,96	1,07	0,91	0,68	0,79	1,1	1,1				
AG	0,87	0,83	0,79	0,83	0,84	0,76	0,8	0,88	0,8	0,81	0,83	0,75	1,15	0,95	0,73	0,56	0,64	0,75	0,75				
GrG	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,37	0,38	0,39	0,38	0,32	0,36	0,35	0,39	0,37	0,37	0,34	0,36	0,32	0,32				
P100S	27,89	23,76	19,72	23,79	26,25	18,1	22,18	31,18	24,01	21,81	25,67	24,5	17	20,72	14,98	12,58	13,78	16,54	16,54				
CG	A y AN	A y AN	A y AN		N	N		A	A	A		A, J, R			AN	A		BI	BI				
TG	C y SC	C y SC	C y SC		C y SC	C		D y SD	D y SD	SD		D y SD		R	R		Du	BI	BI				

LM: Longitud de la mazorca (cm), DM: Diámetro de la mazorca (cm), DT: Diámetro de la tusa (cm), NGH: Número de granos por hileras de grano, 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 y J-Jaspeado) TP: Tipo de grano (C-Cristalino, SC-Semi cristalino, D-Dentado, SD-Semi dentado, Du-Dulce y R-Reventador)

Se encontraron además en este grupo, cuatro accesiones (dos con grano reventador y las otras dos, dentado y semi-dentado, respectivamente), correspondientes a la raza Amarillo Reventador y la raza Tusón respectivamente. Este grupo también incluyó una accesión con grano dulce, correspondiente a la raza Dulce, lo que constituye una evidencia de las introducciones realizadas en el país.

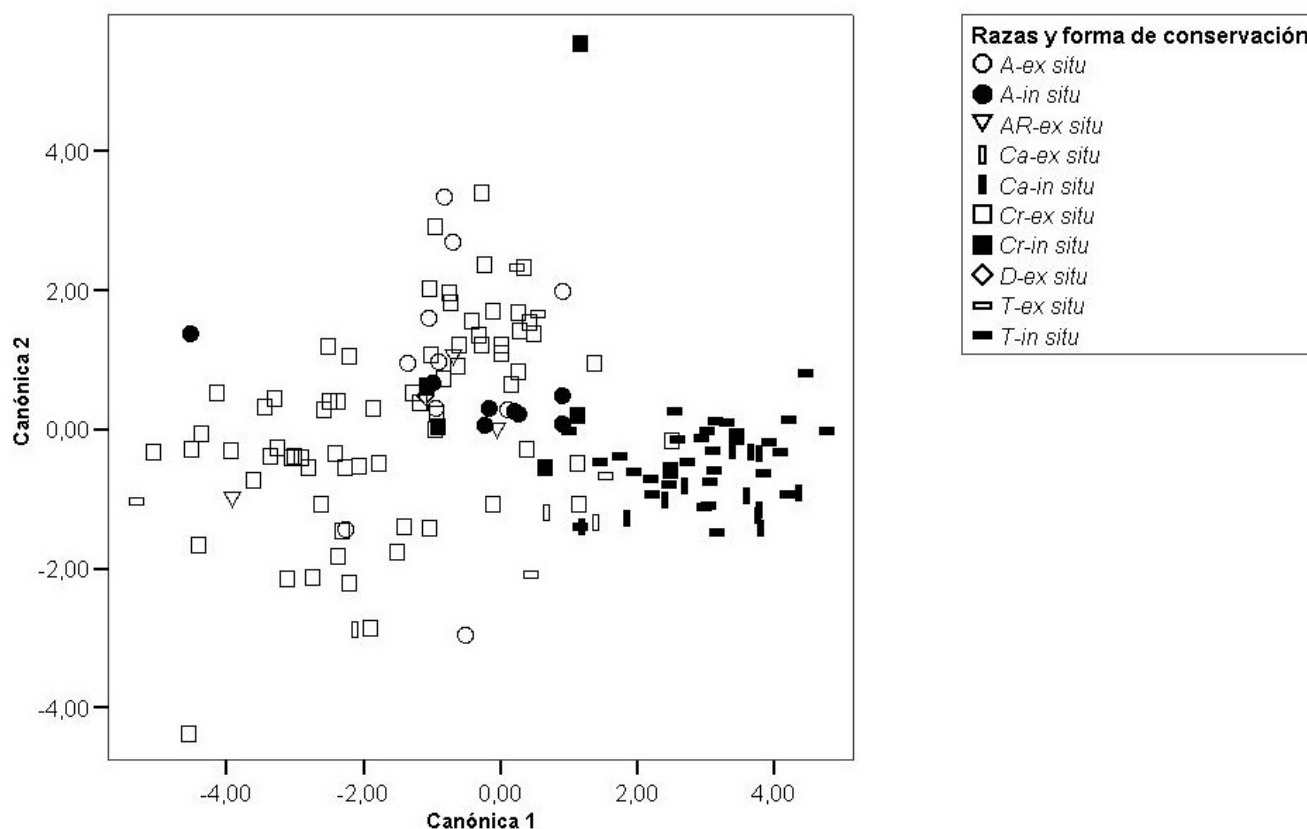
El grupo 3 es el más pequeño y está integrado por 39 accesiones. Atendiendo al tipo de grano, hay 31 con grano cristalino y seis semi-cristalinos; este carácter combinado con otras características relacionadas con la mazorca, determina que 33 de ellas pertenecen a la raza Criollo y otras tres pertenecen a la raza Argentino. Hay también en ese grupo, una accesión que corresponde a la raza Amarillo Reventador. En adición a esto, dos accesiones con grano semi-dentados, se identificaron como pertenecientes a las razas Tusón y Canilla respectivamente; la diferencia en la clasificación entre estas dos muestras se basó en el diámetro de la mazorca y la tusa de ambas.

Hasta el momento, se ha evidenciado que existen mezclas y formas intermedias de algunos tipos de grano, como lo son los tipos semi-dentados y los semi-cristalinos, y otras combinaciones de atributos (4) reportaron que en el maíz, el tipo de grano está considerado como un carácter morfológico simple, asociado a diferentes etapas de evolución del cultivo, por lo que resulta un atributo de suma utilidad para la clasificación racial.

Es importante comentar que, de manera general, se puede apreciar que la raza Criollo se encuentra distribuida en los tres grupos formados, encontrándose cuatro representantes en el grupo 1, 40 en el grupo 2 y 33 muestras en el grupo 3, siendo esta raza la más frecuente en toda la isla. La raza Argentino quedó concentrada básicamente en el grupo 2, con 15 accesiones, encontrándose solo tres de la misma raza en el grupo 3. La raza Amarillo Reventador, con solo tres representantes de todas las accesiones analizadas, quedó incluida en el grupo 2 con dos muestras y en el grupo 1 con una.

Por otra parte, las razas Tusón y Canilla, se concentraron fundamentalmente en el grupo 1, con 30 y 14 accesiones respectivamente; en el caso de la raza Tusón, dos accesiones se encuentran en el grupo 2 y una quedó ubicada en el 3; la raza Canilla se encontró también una ubicada en el grupo 3. Es posible suponer que estas cuatro accesiones en algún tiempo pasado, pertenecieron al tipo cristalino y se cruzaron de forma natural o inducida con tipos dentados; considerando una selección favorecedora de este tipo de endospermo, estas formas derivaron en alguna medida en este atributo y por eso su morfotipo actual se relaciona más con las razas Tusón y Canilla.

Los resultados anteriores, confirman la hipótesis de que en ambas formas de conservación y de manera complementaria, están presentes las razas descritas en 1957: Criollo, Canilla, Tusón, Argentino, Amarillo Reventador y Dulce (Tabla IX) y en la Figura 2 se observa la distribución de estas en ambas formas de conservación.



A-Argentino, AR-Amarillo Reventador, Ca-Canilla, Cr-Criollo, T-Tusón y D-Dulce

Figura 2. Distribución de las 147 accesiones según forma de conservación (*ex situ* e *in situ*) y raza a la que pertenece en las canónicas 1 y 2

Sobresalen las accesiones correspondientes al Banco de Germoplasma, con las razas Criollo y Argentino, y en el estudio realizado en las fincas, lo hacen las razas Tusón y Canilla. Se manifiesta además, que las razas Amarillo Reventador y Dulce, solo se encontraron en la colección correspondiente al Banco de Germoplasma, porque como se explicó anteriormente en las fincas rurales visitadas en este estudio, las dos accesiones que podrían integrar la raza Amarillo Reventador aparecen mezcladas y sugieren más bien su pertenencia a la raza Canilla.

Las mezclas o hibridaciones se reconocen bien a partir de la evidencia de que sus granos son semi-dentados, mostrando así la heterogeneidad de las poblaciones favorecidas por las formas de manejarse el cultivo en estos sistemas tradicionales. Se reconocen estas mezclas justamente por la combinación de caracteres de dos o más razas y por la segregación de granos con diferente textura y color (24).

Podría considerarse que la diversidad caracterizada en condiciones *ex situ* en el Banco de Germoplasma, no se encuentra en su totalidad ubicada en las áreas *in situ* de las fincas estudiadas y viceversa, lo que hace necesario coleccionar y así enriquecer la colección *ex situ* para garantizar la conservación del acervo genético del cultivo en Cuba. La complementariedad necesaria de ambas formas de conservación ha sido recomendada por (2, 5, 22 y 24).

Estas evidencias constituyen elementos importantes que demuestran la necesidad de estudiar el germoplasma del cultivo en ambas condiciones para poder complementar ambas formas de conservación. La importancia de esta relación (conservación *ex situ* e *in situ*) fue distinguida por (23) y destacó que el conocimiento de la diversidad *in situ* es usado para detectar vacíos en los Bancos de Germoplasma y fomentar un enriquecimiento ordenado de las colecciones.

Este autor también resaltó que las intervenciones a través de las ferias de agrobiodiversidad posibilitan incorporar algunos cultivares que estuvieron en algún momento en la comunidad o introducir variedades promisorias de los Bancos de Germoplasma. Este autor, detectó que los agricultores del Cuzco, en el Perú, mostraron gran interés en recuperar variedades que habían perdido por diversas causas y aceptaron rescatarlas produciendo semilla proveniente del Banco de Germoplasma de colectas realizadas 27 años atrás en esa misma zona.

Las variedades tradicionales, localmente adaptadas y por tanto portadoras de genes valiosos, en ocasiones pueden sufrir erosión genética y pueden ser sustituidas por variedades modernas. Si las variedades locales se encuentran en las colecciones *ex situ*, con una adecuada planificación de su multiplicación, podrían reponerse a

sus lugares de origen, restaurando así el patrimonio genético original, como pieza fundamental de la sostenibilidad de los sistemas agrícolas dañados. Por ello se hace imprescindible la utilización de ambas estrategias de conservación como complementarias para la conservación del acervo genético del cultivo en Cuba.

Es esencial destacar que las razas identificadas actualmente han sufrido modificaciones en relación a como las describió (14), ya que como se conoce, las razas se clasifican por aproximaciones sucesivas (24). Las posibles diferencias demuestran la influencia de la evolución, la migración e introducción de nuevo germoplasma, así como la selección y la hibridación durante todos estos años. Durante los 50 años transcurridos, diferentes factores genéticos, ambientales y antrópicos han influido en que estas hayan llegado hasta nuestros días en la forma descrita. Las características y la distribución geográfica de cada raza identificada en esta investigación se ofrecen en las Tablas Xa y Xb.

Comparación de las razas actuales con las descritas por Hatheway

Al comparar el estatus *in situ* de las razas en ambos períodos analizados (1980-1990) y (2004-2006), con las descripciones de (14), se detectó que existe la misma tendencia en la expresión de los caracteres cuantitativos en la estructura racial de las accesiones para los períodos 1980-1990 y 2004-2006, aunque existen discretas diferencias si se comparan con los tipos raciales descritos por (14). Estas diferencias se reflejan en las Figuras 3a-3e, donde aparecen los valores por raza. De manera general, considerando los diferentes atributos discriminantes, se aprecia una disminución de las dimensiones de la mazorca (longitud y diámetro), así como del diámetro de la tusa en las razas Criollo y Tusón (Figuras 3a y 3c); en el caso de las razas Argentino y Canilla, el DM ha permanecido relativamente estable (Figuras 3b y 3d); para la raza Amarillo Reventador, el comportamiento también es muy similar a lo descrito en la década del 50 del siglo pasado (Figura 3e).

Tabla Xa. Características de las mazorcas en las razas identificadas, así como su distribución geográfica

Carácter	Criollo n 77		Argentino n 18		Tusón n 33		Canilla n 15		Amarillo Reventador n 3		Dulce n 1	
	media	ds	media	ds	media	ds	media	ds	media	ds	media	ds
LM	14,54	1,82	14,93	1,55	17,13	2,21	16,76	1,89	11,7	4,31	13,6	0,94
DM	4,09	0,4	4,2	0,62	4,37	0,37	3,87	0,34	3,49	0,4	4,55	0,2
DT	2,5	0,46	2,68	0,49	2,41	0,24	1,77	0,23	2,05	0,19	2,5	0,1
NGH	28,19	4,36	30,1	3,03	36,74	5,5	38,07	4,27	27,47	10,08	32,03	2,56
NHG	14,16	1,11	14,3	1,8	12,92	0,88	13,37	0,59	14,19	1,22	15,4	0,94
FM	cilíndrica-cónica		cilíndrica-cónica		cilíndrica-cónica		cilíndrica-cónica y cigarro		cilíndrica-cónica y cigarro		cilíndrica-cónica	
CT	blanco		blanco		Blanco, morado		blanco		blanco		blanco	
DHG	regular		regular		regular		regular		regular		regular	
Distribución geográfica	Todo el país		Todo el país		Todo el país, región Oriental fundamentalmente		Todo el país, región Oriental fundamentalmente		Región Central y Oriental		Variedad Comercial	

LM: Longitud de la mazorca (cm), DM: Diámetro de la mazorca (cm), DT: Diámetro de la tusa (cm), NGH: Número de granos por hilera, NHG: Número de hileras de grano, FM: Forma de la mazorca, CT: Color de la tusa, DHG: Disposición de hileras de grano
n-número de accesiones, ds-desviación estándar

Tabla Xb. Características de los granos en las razas identificadas

Carácter	Criollo n 77		Argentino n 18		Tusón n 33		Canilla n 15		Amarillo Reventador n 3		Dulce n 1	
	media	ds	media	ds	media	ds	media	ds	media	ds	media	ds
LG	1	0,13	1	0,1	1,15	0,11	1,16	0,1	0,83	0,13	1,1	0,14
AG	0,81	0,12	0,82	0,05	0,88	0,06	0,78	0,12	0,67	0,1	0,75	0,03
GrG	0,39	0,05	0,38	0,03	0,38	0,02	0,36	0,03	0,36	0,02	0,32	0,04
P100S	22,41	5,08	24,9	5,99	30,46	4,33	23,97	4,42	14,18	1,39	16,54	1,49
CG	Amarillo y amarillo-naranja		Naranja y naranja-rojo		amarillo hasta rojo, jaspeado		amarillo		Amarillo y amarillo-naranja reventador		blanco	
TG	Cristalino y semi-cristalino		Cristalino y semi-cristalino		Dentado y semi-dentado		Dentado y semi-dentado				dulce	

LG: Longitud del grano (cm), AG: Ancho del grano (cm), GrG: Grosor del grano (cm) y P100S: Peso de 100 semillas (g), CG: Color del grano, TG: Tipo de grano

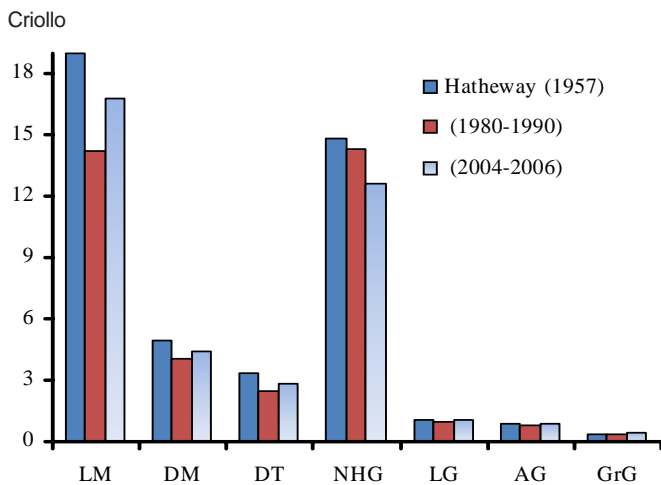


Figura 3a. Comparación de los datos para la raza Criollo en ambas formas de conservación (*ex situ* e *in situ*) con los obtenidos por Hatheway, 1957

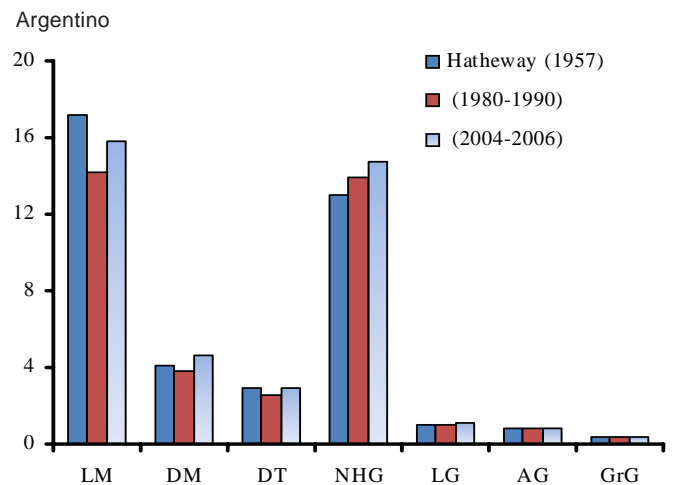


Figura 3b. Comparación de los datos para la raza Argentino en ambas formas de conservación (*ex situ* e *in situ*) con los obtenidos por Hatheway, 1957

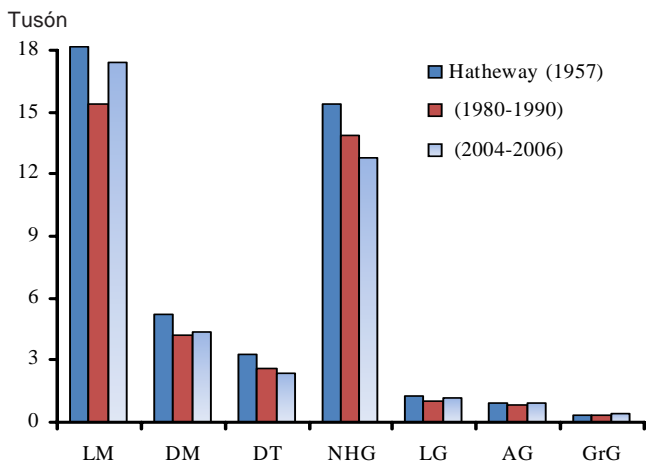


Figura 3c. Comparación de los datos para la raza Tusón en ambas formas de conservación (*ex situ* e *in situ*) con los obtenidos por Hatheway, 1957

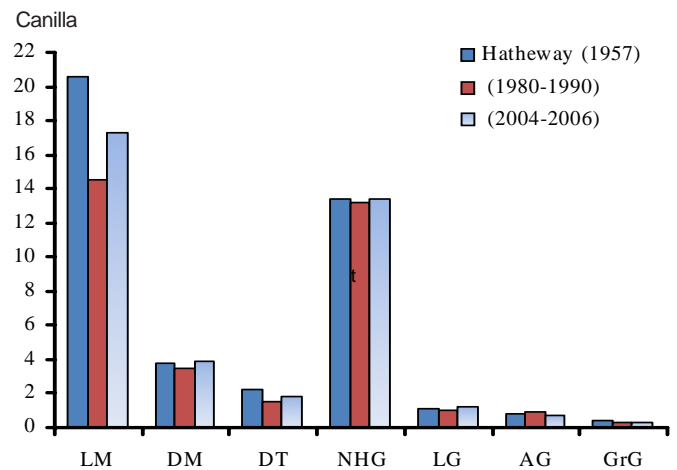


Figura 3d. Comparación de los datos para la raza Canilla en ambas formas de conservación (*ex situ* e *in situ*) con los obtenidos por Hatheway, 1957

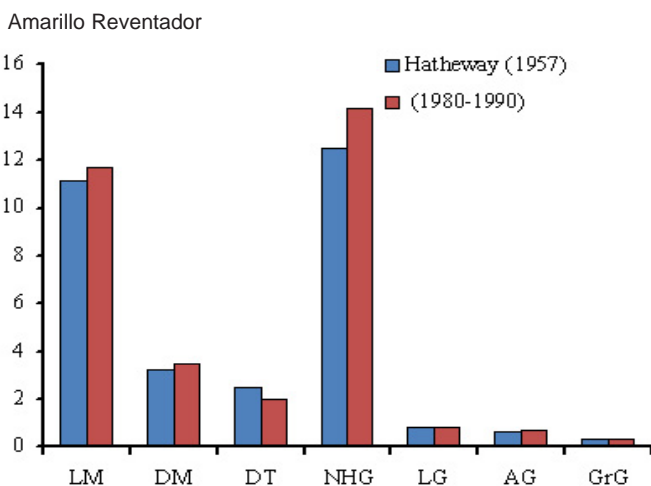


Figura 3e. Comparación de los datos para la raza Amarillo Reventador conservados *ex situ* con los obtenidos por Hatheway, 1957

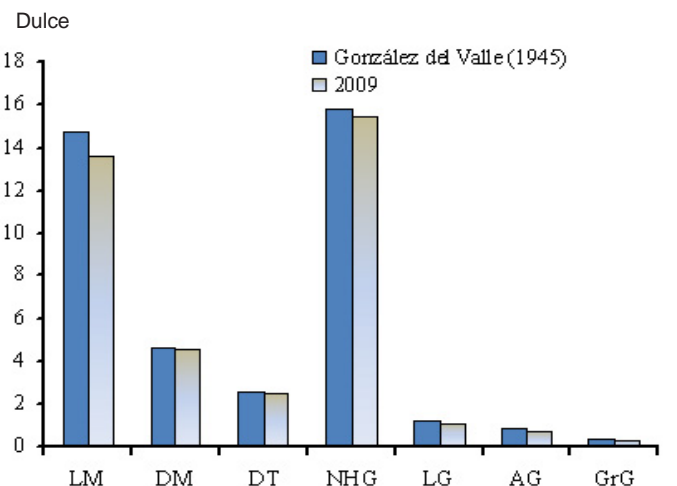


Figura 3f. Comparación de los datos para la raza Dulce variedad comercial «Pajimaca» conservados *ex situ* con los obtenidos por Carlos González del Valle, 1954

En cuanto al número de hileras de granos, éstos valores se mantienen también relativamente estables para las razas Argentino y Canilla, mientras las razas Criollo y Tusón siguen la misma tendencia a la disminución de las dimensiones de la mazorca.

Cuando se compararon los atributos descritos por Hatheway para la raza Amarillo Reventador, con las accesiones que habían sido colectadas entre los años 1980 y 1990, se observa un discreto incremento para las dimensiones de la mazorca y el NHG, mientras que en el diámetro de la tusa se observa, por el contrario, una ligera disminución. Las dimensiones del grano; no obstante, parecen no haber sufrido cambio alguno en los más de 50 años transcurridos en las razas Criollo, Argentino, Tusón, Canilla y Amarillo Reventador.

Por último, para la raza Dulce se aprecian ligeras disminuciones en los valores de todos los atributos discriminantes en el período analizado, cuando se compararon las descripciones hechas por (12) de la variedad comercial «Pajimaca», única accesión de referencia de la raza en la colección *ex situ* (Figura 3f).

De cualquier manera, la tendencia más general parece ser una derivación de las razas Criollo y Tusón hacia un mismo tipo agronómico de las mazorcas, que se caracteriza por un acortamiento y adelgazamiento de las mazorcas, con la consiguiente disminución del número de hileras de granos, probablemente debida a una selección convergente en este sentido por parte de los agricultores, sobre poblaciones heterogéneas derivadas de hibridaciones espontáneas propiciadas por el manejo dinámico de los cultivares en las fincas. En la raza Argentino, por el contrario, la selección convergente se mostró en la tendencia a aumentar los valores de las dimensiones de la mazorca y el NHG en el tiempo; en la raza Canilla, las dimensiones de la mazorca aumentaron, el diámetro de la tusa permaneció relativamente estable en el tiempo, con valores inferiores a los reportados por (14) y el NHG, permaneció estable.

Esto coincide con lo reportado por (24), quien destacó que la selección artificial juega un papel importante en la adaptación de las razas a los ecosistemas y sistemas de producción, y en la especialización para los múltiples usos culturales. Este propio autor planteó que, en ocasiones, las razas parecen ser mantenidas por los agricultores cuando tienen para ellos algún valor, aunque no sea de tipo económico, y este es el caso del uso mágico-religioso, que incide en que algunas coloraciones de grano rojo intenso se mantengan en los lotes de semillas que los agricultores conservan de un ciclo a otro en la región Oriental del país.

De igual manera, como el maíz es una planta alógama y el porcentaje de polinización cruzada es superior al 95 % (24), es inevitable que se produzcan de manera involuntaria hibridaciones o mezclas entre las razas, ya que muchos agricultores mantienen en sus sistemas tradicionales más de un cultivar, que pueden pertenecer a más de una raza. También, la deriva genética debe haber incidido en que

muchos caracteres deseables por los agricultores, se mantengan hasta nuestros días porque los agricultores seleccionan cultivares que se adaptan a las condiciones edafo-climáticas de cada región, ya sea para prevenir situaciones de extrema sequía o lluvia, con resistencia a plagas y enfermedades y buenos rendimientos.

La disminución encontrada en las dimensiones de la mazorca, puede estar condicionada por el deterioro masivo actual de las tierras de uso agrícola, el cual se ha acentuado en las últimas décadas (21, 18, 26). La erosión del suelo, que lleva aparejada la pérdida de fertilidad (19) y el cambio climático, que cada vez hace más desigual la frecuencia y la distribución de las precipitaciones, así como el aumento gradual de la temperatura, son factores que han contribuido de seguro a estos fenómenos de deriva lenta gradual de los atributos.

Por otro lado, las presiones de selección ejercidas por el hombre, adaptando muchos de estos tipos a sus gustos y costumbres culinarias, tomando como criterios fundamentales el color y tipo de grano, así como el contenido de azúcar del grano, sin dudas también han favorecido a la deriva genética.

Los resultados discutidos previamente, corroboran que el distanciamiento geográfico y ecológico de las áreas seleccionadas para el estudio *in situ*, han contribuido a la preservación de las razas cubanas en estas zonas del país, ya que la separación física refleja la variabilidad asociada a las diferentes prácticas culturales y usos del cultivo mantenidos por los agricultores en cada región, logrando así una adaptación específica (1, 15, 16).

La presencia en Cuba de las razas Criollo, Argentino, Tusón, Canilla, Amarillo Reventador y Dulce (Figuras 3a-3f), a pesar de los más de 50 años transcurridos, es de vital importancia para el país y son una evidencia del papel que juegan estos sistemas tradicionales en la conservación de este acervo genético hasta nuestros días. Las razas cubanas de maíz constituyen un patrimonio de inigualable valor estratégico, que debe ser preservado no solo en los sistemas tradicionales de los agricultores, sino también se debe fortalecer la salvaguarda de estas razas en el banco de germoplasma; ellas constituyen la expresión más legítima de cómo el germoplasma autóctono de esta especie se ha conservado hasta nuestros días con características particulares vinculadas a los mencionados factores.

Estrategia de trabajo para la conservación del acervo genético del cultivo en Cuba

Las razas de maíz tienen una amplia base genética como resultado de cientos de años de desarrollo y adaptación a tipos de suelo y microclimas particulares (17, 18). Cuba cuenta actualmente con seis razas: Criollo, Argentino, Tusón, Canilla, Amarillo Reventador y Dulce. Las cuatro primeras son las de mayor importancia para la región caribeña y para el país, especialmente las razas Criollo y Tusón, ya que sus formas o variedades han sido evaluadas y utilizadas en cruces con otras muchas y han sido empleadas para incrementar aun la diversidad

genética del Cinturón Americano de Maíz (*Corn Belt Maize*), específicamente por su habilidad combinatoria general y específica, la calidad del grano, el rendimiento y la resistencia a insectos y a enfermedades.

Los resultados precedentes permiten proponer una estrategia básica para la conservación del acervo genético del cultivo del maíz en Cuba, a fin de preservar las razas y variedades existentes y el conocimiento tradicional para el futuro en las condiciones *in situ* de las áreas rurales de Cuba, así como *ex situ*, en el banco de germoplasma del INIFAT. La estrategia debe abarcar los siguientes elementos:

- ⇒ En primer lugar, es urgente **reconocer la importancia del patrimonio nacional y universal que representa la diversidad genética del maíz de Cuba**, aspecto este que requiere de una atención inmediata, con vistas a su protección, conservación y uso adecuado, utilizando herramientas de sensibilización pública, así como a niveles más restringidos (ámbitos administrativos, académico y educacional), que es a su vez importante en el ámbito caribeño y hemisférico en general.
- ⇒ En ese contexto, resulta indispensable **apoyar las colecciones del banco nacional de germoplasma**, a fin de conservarlas, caracterizarlas y evaluarlas adecuadamente, implementando además sistemas de documentación e información eficiente, así como otras técnicas de avanzada como los marcadores moleculares para su caracterización y potenciación.
- ⇒ También se debe **priorizar la utilización y explotación de las fuentes nacionales de germoplasma**, tanto procedentes de variedades tradicionales como de los programas nacionales de mejoramiento, las que están subutilizadas, a expensas de la utilización de otras alternativas menos adecuadas.
- ⇒ Se debe **realizar la liberación controlada de variedades comerciales mejoradas**, tanto foráneas como procedentes de los programas nacionales, para minimizar la posible contaminación de las fuentes tradicionales con polen extraño, y disminuir así la posible erosión genética como consecuencia del flujo de genes, así como evitar el desplazamiento de variedades tradicionales por las modernas.
- ⇒ En aras de atenuar los riesgos provocados por la erosión genética, es importante **desarrollar mecanismos de conservación del germoplasma de maíz en condiciones *in situ*, fortaleciendo el papel de las comunidades rurales en la conservación de esta agrobiodiversidad**, capacitando en primer lugar a los agricultores y estableciendo bancos comunitarios de semilla que permitan conservar esta biodiversidad. Además, **se hace imprescindible la vinculación de ambas estrategias de conservación**, tanto *ex situ* como *in situ*, para contribuir a la preservación adecuada de las razas descritas para Cuba.
- ⇒ La conservación debe considerar **tamaños de muestra adecuados, identificando convenientemente los caracteres a evaluar y los métodos estadísticos a emplear, así como la distancia genética a utilizar**,

para así poder detectar adecuadamente los posibles riesgos de erosión de cada alelo particular. Es por ello, que el establecimiento de la colección núcleo permitirá priorizar actividades tales como la caracterización, la evaluación y el manejo de la colección optimizando así el trabajo.

REFERENCIAS

1. Abadie, T. y Berreta, A. Desarrollo de colecciones núcleo de maíz en el Cono Sur de América Latina: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay. 90 p., 2005
2. Altieri, M. A. y Merrick, L. C. *In-situ* conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Econ. Bot.*, 1987, vol. 41, p. 86-96.
3. Almekinders, C. y Boef, W. El reto de la colaboración en el manejo de la diversidad genética de los cultivos. *LEISA*. 2000, vol. 15, p. 5-8.
4. Brieger, F. G.; Gurgel, J. T. A.; Paterniani, E. y Alleoni, M. R. Races of maize in Brazil and other Eastern South American countries. National Academy of Sciences. *National Research Council Publication*, 1958, no. 593. 283 p.
5. Brush, S. B. A farmer-based approach to conserving crop germplasm. *Econ. Bot.*, 1991, vol. 39, p. 310-325.
6. Fernández, L.; Crossa, José; Fundora Mayor, Zoila M.; Gálvez, Guillermo, Acuña, Gloria y Guevara, Carlos. Identificación y caracterización agromorfológica de razas cubanas de maíz en la colección nacional del cultivo. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 4, p. 62-70.
7. Franco, J.; Crossa, J.; Díaz, J.; Taba, S.; Villaseñor, J. y Eberhart, S. A. Classifying Genetic Resources by categorical and continuous variables. *Crop. Sci.*, 1998, vol. 38, no. 1688-1696.
8. Franco, J.; Crossa, J.; Villaseñor, J.; Taba, S. y Eberhart, S. E. A two stages, three way method for classifying genetic resources in multiple environments. *Crop Sci.*, 1999, vol. 39, p. 259-267.
9. Franco, J. y Crossa, J. The modified location model for classifying genetic resources: I. Association between categorical and continuous variables. *Crop. Sci.*, 2002, vol. 42, p. 1719-1726.
10. Franco, J.; Crossa, J.; Taba, S. y Eberhart, S. A. The modified location model for classifying genetic resources: II. Unrestricted variance-covariance matrices. *Crop. Sci.*, 2002, vol. 42, p. 1727-1736.
11. Franco, J.; Crossa, J.; Taba, S. y Shands, H. A sampling strategy for conserving diversity when forming core subsets. *Crop. Sci.*, 2005, vol. 45, p. 1035-1044.
12. González del Valle, C. El maíz dulce. Boletín N°62. Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas, 1954.
13. GTZ. Fundamentos de la Agrobiodiversidad. Ingeniería Genética verde: ¿Cómo repercute sobre la diversidad agrícola? *En Hojas temáticas "People, food and Biodiversity"*, 2008.
14. Hatheway, W. H. Races of maize in Cuba. Publication 453. National Academy of Sciences-national Research Council, Washington, D.C. 75 p. 1957.

15. Hodgkin, T. Some current issues in the conservation and use of plant genetic resources. p. 3-10. En: Ayad, W. G., Hodgkin, T. Jaradat, A. y Rao, V. R. (eds.) Molecular genetics techniques for plant genetic resources. Report of an IPGRI Workshop 9-11 October, 1995, Rome, Italy, 1997.
16. Hodgkin, T. Home gardens and the maintenance of genetic diversity, en: Watson, J. W. and P.B. Eyzaguirre, editors. 2002. Proceedings of de Second International Home Gardens Workshop: Contribution of home gardens to *in situ* conservation of plant genetic resources in farming systems, 17-19 July 2001. Witzenhausen, Federal Republic of Germany. International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 2001. ISBN 92-9043-517-8.
17. Kotschi, J. Transgenic crops and their impact on Biodiversity. *GAIA*, 2008, vol. 17, no. 1, p. 36-41.
18. Norman, D. y Douglas, M. Desarrollo de sistemas agrícolas y conservación del suelo. FAO, 1996. 200 p.
19. Orellana, R.; Moreno, J. M.; Castiñeiras, L.; Fundora, Z.; Shagarodsky, T. y González, V. Conservación de ecosistemas bajo un enfoque termodinámico. En: Congreso Científico del INCA (13:2002, nov 12-15, La Habana) Memorias. CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229.
20. Parzies, H. K.; Spoor, W. y Ennos, R. A. Genetic diversity of barley landrace accessions (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) conserved for different lengths of time in *ex-situ* gene banks. *Heredity*, 2000, vol. 84, p. 476-486.
21. Pla, I. Degradación de suelos en zonas de ladera de América Latina III Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de labranza conservacionista, RELACO, San José, Costa Rica. 1995. p. 28-49.
22. Rice, Elizabeth; Smith, Margaret; Sharon, M. y Stephen, K. Conservation and change: a comparison of *in situ* and *ex situ* conservation of Jala Maize germplasm. *Crop. Sci.*, 2006, vol. 46, p. 428-436.
23. Sevilla, R. y Holle, M. Recursos genéticos vegetales. Eds. Luis León Asociados S. R. L., 2004, 445 p.
24. 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. 33-50, 2006.
25. Soleri, D. y Smith, S. Morphological and phenological comparisons of two Hopi maize varieties conserved *in-situ* and *ex-situ*. *Econ. Bot.*, 1995, vol. 49, p. 56-77.
26. Vantour A.; Fraser, T.; Morales, M.; Johstacin, C. y Gómez, D. Tecnología conservacionista para mejorar el rendimiento de una secuencia frijol-maíz-frijol en suelos vertisoles con problemas de salinidad del Valle del Cauto. En: Congreso Científico del INCA (13:2002, nov 12-15, La Habana) Memorias. CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2002. ISBN 959-7023-229.
27. Wood, D. y Lenne, J. The conservation of agrobiodiversity on-farm: questioning the emerging paradigm. *Biodivers. Conserv.*, 1997, vol. 6, p. 109-129.
28. Yáñez, C.; Sánchez, V.; Caicedo, M.; Zambrano, J.; Franco, J. y Taba S. La colección núcleo de los recursos genéticos de maíces de altura ecuatorianos. En Barrandiarán-Gamarra, M.; A. Chávez-Cabrera, R. Sevilla-Panizo y T. Narro-León (Eds.) XX Reunión Latinoamericana de Maíz, 11-14 octubre 2004, Lima, p. 492-503.

Recibido: 21 de julio de 2010

Aceptado: 1 de junio de 2011

¿Cómo citar?

Fernández Granda, Lianne, Crossa, José, Fundora-Mayor, Zoila, Gálvez Rodríguez, Guillermo, Acuña Fernández, Gloria y Guevara Vázquez, Carlos. Presencia de la variabilidad *ex situ* e *in situ* en el germoplasma cubano de maíz (*Zea mays* L.). Importancia de la complementación de ambos enfoques de conservación. *Cultivos Tropicales*, 2011, vol. 32, no. 4, p. 28-41. ISSN 0258-5936