

CLASIFICACION DEL GERMOPLASMA DE MAIZ DE URUGUAY PARA ESTABLECER UNA COLECCION NUCLEO

M. Malosetti¹, T. Abadie¹

Recibido: 3 de mayo de 1998. Aceptado: 2 de setiembre de 1998.

RESUMEN

El desarrollo de Colecciones Núcleo ha sido propuesto como una alternativa para aumentar el uso del germoplasma conservado. Una Colección Núcleo es una muestra representativa de una colección de germoplasma, en la cual se mantiene la variabilidad genética de una colección con un mínimo de redundancia. Previo a la selección de una Colección Núcleo, es necesario definir una clasificación de los materiales ya que la variabilidad se distribuye entre y dentro de grupos con diferentes grados de organización. En este trabajo se comparan diferentes criterios de clasificación de la Colección de Maíz de Uruguay para designar una Colección Núcleo. En base al análisis multivariado de la base de datos existente, se compararon los siguientes criterios de clasificación: i) por raza, ii) por origen geográfico (Sur y Norte del país), y iii) una combinación de tipo de grano y origen geográfico. El criterio iii) mostró ser el más adecuado, identificándose los siguientes cinco agrupamientos: a) Pop, b) Flourey, c) Dentados, d) Flint-semiflinter Sur, y e) Flint-semiflinter Norte. Esta clasificación refleja dos factores importantes en la distribución de la variabilidad: la composición genotípica y el origen geográfico. En base a estos agrupamientos se seleccionaron las 90 accesiones que pasaron a componer la Colección Núcleo. El número de accesiones que se muestrearon de cada uno de los grupos fue determinado en forma proporcional al logaritmo del tamaño del grupo. Para verificar la representatividad de la Colección Núcleo se compararon los rangos de 17 variables en la muestra seleccionada con los de la colección base. En promedio, un 91,2% de los rangos de estas variables quedó incluido en la Colección Núcleo, confirmando su representatividad.

PALABRAS CLAVE: Maíz, colección de germoplasma, Colección Núcleo, utilización de germoplasma, clasificación

SUMMARY

CLASSIFYING URUGUAYAN MAIZE COLLECTION TO DEVELOP A CORE COLLECTION

Core Collections were suggested to improve germplasm utilization. A Core Collection is a subset of reduced size, chosen to represent the diversity of a collection with a minimum of redundancies. Because diversity is distributed between and within groups with different degrees of organization, an adequate classification of accessions into related groups should be performed prior to the selection of a Core Collection. In this research, different classification strategies for the Uruguayan Maize Collection were compared, and the best one used to select a Core Collection. The following classification strategies were compared following a multivariate approach using the available maize data base: i) racial classification, ii) geographic origin (South and North of the country), and iii) a combination of kernel type and geographic origin. The third option was considered the best classification rule, since it takes into account two points which are closely related to the distribution of diversity: genotypic composition and geographic origin. The following five groups were identified in the collection: a) Pop, b) Flourey, c) Dent, d) Southern Flint-semiflinter, and e) Northern Flint-semiflinter. A total of ninety accessions were selected to constitute the Uruguayan Maize Core Collection. Each group was represented in the Core in proportion to the logarithm of its size. The ranges of 17 variables in the Core were compared with those in the entire collection to verify the representativeness of the subset. On average, 91,2% of the ranges were retained in the Core, confirming its representativeness.

KEY WORDS: Maize, germplasm collection, Core Collection, germplasm utilization, classification

INTRODUCCION

La Colección de Maíz de Uruguay consta de 852 accesiones colectadas de campos de productores durante el año 1978, en el marco de un proyecto del IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources). Esta colección ha sido destaca-

¹Facultad de Agronomía, Área de Ciencias Biológicas, Cátedra de Fitotecnia, Garzón 780, CP 12900, Montevideo, Uruguay. E-mail: malosett@fagro.edu.uy

da por su potencial para mejoramiento debido a la variabilidad encontrada en caracteres de interés (De María *et al.*, 1979; Ozer Ami *et al.*, 1995). Recientemente ha aumentado el interés en esta colección, principalmente teniendo en cuenta la aptitud para la producción de forraje y silo de algunos grupos de materiales (Abadie *et al.*, 1996). A pesar de esto la colección de maíz ha sido poco utilizada en mejoramiento.

El establecimiento de una Colección Núcleo representa una alternativa para impulsar la evaluación del germoplasma, promover su uso y mejorar el manejo de la colección (Frankel y Brown, 1984). Una Colección Núcleo es una muestra representativa de la colección en la cual se incluye la variabilidad genética de un cultivo y sus especies emparentadas con un mínimo de repeticiones (Frankel y Brown, 1984; Brown, 1995). Las accesiones que no son incluidas en la Colección Núcleo pasan a componer la Colección de Reserva. El desarrollo de una Colección Núcleo implica un cambio en la organización de la colección permitiendo: a) identificar aquellas áreas de la colección que requieren mayor variabilidad, b) racionalizar el proceso de monitoreo y regeneración de accesiones, y c) facilitar el intercambio de germoplasma. Por otro lado, la Colección Núcleo reduce los esfuerzos necesarios para la evaluación facilitando la búsqueda de nuevos caracteres de interés para el mejoramiento.

Previo a la selección de una Colección Núcleo es necesario establecer una adecuada clasificación de la colección base, dado que la variabilidad no se distribuye al azar, sino que presenta diferentes grados de organización (Brown, 1989a; Hintum, 1995). El origen geográfico y composición genotípica son dos factores básicos en la distribución de la variabilidad, por lo que información como: a) origen de colecta o programa de mejoramiento, b) datos de caracterización, y c) evaluación agronómica, son de utilidad para definir una apropiada clasificación (Brown, 1989a).

El objetivo de este trabajo fue definir un criterio de clasificación para la Colección de Maíz de Uruguay y en base

a este designar una Colección Núcleo de Maíz. El establecimiento de esta Colección Núcleo además de favorecer la exploración de caracteres de interés potencialmente presentes en esta colección, permitirá organizar otras actividades relacionadas a la colección como el monitoreo de germinación, regeneración e intercambio de germoplasma.

MATERIALES Y METODOS

Clasificación

Los patrones de variación en la colección y su asociación con diferentes criterios de clasificación fueron estudiados usando la base de datos generada por De María *et al.* (1979), publicada en el Catálogo de Recursos Genéticos de Maíz de Sudamérica - Uruguay (Fernández *et al.*, 1983). Las colectas fueron evaluadas durante el año agrícola 1978/79 en la Estación Experimental Dr. A. Backhaus de la Facultad de Agronomía. La evaluación fue realizada en parcelas de un surco de 6 metros a una densidad de 47.620 plantas por hectárea (De María *et al.*, 1979), en las que se registraron 17 variables morfológicas y agronómicas de tipo cuantitativo (Cuadro 1). Once de estas variables fueron seleccionadas para ser incluidas en un análisis de componentes principales (Cuadro 1). Para esto se analizaron las correlaciones entre variables así como las asociaciones de cada una de ellas con los tres primeros componentes principales de acuerdo al criterio propuesto por Hair *et al.* (1995). El análisis de componentes principales fue realizado usando la información de 845 accesiones para las cuales se dispone de la información completa. Las accesiones fueron graficadas en función de los tres primeros componentes principales agrupándolas de acuerdo a diferentes criterios de clasificación. Los criterios analizados fueron: a) raza, b) región de origen (Norte y Sur del país), y c) una combinación de tipo de grano y región de origen, criterio que surgió del análisis de los dos criterios anteriores.

Cuadro 1. Lista de las características cuantitativas evaluadas por De María *et al.* (1979) en la Colección de Maíz de Uruguay. En el cuadro se indica cuales fueron incluidas en el análisis de componentes principales.

Variable	Incluida en el ACP ^a	Variable	Incluida en el ACP ^a
altura de planta	SI	largo grano	SI
altura de mazorca	SI	días a floración masculina	SI
prolificidad	SI	días a floración femenina	SI
macollamiento	NO	porcentaje de vuelco	NO
número de hileras	SI	rendimiento grano	NO
largo mazorca	NO	rendimiento forraje	NO
diámetro mazorca	NO	peso 100 granos	SI
espesor grano	SI	% grano en la mazorca	SI
ancho grano	SI		

^a ACP: Análisis de Componentes Principales

Además del estudio gráfico, para el criterio de agrupamiento c), se realizó un análisis discriminante incluyendo la información de las 17 variables cuantitativas (Cuadro 1), determinando el porcentaje de casos correctamente clasificados, como ha sido recomendado por Klecka (1980) y Crossa *et al.* (1995).

Selección de la Colección Núcleo

La selección de la Colección Núcleo fue realizada a partir de los agrupamientos definidos en la etapa anterior. El peso relativo de cada uno de los grupos en la Colección Núcleo fue determinado según la estrategia logarítmica (Brown, 1989b). Para la selección de las accesiones se siguió el siguiente procedimiento para cada grupo: i) análisis de conglomerados con datos estandarizados, usando el método de Ward, y la Distancia Euclideana al cuadrado, de acuerdo a lo recomendado por Crossa *et al.* (1995), ii) en el dendograma resultante se identificaron tantos subgrupos como accesiones representaran al grupo en la Colección Núcleo (Método de Diversidad Relativa, propuesto por Diwan *et al.*, 1994), y iii) dentro de cada sub-grupo se seleccionó una accesión completamente al azar, como fue recomendado por Ozer Ami (1997).

Como verificación de la representatividad de la Colección Núcleo se realizó en primer lugar una comparación de los rangos de las variables en la Colección Núcleo con res-

pecto a la colección base, determinando los porcentajes de los rangos retenidos en la Colección Núcleo (Diwan *et al.*, 1994). Este indicador tenderá al 100% en la medida que la Colección Núcleo incluya los casos más comunes y los menos frecuentes. En segundo lugar, se realizó un análisis gráfico en base a los componentes principales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Clasificación

Los tres primeros componentes principales explicaron el 67,1% de la variación (Figura 1). Las accesiones graficadas en función de los tres primeros componentes principales no mostraron una tendencia a agruparse de acuerdo a la raza. A pesar de esto, fue posible observar cuatro grupos; los tres primeros compuestos por materiales de las razas Pisingallo, Morotí, y Blanco Dentado respectivamente, mientras en el restante se agruparon el resto de las razas (Figura 1). Resulta destacable que los cuatro agrupamientos observados, coinciden con los cuatro tipos de maíz citados por Brieger *et al.* (1958), de acuerdo al tipo de grano: a) Pop, b) Floury, c) Dentados, y d) Flint. Estos resultados si bien muestran que la clasificación racial por sí sola no es un criterio claro de clasificación de la colección, están sugiriendo al tipo de grano como criterio alternativo.

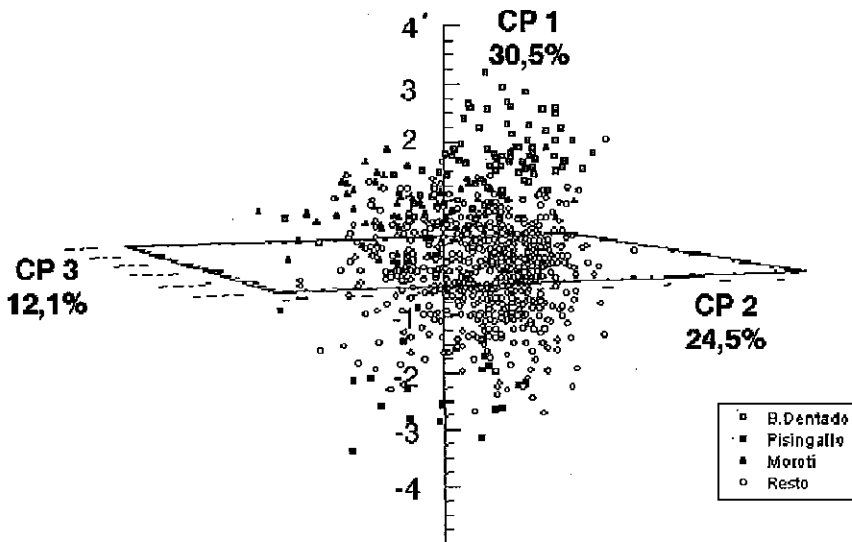


Figura 1. Distribución de las accesiones en función de los tres primeros componentes principales clasificando los materiales en: a) Blanco Dentado, b) Pisingallo, c) Morotí y d) resto de accesiones. El porcentaje de variación explicada por los componentes principales se indican en los ejes.

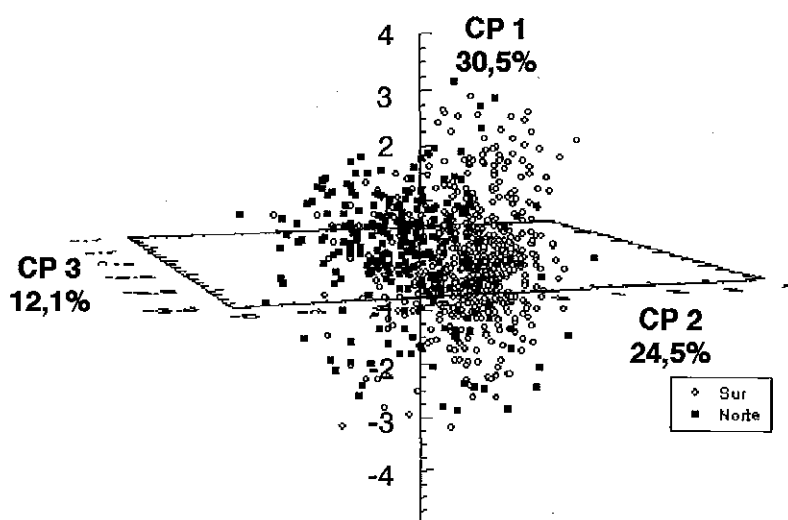


Figura 2. Distribución de las accesiones en función de los tres primeros componentes principales usando como único criterio de clasificación el origen de colecta: a) Sur del país, y b) Norte del país.

El criterio de origen geográfico de las accesiones, permitió distinguir dos grupos, aquellos provenientes del Sur y del Norte del país. El valor del origen geográfico como criterio asociado a la distribución de la variabilidad ha sido destacada por diferentes autores (Brown, 1989a; Spagnolletti Zeuli y Qualset, 1993; Hintum, 1995), y es confirmado por estos resultados, demostrando su efecto aún en una extensión geográfica pequeña como lo es el territorio uruguayo. Sin embargo, este criterio, aunque satisfactorio, no se consideró suficiente ya que permite distinguir únicamente dos grupos (Figura 2).

A partir de los resultados anteriores, se propuso como criterio alternativo el tipo de grano, combinándolo con el origen geográfico en el caso del grupo más numeroso (Flint-semiflint). De esta forma se distinguen los siguientes cinco

grupos de materiales: a) Pop, b) Floury, c) Dentados, d) Flint-Semiflint del Sur, y e) Flint-Semiflint del Norte, los cuales se observan como grupos separados en función de los tres primeros componentes principales (figura 3). Por otro lado, esta clasificación mostró un alto porcentaje de casos correctamente clasificados de acuerdo al análisis discriminante (Cuadro 2).

Brieger *et al.* (1958) asocian el tipo de grano con las diferentes etapas en la domesticación del maíz, mencionando al tipo Pop como el más primitivo seguido por los Flint, Floury y Dentados. Esto mismo se refleja en la distribución de los grupos en la gráfica, siendo el grupo Pop el más distante del grupo Dentado, y encontrándose los otros dos grupos en una posición intermedia entre ambos (Figura 3).

Cuadro 2. Porcentaje de casos correctamente clasificados de acuerdo al análisis discriminante.

Grupo	% clasificación correcta
Dentado	92.2
Pop	100.0
Floury	87.8
Flint-Semiflint Sur	91.8
Flint-Semiflint Norte	70.0

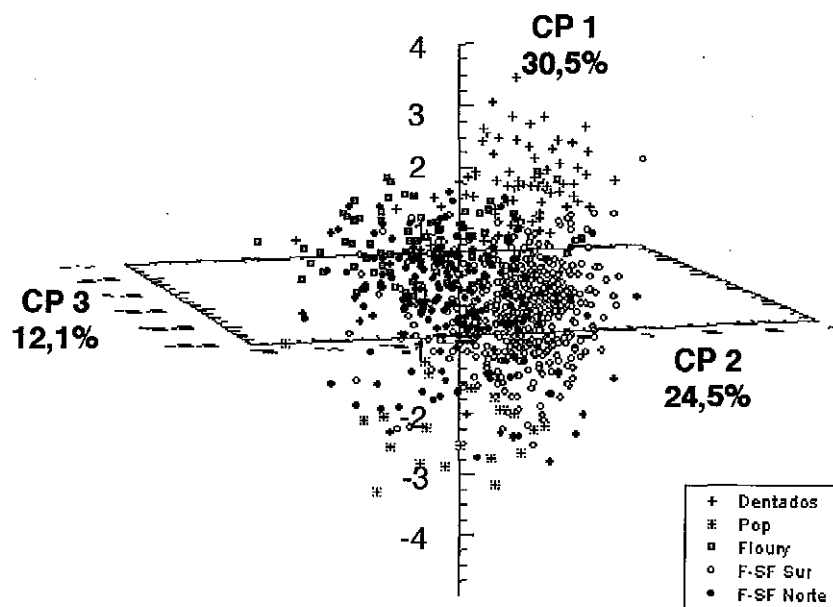


Figura 3. Distribución de las accesiones en función de los tres primeros componentes principales clasificadas en cinco grupos: a) Dentados, b) Pop, c) Flourey, d) Flint-Semiflnt Sur, y e) Flint-Semiflnt Norte.

Goodman y Bird (1977) señalan que el germoplasma de esta región representa un complejo, producto del ingreso de germoplasma exótico y posterior entrecruzamiento con germoplasma nativo. La clasificación propuesta aporta bases para comprender mejor este complejo. Por un lado se distinguen los materiales de los grupos *Pop* y *Flourey*, los que podrían asociarse a germoplasma de origen Guaraní (Paterniani y Goodman, 1977). Por otro lado, el grueso de la colección correspondiente a los grupos *Flint-Semiflnt Sur* y *Flint-Semiflnt Norte*, incluye germoplasma ampliamente difundido y adaptado a esta región como el grupo de los Cateto. Precisamente, Brieger *et al.* (1958), y Paterniani y Goodman (1977), basados en el considerable grado de adaptación ecológica a condiciones específicas de esta región, señalan a esta zona como posible origen de este germoplasma, aunque Goodman (1976) también vincula su origen con poblaciones Flint provenientes del Caribe. En estos grupos, además de materiales típicos de la raza Cateto Sulino (mayoritaria en la colección con aproximadamente 450 accesiones), se incluyen poblaciones con diferente grado de introgresión con germoplasma exótico. Tal es el caso de las razas Dentado Riograndense y Semidentado Riograndense, las cuales fueron identificadas por Brieger *et al.* (1958) como Cateto-Dent Synthetics. Estas poblaciones son el resultado de la combinación de germoplasma moderno (tipo dentado) con germoplasma adaptado a la región (Cateto Sulino), siendo la tendencia hacia el paren-

tal Cateto Sulino consecuencia del aumento por selección natural de la frecuencia de alelos del parental mejor adaptado (Brieger *et al.*, 1958). La discriminación encontrada entre poblaciones originarias del Sur y del Norte del país podrían estar reflejando adaptación a condiciones ambientales diferentes. Finalmente, el grupo *Dentado* corresponde a germoplasma moderno, principalmente introducido desde EEUU durante este siglo, lo cual determinó una menor introgresión con maíces de la región.

La clasificación propuesta contiene una fuerte base biológica, ya que se basa en aspectos de principal relevancia en el estudio de la diversidad como lo son la composición genotípica y el origen geográfico, lo que la constituye en un buen punto de partida para la selección de una Colección Núcleo (Brown, 1989a). Por otro lado, la consistencia observada con el trabajo de clasificación de poblaciones criollas de Brasil (Abadie *et al.*, 1997), constituye un aliento a esfuerzos similares de clasificación en otros países de la región. Esto además constituiría un factor homogeneizador de las diferentes colecciones de maíz, impulsando esfuerzos regionales para futuros trabajos vinculados con este germoplasma.

Selección de la Colección Núcleo

Se definió como tamaño adecuado de la Colección Núcleo un total de 90 accesiones, lo cual representa un 10,6% del tamaño de la colección base. El peso relativo

de cada uno de los cinco grupos fue determinado de acuerdo a la estrategia logarítmica (Cuadro 3). De acuerdo a la metodología descrita se designaron las 90 accesiones que pasaron a integrar la Colección Núcleo de

Mafz. En el caso del grupo de los Dentados, la selección de las accesiones correspondientes a la Colección Núcleo, fue realizada por igual método por Ozer Ami (1997).

Cuadro 3. Peso relativo de los distintos grupos en la Colección Núcleo de acuerdo a la estrategia logarítmica (proporcional al logaritmo del tamaño de grupo).

Grupo	Tamaño	Nº acc. a seleccionar
Dentado	90	17
Pop	23	12
Floury	90	17
Flint-Semiflnt Sur	449	24
Flint-Semiflnt Norte	193	20
Total	845	90

Cuadro 4. Porcentaje del rango retenido en la Colección Núcleo para cada variable. Al final del cuadro se indica el rango medio retenido en la Colección Núcleo.

	Rango CB +	Rango CN *	(CN/CB) x 100 (%)
florac. Masculina (días)	37	33	89.2
florac. Femenina (días)	38	35	92.1
altura planta (cm)	110	108	98.2
altura mazorca (cm)	118	118	100.0
prolificidad (maz/planta)	1.96	1.95	99.5
macollaje (tallos/planta)	2.50	2.45	98.0
% vuelco	85	53	62.4
rend. Grano (Kg/Ha)	6439	5284	82.1
rend. Forraje (KgMS/Ha)	34200	26800	78.4
longitud mazorca (cm)	14	12	85.7
diámetro mazorca (cm)	4	4	100.0
nº de hileras	16	14	87.5
espesor grano (mm)	10	10	100.0
longitud grano (mm)	8	7	87.5
ancho grano (mm)	7	7	100.0
peso 100 semillas (g)	58	58	100.0
% grano en mazorca	56	50	89.3
Rango medio retenido			91.2

+ CB: Colección Base

* CN: Colección Núcleo

Como puede observarse en el cuadro 4, los rangos retenidos de las variables variaron entre 60% y 100%, siendo inferiores al 80% sólo para 2 de las 17 variables. El rango medio retenido fue de un 91.2% (Cuadro 4). Diwan *et al.* (1994), comparando diferentes estrategias de selección de una Colección Núcleo para especies anuales del género *Medicago*, encontraron que las mejores estrategias retuvieron en promedio entre 74% y 81% de los rangos para un total de 14 variables. Los resultados de este trabajo muestran una retención superior, lo que indica que la Colección Núcleo designada es efectiva en representar buena parte de la variación de la Colección Uruguaya de Maíz.

En la figura 4, puede observarse que los materiales integrantes de la Colección Núcleo cubren satisfactoriamente la variación de la colección de maíz. Otro aspecto que merece ser destacado es la diferencia en el patrón de distribución de los puntos que representan a la Colección Núcleo y el resto de la colección. Mientras que para la Colección Núcleo muestra un patrón homogéneo de distribución, en el caso del resto de la colección tiende a haber zonas de mayor concentración de puntos. Esto responde a la exis-

tencia de materiales muy similares y por tanto a posibles redundancias, lo cual es superado satisfactoriamente por la Colección Núcleo. Es decir en la Colección Núcleo, fueron representados los casos más comunes pero también aparecen los menos comunes, asegurando de esta forma un menor nivel de redundancia entre los materiales y una mayor cobertura de la variabilidad presente en la colección. La lista completa de los materiales designados como Colección Núcleo se presenta en el cuadro 5.

La Colección Núcleo representa el punto de partida lógico en la búsqueda de nuevas características, disminuyendo el costo de las evaluaciones. Por otro lado, aumenta las posibilidades de aplicar metodologías más costosas de exploración del germoplasma, como las técnicas moleculares. Desde el punto de vista del intercambio, este puede favorecerse al involucrar un menor número de accesiones, para las cuales se disponga de mayor cantidad de semilla. Finalmente la Colección Núcleo establecida, conjuntamente con la designada para Brasil por Abadie *et al.* (1997), puede significar un incentivo para esfuerzos similares en otras colecciones de maíz de la región.

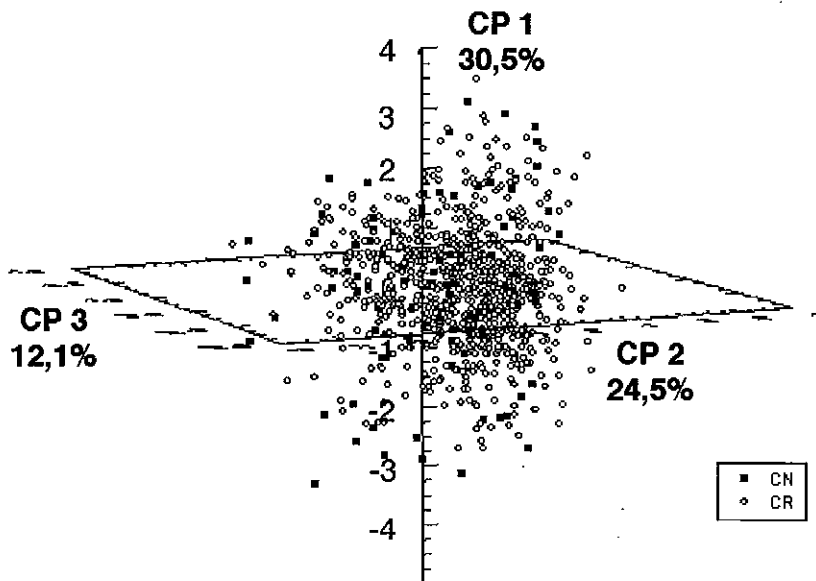


Figura 4. Distribución de las accesiones designadas como Colección Núcleo (CN) y de la Colección de Reserva (CR), en función de los tres primeros componentes principales.

Cuadro 5. Lista de accesiones integrantes de la Colección Núcleo de Maíz de Uruguay. La identificación de las accesiones corresponde con la denominación en el Catálogo de Maíz de Uruguay (Fernandez *et al.*, 1983). Junto a cada accesión se indica el grupo al cual pertenece: Pop, Floury, Dentado, Flint-Semiflint del Sur (F-SF Sur), y Flint-Semiflint del Norte (F-SF Norte).

URZM	GRUPO	URZM	GRUPO	URZM	GRUPO
1194	Pop	1005	Dentado	12033	F-SF Sur
1195	Pop	1007	Dentado	12041	F-SF Sur
1196	Pop	5002	Dentado	13048	F-SF Sur
1199	Pop	6003	Dentado	13064	F-SF Sur
1200	Pop	11001	Dentado	13068	F-SF Sur
1201	Pop	11002	Dentado	13078	F-SF Sur
1204	Pop	11005	Dentado	13112	F-SF Sur
8015	Pop	11011	Dentado	16009	F-SF Sur
10013	Pop	11012	Dentado	16013	F-SF Sur
11110	Pop	11013	Dentado	16020	F-SF Sur
13126	Pop	11017	Dentado	6030	F-SF Norte
18129	Pop	12003	Dentado	6031	F-SF Norte
1017	Floury	13027	Dentado	6056	F-SF Norte
5010	Floury	13028	Dentado	6059	F-SF Norte
5011	Floury	18001	Dentado	6060	F-SF Norte
6008	Floury	18002	Dentado	6061	F-SF Norte
6009	Floury	1044	F-SF Sur	6092	F-SF Norte
8003	Floury	1063	F-SF Sur	9002	F-SF Norte
13032	Floury	1074	F-SF Sur	9018	F-SF Norte
13044	Floury	1123	F-SF Sur	10002	F-SF Norte
18010	Floury	1141	F-SF Sur	10004	F-SF Norte
18011	Floury	1152	F-SF Sur	18052	F-SF Norte
18020	Floury	1154	F-SF Sur	18054	F-SF Norte
18023	Floury	1173	F-SF Sur	18055	F-SF Norte
18033	Floury	2014	F-SF Sur	18084	F-SF Norte
18036	Floury	3005	F-SF Sur	18086	F-SF Norte
18037	Floury	11019	F-SF Sur	18101	F-SF Norte
18042	Floury	11030	F-SF Sur	18115	F-SF Norte
18043	Floury	11071	F-SF Sur	18120	F-SF Norte
1003	Dentado	11101	F-SF Sur	18122	F-SF Norte

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República (CSIC), en el marco del programa de becas de apoyo de iniciación a la investigación.

BIBLIOGRAFIA

- ABADIE, T.; BERRETTA, A.; FASSIO, A.; OZER AMI, H.; MALOSETTI, M. (1996) Informe a la Reunión final del Proyecto LAMP. INIA-Facultad de Agronomía. México, junio 1996.
- ABADIE, T.; MAGALHAES, J.R.; CORDEIRO, M.T.; PARENTONI, N.P.; DE ANDRADE, R.V. (1997). Obtenção e tratamento analítico de dados para organizar Coleção Nuclear de milho. EMBRAPA, Comunicado Técnico N°20, Outubro 1997, p 1-7.
- BRIEGER, F.G.; GURGEL, J.T.A.; PATERNIANI, E.; BLUMENSCHHEIN, A.; ALLEONI, M.R. (1958). Races of Maize in Brazil and other Eastern South American countries. Publication 593. National Academy of Science - National Research Council. Washington, D.C. 282 p.
- BROWN, A.H.D. (1995) The core collection at the crossroads IN: Hodgkin, T.; Brown, A.H.D.; van Hintum, T.J.L.; Morales, E.A.V. (eds) Core Collections of plant genetic resources pp3-20. John Wiley and sons, New York.
- BROWN, A.H.D. (1989a). The case for core collections. IN: Brown, A.H.D.; Frankel, O.H.; Marshall, D.R.; Williams, J.R. (eds) The use of plant genetic resources. Cambridge University Press, Cambridge, UK pp 136-156.
- BROWN, A.H.D. (1989b). Core Collection: A practical approach to genetic resources management. *Genome* 30:818-824.
- CROSSA, J.; DELACY, I.H.; TABA, S. (1995) The use of multivariate methods in developing a Core Collection IN: Hodgkin, T.; Brown, A. H. D.; van Hintum, T. J. L.; Morales, E. A. V.;(eds) Core Collections of plant genetic resources pp77-89. John Wiley and sons, New York.
- DE MARÍA, F.; FERNÁNDEZ, G.; ZOPPOLO, G. (1979) Caracterización agronómica y clasificación racial de las muestras de maíz colectadas en Uruguay bajo el Proyecto IBPGR y Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Universidad de la República, Uruguay. 49 p.
- DIWAN, N. ; BAUCHAN, G. R.; MCINTOSH, M. S. (1994) A Core Collection for the United States Annual Medicago Germplasm Coklection. *Crop Science* 34:279-285.
- FERNÁNDEZ, G.; FRUTOS, E. Y MAIOLA, C. (1983) Catálogo de Recursos Genéticos de Maíz de Sudamérica-Uruguay. E.E.R.A. - Pergamino INTA CIRF. Pergamino, Argentina.
- FRANKEL, O.H.; BROWN, A.H.D. (1984) Plant genetic resources today: a critical appraisal. In: Holden J.H.W.; Williams, J. T. (eds). *Crop genetic resources: conservation and evaluation*. Allen and Unwin, London, UK pp 249-257.
- GOODMAN, M.M.; MCK. BIRD (1977) The Races of Maize IV: Tentative Grouping of 219 Latin American Races. *Economic Botany* 31:204-221.
- GOODMAN, M.M. (1976) Maize IN: Simmonds, N.W. (ed.) *Evolution of Crop Plants*. pp 128-136. Longman Inc., New York.
- HAIR, J. (JR.); ANDERSON, R.; TATHAM, R.; BLACK, W. *Multivariate data analysis: with readings*. 4th edition. A. Simon & Schuster Company. Englewood Cliffs, New Jersey. 1995.
- HINTUM, T.J.L. van. (1995) Hierarchical approaches to the analysis of genetic diversity in crop plants IN: Hodgkin, T.; Brown, A.H.D.; van Hintum, T.J.L.; Morales, E.A.V. (eds) *Core Collections of plant genetic resources*. pp 23-34. John Wiley and sons, New York.
- KLECKA, W. (1980). *Discriminant analysis*. Sage University Paper series on Quantitative Applications in the Social Sciences, 07-019. Beverly Hills and London: Sage Publications.
- OZER AMI, H. (1997) Elaboración de una Colección Núcleo para la Colección de germoplasma de Maíz de la raza Blanco Dentado. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Uruguay. 28p.
- OZER AMI, H.; ABADIE, T.; OLVEYRA, M. (1995) Informe final del proyecto LAMP. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay. 23p.
- PATERNIANI, E.; GOODMAN, M. M. (1977). Races of maize in Brazil and adjacent areas. Mexico, D.F., CIMMYT. 95 p.
- SPAGNOLETTI ZEULI, P.L.; QUALSET, C.O. (1993) Evaluation of five strategies for obtaining a core subset from a large genetic resource of durum wheat. *Theo. Appl. Gen.* 78: 295-304.