

# CARACTERIZACION Y EVALUACION DE UNA FORMA DE MAIZ (*Zea mays ssp. mays*) REVENTON

P. MELCHIORRE<sup>1</sup>

Recibido: 14/12/94

Aceptado: 10/07/95

## RESUMEN

Se estudia la variabilidad de 39 caracteres: fenológicos y morfológicos vegetativos y reproductivos, de una forma de maíz "reventón" procedente de Italia, con el objeto de identificar, describir y conservar para el uso futuro el recurso genético potencial que esta forma podría constituir.

Se describe la población cuya variación registrada para algunos caracteres indica que la misma podría ser importante como fuente primaria de germoplasma para los fitomejoradores. Por sus caracteres en general y en particular por los valores de los índices de venación, condensación y del espacio ramificado, se infiere que esta forma de maíz es primitiva, presentando afinidad con la raza "Confite Morocho" del Perú.

**Palabras clave:** maíz; germoplasma; mejoramiento.

## CHARACTERIZATION AND EVALUATION OF A POPCORN FORM (*Zea mays ssp. mays*)

### SUMMARY

Thirty-nine phenological, and morphological reproductive and vegetative traits were studied from a popcorn form from Italy to identify, describe and preserve potential genetic resources. The recorded variation in several traits suggests that the population could be an important source of primary germplasm for corn breeders. The general variation of studied traits, particularly the values of venation and condensation indexes and the length of branching space of tassel, suggest that this maize form is primitive and bears affinity with the race "Confite Morocho" from Perú.

**Key words:** maize; germplasm; maize improvement.

### INTRODUCCION

La forma de maíz en estudio es del tipo de "popcorn" aperlado y pertenece a la especie *Zea mays L. ssp. mays* (Iltis y Doebley, 1980) y referido a la variedad *minima* por Bonafous (*Z. mays* grupo *microsperma* Koernicke, *Z. everta* Stutervant, p.p.). (Parodi, 1959). Los maíces "popcorn" son conocidos en la Argentina como maíces "reventones", "pororó", o "perla". Estos se habrían originado a partir de los "podcorn" (*Zea tunicata*

Stutervant) -maíz tunicado- (Eyster, 1934) y constituyen una de las formas más primitivas a partir de la cual se habrían derivado los demás tipos conocidos de maíz (Brunson, 1955; Brieger et al., 1958; Mangelsdorf, 1974; Reyes, 1990).

El carácter "reventador" de los granos, (de tipo cuantitativo, heredable y controlado por muchos genes), permitió a los aborígenes de Centroamérica y Sudamérica, desde épocas precolombinas, disponer de un alimento nutritivo y de fácil obtención.

<sup>1</sup> Cátedra de Botánica Agrícola de la Facultad de Agronomía de Buenos Aires. Laboratorio de Recursos Genéticos Vegetales "N.I.Vavilov", Avda. San Martín 4453, 1417 Buenos Aires, Argentina.

La difusión de los maíces híbridos comerciales del tipo "reventón" de alta producción (los híbridos del tipo perla de color amarillo o naranja que producen más que los de tipo arroz (Brandolini y Lucconi, 1979)) están desplazando en la actualidad a las formas locales antiguas, cultivadas hasta alrededor de la década de los años 40. Si bien con el fitomejoramiento se logran obtener, por lo general, híbridos más productivos, también se origina pérdida de diversidad y un aumento de vulnerabilidad genética (Jugenheimer, 1981).

La preservación y el conocimiento de la variabilidad genética existente en esas formas locales antiguas es de gran importancia para la formación y el mejoramiento de los híbridos comerciales actuales. En este trabajo se estudia la variabilidad de los caracteres fenológicos y morfológicos vegetativos y reproductivos de una forma local de maíz "reventón" proveniente de Italia con el fin de identificar, describir, y conservar para uso futuro el recurso genético potencial que esta forma de maíz pudiera constituir.

#### MATERIALES Y METODOS

La muestra original que posee granos de color azulado uniforme, similar a los de la Fig. 5A, procede de una forma local de maíz reventón cultivada en Italia. De ese material original se realizaron cultivos en el Jardín Botánico de la Facultad de Agronomía de la U.B.A., (ubicado a 34° 35' S Lat., 58° 29' N Long. y 25 m.s.m.). Los cultivos se hallaban aislados (reproductivamente), por lo que las espigas coleccionadas son el resultado de polinizaciones ocurridas entre individuos de la misma población. Entre las mazorcas coleccionadas se han obtenido algunas con granos blancos nacarados y azules (Fig. 1). Debido a la gran importancia que tienen el color de los granos, los primeros fueron seleccionados y sembrados hasta obtener plantas que dieran mazorcas con granos blancos. De esas mazorcas se tomó una muestra de 50 granos, que fue sembrada en cajas de Petri. Las plántulas obtenidas, se plantaron en una parcela experimental del Jardín Botánico mencionado.

Se señalaron las hojas en cada una de las plantas para registrar posteriormente la cantidad de las mismas. Asimismo, se registró, de cada una de las plantas, el número de días desde la siembra hasta la emergencia de la panoja y la antesis de las inflorescencias estaminada (FM) y pistilada (FF). La diferencia entre los valores promedios de antesis de la FF y FM obtenidos permitió calcular la protandria. A la madurez del cultivo se

cosecharon las espigas, las panojas y el resto de la planta, los que se utilizaron para completar el relevamiento del conjunto de datos necesarios para la caracterización y evaluación de la muestra.

La metodología empleada y los caracteres relevados son los utilizados por Brieger et al. (1958), Camussi (1979), Cámara Hernández y Bellón (1988), CIMMYT-IBPGR (1991), Melchiorre (1992). Se registraron 39 caracteres (Cuadro N°1); dentro de los vegetativos se incluye el **índice de venación** (relación entre los valores promedios del número de venas y la anchura de la hoja tectriz de la espiga distal (Wellhausen et al. 1952)). Este índice es alto en las formas primitivas de maíz y decrece a medida que aumenta el grado de evolución del maíz. Asimismo dentro de los caracteres de la panoja se incluye el **índice de condensación** (relación entre el número de pares de espiguillas y el número de nudos en la ramificación primaria inferior de la panoja (Anderson, 1944)) y el **porcentaje del espacio ramificado** (cociente entre la longitud del espacio ramificado y la de la panoja expresado en porcentaje). Las formas primitivas tienen la menor longitud de espacio ramificado y también el menor porcentaje relativo de espacio ramificado.

Para la determinación del color de los granos se consultó una tabla de colores (Kornerup and Wanscher, 1984).

Para cada uno de los caracteres relevados se calcularon los promedios, desvíos, coeficiente de variación y rangos de los datos obtenidos (Snedecor y Cochran, 1980; Sotello, 1983).

La descripción de la muestra y la confección de los diagramas de la panoja, la espiga y la longitud de internodios (Figs.: 2B, 4 y 7) se realizaron sobre la base de los promedios correspondientes a los caracteres considerados (Cuadro N°1).

Con el fin de establecer la posible relación con algunas razas primitivas de maíz reventón de otros países de Latinoamérica, se confeccionó una matriz básica de datos (MBD), compuesta por 19 filas (=caracteres, señalados con una estrellita en el Cuadro N°1) y 10 columnas (=razas). Para tal fin se tomaron los valores promedios de los caracteres correspondientes a las razas "Confite Morocho" del Perú, "Pollo" y "Pira" de Colombia, "Naltel" de Guatemala, "White Pop" de Cuba, "Pororó" y "Uchuquilla" de Bolivia, "Curagua" de Chile y "Reventador" de México. Dicha matriz fue estandarizada por caracteres y analizada mediante la técnica numérica de clasificación: **análisis de grupo**.

A partir de la matriz básica estandarizada se obtuvo la matriz de similitud entre las razas utilizando el coeficiente de similitud de distancia euclidiana. El agrupamiento de las razas (en un fenograma) se realizó por medio de la técnica de Ligamiento promedio. Para

CUADRO N° 1. Valores promedios (X), desvíos (SX), rangos y coeficiente de variación de los caracteres obtenidos en la muestra de maíz "reventón".

CARACTERES	N	X	SX	CV	MIN.	MAX.
<b>A. FENOLOGICOS</b>						
1- Emergencia de panoja -EP- (días)	36	70,8	1,9	2,7	69,0	73,0
2- N° de días a floración masculina -FM-	40	77,3	3,8	4,9	73,0	86,0
3- N° de días a floración femenina -FF-	39	78,8	4,3	5,5	73,0	87,0
4- Longitud del ciclo vegetativo (días)		77,3				
<b>B. VEGETATIVOS</b>						
5- Altura de la planta -AT- (cm) ★	40	121,6	15,2	12,6	90,0	149,0
6- N° total de hojas -NTH- ★	29	21,9	0,6	3,1	21,0	23,0
7- Altura espiga superior -AES- (cm)	40	93,1	12,4	13,3	72,0	112,0
8- N° de hojas hasta AES -NHES-	29	17,7	0,6	3,7	17,0	19,0
9- Diámetro del tallo -DT- (mm)	36	16,4	3,1	18,7	7,5	22,0
10- Anchura de la hoja -AH- (cm) ★	39	7,2	0,9	12,6	4,8	9,0
11- Longitud de la hoja -LH- (cm) ★	39	52,3	4,2	8,1	44,2	51,6
12- N° de nervios de la hoja -NNE-	39	25,4	1,2	4,8	23,0	29,0
13- Índice de veneción -IV- ★		3,5				
14- Internodios (1)						
<b>C. DE LA PANOJA</b>						
15- Longitud de la panoja -LP- (cm) ★	39	24,3	2,7	11,1	18,8	29,2
16- Longitud de la vaina -LVA- (cm)	39	9,9	1,7	17,2	2,6	16,0
17- Longitud del pedúnculo -LPE- (cm) ★	39	9,6	1,8	18,5	4,5	14,5
18- Longitud de la espiga terminal -LET- (cm) ★	39	17,9	2,0	11,0	12,0	21,5
19- Longitud del espacio ramificado -LER- (cm)	39	6,4	1,4	21,3	3,3	9,2
20- Longitud ramificación primaria -LR1- (cm) ★	39	12,4	1,7	4,8	8,0	15,3
21- N° de ramificaciones primarias -NRI- ★	39	14,2	3,3	23,5	7,0	21,0
22- Índice de condensación ★		1,2				
<b>D. DE LA ESPIGA (MAZORCA: M)</b>						
23- Longitud -L- (cm) ★	37	7,6	1,2	15,8	4,2	9,5
24- Anchura -A- (cm) ★	37	2,4	0,1	5,3	2,1	2,7
25- Diámetro del ápice -DA- (cm)	37	2,0	0,1	5,2	1,8	2,3
26- Diámetro de la base -DB- (cm)	37	2,6	0,2	5,8	2,8	8,0
27- N° de hileras de granos -NHG- ★	37	13,7	1,1	7,8	10,0	16,0
28- N° de granos por hilera -CH-	37	19,7	3,5	18,0	10,0	26,0
29- N° de espigas por planta -NE-	37	2,2	1,0	46,4	1,0	5,0
30- Peso de la espiga -PE- (g)	37	27,6	6,1	22,9	1,0	35,9
31- Peso total de espigas por planta -PTE- (g)	37	56,8	31,2	55,0	11,8	128,0
32- Diámetro del marlo -DMA- (cm) ★	31	1,4	0,1	4,4	1,2	1,5
33- Diámetro del ráquis -DR- (cm) ★	31	0,7	0,1	7,2	0,6	0,8
34- Diámetro de la médula -DME- (cm)	31	0,3	0,1	18,3	0,2	0,4
35- Longitud de la parte estaminada de la M.	19	5,5	---	---	2,6	9,8
<b>E. DEL GRANO</b>						
36- Longitud -L- (mm) ★	37	69,8	5,0	7,2	61,0	80,0
37- Anchura -A- (mm) ★	37	53,6	3,8	7,0	49,0	66,0
38- Espesor -E- (mm) ★	37	34,8	2,4	7,0	30,2	41,0
39- Peso de 50 granos -P50C- (g)	37	4,9	0,6	12,6	3,8	6,5

(1) N° de internodio/longitud (cm): 8/2,9; 9/6,0; 10/8,8; 11/10,5; 12/10,6; 13/10,7; 14/10,6; 15/10,2; 16/9,8; 17/9,4; 18/8,6; 19/8,1; 20/7,5; 21/6,4; 22/5,6; 23/6,1.

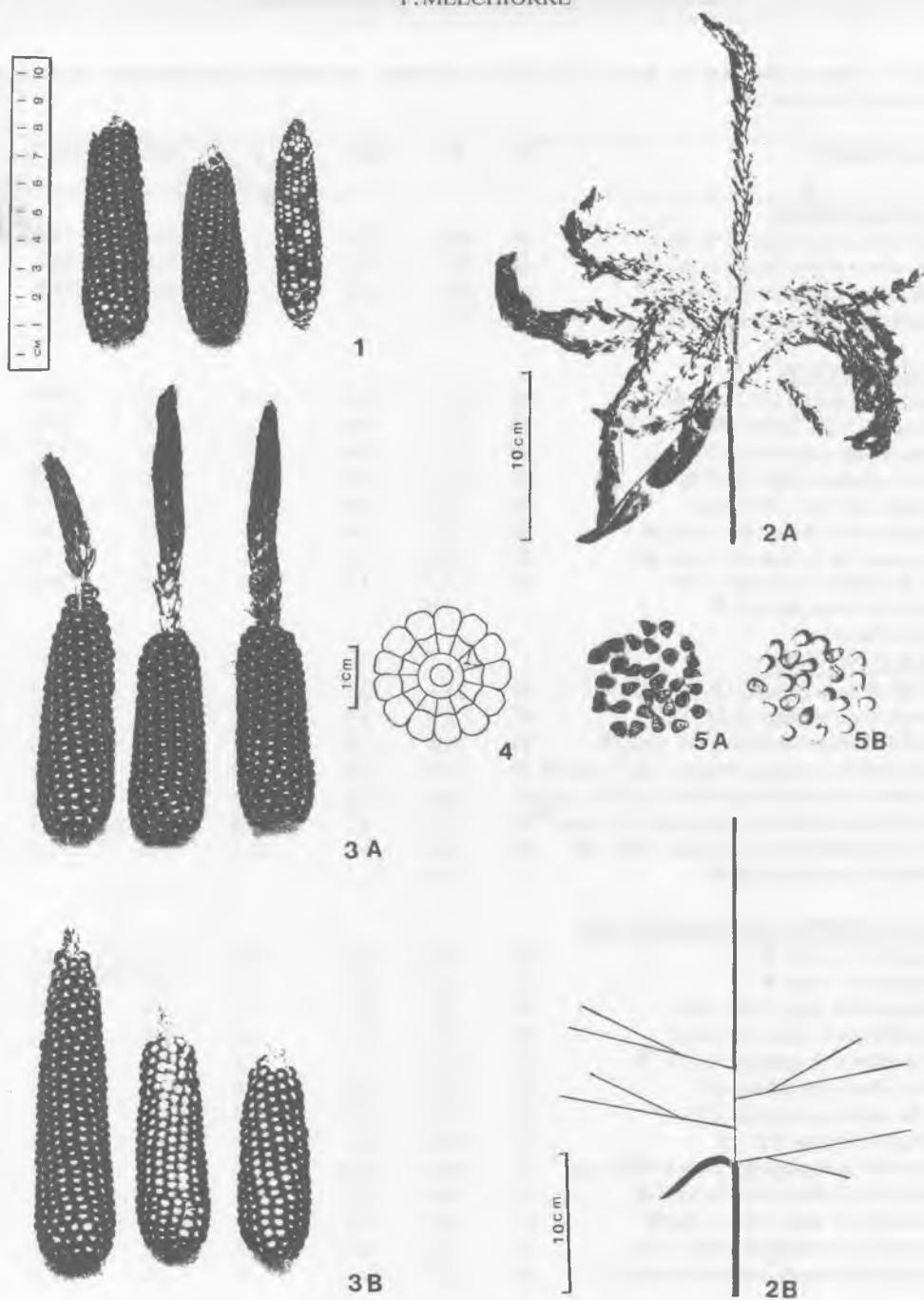


FIG. 1. Fotografía de mazorcas con granos blancos y azules.

FIG. 2A. Fotografía de una panoja.

FIG. 2B. Diagrama de la panoja.

FIGS. 3A y 3B. Fotografías de mazorcas representativas de la forma estudiada. Escala igual que en Fig. 1.

FIG. 4. Diagrama de la espiga en sección transversal.

FIGS. 5A y 5B. Fotografía de granos azules (5A) y blancos (5B).

medir el grado en que el fenograma representa a los valores de la matriz de similitud se obtuvo el coeficiente de correlación cofenética (=CCC).

El programa utilizado para el procesamiento de la **MBD** es el NTSYS-pc V. 1.80, Rohlf (1993).

Del material descrito se ha depositado un ejemplar en el Herbario "Gaspar Xuárez" bajo el número de colección BAA 22842, y se conserva una colección de espigas en el Laboratorio de Recursos Genéticos Vegetales "N.I.Vavilov" registrada con el número de VAV 6391.

## RESULTADOS

El **ciclo vegetativo** es intermedio a largo, con antesis de las flores estaminadas a los 77 días de la siembra. Se observó la presencia de protoginia, siendo baja la protandria (1,5 días).

Las **plantas** son medianas, de 122 cm de altura, con pocos macollos (0-3), con un promedio de 22 hojas. Las hojas miden 52 cm de longitud y 7 cm de anchura y poseen vainas foliares con pubescencia intermedia. El **índice de venación** es de 3,50. Poseen entre 1 a 5 espigas, siendo el valor modal 2; la espiga distal está ubicada en el tercio superior de la altura total de la planta, en la axila de la hoja número 18.

La **panoja** es mediana (24 cm de longitud); el pedúnculo corto (10 cm), ligeramente inferior a la longitud de la vaina de la hoja distal (bandera), y posee un espacio ramificado del 25%, con 7-21 ramificaciones primarias y 0-4 ramificaciones secundarias (**Figs. 2A y 2B**). El índice de condensación es de 1,23.

La **espiga** es pequeña, uniforme y bien granada, de 8 cm de longitud, y 2,4 cm de diámetro, de forma cilíndrica o cilíndrico-cónica y de peso intermedio a bajo (**Figs. 3A y 3B**). El número promedio de hileras de granos por espiga (13,7), casi coincide con el valor modal (14). La disposición de las hileras de granos puede ser recta o en espiral. El diámetro del marlo es de 1,4 cm y el de la médula es de 0,3 cm (**Fig. 4**). El color del marlo varía de blanco a blanco-amarillento.

Las espigas están bien cubiertas por las brácteas y frecuentemente poseen una inflorescencia estaminada en su extremo distal, cuya longitud, en algunos casos, es mayor que la de la parte pistilada (**Fig. 3A**).

Los **granos** son cuneiformes con el borde superior redondeado (5B), de tamaño pequeño (7 mm de longitud x 5,4 mm de anchura x 3,5 mm de espesor) y de peso bajo, lisos, duros, con endosperma vítreo en la zona externa y tiene una parte harinosa delgada que rodea al embrión. Son de color blanco o amarillento nacarados (**Fig. 5B**). El pericarpo del grano es de color amarillo pálido y translúcido.

De la **longitud de internodios** (**Cuadro 1, Fig. 7**), se infiere que en los internodios proximales hay un incremento de la longitud en sentido acrópeto, los siguientes se mantienen estables y los distales disminuyen su longitud hacia el ápice del tallo, con excepción del último internodio (por debajo de la panoja) que es algo más largo que el inmediato inferior.

La magnitud de los valores de los **coeficientes de variación (CV)** detallados en el **Cuadro 1**, se representa por grupos de caracteres en las **Figs. 6 A, B, C, D, y E**.

Los **caracteres fenológicos** muestran un mínimo de variación para el número de días desde la siembra hasta la emergencia de la panoja y un máximo en el número de días hasta la floración femenina (**Fig. 6A**).

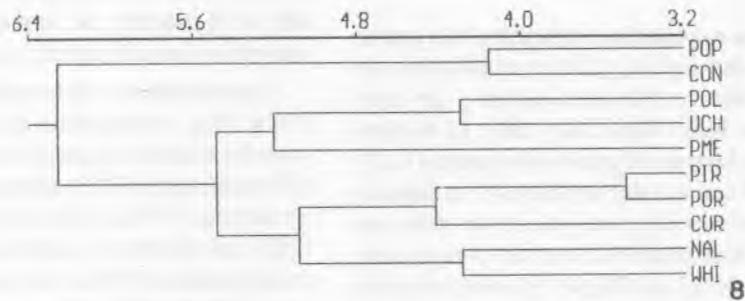
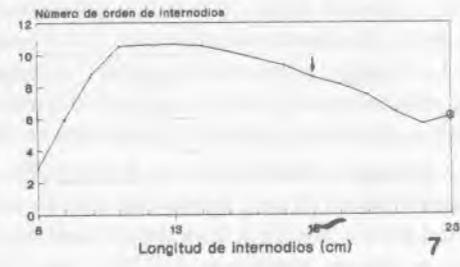
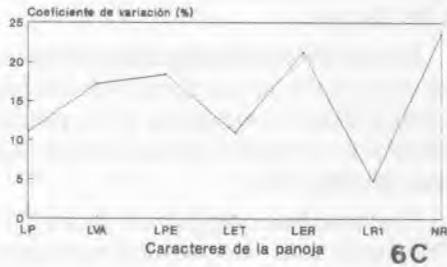
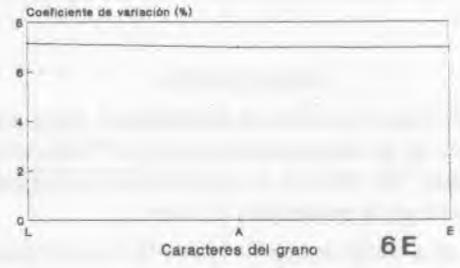
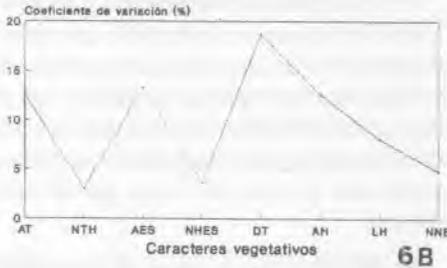
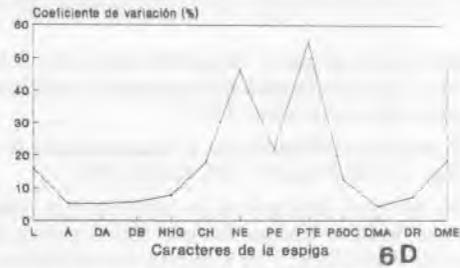
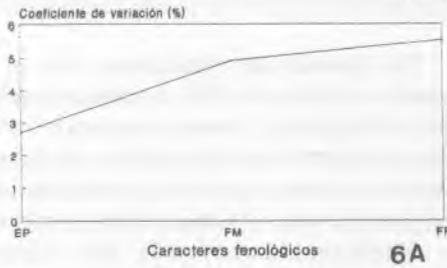
Los **caracteres vegetativos** tienen CV de 3-19%, siendo el de valor mayor el correspondiente al diámetro del tallo (**Fig. 6B**).

Los **caracteres de la panoja** tienen CV entre 4% y 24% los valores mayores del 20% corresponden a la longitud del espacio ramificado y al número de ramificaciones primarias, (**Fig. 6C**).

Los **caracteres de la espiga** tienen CV entre 4% y 55%, correspondiendo el valor máximo al peso del total de espigas por planta. Los valores de CV superiores del 15% corresponden a la longitud de la espiga (16%), al número de granos por hilera (18%), al diámetro de la médula (18%), al peso de la espiga distal (22%), y al número de espigas por planta (46 %) (**Fig. 6D**).

Los **caracteres del grano** poseen un CV similar en sus tres dimensiones (7 %) (**Fig. 6E**).

Los coeficientes de variación muestran, en general, que existe una variación menor en los caracteres fenológicos y del grano, que en la mayoría de los



FIGS. 6A, 6B, 6C, 6D y 6E. Diagramas de los valores de los CV detallados en el Cuadro N°1, correspondientes a diferentes grupos de caracteres.

FIG. 7. Diagrama de internodios. ↓: Ubicación de la espiga; O: Ubicación de la panoja.

FIG.8. Fenograma de distancia euclidiana (UPGMA) que muestra la relación de similitud fenética entre la forma de maíz estudiada (=POP) y otros maíces reventones primitivos de Latinoamérica: CON= Confite Morocho de Perú; POL=Pollo y PIR= Pira de Colombia; NAL=Naltel de Guatemala; WHI=White Pop de Cuba; UCH=Uchuquilla y POR= Pororó de Bolivia; CUR= Curagua de Chile y PME= Reventador de México. El valor del CCC= 0,69.

caracteres vegetativos, de la espiga y de la panoja. Los datos con magnitudes inferiores del CV, indican una mayor homogeneidad o que su media aritmética es más representativa (Sotello, 1983).

En el fenograma de la **Fig.8**, se observa que la forma estudiada tiene una mayor afinidad con la raza "**Confite Morocho**" (CON) del Perú.

#### DISCUSION Y CONCLUSIONES

Se puede inferir que esta forma de maíz es primitiva si se consideran los índices de venación (casi igual a una de las razas más primitivas y prehistóricas de maíz reventón del Perú "**Confite Morocho**") y de condensación, el bajo porcentaje de espacio ramificado, la presencia frecuente de espiguillas estaminadas en el extremo superior de la mazorca (**Fig.3A**), además del tamaño pequeño de las espigas y de los granos, y la textura córnea del endosperma.

Con el descubrimiento de América el maíz fue llevado a España y luego se difundió en el resto de Europa y demás continentes. En Asia fue introducido, desde occidente a través de Turquía y Siria y desde oriente a través de las posiciones portuguesas en la India, de Timor y de Filipinas, en la segunda mitad del siglo XVI (Brandolini, 1979). Es muy probable que esta forma de maíz provenga de una introducción temprana en países asiáticos, debido a que varios de los caracteres estudiados, vegetativos y reproductivos, son comunes a aquellos observados por Anderson y Brown (1953), para el grupo de razas de ciclo largo de maíz reventador del Asia, provenientes de las áreas montañosas del Noroeste de Turquía. Estos caracteres son el color casi totalmente verde del tallo y las hojas en las plantas adultas, el pedúnculo de la panoja más corto que la longitud de la vaina de la hoja distal, la espiga terminal de la panoja inclinada (**Fig 2A**), la posición elevada de la mazorca distal (en la axila de la hoja 18) y la longitud de los internodios, que van decreciendo hacia el ápice, a partir del entrenudo 13 (**Cuadro 1, Fig 7**). Por la casi simultaneidad en la anthesis de las flores estaminadas y pistiladas (1,5 días de promedio para la protandria) y la presencia de protoginia, se asemeja a algunos materiales originarios del Asia Central (Turquestán y Persia) y de Transcaucasia (Armenia y Azerbaidjan) (Kuleshov, 1933).

Es muy probable también, que formas similares de maíz reventón se cultivaran prevalentemente en tiempos prehistóricos, en algunos países de América del Sur (Perú, Chile, Colombia y la Argentina), de los cuales se ha estudiado material contemporáneo (Anderson y Brown, 1953), que es similar a restos arqueológicos de mazorcas y panojas de la misma región (Alava, 1952). Desde ésta se habrían llevado después del siglo XV, a Estados Unidos de Norteamérica, Europa y Asia (Turquía, China e India) .

La poca variación de los individuos de la población estudiada, en general, puede atribuirse al proceso de endocria a la cual estuvo sometida la misma. No obstante ello, esa variación de algunos caracteres estudiados indica que esta forma de maíz podría ser importante como fuente primaria de germoplasma para los fitomejoradores. Los caracteres que resultaron con valores mayores en el coeficiente de variación, (**Cuadro N°1; Figs. 6A,B,C,D,E.**), referidos al tamaño de la espiga, a la prolificidad, a la longitud del espacio ramificado y al número de ramificaciones primarias son los que presentan mayores posibilidades de selección.

Dada la influencia de los factores de localidad, latitud y clima sobre la mayoría de los caracteres cuantitativos, debería tenerse en cuenta que los resultados obtenidos en el presente trabajo son válidos para lugares en condiciones similares a aquéllas del cual en que se desarrolló el cultivo experimental.

No obstante, no debería descartarse la posibilidad de su cultivo, previa evaluación agronómica, en regiones de nuestro país donde las variedades comerciales de maíz reventón no prosperan.

Por último, y considerando la producción de varias espigas por planta, las que son uniformes y pequeñas, se estima que su utilización en estado temprano de su desarrollo, para la industria del encurtido, constituye otra alternativa para el cultivo de este maíz reventón.

#### AGRADECIMIENTOS

Al profesor titular de la Cátedra de Botánica Agrícola, Ing. Agr. Julián A. Cámara Hernández y a la Ing. Agr. Ana M. Miente Alzogaray por la lectura crítica del manuscrito.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, E., 1944. Homologies of the ear and tassel in *Zea mays*. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 31: 325-342.
- ANDERSON, E., W.L. BROWN. 1953. The popcorn of Turkey. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 40: (1).34-41.
- ALAVA, REINO, O., 1952. Spikelet variation in *Zea mays* L. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 39: 65-96.
- BRIEGER, F.G.; E. GURGEL; E. PATERNIANI; A. BLUMENSCHNEIN and M.R. ALLEONI. 1958. Races of Maize in Brazil and Other Eastern South American Countries. Natl. Res. Council. Publ. N° 593. (283 págs.).
- BRANDOLINI, A., 1979. Clima e distribuzione geografica, *Italia Agricola* 4: 32-42. REDA.
- BRANDOLINI, A., E. LUCCONI. 1979. I mais speciali. *Italia Agricola* 4: 256-261. REDA.
- BRUNSON A. M., 1955. Popcorn. In Sprague G.F. (ed.) Corn and corn improvement, pp. 423-440, Amer. Soc. of Agronomy, Inc., New York. EEUU.?
- CAMARA HERNANDEZ J. y BELLON R.R., 1988. Caracterización de una variedad local de maíz (*Zea mays* L.) de la provincia de Río Negro. *Rev. Facultad de Agronomía*, 9(3):139-144.
- CAMUSSI, A., 1979. Numerical Taxonomy of Italian Populations of maize based on quantitative traits. *Maydica* 24:161-174.
- CIMMYT-IBPGR., 1991. Descriptores para maíz/ Descriptors for maize/ Descripteurs pour le mais. Roma (88 págs.).
- EYSTER, W.H., 1934. Genetics of *Zea mays* L. - Martinus Nijhoff- The Hague - Netherlands. (392 págs.).
- ILTIS, H.H. and J.F. DOEBLEY. 1980. Taxonomy of *Zea* (Gramineae). I. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. *Amer. J. Bot.* 67: 994-1004.
- JUGENHEIMER R.W., 1981. Maíz. Ed. Limusa, México. (841 págs.)
- KORNERUP A. AND WANSCHER J.H., 1984. Methuen handbook of colour. Ed. Methuen London Ltd. London (252 págs.).
- KULESHOV N.N., 1933. World's diversity of phenotypes of maize. *Journ. Am. Soc. Agron.* 25(10): 688-700.
- MANGELSDORF P.C., 1974. Corn, its origin, evolution and improvement. Belknap Press, Harvard Univ. Press, Cambridge, MA.
- MELCHIORRE P., 1992. Caracterización y evaluación de una forma de maíz (*Zea mays ssp mays*) de ciclo corto. *Rev. Facultad de Agronomía*, 13(1): 91-96, 1992.
- PARODI, L.R., 1959. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería Vol. I. ACME. Buenos Aires (931 págs.).
- REYES, C.P., 1990. El maíz y su cultivo - A.G.T. Editor. México, D.F. (460 págs.).
- ROHLF F.J., 1993. NTSYS (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System). Version 1.80. Exeter software: New York
- SNEDECOR, G.W. y W.G. COCHRAN. 1980. Métodos estadísticos. Cia. Editorial Continental, México (703 págs.).
- SOTELLO M. G., 1983. Estadística. 3 C Editores, Buenos Aires (119 págs.).
- WELLHAUSEN, E. J., ROBERTS, L. M., and HERNANDEZ X., E., in collaboration with P. C. Mangelsdorf, 1952. Races of maize in Mexico. The Bussey Institution. Harvard Univ. 1- 223.