

# EVALUACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE UNA POBLACIÓN DE MAÍZ (*Zea mays*, L.) EN CONDICIONES DE POLINIZACIÓN ABIERTA EN EL MUNICIPIO BATABANÓ, PROVINCIA MAYABEQUE

## Morphoagronomic characterization of a maize population (*Zea mays*, L.) under open pollination conditions in Batabanó, Mayabeque

Rosa Acosta Roca<sup>✉</sup>, Adán R. Colomer López, Humberto Ríos Labrada y Michel Martínez Cruz

**ABSTRACT.** The genetic variability in maize (*Zea mays*, L.) is due to the same mechanisms operating in populations of organisms in the evolutionary process, both spontaneously and under domestication ways, as well as to the numerous ecological niches and the environmental effects that each climatic condition has on the populations during their adaptation. However, the experiences of the programs of plant breeding developed by farmers in this crop have been little documented. The present work shows evidences about the advantages of a program of plant breeding developed in Cuba, to obtain populations of maize adapted to the low inputs conditions in Batabanó, Mayabeque province. The morphological evaluation showed that it was characterized by high plants, with shafts of medium grosor, leaves of half width and a tendency to have from 1 to 2 ears. They had a good coverage; were long and thin in a conical-cylindrical way, with few willing arrays lightly in hairspring and grains numerous semidents of color orange. It was found that the quantitative characters of grain and cob were in which bigger selection pressure was exerted by, influencing in the determination of the characteristic morphologicals of final population. This characterization coincided with the genetic patterns of the Canilla type. The major results in the yield of poblacion «RAUL» with respect to control, should validate the selection made by the farmer, being an indicator of the advantages of the processes of participatory plant breeding in allogamous plants.

**RESUMEN.** La variabilidad genética del maíz (*Zea mays*, L.) es debida a los mismos mecanismos que operan en las poblaciones de los organismos en el proceso evolutivo, tanto en aquellas naturales como en las que están sometidas a domesticación; así como a los numerosos nichos ecológicos y los efectos ambientales que cada condición climática ejerce sobre las poblaciones en su adaptación. Sin embargo, han sido poco documentadas las experiencias de los programas de mejora genética desarrollado por productores en este cultivo. El presente trabajo muestra evidencias acerca de las ventajas de un programa de mejoramiento desarrollado en Cuba, para obtener poblaciones de maíz adaptadas a las condiciones de bajos insumos en Batabanó, provincia Mayabeque. La evaluación morfoagronómica de la población en estudio evidenció que la misma se caracteriza por presentar plantas altas, con tallos de mediano grosor, hojas de ancho medio y una tendencia a tener de 1 a 2 mazorcas. Estas tienen buena cobertura, son largas y delgadas de forma cónica-cilíndrica, con pocas hileras dispuestas ligeramente en espiral y granos numerosos semidentados de color naranja. Se comprobó que los caracteres cuantitativos del grano y la mazorca fueron en los que se ejerció mayor presión de selección, influyendo en la determinación de las características morfológicas de la población final, coincidiendo con los patrones genéticos del tipo Canilla. Los mayores resultados de la población «RAUL» con respecto al testigo en el rendimiento, validan la selección efectuada por el productor, siendo un indicador de las ventajas de los procesos de fitomejoramiento participativo en plantas alógamas.

**Key words:** maize, *Zea mays*, varieties, free pollination, agronomic characters

**Palabras clave:** maíz, *Zea mays*, variedades, polinización libre, características agronómicas

M.Sc. Rosa Acosta Roca y Dr.C. Michel Martínez Cruz, Investigadores Agregados del departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, CP 32 700; Adán R. Colomer López, Universidad Agraria de La Habana «Fructuoso Rodríguez» (UNAH); Dr.C. Humberto Ríos Labrada, Profesor Titular, Universidad de La Habana, Cuba.

✉ [rosa@inca.edu.cu](mailto:rosa@inca.edu.cu); [rosaar\\_cu@yahoo.es](mailto:rosaar_cu@yahoo.es)

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo al Informe Nacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (1), el maíz (*Zea mays* L.) es el segundo cereal de importancia en Cuba, de alta preferencia de consumo por la población, y que se utiliza para alimentación tierno o seco.

Dicho cultivo se siembra en toda la isla, abarcando una superficie entre 77 000 y 100 000 hectáreas, destacándose las provincias de las regiones centrales y orientales con mayores extensiones de superficie de siembra. Su destino principal es como grano amarillo, cristalino o dentado, para la alimentación humana en forma de elotes, y en forma de grano seco para uso industrial de consumo animal (concentrados). También en menor escala, pero con mucha aceptación, el maíz reventón, palomitas o rositas. Los mayores rendimientos, tanto para consumo tierno como seco, se obtienen en la región occidental donde existe mayor desarrollo agrícola y poblacional. En dicha zona, los lotes son destinados a producción hortícola, papa, vegetales y tabaco, siendo el maíz un cultivo de sucesión, lo que conlleva a siembras en épocas no óptimas. Hasta el presente, empresas agrícolas o pequeños agricultores se dedican a la producción de viandas, vegetales o al cultivo del tabaco durante todo el año (ONE, 2005, citado por 1) y por lo tanto la producción de maíz descansa en gran medida en el sector campesino cooperativo o privado.

En el contexto de la agricultura urbana (1), uno de los lineamientos referidos al maíz se dirige a impulsar la utilización de híbridos cubanos en áreas destinadas a la producción de grano seco para alimentación animal. Por otra parte, se tiende a organizar la producción de semilla híbrida, ampliar y perfeccionar la producción para consumo tierno y para forraje a partir de variedades cubanas, e instar a la producción de semillas de variedades de maíz en las fincas municipales de semillas, así como contribuir a la preservación de las razas cubanas.

En la actualidad, se cuenta con 47 variedades comerciales, de las cuales sólo cuatro son tradicionales y el resto son cultivares avanzados procedentes de diferentes programas nacionales de mejoramiento. Las variedades tradicionales se encuentran incluidas en los programas de producción, tanto para grano seco, como para mazorcas tiernas. Además, tanto en las colecciones nacionales *ex situ* como en dos áreas inventariadas *in situ*, existen 18 variedades tradicionales más, que aunque no están registradas en la lista oficial, son utilizadas por los campesinos de esas zonas en sus fincas.

La variabilidad genética presente dentro y entre poblaciones/razas de maíz ha sido reconocida como una de las más abundantes del reino vegetal, siendo gran parte de esta variabilidad, debido a factores unitarios que han sido identificados a través del tiempo y que controlan características fácilmente visibles tales como colores, formas y estructuras (2). Esta diversidad ha sido ampliamente utilizada por el hombre, ya sea de forma empírica, como la que llevan a cabo los productores desde el proceso de domesticación (3) hasta la actualidad, como la realizada por los diversos programas convencionales de mejora genética que se han realizado a nivel mundial.

El uso de la diversidad existente en las razas cubanas, no solo ha estado limitado a los programas de mejora que han ocurrido en el país, sino que también muchos híbridos actuales de Estados Unidos y otros países desarrollados, tienen como base genética maíces cubanos correspondientes fundamentalmente a las razas Criollo, Argentino y Tusón, de ahí la importancia de la conservación de esta diversidad (Hatheway, 1957, citado por 4). Las variedades criollas y foráneas se encuentran utilizadas principalmente por parte de los productores e incorporadas a programas de mejoramiento genético del cultivo, utilizándose varios métodos para lograr la mejor articulación del material genético. De esta forma, se han obtenido variedades sintéticas y mejoradas mediante la selección masal de la población formada por las variedades originales, así como híbridos dobles y triples mediante cruzamiento de líneas puras de acuerdo al comportamiento de los mismos y su aptitud combinatoria. Igualmente, se ha implementado el método de «top crosses», en el cual una variedad de polinización abierta, se cruza con líneas puras exóticas con el fin de producir un híbrido para su inmediata utilización práctica<sup>1</sup>.

Recientemente, mediante fitomejoramiento participativo y siguiendo un esquema de selección masal, un productor generó una variedad que fue inscrita en el sistema nacional de semillas, marcando nuevos horizontes en los programas de mejora del cultivo en Cuba (5). Sin embargo, en los últimos años los productores han desarrollado nuevos criterios en la selección y obtención de poblaciones de maíz, que no han sido documentados. Por tal motivo, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar morfoagronómicamente una población de maíz obtenida mediante Fitomejoramiento Participativo en condiciones de polinización abierta (Población «RAUL»), con adaptación a las condiciones locales de Batabanó, Mayabeque, e identificar los caracteres en los cuales el programa de mejora genética tuvo mayor influencia en la determinación de las características morfológicas de la población final. De esta manera, se pretende recomendar al Sistema de Semillas Nacional, una nueva accesión de maíz, obtenida mediante fitomejoramiento participativo, con adaptación a las condiciones locales de Batabanó, provincia Mayabeque.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objetivo de caracterizar morfoagronómicamente la población «RAUL», fueron sembradas en la época de primavera-verano (julio de 2009), semillas prospectadas de la última cosecha en la propia finca del productor local que obtuvo dicha población. La distancia entre hileras y plantas fue de 0.90 x 0.35 m, respectivamente, ocupando un área de plantación de 100 m<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Rabí, O. Comportamiento de una variedad de maíz de introducción. [Informe X Forum de Ciencia y técnica, IIHLD]. 1997. p. 3-5.

Las atenciones culturales comprendieron un riego a los 10 días de la siembra y dos aporques. La preparación del suelo se efectuó con tracción animal, empleándose un arado de vertedera para la labor de rotura, posteriormente se realizó el surcado. Combinado con esta población y para que actuara como testigo, fue sembrada la variedad «Francisco Mejorado», proveniente de la empresa de semillas de Batabanó. La distancia de siembra utilizada fue la misma que para la población «RAUL» (0.90 x 0.35 m), ocupándose un área de plantación de 10 m<sup>2</sup>.

La siembra se efectuó en ambos casos de forma manual, depositándose dos semillas por nido, a una profundidad de 8 cm. Tanto la población «RAUL» como el testigo fueron evaluados de acuerdo a caracteres vegetativos y morfoagronómicos. Los primeros se efectuaron de acuerdo al descriptor (6), evaluándose los días hasta la antesis (DA) (floración masculina) y días hasta la emisión de los estigmas (DE) (floración femenina).

Para la evaluación morfoagronómica se siguieron los criterios del descriptor de maíz (7) para caracteres cualitativos y cuantitativos, tanto de la planta, la mazorca y los granos. En la Tabla I se mencionan los caracteres evaluados en este trabajo. Los caracteres altura de planta, mazorca y ancho de la hoja se midieron a campo con una regla (cm), mientras que el diámetro del tallo fue medido a través de un pie de rey. En el caso de las mazorcas, las mismas fueron recolectadas tomando la mazorca superior según describe el descriptor (7). Para las variables relacionadas con los granos, y en función de la descripción realizada en maíz (6) se tomaron aquellos consecutivos de la zona central de las mazorcas evaluadas, siendo medidos con un pie de rey. Tanto la evaluación de las mazorcas como la de los granos fue efectuada en el Laboratorio de Semillas, perteneciente al departamento de Genética y Mejoramiento de las Plantas, ubicado en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

A partir de las mediciones realizadas se llevó a cabo un estudio descriptivo de las mismas, con el uso del programa estadístico SPSS 15.0, como se muestra a continuación:

### CARACTERES VEGETATIVOS

Para el caso de las variables DA- días hasta la antesis y DE- días hasta la emisión de los estigmas; como medida de tendencia central se calculó la moda y como medidas de dispersión se cuantificaron los estadísticos desviación típica y amplitud. A fin de reportar de manera adecuada el ciclo reproductivo de la población y como plantea el descriptor IPGRI (6), se necesita que el 50 % de las plantas haya liberado el polen y haya ocurrido en el 50 % de las mismas la emergencia de los estigmas. Por tal motivo, para ambas variables se efectuó el cálculo de los cuartiles. Con la finalidad de determinar los valores concretos de las variables que acumulan el 50 % de los casos, se enfatizó el análisis en el percentil 50 (8). Además, se efectuó un análisis de frecuencias, obteniéndose los valores de la asimetría, para valorar la dispersión de los datos. En el caso de las frecuencias, las mismas fueron graficadas en un histograma de curva normal.

### CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS

Para las variables cualitativas de la mazorca y del grano (cp- color de la paja, cierre- cierre/cobertura, fm- forma de la mazorca, di- disposición de las hileras, cg- color del grano y tipo- tipo de grano) y para las variables cuantitativas de la mazorca (nh- número de hileras, ngh- número de granos por hileras, ngm- número de granos por mazorca) (Tabla I) se calculó la moda como medida de tendencia central. En el caso de las variables cuantitativas de la planta (ap- altura de la planta, am- altura de la mazorca, dt- diámetro del tallo, nm- número de mazorcas por planta, ah- ancho de la hoja), de la mazorca (lm- longitud de la mazorca, d- diámetro medio) y del grano (lg- longitud del grano, ag- ancho del grano, gg- grosor del grano) se calculó la media.

**Tabla I. Caracteres cualitativos y cuantitativos evaluados en la población «RAUL» y en la población testigo y siglas utilizadas para identificar los mismos**

	Cuantitativos	Cualitativos
Caracteres de la planta	ap- altura de la planta (m) am- altura de la mazorca (m) dt- diámetro del tallo (cm) nm- número de mazorcas por planta ah- ancho de la hoja (cm)	
Caracteres de la mazorca	lm- longitud de la mazorca (cm) d- diámetro medio (cm) nh- número de hileras ngh- número de granos por hileras ngm- número de granos por mazorca	cp- color de la paja cierre- cierre/cobertura fm- forma de la mazorca di- disposición de las hileras
Caracteres del grano	lg- longitud del grano (cm) ag- ancho del grano (cm) gg- grosor del grano (cm) peso100g- peso de 100 granos (gramos)	cg- color del grano Tipo- tipo de granos

Con la finalidad de evaluar la dispersión de los datos en las variables cuantitativas se estimaron los estadísticos desviación típica y amplitud y como valores de distribución, la asimetría. Además, para los caracteres vegetativos y morfoagronómicos cuantitativos se efectuó una distribución de frecuencias, con el objetivo de determinar los valores concretos que adopta cada uno de estos caracteres y el porcentaje de veces que se repiten estos valores (8). Los valores de las distribuciones de frecuencias fueron graficados en un histograma de curva normal.

### MEDICIÓN DEL EFECTO DE LA SELECCIÓN EN LA POBLACIÓN «RAUL»

Un aspecto importante en los programas de mejora, es tener evidencia acerca de cuán efectivo han sido los mismos con el paso de los años. En este sentido, no solo aporta elementos del trabajo de mejora genética la ganancia respecto a la población inicial que da origen a la población/variedad final, sino también que, a modo de validación, resulta importante efectuar una comparación con respecto a las variedades o híbridos existentes en los sistemas de semillas locales, en los cuales han sido obtenidas estas poblaciones. Por tal motivo y con el objetivo de evaluar el método de mejora desarrollado en la población «RAUL», la misma fue evaluada en comparación con el testigo para las variables cuantitativas de la mazorca (lm- longitud de la mazorca, d- diámetro medio, nh- número de hileras, ngh- número de granos por hileras, ngm- número de granos por mazorca). Dichos caracteres mencionados anteriormente fueron seleccionados por la mayor presión de selección que se ejerció sobre los mismos, o sea, fueron los considerados por el productor para su programa de mejora de generación en generación.

Partiendo de estas evaluaciones y con el uso del programa estadístico SPSS versión 15.0, fueron calculados los cuartiles para dichas variables, tanto en la población «RAUL» como en el testigo. A partir de estos valores, se determinaron en ambas poblaciones el número de individuos (ej: número de mazorcas, número de granos) que correspondían a cada valor (25, 50 y 75 cuartiles), usándose para la comparación los valores existentes para el 75 % de los casos (cuartil 75) (8). Las medias en cada muestra (población «RAUL» y testigo) fueron cotejadas mediante una prueba de *Chi-cuadrado* de comparación de proporciones, para un intervalo de confianza de 95 % ( $p \leq 0,005$ ), representándose las proporciones significativas mediante una prueba de Duncan. Además, a partir del carácter peso de 100 granos (peso 100 g) se calcularon los rendimientos promedios estimados ( $t \cdot ha^{-1}$ ), considerando los marcos de plantación sugeridos para el maíz por el Sistema Formal y a partir de los valores de la media de los caracteres ngm- número de granos por mazorca y peso de 100 granos (peso 100 g). Las fórmulas utilizadas para efectuar el cálculo del número de plantas por hectárea (Npha) fue la siguiente:

(ec 1)

$$\begin{aligned} \text{Número de plantas por ha} &= 10\,000 \text{ m}^2/\text{marco de plantación} \\ &= 10\,000 \text{ m}^2/(0.90 \times 0.35 \text{ m}) \\ &= 1746 \text{ plantas} \cdot \text{ha}^{-1} \end{aligned}$$

Considerando el cálculo del número de plantas por hectárea, se estimó el rendimiento por planta para el testigo y para la población, teniendo en cuenta los valores de la moda del carácter nm- número de mazorcas por planta.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al efectuar la caracterización morfoagronómica de la población final de maíz, obtenida por el productor Raúl Hernández (denominada «RAUL») en condiciones de polinización abierta y bajos insumos energéticos, se observó que la misma cumplía con los siguientes caracteres vegetativos y morfoagronómicos:

### CARACTERES VEGETATIVOS

Al efectuarse el análisis de los caracteres vegetativos (Tabla II), se observó que en la población «RAUL» la floración masculina (DA- días hasta la antesis) se sucede a los 46 días ( $46 \pm 2,36$ ) de haber sido sembrada y la floración femenina (DE- días hasta la emisión de los estigmas) alrededor del día 52 ( $52 \pm 2,36$ ).

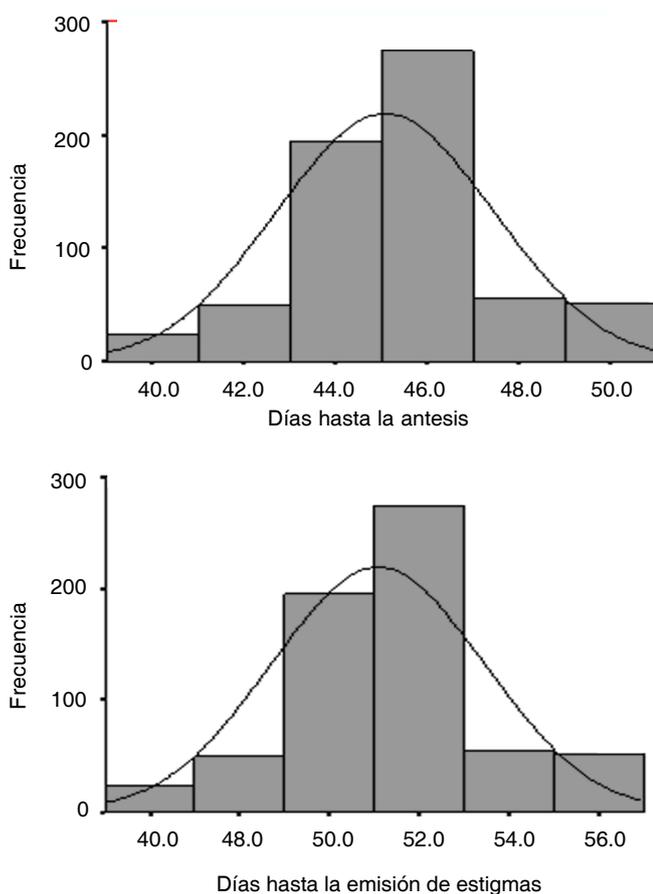
Al analizar el percentil 50 sus valores corresponden con los de la moda, corroborándose los mismos como los valores del ciclo reproductivo de la población «RAUL» (Tabla II).

**Tabla II. Estadísticos descriptivos para los caracteres vegetativos en la población «RAUL»**

	DA	DE
N	651	651
Moda	46	52
Desviación típica	2.36888	2.36888
Asimetría	.107	.107
Error típico de asimetría	.096	.096
Rango	10.00	10.00
Percentiles		
	25	43.00
	50	46.00
	75	46.00

DA- días hasta la antesis y DE- días hasta la emisión de los estigmas

Como se observa en la Tabla II, los datos mostraron una asimetría positiva y muy cercana a 0, por lo que sus valores cumplen con una distribución simétrica (Figura 1).



**Figura 1. Representación de los Histogramas con curva normal para las variables DA (días hasta la antesis) y DE (días hasta la emisión de los estigmas) en la población «RAUL»**

**CARACTERES MORFOAGRONÓMICOS**

**Análisis de las variables cualitativas**

En la Tabla III se muestran los resultados para las variables cualitativas de la mazorca (cp- color de la paja, cierre- cierre/cobertura, fm- forma de la mazorca, di- disposición de las hileras) y del grano (cg- color del grano y Tipo- tipo de granos).

Como se observa en la Tabla III, existe una total coincidencia entre los valores de la moda con los percentiles 50 y 75 (valores más frecuentes). De esta manera, podría considerarse que de acuerdo al descriptor del maíz (7), la población presenta las siguientes características para estos caracteres cualitativos de la mazorca y el grano.

**Caracteres de la mazorca**

- cp- color de la paja: Blanco
- cierre- cierre/cobertura: Bueno
- fm- forma de la mazorca: Cónica-cilíndrica
- di- disposición de las hileras: Ligeramente en espiral

**Caracteres del grano**

- cg- color del grano: Naranja
- Tipo- tipo de granos: Semidentados

Se destaca que, al igual que en otros estudios previos realizados en variedades de criollos locales (9), el carácter cierre de las mazorcas (cierre/cobertura) es Bueno. De acuerdo con los criterios del productor, dicho carácter, conjuntamente con el Tipo (tipo de granos) Semidentados, garantiza la conservación de las mismas de una época a la otra, al hacerla menos susceptible al ataque de insectos de almacén.

**ANÁLISIS DE LAS VARIABLES CUANTITATIVAS**

Para las variables cuantitativas relativas a la planta (ap- altura de la planta, am- altura de la mazorca, dt- diámetro del tallo, nm- número de mazorcas por planta, ah- ancho de la hoja), los resultados se muestran en la Tabla IV.

A través del análisis de la media y el valor percentil 75, el carácter Altura de la Planta (ap), exhibió un valor promedio de 2,45 m (2,45±0,29), observándose que en el 75 % de los casos (percentil 75) las plantas miden 2,6 m de altura. De acuerdo a los resultados observados y según el descriptor varietal (7), se considera que la población RAUL es Alta.

**Tabla III. Estadísticos descriptivos para los caracteres morfoagronómicos de la mazorca en la población «RAUL»**

	fm	di	cp	cierre	cg	Tipo	
N	100	100	100	100	100	100	
Moda	2.00	2.00	1.00	2.00	6.00	3.00	
Desviación típica	.14071	.44084	.25643	.32660	.62109	.19695	
Rango	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	
Percentiles	25	1.00	1.00	2.00	5.00	3.00	
	50	2.00	2.00	1.00	2.00	6.00	3.00
	75	2.00	2.00	1.00	2.00	6.00	3.00

cp- color de la paja, cierre- cierre/cobertura, fm- forma de la mazorca, di- disposición de las hileras, cg- color del grano y Tipo- tipo de granos

**Tabla IV. Estadísticos descriptivos para los caracteres morfoagronómicos de la planta**

a)				
	ap	am	dt	ah
N	651	651	651	651
Media	2.4529	1.2902	1.6055	9.45
Desviación típica	.28958	.49515	.25568	1.32
Asimetría	.803	14.046	3.726	.061
Error típico de asimetría	.096	.096	.096	.096
Rango	4.10	8.85	3.87	10.00
Percentiles	25	2.3000	1.1500	1.4500
	50	2.4500	1.2500	1.5900
	75	2.6000	1.4000	1.7200

ap- altura de la planta, am- altura de la mazorca, dt- diámetro del tallo, ah- ancho de la hoja

b)		nm
N		651
Moda		1.00
Desviación típica		.60
Asimetría		.91
Error típico de asimetría		.09
Rango		3.00
Percentiles	25	1.00
	50	1.00
	75	2.00

nm- número de mazorcas por planta medidos en la población «RAUL»

En relación al carácter altura de la mazorca superior (am), se observó un valor medio de 1,29 m ( $1,29 \pm 0,50$ ) y con respecto al 75 % de los casos (percentil 75) las plantas poseían 1.4 m de altura de la mazorca superior. A partir de los resultados y de acuerdo al descriptor varietal (8), se considera que la población presenta un valor mayor con respecto al testigo en relación a este carácter. Para diámetro medio del tallo (dt), la media es de 1.6 cm ( $1,6 \pm 0,25$ ), exhibiendo el 75 % de los casos (percentil 75) plantas de 1,72 cm de diámetro medio del tallo, por lo que de acuerdo al descriptor varietal (7), se considera que la población presenta un diámetro medio del tallo mediano.

En relación al carácter ancho de la hoja (ah) se observaron valores medios de 9,45 cm ( $9,45 \pm 1,31$ ) de ancho de la hoja, mientras que en el 75 % de los casos (percentil 75) las plantas presentaban un valor de 10,30 cm para dicha variable, por lo que de acuerdo al descriptor varietal (7), se considera que la población presenta una hoja mediana.

El número de mazorcas por planta (nm) exhibió valores de moda de una mazorca por planta. Al analizar el percentil 75, se observó que el 75 % de los casos poseía plantas con dos mazorcas, por lo que se considera

como tendencia de esta nueva variedad la de tener de una a dos mazorcas.

Como se observa en la Tabla IV, los datos presentaron una asimetría positiva. Para el caso de los caracteres altura de la mazorca (am) y diámetro del tallo (dt) los valores de la asimetría se encuentran muy alejados de 0; es decir, que los valores más extremos se encuentran por encima de la media (8), lo que posiblemente pueda ser atribuido a que la población se encuentra aún en proceso de mejoramiento genético.

En relación a los caracteres de la mazorca (lm- longitud de la mazorca, d- diámetro medio, nh- número de hileras, ngh- número de granos por hileras, ngm- número de granos por mazorca), los resultados se muestran en la Tabla V a y b.

**Tabla V. Estadísticos descriptivos para los caracteres morfoagronómicos de la mazorca, en la población «RAUL»**

a)		
	lm	d
N	100	100
Media	20.68	4.60
Desviación típica	1.68	.35
Asimetría	.70	.03
Error típico de asimetría	.24	.24
Rango	11.30	1.51
Percentiles	25	19.70
	50	20.55
	75	21.57

lm- longitud de la mazorca, d- diámetro medio

b)			
	nh	ngh	ngm
N	100	100	100
Moda	14.00	42.00	504.00
Desviación típica	1.51	4.99	182.12
Asimetría	-.31	-.03	5.85
Error típico de asimetría	.24	.24	.24
Rango	8.00	28.00	1778.00
Percentiles	25	12.00	38.00
	50	14.00	42.00
	75	14.00	45.00

nh- número de hileras, ngh- número de granos por hileras, ngm- número de granos por mazorca

Para el carácter Longitud de la mazorca (lm) los valores observados en la población en estudio tuvieron una media de 20,67 cm, mostrando el 75 % de los casos (percentil 75) mazorcas de 21,57 cm de longitud.

De acuerdo al descriptor varietal (7), se considera que la población presenta mazorcas largas. Para diámetro medio de la mazorca (d) la población «RAUL» presentó un valor medio de 4,59 cm, observándose que el 75 % de los casos (percentil 75) poseía mazorcas de 4,87 cm, por lo que de acuerdo al descriptor varietal (7), se considera que la población presenta mazorcas delgadas.

Para número de hileras (nh), la población en estudio presentó un valor de moda de 14,00, observándose que el 75 % de los casos (percentil 75) poseía mazorcas de 14,00 hileras, por lo que de acuerdo al descriptor varietal (7), dicha variedad se caracteriza por presentar mazorcas de pocas hileras.

Para el carácter número de granos por hileras (ngh) se exhibieron valores de moda de 42,00, observándose que el 75 % de los casos (percentil 75) presentaba mazorcas de 45 granos por hilera, por lo que de acuerdo al descriptor varietal (7), se considera que la población tiene mazorcas con una cantidad de granos numerosos.

Para el caso de estos caracteres, (Tabla V a y b), los valores del rango o amplitud fueron altos, mostrando los mismos una gran variabilidad. Estos resultados podrían ser explicados, ya que dichos caracteres son cuantitativos, ampliamente influenciados por el ambiente, y por lo tanto, con alta variabilidad en la expresión de los mismos (10).

Para los caracteres del grano (lg- longitud del grano, ag- ancho del grano, gg- grosor del grano), los resultados se muestran en la Tabla VI.

**Tabla VI. Estadísticos descriptivos para los caracteres morfoagronómicos del grano en la población «RAUL»**

	lg	ag	gg	
N	1000	1000	1000	
Media	1.09	.93	.44	
Desviación típica	.09	.11	.065	
Asimetría	.23	-.64	4.74	
Error típico de asimetría	.08	.08	.08	
Rango	1.30	1.46	1.36	
Percentiles				
	25	1.04	.87	.40
	50	1.10	.94	.43
	75	1.15	1.00	.46

lg- longitud del grano, ag- ancho del grano, gg- grosor del grano

En relación a longitud del grano (lg) los valores presentados por la población en estudio tuvieron una media de 1,09 cm, observándose que el 75 % de los casos (percentil 75) poseían granos de 1,15 cm de longitud. Para ancho del grano (ag) se observó una media de 0,93 cm, mientras que el 75 % de los casos (percentil 75) presentaban granos de 1,0 cm de ancho.

Para el carácter grosor del grano (gg), la población presentó un valor medio de de 0,43 cm, mostrando que el 75 % de los casos (percentil 75) poseía granos de 0.46 cm de grosor.

Respecto a los caracteres mencionados anteriormente los descriptores utilizados (6, 7) no tienen referencia de tipificación de los mismos. Sin embargo, en el carácter lg (longitud del grano) se observó, de forma general, que la población exhibía granos alargados. Al respecto, cabe destacar que el productor enfatizó su programa de selección y mejora en granos del tipo Canilla principalmente, lo que corresponde con lo planteado por Socorro y Martín (11) respecto a esta variedad. Dichos autores reportan que la misma posee granos largos y estrechos, de 1 a 1,5 cm de longitud, lo que corrobora los resultados del productor en la selección hacia caracteres del grano con esta tipología Canilla.

## MEDICIÓN DE EFECTO DE LA SELECCIÓN EN LA POBLACIÓN «RAUL»

Un aspecto importante en los programas de mejora, es tener evidencia acerca de cuán efectivo han sido los mismos. En este sentido, resulta importante efectuar una comparación con respecto a las variedades o híbridos existentes en los sistemas de semillas locales en los cuales han sido obtenidas las poblaciones, lo que validaría el esquema de mejoramiento desarrollado, haciendo claras las ventajas y la competencia en el mercado de la nueva población respecto a la existente al inicio del programa de mejora.

En la Tabla VII se muestra el análisis comparativo para los caracteres morfoagronómicos evaluados entre la población «RAUL» y el testigo. En el caso longitud de la mazorca, (lm) no existieron diferencias significativas en cuanto a los valores medios de estos caracteres para el 75 % de la población evaluada y el testigo cuando se efectuó la prueba de  $X^2$  de comparación de proporciones, para un intervalo de confianza de 95 % ( $p \leq 0,005$ ). Sin embargo, para el carácter peso de 100 granos (peso100 g) las medias difirieron significativamente entre la población «RAUL» y el testigo. Este patrón se observó también en los caracteres número de hileras (nh), número de granos por hileras (ngh) y número de granos por mazorca (ngm).

Los resultados son similares a los planteados por Almekinders, Hardon y Guevara (12), quienes sugieren que la efectividad de la selección en las generaciones más adelantadas en los programas de mejoramiento mediante el Fitomejoramiento Participativo (FP), está determinada por la habilidad de los agricultores para reconocer las plantas que más satisfaga sus requerimientos dentro de las generaciones avanzadas de las poblaciones que más les interesen.

Los factores importantes para el éxito continuo de estos programas mediante FP, son la intensidad de selección y el aseguramiento de que todas las características preferidas sean mantenidas en la siguiente generación.

**Tabla VII. Estadísticos descriptivos para los caracteres morfoagronómicos del grano en la población «RAUL» y el testigo**

a)

	Lm «RAUL»	lm Testigo	d «RAUL»	d Testigo	Peso 100 g «RAUL»	Peso 100 g Testigo	
N	100	108	100	108	100	79	
Media	20.68 ns	15.42 ns	4.60 ns	4.18 ns	33.78 a	22.78 b	
Desviación típica	1.68	2.54	.35	.48	4.46	3.67	
Percentiles	25	19.70	13.60	4.31	3.91	32.00	20.50
	50	20.55	15.10	4.58	4.20	33.50	23.00
	75	21.57	17.37	4.87	4.49	36.00	25.00

b)

	nh «RAUL»	Nh Testigo	Ngm «RAUL»	Ng Testigo	ng «RAUL»	Ng Testigo	
N	100	108	100	108	100	108	
Moda	14.00 a	12.00 b	42.00 a	26.00 b	504.00 a	312.00 b	
Desviación típica	1.51	1.12	4.99	5.11	182.12	75.09	
Percentiles	25	12.00	12.00	38.00	25.00	480.00	288.50
	50	14.00	12.00	42.00	28.00	532.00	336.00
	75	14.00	12.00	45.00	32.00	622.00	384.00

(peso 100 g): peso de 100 granos; (lm): longitud de la mazorca; (nh): número de hileras; (ngh): número de granos por hileras; (ngm): número de granos por mazorca; (d): diámetro medio de la mazorca

Letras diferentes indican diferencias significativas en la prueba  $X^2$  de comparación de proporciones,  $p \leq 0.05$

ns- no existen diferencias

Este hecho, además de demostrar la efectividad en la presión de selección efectuada por los productores sobre determinados caracteres de interés, no necesariamente requiere del cumplimiento estricto de protocolos y diseños experimentales utilizados comúnmente en el mejoramiento institucional (13), lo que aumenta la factibilidad de los mismos a nivel local.

Al efectuar una estimación del rendimiento en  $t \cdot ha^{-1}$  de la población «RAUL» y el testigo (Tabla VIII) en función de los caracteres ngm- número de granos por mazorca y peso de 100 granos (peso100 g), y considerando una variación del carácter número de mazorcas por planta (nm) entre 1 y 2 y partiendo de la premisa de que todas las plantas produjeran mazorcas llenas, se observó que la población en estudio tuvo valores estimados de  $5,4 t \cdot ha^{-1}$ , mucho mayores que los obtenidos en el testigo.

**Tabla VIII. Valores estimados del rendimiento ( $t \cdot ha^{-1}$ ) para el caso de la población «RAUL» y el testigo, considerando una o dos mazorcas**

	población «RAUL»	Testigo
1 mazorca	5.40	2.26

Al efectuar un análisis de lo reportado para la variedad Testigo «Francisco Mejorado» por Socorro y Martín (11), los rendimientos de la misma oscilaron entre  $2,0$  y  $2,7 t \cdot ha^{-1}$ , lo que concuerda con los resultados del presente estudio, considerando la estimación del rendimiento para una mazorca/planta. Estos resultados permiten corroborar el método utilizado para estimar el rendimiento.

Los resultados del rendimiento en el caso de la población «RAUL» (Tabla VIII), validan la metodología desarrollada por el productor para la obtención de sus poblaciones y la efectividad de la presión de selección efectuada sobre los principales caracteres de la planta y la mazorca sobre los cuales basó su esquema de mejoramiento genético. Estos resultados, pudieran ser indicadores de las ventajas de los procesos de FP en las plantas alógamas; donde se obtienen por los productores a nivel local y en condiciones de polinización abierta, poblaciones de maíz con caracteres morfológicos que muestran un comportamiento estable después de varios ciclos de selección y mejora.

A pesar de que algunos autores plantean que en el proceso de domesticación y durante el manejo de las poblaciones (*in situ* y *ex situ*), pueden estarse activando procesos que causen la pérdida de variantes genéticas en el cultivo (13); otros plantean que las comunidades rurales han mantenido y generan una gran diversidad genética durante siglos (14), lo que constituye hoy la fuente o reservorio donde el sistema formal obtiene los recursos genéticos para los bancos de germoplasma y la industria de semillas y que reportan beneficios económicos en términos de rendimiento a sus fincas.

En el país, no existen marcos políticos o regulatorios en vigencia que apoyen el desarrollo y expansión de sistemas locales de semilla, para cultivos y variedades de importancia para el pequeño agricultor. No obstante, los campesinos pueden, dentro de sus propiedades, producir su propia semilla, aun de variedades comerciales que recientemente hayan adoptado o de variedades introducidas que incorporen a sus sistemas (1).

## AGRADECIMIENTOS

A Raúl Hernández, productor de la CCS «Deris García» de Batabanó, Mayabeque; quien sin su esfuerzo, abnegación y conocimientos no hubiese sido posible este trabajo. Por ser fuente de inspiración del esquema de mejora desarrollado.

## REFERENCIAS

- Informe Nacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA). Comisión Nacional de Recursos Genéticos. Edición 2007, La Habana, Cuba. ISBN: 959-7023-36-9
- Riccelli, M. Mejoramiento Genético y Biotecnología, Introducción a la Genética del Maíz. *En: El Maíz En Venezuela*. Fundación Polar. 2000, p. 77-93. ISBN: 980-379-004-8
- Aragón-Cuevas, F.; Taba, S.; Hernández Casillas, J. M.; Figueroa C. J. de D.; Serrano Altamirano, V. y Castro García, F. H. Catálogo de Maíces Criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA: Oaxaca, México. Libro Técnico, 2006, no. 6. 344 p. ISBN 970-43-0069-7
- Fernández, L.; Crossa, J.; Fundora, Z.; Gálvez, G.; Cristóbal, R.; Acuña, G.; Guevara, C.; Puldón, G.; Pérez, M. F.; Walón, L. y Soto, J. A. Composición de las razas cubanas de maíz en la colección nacional del cultivo. *En: Congreso Científico del INCA (16: 2008, nov. 24-28, La Habana)*. Memorias. CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN 978-959-16-0953-3.
- Ortiz, R.; Chávez, F.; Ríos, H.; Caballero, R. y Viñals, María E. Felo, la primera variedad de maíz obtenida por las técnicas de fitomejoramiento participativo en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 1, p. 49- 8.
- IPGRI. Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant. Rome. *Genetic Resource*, 2001, no. 261, p. 1.
- Carballo, A. Manual gráfico para la descripción varietal del maíz (*Zea mays*, L.). 1ed. México : SAGARPA. 2001. no. 114, p. 11. ISBN: 968-800-489-8
- Pardo, A. y Ruiz, M. A. SPSS 11. Guía para el Análisis de datos. McGraw-Hill/Interamericana de España S.A. 2002. 715 p. ISBN: 9788448137502
- Acosta, R.; Ríos, H.; Kessel, A.; Martínez, M. y Ponce, M. Selección participativa de germoplasma cubano de maíz (*Zea mays*, L.) en el sistema local de Batabanó, La Habana. *Cultivos Tropicales*, 2005, vol. 28, no. 2, p. 63-70.
- Falconer, D. S. Introducción a la Genética Cuantitativa. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. MEXICO. 1990, 383 p.
- Socorro, M. y Martín, F. D. Granos. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1989. 318 p.
- Almekinders, C.; Hardo, J.; Guevara, F. Un nuevo respeto para los agricultores: Experiencias en Fitomejoramiento Participativo y los desafíos para su institucionalización. Wageningen. *Agronomisa Especial 5, Agronomisa*, 2008, p. 147.
- Mhike, X.; Nyakanda, P.; Setimela, P.; Bazinger, M.; Listman, M. y Luna, A. Growing Farmer-saved Seed of Improved, Open-pollinated Maize Varieties. AREX-CIMMYT. 2006. 16 p.
- Zhang, L.; Peek, A. S.; Dunams, D. y Gaut, B. S. Population Genetics of Duplicated Disease-Defense Genes, hm1 and hm2, in Maize (*Zea mays* ssp. *mayz* L.) and its wild Ancestor (*Zea mays* ssp. *parviglumis*). *Genetics*, 2002, vol. 162, p. 851-860.
- Martínez Farias, M. A. Biodiversidad. Visiones y estrategias para la conservación. CLADES. No. 13. [Consultado 6-5-2005]. Disponible en: <<http://www.clades.cl/revistas/13/rev13agr5.htm>>.

Recibido: 6 de abril de 2011

Aceptado: 1 de octubre de 2012

### ¿Cómo citar?

Acosta Roca, Rosa; Colomer López, Adán R.; Ríos Labrada, Humberto y Martínez Cruz, Michel. Evaluación morfoagronómica de una población de maíz (*Zea mays*, L.) en condiciones de polinización abierta en el municipio Batabanó, provincia Mayabeque. *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 2, p. 52-60.