

ELABORACIÓN DE UNA COLECCIÓN NÚCLEO PARA LA COLECCIÓN DE GERMOPLASMA DE MAÍZ DE LA RAZA BLANCO DENTADO

Ozer-Ami, H.¹, Suárez, R.¹, Abadie, T.¹

Recibido: 10/03/04 Aceptado: 11/11/04

RESUMEN

Una Colección Núcleo (CN) se define como una muestra de tamaño reducido de la colección en la cual se incluye el espectro de variabilidad genética de un cultivo con un mínimo de redundancia. Los objetivos del trabajo son comparar metodologías de elaboración de una CN para seleccionar la que mantenga la mayor variación en las características y generar una CN de la raza Blanco Dentado de la Colección de Maíz de Uruguay. La base de datos utilizada proviene de la evaluación de la Colección de Maíz de Uruguay del Catálogo de Recursos Genéticos de Maíz de Sudamérica. Se realizó un análisis de patrones, que consiste en la utilización sucesiva de métodos de clasificación (análisis de conglomerados) y de ordenación (análisis de componentes principales). Los tres grupos identificados en el análisis de patrones se utilizaron como unidades de muestreo. El número de accesiones por grupos fue definido de acuerdo al método de diversidad relativa. Se elaboraron CN utilizando el análisis de patrones y muestreo estratificado y al azar como control. Los métodos que implican agrupamientos previos presentaron un porcentaje de retención de rangos un 10% por encima de las metodologías de selección completamente al azar, esto evidencia la mayor eficiencia en mantener la variabilidad de una CN de los métodos que utilizan muestreo estratificado.

PALABRAS CLAVE: maíz, raza Blanco Dentado, Colección Núcleo, estrategias de muestreo.

SUMMARY

SELECTION OF A CORE COLLECTION FOR THE URUGUAYAN MAIZE GERMOPLASM COLLECTION OF THE BLANCO DENTADO RACE

A Core Collection (CC) is a subset chosen to represent the genetic diversity of a germplasm collection with a minimum of redundancies. In this research, different sampling strategies were compared, and the best one was used to develop the Uruguayan Maize Core Collection of the Blanco Dentado race. The Uruguayan Maize Collection database came from the South American Maize Genetic Resources Catalog. A pattern analysis was performed, which consists in a succession of cluster analysis and principal component analysis. The three groups identified in the pattern analysis were used as sampling units. The number of accessions per group was defined based on the Relative Diversity method. Two kinds of CC were selected using different strategies: stratified sampling selection (pattern analysis) and random sampling selection as a control. The range retention of the stratified selection strategies was 10% higher than random selection strategies. Range retention confirmed the results obtained concerning the superiority of the stratified selection strategies compared with the random selection.

KEY WORDS: Maize, Blanco Dentado race, Core Collection, sampling strategies.

¹Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Av. Garzón 780, CP 12900. Montevideo, Uruguay.

INTRODUCCIÓN

La gran diversidad genética existente en la naturaleza, y su uso potencial en plantas cultivadas, ha generado a nivel mundial el establecimiento de grandes colecciones de germoplasma. Sin embargo, el gran tamaño de las colecciones y los limitados recursos financieros generalmente disponibles para el estudio de los recursos genéticos han reducido la efectividad de la evaluación del germoplasma, lo que significa una importante limitante para la utilización. Las Colecciones Núcleo han sido propuestas como una alternativa poco costosa para impulsar la evaluación de germoplasma, promover su uso y mejorar el manejo de los bancos de germoplasma (Frankel y Brown, 1984).

El concepto de Colección Núcleo fue desarrollado inicialmente por Harlan (1972) como colecciones de trabajo activas, y posteriormente por Frankel y Brown (1984). Una Colección Núcleo se define como una muestra de tamaño reducido de la colección en la cual se incluye el espectro de variabilidad genética de un cultivo con un mínimo de redundancia. Esta estrategia procura conservar la máxima variabilidad genética, permitiendo una rápida disponibilidad del germoplasma y un mejor acceso a la colección de reserva. La adopción de esta estrategia ha tenido gran aceptación, lo que se refleja en el gran número de colecciones núcleo que se han propuesto (Brown, 1995; Hamon *et al.*, 1995; Basigalup *et al.*, 1995; Ortiz *et al.*, 1998; Abadie *et al.*, 1998; Cordeiro *et al.*, 1999; Malosetti *et al.*, 2000; Malosetti y Abadie 2001).

La principal ventaja de las Colecciones Núcleo es su reducido tamaño, ya que por ello pueden ser evaluadas más detalladamente que una colección completa (Basigalup *et al.*, 1995), permitiendo una elección más efectiva de los materiales a utilizar en el mejoramiento (Spagnoletti Zeuli y Qualset, 1993; van Hintum, 1999). Esta estrategia implica un cambio en la organización de la colección, estableciendo dos niveles jerárquicos, la Colección Núcleo y la de reserva (Brown, 1989). Basado en esto, los curadores de los bancos de germoplasma pueden poner mayor prioridad en las actividades de conservación, como pruebas de germinación y regeneración, en las accesiones de la Colección Núcleo. Asimismo, las decisiones sobre el crecimiento de la colección pueden ser guiadas por la Colección Núcleo, permitiendo identificar duplicaciones o áreas con escasa representación dentro de la colección. Cuando se plantea elaborar una Colección Núcleo es necesario determinar: 1) el número óptimo de accesiones necesarias para retener una proporción aceptable de los alelos presentes en la colección y 2) el método para seleccionar los materiales que pasarán a integrar la

Colección Núcleo (Crossa *et al.*, 1993; Crossa *et al.*, 1994; Brown, 1995). El punto uno ha sido ampliamente discutido por Brown (1989, 1995) y van Hintum *et al.* (1999). En cuanto al punto dos, la evidencia experimental indica que la variabilidad no se encuentra dispersa al azar sino que se distribuye dentro y entre poblaciones con diferentes grados de organización (Brown, 1989; van Hintum, 1995). Frankel y Brown (1984) y Brown (1989, 1995) proponen la necesidad de hacer un agrupamiento de materiales según grados de similitud, previo al muestreo. Dicho agrupamiento puede hacerse en base a datos taxonómicos, de origen y de características de interés (van Hintum, 1995).

Una vez que los grupos dentro de la colección han sido definidos, el siguiente paso es decidir el número de accesiones de cada grupo que serán incluidas en la Colección Núcleo, existiendo diversas formas de efectuarlo. Muchos autores sugieren que para definir ese número hay que tener en cuenta la diversidad genética dentro de cada grupo (Brown, 1995; Diwan *et al.*, 1995). Sin embargo, muchas veces esta información no se conoce. Para solucionar esto, Brown (1989) propone tres estrategias: constante, proporcional y logarítmica. La estrategia constante asigna el mismo tamaño de muestra a todos los grupos; la proporcional asigna un tamaño de muestra proporcional al número de componentes de cada grupo; la logarítmica asigna un tamaño de muestra proporcional al logaritmo del número de muestras de cada grupo. Este autor concluye que el logaritmo es la mejor aproximación si el nivel de variación genética entre y dentro de grupos es desconocido. Diwan *et al.* (1995), observaron que el método Logarítmico y el de Diversidad Relativa (que toma en cuenta la diversidad morfológica de los diferentes grupos) generan mejores Colecciones Núcleo que el método Proporcional.

Actualmente existe interés en el mejoramiento genético en maíz para pastoreo y silo, dado que la utilización de este cultivo como reserva forrajera se ha incrementado en los últimos años (Medina, 2001), existiendo una variedad que se destaca en la evaluación oficial (Ceretta *et al.*, 1997) proveniente originalmente de un compuesto racial de las accesiones Blanco Dentado de la Colección Nacional de Maíz. El objetivo general de este trabajo es incrementar la utilización de los recursos genéticos a través del uso de métodos cuantitativos de análisis. Los objetivos específicos son:

- 1) comparar diferentes metodologías de elaboración de una Colección Núcleo con el fin de seleccionar el método que mantenga la mayor variación en las características. Todos los métodos se basan en la utilización de análisis multivariados, combinando selección dirigida y al azar dentro de estratos.

- 2) realización de una Colección Núcleo de la raza Blanco Dentado de la Colección de Maíz de Uruguay; utilizando la información de una evaluación local.

MATERIALES Y MÉTODOS

Base de datos

La Colección de Maíz de Uruguay fue colectada en campos de productores por J. L. de León en 1978, en el marco de un proyecto del IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources). Las colectas fueron evaluadas durante el año agrícola 1978/79 en la Estación Experimental Dr. A. Backhaus de la Facultad de Agronomía (Universidad de la República), Montevideo, Uruguay (Lat. 34° 50' S, Long. 56° 10' W) De María *et al.* (1979). La metodología utilizada para evaluar los distintos caracteres fue realizada de acuerdo a lo sugerido en los encuentros preparativos del IBPGR Program "Collection, Conservation, and Evaluation of Maize Germplasm of the Western Region of South America" realizado en Sete Lagoas, MG, Brazil en 1977 (De María *et al.*, 1979). La evaluación fue realizada en parcelas de un surco de 6 metros sin repeticiones. Luego de la emergencia se quitaron las plántulas en exceso para lograr 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). La base de datos obtenida fue publicada en el Catálogo de Recursos Genéticos de Maíz de Sudamérica - Uruguay (Fernández *et al.*, 1983). Esta información incluye datos de pasaporte (sitio de colecta y donador), clasificación racial y datos de caracterización y evaluación. La base de datos original incluye 852 accesiones. En este trabajo

fue analizado sólo un subgrupo de 90 accesiones, originalmente clasificados como de la Raza Blanco Dentado (Fernández *et al.*, 1983). Este grupo se ha mantenido como tal en clasificaciones posteriores de la colección (Malosetti y Abadie, 2001; Gutiérrez *et al.*, 2003).

Clasificación

Para lograr establecer la organización de la variabilidad dentro de la Raza Blanco Dentado, se realizó un análisis de patrones, que consiste en la utilización sucesiva de métodos de clasificación (análisis de conglomerados) y de ordenación (análisis de componentes principales). Este tipo de análisis genera resultados complementarios que reflejan los patrones de diversidad existentes entre las accesiones de una colección de germoplasma (Harch *et al.*, 1995; Crossa *et al.*, 1995). Para procesar la información se empleó el programa STATISTICA®, para Windows®, versión 4.5. El análisis de conglomerados fue realizado utilizando el Método de aglomeración de Ward y la Distancia Euclideana al cuadrado como medida de disimilaridad, como ha sido recomendado por Crossa *et al.* (1995). Para detectar la distancia en la cual se da la separación de los grupos, se utilizó un esquema de aglomeración. En el dendograma resultante se identifican los grupos formados. El paso siguiente es el análisis de componentes principales. Se tomaron los tres primeros componentes principales para graficar las accesiones en dos pares de ejes (componente 1 vs. 2 y componente 3 vs. 2). En dichos gráficos las accesiones fueron identificadas con diferentes símbolos según el grupo en que se ubicaron en el análisis de conglomerados. Con esto se corroboró la distribución espacial de las accesiones y se visualizaron los agrupamientos surgidos por una y otra metodología. Además se representa-

Cuadro 1. Lista de las 17 variables utilizadas en el análisis, datos provenientes de la caracterización realizada por De María *et al.* 1979.

1) Días a Floración masculina (días)	10) Longitud de mazorca (cm)
2) Días a Floración femenina (días)	11) Diámetro de mazorca (cm)
3) Altura de planta (cm)	12) Número de hileras por mazorca
4) Altura de mazorca (cm)	13) Espesor de grano (mm)
5) Prolificidad (Nº de mazorcas / planta)	14) Longitud de grano (mm)
6) Macollaje (Nº de macollos / planta)	15) Ancho de grano (mm)
7) Porcentaje de plantas volcadas	16) Peso de 100 granos (g)
8) Rendimiento en grano (kg/ha)	17) Peso del grano de 10 mazorcas dividido el
9) Rendimiento de forraje residual (kgMS/ha)	peso total de 10 mazorcas (% de grano)

ron las principales variables como vectores, permitiendo un análisis más detallado de la estructura de variación de la colección.

Estrategia de selección de la colección núcleo

La colección de maíz de la Raza Blanco Dentado consiste en 90 accesiones y se evaluaron dos tamaños de la Colección Núcleo, 17 y 9 accesiones, 18,8 % y 10% de la colección base respectivamente. El primer tamaño surge de la Colección Núcleo de la Colección Nacional de Maíz (Malosetti y Abadie, 2001), donde se decidió definir el tamaño de cada estrato de acuerdo a la estrategia logarítmica. El segundo tiene como objetivo comparar el efecto del tamaño de la Colección Núcleo en la diversidad retenida.

Luego de definido el tamaño de la Colección Núcleo, se utilizaron como unidades de muestreo los grupos identificados en el análisis de patrones. El número de accesiones por grupos se definieron de acuerdo al método de diversidad relativa propuesto por Diwan *et al.* (1995). Esta metodología considera la heterogeneidad dentro de los grupos previo a la selección de las accesiones. Consiste en un análisis de conglomerados dentro de los grupos, identificando tantos *clusters* (subgrupos) como accesiones le corresponde a cada grupo para integrar la Colección Núcleo. Para el caso de la raza Blanco Dentado el número de grupos es 17 y 9, dependiendo del tamaño de la Colección Núcleo.

Se definieron diferentes metodologías para la elaboración de las Colecciones Núcleo. Primero se elaboraron 4 colecciones, de 17 accesiones (18,8%), utilizando el análisis de patrones y muestreo estratificado y 5 colecciones como control seleccionadas completamente al azar:

Colección 1- Utilización de análisis de conglomerados y de componentes principales, selección de las accesiones utilizando las gráficas de los 3 primeros componentes principales. La selección se realizó dentro de los grupos detectados en el análisis de patrones tendiendo a seleccionar aquellas accesiones que espacialmente representarían mejor al grupo (accesiones más centrales al grupo). El número de accesiones por grupo fue definido de acuerdo al método de diversidad relativa.

Colección 2- Utilización del análisis de conglomerados y posterior selección dentro de los grupos detectados. El número de accesiones seleccionadas por grupo se definió de acuerdo al método de diversidad relativa. Selección de aquellas accesiones que tuvieran menor distancia promedio al resto del grupo.

Colección 3 y 4- Al igual que en la colección 2 se utilizaron los grupos detectados por el análisis de conglomerados.

Utilización del método de diversidad relativa en la determinación del número de accesiones por grupos. La selección de accesiones dentro de las unidades de muestreo fue completamente al azar.

Azar 1 a 5- Fueron seleccionadas completamente al azar para control.

Como paso seguido se compararon las Colecciones Núcleo obtenidas para seleccionar el mejor método, que utiliza agrupamientos previos. Utilizando este método se elaboraron 2 nuevas Colecciones Núcleo, esta vez con un tamaño igual a nueve accesiones, 10 % de la Colección Base. También se seleccionaron 3 nuevas Colecciones Núcleo totalmente al azar, con un tamaño de nueve accesiones (10 % de la Colección Base) para utilizar como control.

Colección 5 y 6- Colección de 9 accesiones (10% de la Colección Base), elaborada con el mejor método comparando las colecciones 1 al 4.

Azar 6, 7 y 8- Colecciones de 9 accesiones (10 % de la Colección Base), seleccionadas totalmente al azar,.

Metodología de comparación de las colecciones núcleo

La mejor Colección Núcleo deberá: 1) mantener la media de las variables similares a las de la colección base, 2) aumentar las varianzas de las variables al disminuir las repeticiones y 3) conservar una alta proporción de los rangos de las variables.

Las medias y varianzas se comparan a través de la Prueba de Signos y la retención de rangos fue evaluada mediante la siguiente relación:

$$RR = \frac{\sum_{i=1}^t \frac{R_n^{CN}}{R_n^{CB}}}{t}$$

Donde RR es el porcentaje de retención de rangos, R_n^{CN} es el rango de la variable n en la Colección Núcleo, R_n^{CB} es el rango de la variable n en la Colección Base y t el número de variables comparadas, en este caso 17.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Clasificación

El dendograma de la figura 1 permite identificar tres grupos en la colección. Asimismo, los tres grupos identificados son suficientemente discriminados por el análisis de componentes principales. Los dos primeros componen-

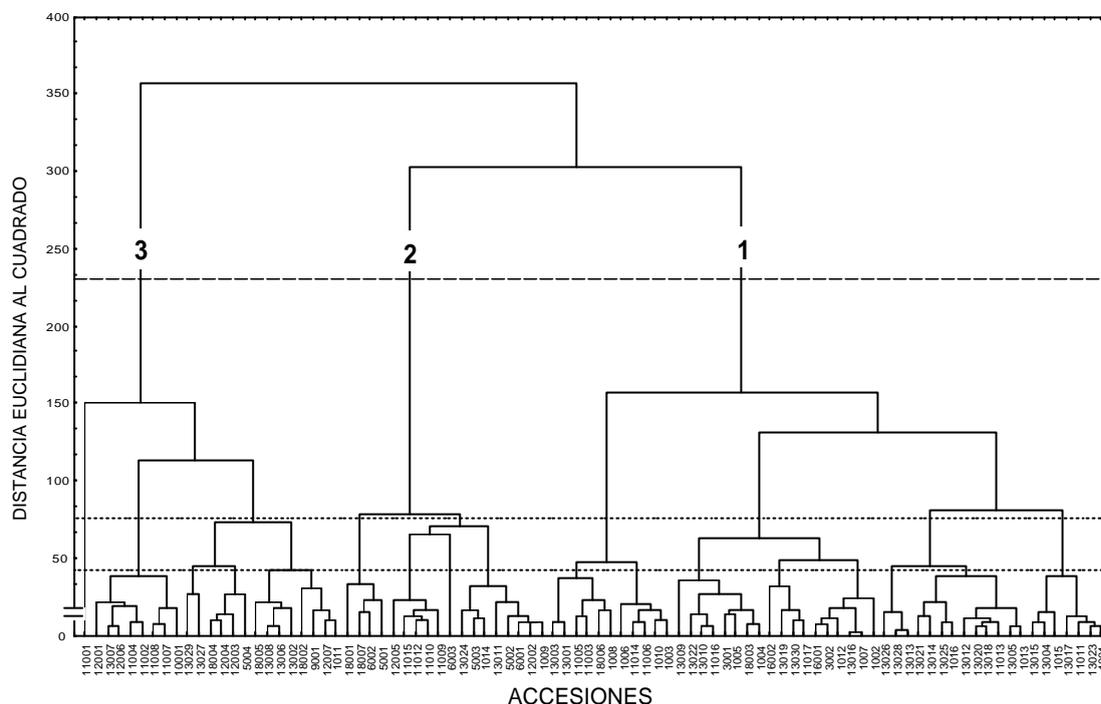


Figura 1. Dendrograma de las 90 accesiones de la raza Blanco Dentado, con la identificación de 3 grupos principales, mostrándose también los cortes para la formación de 17 y 9 grupos, utilizados como unidades de muestreo para las colecciones 1 a 4 y 5 a 6 respectivamente.

tes, que son capaces de captar la variación que explica la discriminación entre los grupos, son responsables de un 38% de la variación. En la figura 2 se grafican los 2 primeros componentes identificando las accesiones con los grupos formados en el análisis de conglomerados con el objetivo de confirmar el agrupamiento por ambas metodologías. Si bien en otros trabajos se ha encontrado un mayor porcentaje de retención de la variación en los primeros componentes principales (Crossa *et al.*, 1994) consideramos que en nuestro caso lo relevante es que los dos primeros componentes son capaces de captar la variación que explica la discriminación entre los grupos.

Descripción de los grupos identificados

En la figura 2 también se incluyeron vectores que representan las variables que explican la mayor proporción de variación en estos dos componentes. En analogía con un eje coordenado XY, en este tipo de representación gráfica o biplot (Gabriel 1971) es posible determinar el valor de cada accesión para cada variable proyectando el punto que representa dicha accesión en el eje (vector) corres-

pondiente. De esta forma la figura 2 permite caracterizar las accesiones y apreciar las características agronómicas que diferencian a los grupos a través de su representación como vectores. El grupo 1 es el que tiene rendimiento de grano más alto, pero el rendimiento de forraje más bajo. El grupo 2 se destaca por el gran rendimiento de forraje, importante característica a tener en cuenta para la utilización de este grupo en la obtención de cultivares de maíz para reserva forrajera y pastoreo. El grupo 3 presenta características intermedias en rendimiento de forraje pero es el menor en rendimiento en grano.

Diwan *et al.* (1995) sugiere que el método de diversidad relativa es el método más adecuado cuando existe un conocimiento más avanzado de la variación existente en una colección, como sucede en este caso. Este método se basa en establecer un número de unidades de muestreo igual al número de accesiones a seleccionar, estas unidades se determinaron por un corte a 42,5 unidades de distancia para la Colección Núcleo de 17 accesiones (18,8%) y 70 unidades para la de 9 accesiones (10%) en el análisis de conglomerado. (Figura 1 - Cuadro 2).

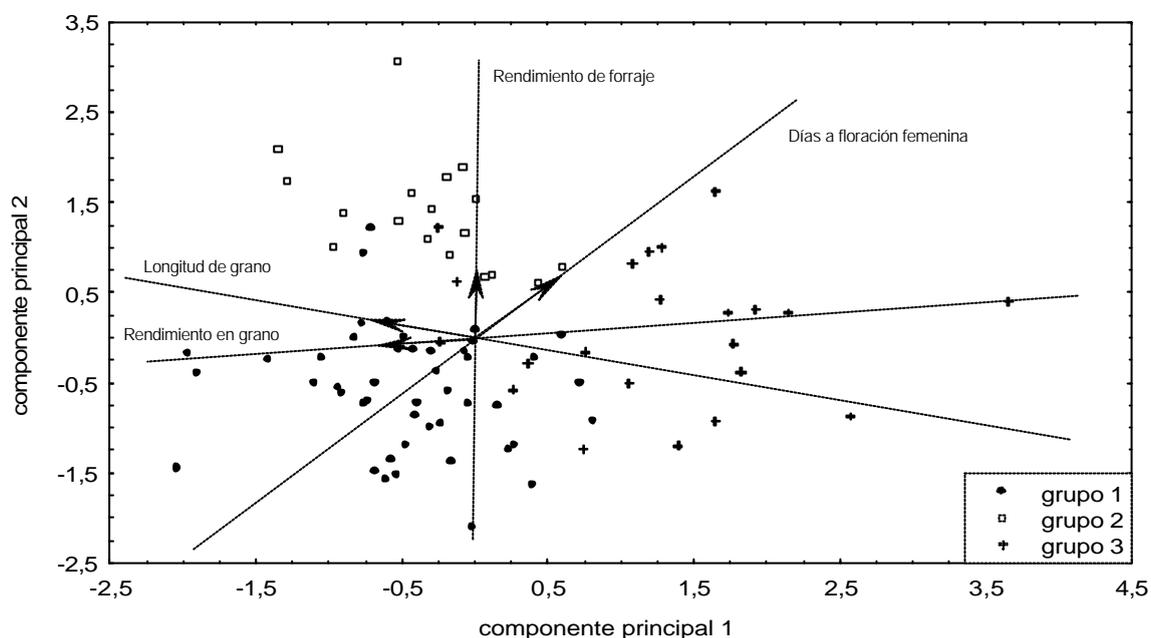


Figura 2. Representación de las accesiones de la Colección Base identificadas de acuerdo con los grupos de cluster en función de los 2 primeros componentes principales. También se encuentran identificadas las variables más importantes.

Cuadro 2. Número y porcentaje de accesiones según grupos y números de accesiones a seleccionar por grupo.

Grupos identificados	Nro. de acc. por grupos	% respecto a la Colección Base	Nro. de acc. a seleccionar para la C.N. (18,8%)	Nro. de acc. a seleccionar para la C.N. (10%)
Grupo 1	49	54,4	8	3
Grupo 2	18	20,0	4	2
Grupo 3	23	25,6	5	4

Comparación de las colecciones núcleo elaboradas

Comparación de las colecciones de 17 accesiones (18,8 % de la Colección Base)

De acuerdo al resultado del test de χ^2 (Cuadro 3) ninguna de las Colecciones Núcleo difiere significativamente en los valores medios de la colección base. Al no existir diferencias, cualquiera de las colecciones representa a la colección base según sus valores medios.

Mediante la comparación de las varianzas de las 17 variables entre las Colecciones Núcleo y la Colección Base se detectaron cambios significativos en 2 de las coleccio-

nes que fueron seleccionadas utilizando agrupamientos previos (Cuadro 3). Las colecciones 3 y 4 aumentaron la varianza significativamente según ambos métodos de comparación de varianzas. Los resultados obtenidos reafirman el concepto que la eficiencia de muestreo es incrementada a medida que poseemos más información acerca de la colección (Spagnoletti, Zeuli y Qualset; 1993). Los métodos que utilizan la información disponible para la elaboración de grupos de muestreo incrementan la eficiencia, en este caso aumentaron la varianza de las Colecciones Núcleo. Esta varianza es incrementada a través de la eliminación de las repeticiones de materiales,

Cuadro 3. Prueba de χ^2 para las medias y varianzas de las 17 variables de la Colecciones Núcleo, de 17 accesiones, comparada con las medias y varianzas de la Colección Base y porcentaje de retención de rangos promedio de las diferentes Colecciones Núcleos evaluadas.

	Medias				Varianzas				%RR ⁽⁴⁾
	n (+) ⁽¹⁾	n (-) ⁽²⁾	c ²	p ⁽³⁾	n (+) ⁽¹⁾	n (-) ⁽²⁾	c ²	p ⁽³⁾	
Colección 1	6	9	0,60	0,43	8	8	0,00	1,00	76,0
Colección 2	5	10	1,67	0,17	9	7	0,25	0,62	76,5
Colección 3	7	9	0,25	0,62	12	4	4,00	0,05	84,8
Colección 4	7	9	0,25	0,62	12	4	4,00	0,05	79,8
Azar 1	6	6	0,00	1,00	7	10	0,53	0,47	
Azar 2	5	7	0,33	0,57	8	8	0,00	1,00	
Azar 3	6	8	0,29	0,59	5	11	2,25	0,13	75,1±6,2
Azar 4	4	8	1,33	0,25	12	5	2,88	0,09	
Azar 5	5	11	2,25	0,13	9	7	0,25	0,62	

⁽¹⁾ Número de valores medios mayores a los de la Colección Base.

⁽²⁾ Número de valores medios inferiores a los de la Colección Base.

⁽³⁾ Probabilidad de un valor mayor de χ^2 con la Ho cierta.

⁽⁴⁾ Porcentaje del rango medio retenido de las 17 variables de las propuestas de Colección Núcleo con respecto a la Colección Base.

seleccionándose los materiales menos frecuentes y eliminando los mas frecuentes (Spagnoletti, Zeuli y Qualset; 1995). Por lo tanto esta prueba permite descartar algunos métodos que tienden a mantener la varianza seleccionando aquellos que tienden a incrementarla.

Otra medida para determinar la capacidad de las estrategias de retener la variabilidad es la de establecer la proporción de retención del rango promedio de las variables. Las 2 Colecciones Núcleo que tendieron a aumentar las varianzas se encuentran entre las 3 colecciones que retuvieron la mayor proporción de rangos (Cuadro 3). Esto hace énfasis en la capacidad de estos métodos de retener en mayor medida la variación de la colección.

Comparación de las colecciones de 9 accesiones (10 % de la Colección Base)

Existieron cambios significativos en las medias de las variables de las colecciones, observándose importantes cambios al comparar a través de la prueba de χ^2 (Cuadro 4). La colección 5 tendió a disminuir las medias. Esta situación difiere en forma importante con las colecciones compuestas por 17 accesiones. Hay que tener en cuenta que si bien un 10% es un tamaño relativo generalmente aceptado

como tamaño mínimo para representar una colección, esto depende de la variabilidad y el tamaño de la colección. En casos como este, donde por un lado existe evidencia de gran variabilidad genética y por otro lado el tamaño de la colección no es muy grande (sólo 90 accesiones), lograr representar esa variabilidad en sólo 9 accesiones parece difícil.

Al observar la prueba de χ^2 aplicada a las varianzas se detecta que las colecciones 5 y 6 no muestran diferencias significativas con las de la Colección Base. Por lo tanto ningún método tendió a retener las accesiones mas extremas de la colección base (Cuadro 4).

Los métodos que implican agrupamientos previos presentan un porcentaje de retención de rangos un 10 % por encima de las metodologías de selección completamente al azar, confirmando el concepto de que la variabilidad no se encuentra distribuida al azar (Frankel y Brown; 1984). Esto aumenta la consistencia de los métodos que utilizan agrupamientos previos, sobre todo de los métodos que implican selección al azar dentro de estratos. Esta misma situación se verificó para el tamaño mayor de 17 accesiones (Cuadro 3).

Cuadro 4. Prueba de χ^2 para las medias y varianzas de las 17 variables de la Colecciones Núcleo, de 9 accesiones, comparada con las medias y varianzas de la Colección Base y porcentaje de retención de rangos promedio para la Colecciones Núcleo de 9 accesiones seleccionadas de la Colección base.

	Medias				Varianzas				%RR ⁽⁴⁾
	n (+) ⁽¹⁾	n (-) ⁽²⁾	c ²	p ⁽³⁾	n (+) ⁽¹⁾	n (-) ⁽²⁾	c ²	p ⁽³⁾	
Colección 5	3	12	5,40	0,02	11	5	2,25	0,13	68,4
Colección 6	4	11	3,27	0,07	10	7	0,53	0,47	70,3
Azar 6	11	6	1,47	0,22	8	8	0,00	1	
Azar 7	15	2	9,94	0,00	2	12	7,14	0,01	54,0±9,3
Azar 8	7	9	0,25	0,61	8	9	0,06	0,81	

⁽¹⁾ Número de valores medios mayores a los de la Colección Base.

⁽²⁾ Número de valores medios inferiores a los de la Colección Base.

⁽³⁾ Probabilidad de un valor mayor de χ^2 con la Ho cierta.

⁽⁴⁾ Porcentaje del rango medio retenido de las 17 variables de las propuestas de Colección Núcleo con respecto a la Colección Base.

Si comparamos las metodologías utilizadas en función de los dos tamaños de Colecciones Núcleo, se destaca la capacidad de los métodos que implican agrupamientos previos y selección al azar de mantener, en mayor proporción, la variabilidad que el resto de los métodos. Para el caso de las colecciones 3, 4, 5 y 6 se observa una mayor retención de variabilidad en comparación que cualquiera de las colecciones al azar (azar 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8).

Elección de una colección núcleo para la colección de maíz de la raza blanco dentado

De acuerdo a lo expuesto las colecciones compuestas por 9 accesiones (colecciones 5 y 6, azar 6 y 7) son inferiores a las compuestas por 17 accesiones ya que presentan diferencias en las medias, mantenimiento o disminución de varianzas y por último menor porcentaje de retención de rangos. Entre las colecciones de 17 accesiones, las colecciones 3 y 4 fueron las que retuvieron una mayor proporción de rangos, indicador claro de su capacidad de representar la variación presente en la Colección Base. En cuanto al incremento de varianzas de las variables las colecciones 3 y 4 fueron las únicas capaces de incrementar significativamente las varianzas, siendo muy significativa esta diferencia para la colección 3. En base a los resultados obtenidos la Colección Núcleo 3 es la más adecuada para representar a la Colección Base. Esta colección fue incorporada como representante de la Raza Blanco Dentado en la Colección Núcleo de la Colección Nacional de Maíz.

BIBLIOGRAFÍA

- ABADIE, T.; MAGALHAES, J.R.; CORDEIRO, C.T.; PARENTONI, S.; DE ANDRADE, R. A. 1998. Classification for Brazilian maize landraces. *Plant Genetic Resources Newsletter* 114:43-44.
- BASIGALUP, D.H.; BARNES, D.K.; STUCKER, R.E. 1995. Development of a Core Collection for perennial *Medicago* plant introductions. *Crop Science* 35:1163-1168.
- BROWN, A.H.D. The case of core collections. In: Brown, A.H.D.; Frankel, D.H.; Marshall, D.R.; Williams, J.T. (eds). 1989. *The use of plant genetic resources*. Cambridge University Press, Cambridge, UK 136-156 pp.
- 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*. Pp. 3-20. John Wiley & sons, New York.
- CERETTA, S.; et al. 1997. Informe presentado a la Comisión certificadora de Semillas: Sector Cultivos de Verano Maíz. INIA, 47 Pp.
- CORDEIRO, C.M.T.; ABADIE T., FUKUDA W.M.G.; BARRETTO JF, BURLE M.L., CARDOSO E.R.; CAVALCANTI J. COSTA IRS, FIALHO J. E; MAGALHAES Jr., MARSHALEK R., ROCHA D.M.S.; VALLE, T.L. 1999. The Brazilian core collection of cassava. pp 102-110. In: Carvalho LJCB, Thro AM, Vilarinhos AD (eds.) *Cassava Biotechnology: IV International Scientific Meeting - CBN*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/CBN, 2000. 626p.

- CROSSA, J.; HERNANDEZ, C.M.; BRETINNG, P.; EBERHART, S.A.; TABA, S. 1993. Statistical genetical considerations for maintaining germ plasm collections. *Theor Appl Genet* 86:673-678.
- CROSSA, J.; TABA, S.; EBERHART, S.A.; BRETTING, P.; VENCOVSKY, R. 1994. Practical considerations for maintaining germplasm in maize. *Theor. Appl. Genet.* 89:89-95.
- CROSSA, J.; DELACY, I.H.; TABA, S. 1995. The use of multivariate methods in developing a Core Collection. In: Hodking, T.; Brown, A.H.D.; van Hintum, T.J.L. & Morales, E.A.V. (eds). Pp. 77-89. *Core Collections of Plant Genetic Resources*. John Wiley & sons, New York.
- DE MARÍA, F.; FERNÁNDEZ, G.; ZOPPOLO, G. 1979. Caracterización agronómica y clasificación racial de las muestras de maíz coleccionadas en Uruguay bajo el Proyecto I.B.P.G.R. y Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 49pp.
- DIWAN, N.; MCLINTOSH, M.S.; BAUCHAN, GR. 1995. Methods of developing a core collection of annual Medicago species. *Theor. Appl. Gen.* 90:755-761.
- FERNANDEZ G.; FRUTOS E.; MAIOLA C. 1983. Catálogo de Recursos Genéticos de Maíz de Sudamérica-Uruguay. EERA-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.
- GABRIEL, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika* 58,3. Pp. 453-467.
- GUTIÉRREZ L.; FRANCO J., CROSSA J., ABADIE T. 2003. Comparing a Preliminary Racial Classification with a Numerical Classification of the Maize Landraces of Uruguay. *Crop. Sci.* 43(2):718-727.
- HAMON, S.; DUSSERT, S.; NOIROT, M.; ANTHONY, F.; HODGKIN, T. 1995. Core collections - accomplishments and challenges. *Plant Breeding Abstracts*. Vol. 65, N° 8.
- HARCH, B.D.; BASFORD, K.E.; DELACY, I.H.; LAWRENCE, P.K.; CRUICKSHANK, A. 1995. Mixed data types and the use of pattern analysis on the Australian groundnut germplasm data. *Genetic Resources and Crop Evolution* 4:1-13.
- HARLAN, J.R.; de WET J.M.J. 1972. A simplified classification of cultivated sorghum. *Crop Sci.* 12:172-176.
- MALOSETTI, M.; ABADIE, T.; GERMAN, S. 2000. Comparing strategies for selecting a core subset for the Uruguayan barley collection. *Plant Genetic Resources Newsletter*, No. 121:20-26.
- MALOSETTI, M.; ABADIE T. 2001. Sampling strategy to develop a core collection of Uruguayan maize landraces based on morphological traits. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 48: 381-390.
- MEDINA, M.; ABADIE, T.; VILARÓ, D.; CERETTA, S. 2001. Estudio metodológico de adaptación de cultivares de maíz para silo a las condiciones de Uruguay. *Agrociencia* 1:23-31.
- ORTIZ R., RUIZ-TAPIA E.N.; MUJICA-SANCHEZA. 1998. Sampling strategy for a core collection of Peruvian quinoa germplasm. *Theor. Appl. Genet.* 96:475-483.
- 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. *TAG* 78: 295-304.
- SPAGNOLETTI ZEULI, P.L. 1995. The durum wheat core collection and the plant breeder In: Hodgkin, T.; Brown, A.H.D.; van Hintum, T.J.L.; Morales, E.A.V. (eds). *Core Collections of Plant Genetic Resources*. Pp. 213-228. John Wiley & sons, New York.
- van HINTUM, T.J.L. 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 & sons, New York.
- van HINTUM, T.J.L. 1999. The general methodology for creating a core collection. In: Johnson R.C. and Hodgking T. (eds.). *Core collections for today and tomorrow*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. pp. 10-17.

