



## Documentos

# Desarrollo de Colecciones Núcleo de Maíz en el Cono Sur de América Latina: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay

100

100

100





**Documentos**

**Desarrollo de Colecciones Núcleo de Maíz  
en el Cono Sur de América Latina:  
Argentina, Bolivia, Brasil, Chile,  
Paraguay y Uruguay.**

**Montevideo  
Uruguay  
Noviembre 2005**

**Coordinadores: Dr. Tabaré Abadie  
Dra. Ana Berreta**

**Editor: Ing. Agr. Ramiro Suárez Venturini**

**Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y  
Agroindustrial del Cono Sur**

**Argentina - Bolivia - Brasil - Chile - Paraguay - Uruguay**

**Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA**

00006845

IICA  
F30  
29

Abadie, Tabaré (coord.); Berretta, Ana (coord.)

Desarrollo de colecciones núcleo de maíz en el Cono Sur de América Latina: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay / coord. por Tabaré Abadie y Ana Berretta. – Montevideo (Uruguay): PROCISUR/IICA, 2005.

■ P.

ISBN 92-90-39-697-0

/RECURSOS GENETICOS/ /VARIACION GENETICA/ /MAIZ/ /ZEA MAYS/  
/BIOESTADISTICA/ /CONO SUR/

AGRIS F 30

CDD 581.15

# Presentación

---

El Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR), creado en 1980 con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), constituye un esfuerzo conjunto de los Institutos Nacionales de Investigación Agropecuaria, INIAs de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

La preocupación por los recursos genéticos de la región ha estado presente desde la creación de PROCISUR. En la actualidad, cuenta con una organización en red (Red de Recursos Genéticos del Cono Sur – REGENSUR) en que participan y se articulan los principales actores e instituciones vinculadas a la conservación y utilización del material genético, constituyendo un capital de alto valor para el presente y futuro del desarrollo agrícola de la región.

En ese contexto y basado en el espíritu de cooperación, PROCISUR hace un aporte a la región con la publicación de los resultados del estudio sobre la colecciones Núcleo de Maíz en los Países del Cono Sur de América Latina. Este tipo de trabajo deja de manifiesto que cuando se logra una mayor integración tecnológica en la región los resultados son altamente favorables para todos los países. En este estudio, los propios autores destacan el hecho que haya sido posible aplicar criterios de clasificación y procedimientos metodológicos similares en todos los casos y de esta forma, posibilitar la captura de una mayor diversidad genética en el muestreo que en la selección aleatoria convencional. También es necesario destacar que este estudio se orientó priorizando la diversidad genética, lo cual complementa adecuadamente Colecciones Núcleo anteriores que enfatizaron la selección en los caracteres de productividad. De esta forma, se puede decir que en estas colecciones está representada buena parte de la diversidad genética del maíz de la región.

Este avance en los sistemas de clasificación y organización de las colecciones de maíz va a permitir la realización de investigaciones a escala regional, mirando las grandes zonas agro-ecológicas, que traspasan las fronteras entre países, lo cual posiblemente constituya la forma más efectiva para desarrollar trabajos en recursos genéticos en esta especie, al igual que en otras que aprovechen los mecanismos que ofrece PROCISUR para articular la integración tecnológica en nuestra región.

Emilio Ruz  
Secretario Ejecutivo  
PROCISUR



# Índice

---

Presentación .....	3
Prólogo .....	7
1 - Introducción <i>por Tabaré Abadie, Ana Berreta</i> .....	9
2 - ¿Cómo se Desarrolla una Colección Núcleo? <i>por Tabaré Abadie</i> .....	15
3 - Colección Núcleo de Brasil <i>por Tabaré Abadie, Célia M. Cordeiro, Ramiro V. Andrade, José R. Magalhaes, Sidney N. Parentoni, Mariana Vilaró</i> .....	23
4 - Colección Núcleo de Uruguay <i>por Tabaré Abadie, Marcos Malosetti</i> .....	33
5 - Colección Núcleo de Chile <i>por Tabaré Abadie, Ángela Pezoa, Alberto Cubillos, Orlando Paratori</i> .....	41
6 - Colección Núcleo de Bolivia <i>por Lorena Guzman, Gonzalo Sevilla, Tabaré Abadie</i> .....	49
7 - Colección Núcleo de Argentina <i>por María José Hourquescos, Marcelo Ferrer, Ramiro Suárez, Mariana Vilaró, Tabaré Abadie</i> .....	57
8 - Colección Núcleo de Paraguay <i>por Orlando J. Noldin, Mariana Vilaró, Ramiro Suárez, Tabaré Abadie</i> .....	67
9 - Comentarios Finales y Conclusiones <i>por Tabaré Abadie</i> .....	79
10 - Referencias Bibliográficas .....	87



# Prólogo

---

La utilización de los recursos genéticos es uno de los objetivos prioritarios de los programas nacionales de Recursos Genéticos del Cono Sur. REGENSUR, la Red de Recursos Genéticos de PROCISUR, recoge y promueve este objetivo a nivel regional.

Por otra parte, el uso de las grandes colecciones disponibles en los principales cultivos se ve restringido por el gran número de accesiones que las componen, que dificulta la identificación de aquellas útiles para los programas de mejoramiento.

**Una *colección núcleo* es una muestra de tamaño reducido de la colección total, que abarca el espectro de variabilidad genética presente en ella, con un mínimo de redundancia. Constituyen una de las herramientas bioestadísticas utilizadas con el objetivo de facilitar el uso de grandes colecciones de germoplasma.**

En el caso particular de maíz, durante la década del 70 se realizaron exhaustivas colectas en los países del Cono Sur, con el apoyo del IBPGR (luego IPGRI<sup>1</sup>). En la última década, el Dr. Tabaré Abadie comenzó a trabajar en la técnica antes mencionada, designando —en primer lugar— la colección núcleo de Uruguay, y luego formando parte de un equipo de investigadores que designó la de Brasil. Más adelante, trabajó con las colecciones de Chile y Bolivia, designando sus respectivas colecciones nucleares, para lo cual contó con apoyo del Subprograma Recursos Genéticos de PROCISUR.

Posteriormente, en el ámbito de la REGENSUR, se completó la designación de las colecciones nucleares de Argentina y Paraguay. Por lo tanto, la Red cuenta hoy con las Colecciones Nucleares Nacionales de los seis países miembros.

Se considera éste un valioso aporte al conocimiento y organización de las colecciones disponibles de maíz de la región, así como al mejoramiento de su utilización. El contar con una muestra representativa de la variabilidad existente en el cultivo en el Cono Sur, permitirá avanzar en aspectos tales como caracterización avanzada, identificación de aspectos faltantes en las colecciones, y elaboración de proyectos conjuntos con un número manejable de accesiones representativas de la variabilidad existente a nivel regional.

Esta publicación incluye las Colecciones Nucleares Nacionales de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, así como contribuciones teóricas comparativas que enmarcan la designación de dichas colecciones.





## **1. INTRODUCCIÓN**



# 1. INTRODUCCIÓN

por **Tabaré Abadie<sup>1</sup>**, **Ana Berretta<sup>2</sup>**

El maíz es uno de los principales cultivos a nivel mundial, y el principal en área sembrada de América Latina, donde su principal destino es el consumo humano directo (Galinat, 1979). Este cultivo es originario de América, y la diversidad genética en este continente es muy grande (Brieger *et al.*, 1958; Paterniani y Goodman, 1977). Las culturas precolombinas fueron responsables de su domesticación y diversificación, dejando un legado de aproximadamente 300 razas, las que comprenden entre un 90 y un 95% de la variación genética total del cultivo en el mundo (Dowswell *et al.*, 1996). Casi todos los híbridos y variedades mejoradas cultivadas en la actualidad provienen de unas pocas razas. Si bien el mejoramiento genético de plantas ha obtenido avances espectaculares, la variabilidad genética se ha reducido y las variedades locales han sido sustituidas por cultivares más productivos, determinando una gran pérdida de diversidad.

Los países del Cono Sur de América del Sur (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay) cuentan con importantes colecciones de germoplasma de maíz. Gran parte de estas fueron colectadas en la década de los 70 en campos de agricultores, previo a la difusión comercial de los híbridos, aunque en algunos países también se realizaron colectas anteriores a esta fecha, en la década del 50. Si bien el cultivo es originario de América Central, fue introducido en la región sur de América del Sur antes de la colonización europea llegando a desarrollar una gran diversidad genética (Breiger *et al.*, 1958; Paterniani y Goodman, 1977). La importancia económica de estas colecciones se centra en la preponderancia de materiales de tipo templado, que han mostrado muy buena adaptación a las condiciones de cultivo en esta región y en regiones ecológicamente similares (Salhuana *et al.*, 1998). En nuestra región las caracterizaciones y evaluaciones de las colecciones de maíz fueron publicadas en Catálogos de Recursos Genéticos (Fernández *et al.* 1983; Feldman y Silva, 1984; Paratori *et al.* 1990; Soalri *et al.* 1997 y Ávila *et al.* 1998). Si bien todas estas colecciones están clasificadas racialmente (excepto la de Brasil), esta clasificación ha sido poco comprendida y utilizada para estudiar la diversidad genética del cultivo y promover su utilización. Para superar esta limitante, se han utilizado más recientemente criterios de clasificación más sencillos basados en origen geográfico y tipo de grano (Abadie *et al.*, 1998, 1999; Malosetti y Abadie, 2001). Pero estas nuevas propuestas no alcanzan a incorporar todo el caudal de información (morfológico, antropológico, histórico, etc.) de la clasificación racial original.

1 Facultad de Agronomía, UdelaR,  
Montevideo, Uruguay

2 Coordinadora Internacional,  
REGENSUR, PROCISUR

En los siguientes capítulos se describe el trabajo realizado para la organización de las colecciones de germoplasma de maíz de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay. Este trabajo tuvo como centro el desarrollo de Colecciones Núcleo<sup>1</sup>, pero el trabajo en sí involucró una revisión de los inventarios y organización de las colecciones, así como una actualización de la información disponible. Para desarrollar estas colecciones se siguieron los lineamientos descritos en el capítulo 2. La metodología para el desarrollo de cada una de las colecciones se presenta a partir del capítulo 3. Hemos decidido presentarlas en orden cronológico, para que el lector pueda tener idea del desarrollo y evolución de las ideas e hipótesis que fueron utilizadas a lo largo de este trabajo. Es importante destacar que, salvo las últimas dos colecciones (Argentina y Paraguay), cada una de las colecciones constituyó un proyecto independiente en las que los científicos involucrados pudieron probar las ideas y metodologías anteriores, y adaptarlas a cada situación particular.

Este trabajo fue apoyado por muchas instituciones nacionales (los Institutos de Investigación Agropecuaria de los países participantes) y contó con la financiación del Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR). El desarrollo central de las ideas se origina en el Departamento de Biología Vegetal de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay (Montevideo). Antecede a este trabajo la tarea desarrollada por el proyecto LAMP<sup>2</sup>, cuya información fue central para el desarrollo de algunas de las colecciones descritas en esta publicación.

Por último, el reconocimiento central de nuestro trabajo va a las generaciones y generaciones de agricultores americanos, que con su trabajo generaron la incalculable riqueza de los recursos genéticos que son hoy el centro de nuestro estudio.

1 Muestra representativa de la diversidad de una colección de germoplasma.

2 LatinAmerican Maize Project







**2. ¿CÓMO SE DESARROLLA  
UNA COLECCIÓN NÚCLEO?**



## 2. ¿CÓMO SE DESARROLLA UNA COLECCIÓN NÚCLEO?

por Tabaré Abadie<sup>1</sup>

Las colecciones de germoplasma de maíz, así como muchas otras colecciones de germoplasma, han tenido un significativo aumento en tamaño, que no ha sido necesariamente acompañado por un adecuado conocimiento y uso de lo que fue conservado (Frankel y Brown, 1984). Precisamente, para mejorar el uso de las grandes colecciones de germoplasma, se ha propuesto el concepto de **Colección Núcleo**. El concepto en sí fue desarrollado inicialmente por Harlan (1972) como colecciones de trabajo activas, pero posteriormente fue perfeccionado por Frankel y Brown (1984), quienes la definen como una muestra de tamaño reducido de la colección en la cual se incluye el espectro de variabilidad genética de un cultivo y sus especies emparentadas, con un mínimo de redundancia.

Esta estrategia implica un cambio en la organización de la colección, estableciendo dos niveles jerárquicos, la Colección Núcleo y la de reserva, esta última, integrada por las accesiones que no son incluidas en la Colección Núcleo (Brown, 1989). Las accesiones que constituyen la Colección de reserva no son descartadas, y pueden ser utilizadas en búsquedas más intensivas de alelos raros.

El **objetivo principal** de una Colección Núcleo es obtener una colección de tamaño reducido para utilizar de manera más eficiente los recursos dedicados a la conservación y utilización de las colecciones de germoplasma. Basado en esto, los curadores de los bancos de germoplasma pueden usar la Colección Núcleo para definir prioridades en actividades como: a) conservación, como pruebas de germinación y regeneración rutinarias en los bancos; b) caracterización y evaluación, permitiendo hacerlas sobre un número más reducido y bien estructurado de accesiones; c) intercambio, en primer término de las colecciones nucleares; y d) crecimiento de la colección base, ya que el proceso de desarrollo de la Colección Núcleo permite identificar duplicaciones o áreas con escasa representación dentro de la colección. Desde el punto de vista de la utilización, la Colección Núcleo es el primer paso lógico para facilitar el acceso a la Colección Base en la búsqueda de nuevos caracteres, aunque si es necesario, en una segunda etapa la búsqueda puede continuar en la colección de reserva. Esta segunda etapa se puede restringir a aquellas accesiones representadas por las de la Colección Núcleo que mostraron mejor comportamiento para el carácter estudiado, reduciendo el costo total del proceso (Holbrook *et al.*, 1993).

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, UdelaR, Montevideo, Uruguay

## 2.1. ORGANIZACIÓN DE UNA COLECCIÓN NÚCLEO

El diseño de una Colección Núcleo es básicamente un ejercicio de muestreo que intenta asegurar la retención de los genes o combinaciones génicas presentes en la colección base. Los aspectos a ser resueltos son: 1) universo de muestreo; 2) criterios de clasificación; 3) tamaño de la muestra; 4) estrategia de selección entre clases; y 5) metodología de selección de las accesiones dentro de cada clase.

### 2.1.1) UNIVERSO DE MUESTREO

Originalmente, el concepto de Colección Núcleo fue desarrollado para representar solamente una colección de una especie, ya sea nacional o internacional. Posteriormente el concepto de Colección Núcleo fue extendido a la posibilidad de representar más de una colección de una especie. En algunos casos, el concepto de Colección Núcleo ha sido usado de forma más restringida representando apenas una porción de una colección, como es el caso de la colección de *Medicagos* anuales del USDA, desarrollada por Diwan *et al.* (1994).

### 2.1.2) CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

Como en todo ejercicio de muestreo –elaborar una Colección Núcleo– puede ser completamente al azar o estratificado. En el caso de Colecciones de germoplasma el muestreo estratificado tiene claras ventajas sobre el muestreo completamente al azar, ya que ha sido demostrado que la diversidad genética no está distribuida al azar en una colección. Brown (1989), describió la distribución de los alelos en una colección en cuatro grupos: (i) comunes dispersos; (ii) raros dispersos; (iii) comunes localizados; y (iv) raros localizados. La conservación del grupo común localizado (iii) es de particular importancia ya que ellos han sido sometidos a fuertes presiones de selección, confiriendo adaptación a condiciones ambientales específicas, y controlan caracteres de importancia agronómica como resistencia o tolerancia a estreses bióticos y abióticos (Brown, 1989; Allard, 1992). Resulta entonces fundamental desarrollar una clasificación que permita identificar claramente este tipo de alelos, y esto se logra normalmente estratificando por los dos principales ejes de variabilidad: el geográfico y el genotípico (Frankel y Brown 1989; van Hintum, 1995).

En maíz, se ha utilizado una clasificación que respeta los ejes geográficos y morfológicos (tipo de grano), para desarrollar las Colecciones Núcleo de Brasil (Abadie *et al.*, 1999), Chile (Abadie *et al.*, 2001), y Uruguay (Malosetti y Abadie, 2001). También la Colección Núcleo de arroz de Brasil se ha desarrollado incorpo-

rando criterios morfológicos y geográficos. Más recientemente se han desarrollado metodologías de análisis multivariado más sofisticadas (Gutiérrez *et al.*, 2003) que permitirán incorporar al análisis de la información de caracterización morfológica, información de tipo geográfico (Balfourier *et al.*, 1999) o molecular.

### 2.1.3) TAMAÑO DE LA MUESTRA

El tamaño de una Colección Núcleo es de fundamental importancia para conseguir la utilización de la colección de base. De nada servirá el trabajo invertido en desarrollar una Colección Núcleo si el tamaño final sigue siendo demasiado grande para que sea efectivamente manejable por curadores y mejoradores. La mayoría de las Colecciones Núcleo tienen un tamaño que oscila entre 5-20% de la colección base (Brown y Spillane, 1999). Existen trabajos teóricos que determinan lineamientos generales en cuanto al tamaño que debe tener una Colección Núcleo. Según Brown (1989), una muestra de aproximadamente 10% de la colección base debe contener más del 70% de los alelos de la colección base. Este abordaje está delineado para el muestreo de los alelos dispersos y aleatorios, basado en la teoría de alelos neutros. En realidad, parte importante de la variación genética de una colección es estructurada siguiendo los ejes geográfico o genotípico, la variabilidad conservada en una muestra relativamente pequeña puede tener buenos niveles de retención de variabilidad. Por ejemplo, Charmet y Balfourier (1995), compararon diversas estrategias de muestreo, y concluyeron que tamaños de 5-10% eran óptimos para capturar 75-90% de la variabilidad genética. Asimismo, la Colección Núcleo de maíz de Uruguay, basada en una estratificación geográfica y genotípica, contiene apenas 10% de las accesiones de la colección base, pero retiene un 91% de la variabilidad de la colección base (Malosetti y Abadie, 2001).

### 2.1.4) ESTRATEGIA DE ASIGNACIÓN ENTRE CLASES

La siguiente etapa en el establecimiento de una Colección Núcleo es determinar la proporción con que cada estrato será representado en la muestra. En esta etapa cualquier información sobre algún parámetro que cuantifique la variabilidad genética dentro de los estratos debe ser considerada. Sin embargo, esa información no está generalmente disponible y por esto tres alternativas han sido sugeridas. La primera, (constante), propone que un número igual de accesiones sea tomado en cada estrato. Esta aproximación ignora el tamaño de los estratos. La segunda alternativa, (proporcional), propone que sea tomado en cada estrato un número de accesiones proporcional al tamaño del mismo, de modo que cada estrato sea representado en la Colección Núcleo en proporción a su tamaño en la colección base. Intentando combinar ambas estrategias, Brown (1988b) propuso una tercera alternativa (logarítmica), en cada estrato tomar un número de accesiones proporcional al logaritmo del número de accesiones del estrato. El autor concluye que la última alternativa es la mejor cuando no se tiene información sobre algún parámetro que cuantifique la variabilidad genética en cada estrato. La estrategia de asignación

logarítmica sub-representa a los grupos grandes y sobre-representa a los pequeños, basándose en el hecho de que, en la mayoría de los casos, en los grupos grandes existe mayor redundancia entre las accesiones, y en los pequeños sucede lo contrario.

Debido a que la mayoría de las colecciones de la región cuentan con poca información, la estrategia logarítmica permite crear Colecciones Núcleo que posibiliten generar conocimiento de las colecciones en forma rápida, económica y ordenada. En cambio, si existen datos de caracterización y evaluación, hay estrategias que toman en cuenta la diversidad dentro de grupos tales como: el método de diversidad relativa (Diwan *et al.*, 1995) y el método proporcional a la diversidad, usando la distancia de Gower promedio dentro de los grupos (Suárez, 2004). Estas estrategias permiten realizar un muestreo más preciso, dado que hacen posible la utilización de toda la información disponible, generando Colecciones Núcleo que representen ajustadamente la variabilidad de la colección base.

#### 2.1.5) METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE LAS ACCESIONES DENTRO DE CADA CLASE

El punto final de organización de una Colección Núcleo es la selección de las accesiones que formarán parte de la misma. Las accesiones seleccionadas deben ser aquellas que mejor representen los distintos grupos. Esta selección puede ser hecha: a) completamente al azar; b) sistemáticamente, siguiendo algún criterio cuantitativo de representatividad de los grupos; o c) basándose en el conocimiento o experiencia que los curadores y mejoradores tengan sobre las accesiones. Malosetti *et al.* (2000) y Malosetti y Abadie (2001) compararon diversos criterios para seleccionar las accesiones de una Colección Núcleo de Cebada y Maíz, respectivamente, observando que los criterios sistemáticos son superiores a la selección completamente al azar. En realidad, el criterio aleatorio debería ser usado solo cuando no se dispone de información que permita la elección de las accesiones para representar un grupo dado. Los criterios sistemáticos pueden ser de diversos tipos, basados en análisis de cluster de las accesiones dentro de cada grupo (Diwan *et al.*, 1995; Malosetti *et al.*, 2000; Malosetti y Abadie, 2001), componentes principales (Noirot *et al.*, 1996), o utilizando el SIG (Cordeiro *et al.*, 2000). Este último criterio ha sido utilizado para Mandioca y Arroz en Brasil, evitando la superposición geográfica y permitiendo seleccionar accesiones más esparcidas geográficamente. Varias referencias indican que el criterio basado en el conocimiento o experiencia que los curadores y mejoradores tengan sobre las accesiones funciona adecuadamente (Basigalup *et al.*, 1995) siendo –en algunos casos– superior a otros criterios (Malosetti *et al.*, 2000). La experiencia de los curadores y mejoradores fue utilizada para seleccionar las accesiones que constituyen las Colecciones Núcleo de Maíz de Brasil (Abadie *et al.*, 1999) y Chile (Abadie *et al.*, 2001), la Colección Núcleo de Arroz de Brasil (Abadie *et al.*, 2002),

así como las accesiones que corresponden a los grupos mejorados e introducidos de la Colección Núcleo de Mandioca de Brasil (Cordeiro *et al.*, 2000).

Los cinco pasos descritos en este capítulo fueron utilizados en la elaboración de las Colecciones Núcleo de Maíz del Cono Sur de América Latina, las cuales se describen en los capítulos subsiguientes de este trabajo. Dichas colecciones varían en tamaño y diversidad, así como también en el conocimiento, mantenimiento y uso de las mismas. Es por este motivo que a la hora de desarrollar las Colecciones Núcleo se utilizaron estrategias acordes a las características y cantidad de información disponible para cada una de las colecciones.





### **3. COLECCIÓN NÚCLEO DE BRASIL**



## **3. COLECCIÓN NÚCLEO DE BRASIL**

**por Tabaré Abadie<sup>1</sup>; Célia M. Cordeiro<sup>3</sup>;  
Ramiro V. Andrade<sup>4</sup>; José R. Magaihaes<sup>3</sup>;  
Sidney N. Parenton<sup>4</sup>; M. Viaro<sup>1</sup>**

La colección de germoplasma de Maíz de Brasil, en 1995, estaba formada por 2263 accesiones. Actualmente se encuentra conservada en el Centro Nacional de Investigación de Recursos Genéticos y Biotecnología (CENARGEN – EMBRAPA), y en el Centro Nacional de Investigación de Maíz y Sorgo (CNPMS – EMBRAPA). La mayoría de estas accesiones tienen datos adecuados de pasaporte y de caracterización, pero cuentan con pocos datos de evaluación agronómica.

Nuestro objetivo fue desarrollar una Colección Núcleo de Maíz de Brasil, para facilitar el uso de sus recursos genéticos. Se constituyó en la primera herramienta para futuros trabajos que demanden la utilización de germoplasma, programas de mejoramiento o estudios de carácter básico, posibilitando la formación de una base sólida de conocimiento e información sobre las accesiones de la colección. Este trabajo fue desarrollado durante los años 1996 y 1997 en Brasilia (DF) y Sete Lagoas (MG), y fue financiado por un proyecto de EMBRAPA y por una consultoría de IICA. Los estudios de diversidad y distribución geográfica de las accesiones fueron realizados con posterioridad, en 2003, en Montevideo y financiados por un proyecto de investigación científica de la Universidad de la República, Uruguay.

### **3.1. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1.1) UNIVERSO DE MUESTREO**

Para designar la Colección Núcleo de Maíz de Brasil se utilizaron las 2263 accesiones, de las cuales 1753 son variedades autóctonas provenientes de colectas en distintas regiones del país, 222 son poblaciones con algún tipo de mejoramiento genético y 288 son introducciones de otros países.

#### **3.1.2) CLASIFICACIÓN**

En un primer nivel, las accesiones fueron clasificadas en cuatro estratos de acuerdo con su origen: a) variedades autóctonas (1554 accesiones); b) compuestos derivados de variedades autóctonas (199 accesiones); c) materiales mejorados (222 accesiones); y d) introducciones (288 accesiones). El estrato b) compuestos derivados de variedades autóctonas, no fue representado en la Colección Núcleo, porque son compuestos derivados de la mez-

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, UdelaR, Montevideo, Uruguay

<sup>3</sup> Centro Nacional de Recursos, Genéticos e Biotecnología – EMBRAPA, Brasilia, DF, Brasil

<sup>4</sup> Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – EMBRAPA, Sete Lagoas, MG, Brasil

cla de variedades autóctonas del estrato a), y de esa forma su inclusión resultaría en una redundancia indeseada. Cada uno de los otros 3 estratos fue representados en la Colección Núcleo con un peso aproximadamente proporcional a su tamaño: a) 78%, c) 12%, d) 10%. El estrato a) de variedades autóctonas es el que realmente representa el germoplasma de Brasil.

Un segundo nivel de clasificación fue utilizado dentro de cada uno de los 3 estratos principales. Las variedades autóctonas fueron clasificadas siguiendo los criterios propuestos por Abadie *et al.* (1997), quienes observaron que el origen geográfico y el tipo de grano eran eficaces para discriminar las accesiones de Maíz de Brasil. Dicho estudio utilizó datos de Patemiani y Goodman (1997), considerándolos representativos del estrato de variedades autóctonas. Las regiones eco geográficas fueron las mismas que las utilizadas por Cordeiro *et al.* (1995) para la clasificación de accesiones de Mandioca de Brasil, es decir, *Sur, Cerrados, Cerrados norte, Amazonia, Caatinga, Agreste Litoral, No clasificables*, y para el tipo de grano se usaron los mencionados por Brieger *et al.* (1958): *Pop, Duro, Harinoso y Dentado*. Algunas accesiones no pudieron ser clasificadas por su origen geográfico debido a la falta de información en los datos de pasaporte. No obstante, una observación de los granos conservados en el banco, permitió su clasificación por tipo de grano. Las accesiones no clasificadas por su origen eco geográfico no fueron incluidas en la Colección Núcleo, porque fueron consideradas representadas por otras accesiones con el mismo tipo de grano en cada una de las regiones eco geográficas.

Los materiales mejorados fueron clasificados en 3 grupos: a) Pop; b) No Pop del CNPMS – EMBRAPA; y c) No Pop de otros programas de mejoramiento. Esta clasificación fue sugerida por un análisis de componentes principales, basado en los datos de Feldman y Silva (1984), siguiendo la metodología utilizada por Abadie *et al.* (1997).

Las accesiones del estrato d) introducciones, fueron clasificadas según su origen en: a) tropical; y b) templado, ya que la experiencia de los curadores y mejoradores indica que pertenecen a pools genéticos diferentes.

### **3.1.3) TAMAÑO DE MUESTRA**

En este caso, 300 accesiones fueron consideradas un tamaño adecuado, que puede ser manejado fácilmente por los curadores a un bajo costo relativo. Esta muestra representa el 13% de la colección base.

### **3.1.4) ESTRATEGIA DE ASIGNACIÓN ENTRE CLASES**

En las *variedades autóctonas* la estrategia de asignación logarítmica fue utilizada para representar a cada uno de los grupos en la Colección Núcleo. Dicha estrategia evitó una representación desequilibrada del tipo de grano dentado, que es el de mayor

número de accesiones en la colección base, y a su vez es el que muestra menor variabilidad en relación a los otros tipos de grano (Abadie *et al.*, 1997). En los *materiales mejorados* la estrategia utilizada de asignación, para la representación de cada grupo, fue la estrategia proporcional al tamaño: a) pop 2%; b) no pop CNPMS – EMBRAPA 5%; y c) no pop de otros programas de mejoramiento 5%. Los curadores y mejoradores consideraron que esa asignación brindaba a cada grupo un peso acorde con la variabilidad genética disponible en cada uno. La representación de cada uno de los grupos del *estrato introducciones* en la Colección Núcleo fue proporcional a su tamaño (a. 10% tropical; b. 5% templado). En este caso, los mejoradores y curadores consideraron que esta aproximación representó la importancia de ambos pools genéticos para el mejoramiento de Maíz en Brasil.

### 3.1.5) SELECCIÓN DE ACCESIONES DENTRO DE CLASES

En el estrato de *variedades autóctonas*, cuando fue posible, dentro de cada grupo las accesiones fueron seleccionadas por los curadores teniendo en cuenta su conocimiento y experiencia en el trabajo con la colección. Cuando no se contaba con ninguna referencia se realizó una selección aleatoria. Las accesiones de los estratos *materiales mejorados e introducciones* que componen la Colección Núcleo fueron seleccionadas por los mejoradores, tratando de mantener una amplia variabilidad genética. Las accesiones en la Colección Núcleo pertenecientes a cada uno de estos grupos, fueron seleccionadas por los mejoradores intentando mantener una amplia variación genética y al mismo tiempo incluir aquellas accesiones representantes de los principales pools genéticos utilizados en el mejoramiento de Maíz. Para ello, los mejoradores consideraron también el tipo de grano (pop, duro, harinoso y dentado) como criterio de clasificación, debido a la relevancia de estas características en el mejoramiento de Maíz.

## 3.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fue establecida una Colección Núcleo de 300 accesiones, representativa de la Colección Brasileira de Germoplasma de Maíz, que significa el 13% de las accesiones de la colección base, valor superior al 10% recomendado por Brown (1989<sup>a</sup>). El límite establecido por Brown (1989<sup>a</sup>) se fundamenta en la teoría de los alelos neutros y solamente ofrece una referencia para un tamaño mínimo básico de una Colección Núcleo. Pero en nuestro caso, el aspecto clave para ampliar las chances de representar una gran fracción de variabilidad genética, fue la identificación de la estructura genética de la variabilidad existente en la colección, especialmente para asegurar las posibilidades de muestrear los alelos asociados a adaptaciones específicas.

El estrato principal de la colección es el constituido por las *variedades autóctonas*, ya que es la porción realmente original y distintiva de la colección brasilera. Dicho estrato fue clasificado en 27 grupos basados en su origen eco geográfico y tipo de grano. De los 27 grupos originales de este estrato, 24 fueron representados en la Colección Núcleo (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Distribución de las variedades autóctonas brasileras en la Colección Núcleo a partir del tipo de grano y región eco geográfica de origen de las accesiones de la colección base.**

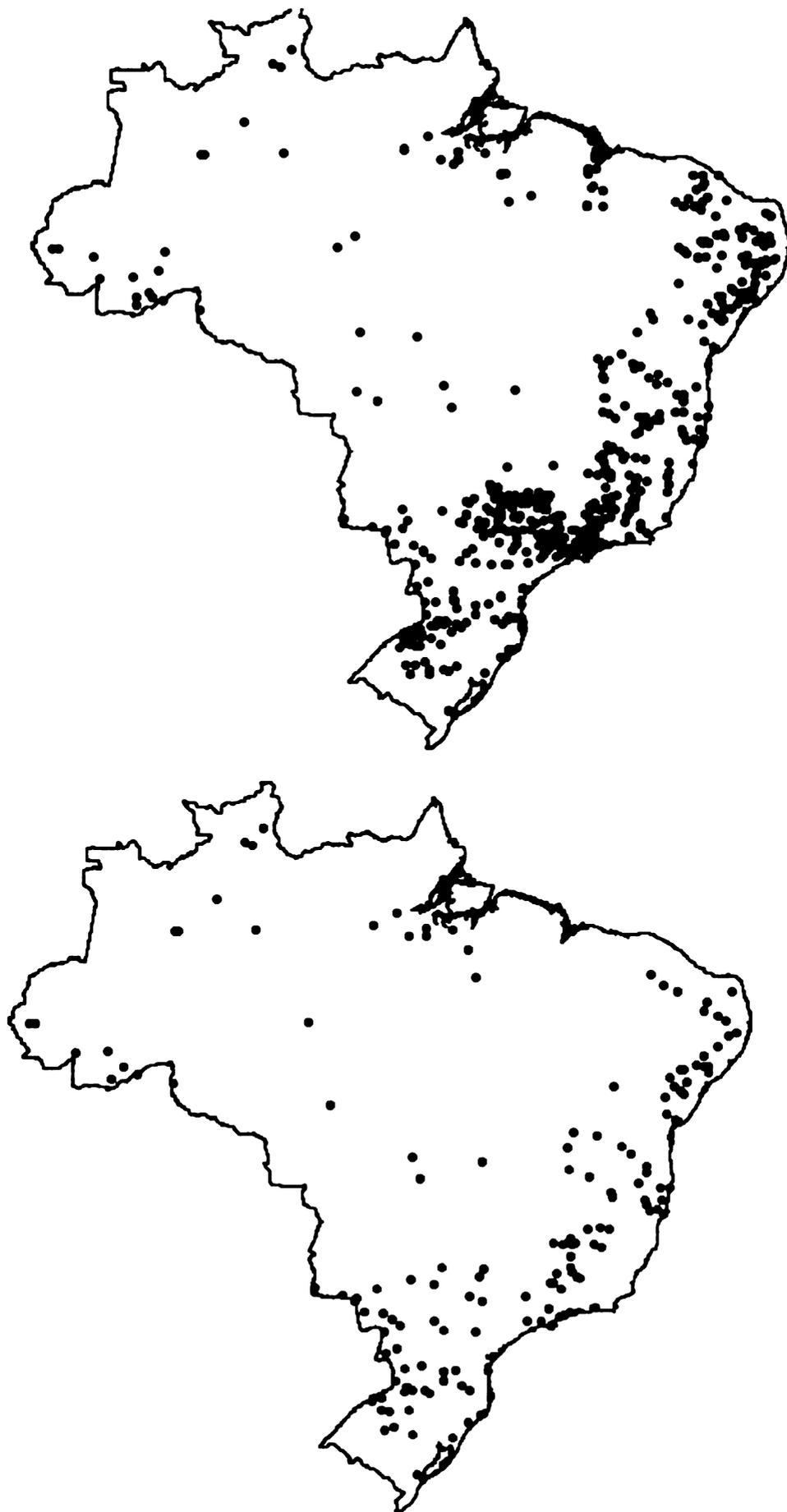
Región Eco geográfica	Tipo de grano							
	Pop		Duro		Harinoso		Dentado	
	CB	CN	CB	CN	CB	CN	CB	CN
Sur	29	10	23	9	5	5	279	17
Cerrados	26	10	77	13	50	12	321	19
Cerrados norte	12	8	9	7	6	5	110	14
Amazonia	35	12	94	15	19	8	121	14
Caatinga	17	8	38	11	1	1	169	16
Agreste Litoral	1	1	14	8	0	0	62	12
No clasific.	4	0	5	0	7	0	10	0

Los *materiales mejorados* y las *introducciones* fueron incluidos con el fin de representar las variantes genéticas utilizadas en el pasado y en el presente en programas de mejoramiento. La estructura de la Colección Núcleo se muestra en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Número de accesiones correspondiente a cada estrato y grupos dentro de estratos de la Colección Núcleo.**

Estratos de la Colección Núcleo	Nº de accesiones
Variedades autóctonas pops	48
Variedades autóctonas dentados	90
Variedades autóctonas duros	63
Variedades autóctonas harinosos	34
Mejorados pops	5
Mejorados CNMS	15
Mejorados otros	15
Introducciones tropicales	20
Introducciones templados	10

En la **Figura 1** se observa la distribución geográfica de las accesiones de la colección base y Núcleo de Maíz de Brasil, en donde se evidencia que la Colección Núcleo cubre la distribución de la colección base en el territorio brasilero, demostrando que las estrategias de clasificación y muestreo respetan el origen geográfico de las accesiones y por tanto las adaptaciones específicas a cada región eco geográfica.



**Figura 1. Mapa de distribución geográfica de las accesiones de la colección base (arriba) y la Colección Núcleo (abajo)**

La Colección de Maíz de Brasil presenta una gran diversidad genética que se expresa en el gran número de accesiones y en el elevado número de razas que forman el estrato de variedades autóctonas (Figura 2).

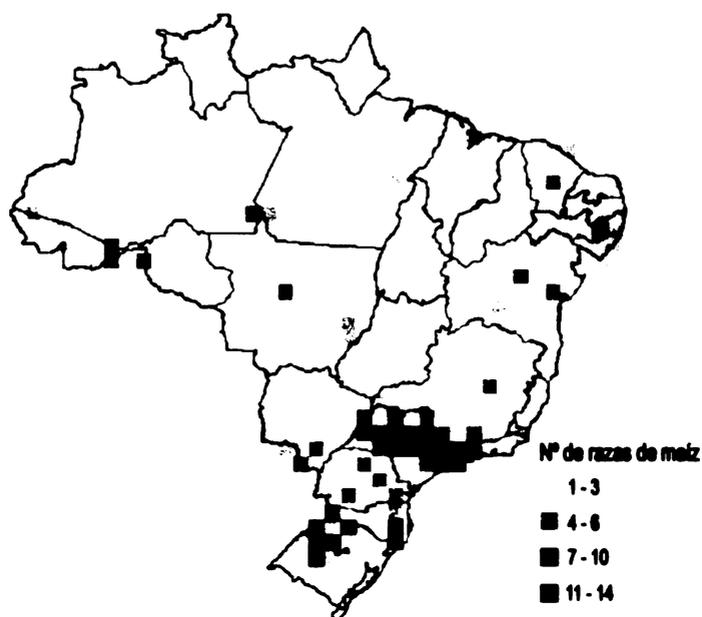


Figura 2. Riqueza de razas de Maíz de Brasil.

### 3.3 CONCLUSIONES

El punto central para el desarrollo de esta Colección Núcleo fue la identificación de un criterio de clasificación adecuado. La clasificación de los estratos de las *variedades autóctonas* utilizando los criterios región de origen y tipo de grano, propuesto por Abadie *et al.* (1997), tiene un concepto biológico fuerte, considerando los dos ejes principales de la clasificación recomendada por Brown (1989<sup>a</sup>): origen geográfico y composición genética.

Primeramente, la variación genética de poblaciones de plantas puede ser representada adecuadamente por el muestreo de las zonas con características eco geográficas diferentes (Schoen y Brown, 1991; Crossa *et al.*, 1995). De ese modo, la evolución del cultivo en las diferentes zonas es debida a los efectos de selección natural y artificial (realizada por el agricultor), logrando así adaptación específica (Hodgkin, 1997). En segundo lugar, el tipo de grano (pop, duro, harinoso y dentado) es un simple carácter morfológico asociado a diferentes etapas de evolución del cultivo

de Maíz (Brieger *et al.*, 1958) y con diferente uso de los granos. En esta región del continente, ese carácter refleja la historia de la preferencia de los agricultores, como muestra la clasificación de variedades autóctonas de Patemiani y Goodman (1977), en la cual los grupos raciales son confundidos con los diferentes tipos de grano.

La clasificación de las *variedades autóctonas* utilizada en este trabajo corresponde con la recomendada por Hodgkin *et al.* (1995), que implica utilizar una combinación de distribución geográfica y criterios morfológicos para la realización de una Colección Núcleo. Su principal ventaja es que necesita datos que normalmente se encuentran disponibles, de pasaporte y de caracterización, sin necesidad de un trabajo experimental adicional, de elevado costo. Además, fue basada en resultados experimentales, Abadie *et al.* (1997), y en el conocimiento y experiencia de los curadores y mejoradores. Esta clasificación se destaca por su simplicidad y por su fuerte base biológica.

La clasificación de los *materiales mejorados* utilizada en este trabajo, también tiene una base biológica conocida. El material mejorado del CNPMS – EMBRAPA, fue obtenido luego de 1976, año de su creación, y el germoplasma elite del CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) tiene gran influencia en su obtención. Los materiales de los otros programas de mejoramiento son relativamente más antiguos, y el germoplasma del CIMMYT tiene menos influencia sobre ellos. Por otro lado, los materiales de tipo de grano pop también están distanciados dentro del grupo mejorados, como lo están entre las variedades autóctonas.

Posteriormente a la Colección Núcleo descrita en este capítulo, EMBRAPA ha actualizado su colección base, repatriando accesiones que se encontraban en el banco de CIMMYT, y aumentado la muestra representativa para adecuar la evolución de la colección. Este trabajo inicial, ha servido como base para el desarrollo de líneas de investigación en recursos genéticos de maíz, así como antecedente para el desarrollo de Colecciones Núcleo en otras especies.





#### **4. COLECCIÓN NÚCLEO DE URUGUAY**



## **4. COLECCIÓN NÚCLEO DE URUGUAY**

*por Tabaré Abadie<sup>1</sup>; Marcos Malosseti<sup>1</sup>*

La Colección de Maíz de Uruguay consta de 852 accesiones colectadas de campos de productores por Don J. De León, durante el año 1978, en el marco de un proyecto del IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources). Esta colección ha sido reconocida 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. Se encuentra actualmente conservada en la Unidad de Recursos Genéticos de INIA La Estanzuela de Uruguay.

La idea de desarrollar un Colección Núcleo para Maíz de Uruguay fue gestada en 1995 y, por lo tanto, antecede a los trabajos de la Colección de Brasil. Sin embargo, durante las etapas iniciales los esfuerzos centrales de esta investigación se centraron en aspectos metodológicos de muestreo, y la Colección Núcleo en sí no fue designada hasta 1997. Los trabajos de diversidad y distribución geográfica fueron concluidos en 2003. Esta investigación fue realizada en su totalidad en el Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de la República, y fue financiada por Proyectos de Investigación de la Comisión Sectorial de Investigación Científica –CSIC.

### **4.1 MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **4.1.1) UNIVERSO DE MUESTREO**

Se utilizó como universo de muestreo las 852 accesiones que aparecen en el Catálogo de Recursos Genéticos de Maíz de Sudamérica - Uruguay (Fernández *et al.*, 1983). Las colectas fueron realizadas por De León, y posteriormente fueron evaluadas durante el año agrícola 1978/79 en la Facultad de Agronomía, en Montevideo. 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. En nuestro proyecto se analizaron estadísticamente 845 de las 852 accesiones de la Colección de Maíz de Uruguay debido a que 7 accesiones presentaban información incompleta.

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, UdelaR, Montevideo, Uruguay

#### 4.1.2) CLASIFICACIÓN

Once de las variables morfológicas y agronómicas fueron seleccionadas para ser incluidas en un análisis de componentes principales. Las accesiones fueron graficadas en función de los tres primeros componentes principales, agrupándolas de acuerdo al criterio de clasificación que combina tipo de grano (*Dentado, Pop, Flourey, Flint-Semiflint*) y región de origen (*región Norte y Sur* del país, utilizando como límite el Río Negro).

#### 4.1.3) TAMAÑO DE MUESTRA

El tamaño de la Colección Núcleo fue fijado en 90 accesiones (10.6% de la colección base), el cual es manejable a un costo relativamente bajo.

#### 4.1.4) ESTRATEGIA DE ASIGNACIÓN ENTRE CLASES

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 fue determinado según la estrategia logarítmica (Brown, 1989b).

#### 4.1.5) SELECCIÓN DE ACCESIONES DENTRO DE CLASES

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 Euclidiana al cuadrado, de acuerdo a lo recomendado por Crossa *et al.* (1995); ii) en el dendograma resultante se identificaron tantos subgrupos como accesiones representarán 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).

#### 4.1.6) VERIFICACIÓN DE LA COLECCIÓN NÚCLEO

Como verificación de la representatividad de la Colección Núcleo se realizó una comparación de los rangos de las variables en la Colección Núcleo con respecto 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. Se utilizó el siguiente indicador:

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

En donde:

$R_i CN$ : rango de la variable en la Colección Núcleo

$R_i CB$ : rango de la variable en la Colección Base

$t$ : Número de variables comparadas (continuas + discretas)

En segundo lugar, se realizó un análisis gráfico en base a mapas que muestran la ubicación del lugar de colecta de las accesiones en el territorio, verificando la distribución de la Colección Núcleo con respecto a la colección base.

## 4.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el criterio de clasificación tipo de grano, combi-  
nándolo con el origen geográfico –en el caso del grupo más nu-  
meroso (Flint-semiflint)– surgen los siguientes cinco grupos de  
materiales: a) Pop; b) Flourey; c) Dentados; d) Flint-Semiflint del  
Sur; y e) Flint-Semiflint del Norte.

La clasificación propuesta contiene una fuerte base biológica, ya  
que se fundamenta en aspectos de principal relevancia en el es-  
tudio 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).

Se definió como tamaño adecuado de la Colección Núcleo un to-  
tal de 90 accesiones, lo cual representa un 10,6% del tamaño de  
la colección base. El peso relativo de cada uno de los cinco gru-  
pos fue determinado de acuerdo a la estrategia logarítmica  
(Cuadro 3). De acuerdo a la metodología descrita se designa-  
ron las 90 accesiones que pasaron a integrar la Colección Núcleo  
de Maíz.

**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 accesiones a seleccionar
Dentado	90	17
Pop	23	12
Flourey	90	17
Flint -Semiflint Sur	449	24
Flint -Semiflint Norte	193	20
Total	845	90

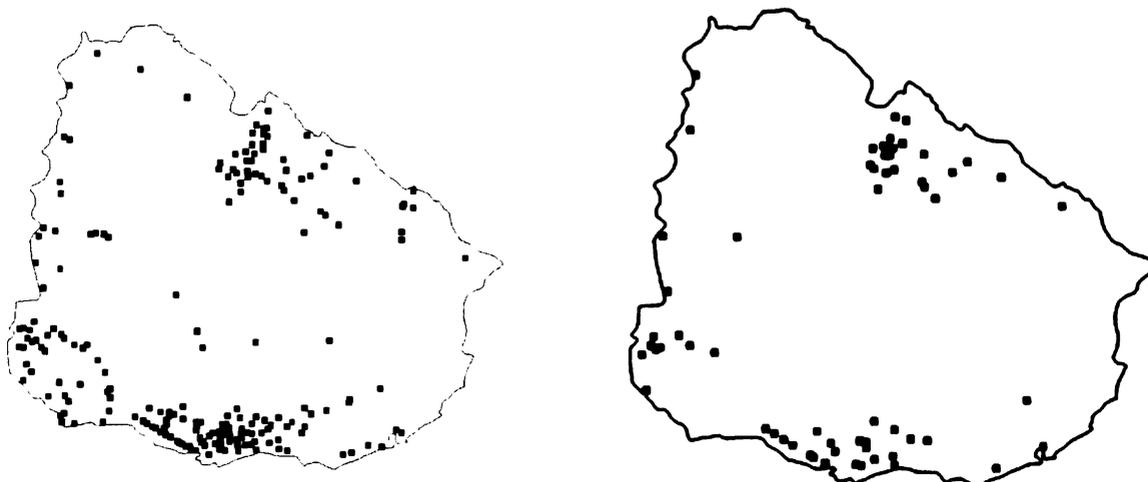
Como puede observarse en el Cuadro 4, los rangos retenidos de  
las variables variaron entre 60% y 100%, siendo inferiores al 80%  
sólo para 2 de las 17 variables. El rango medio retenido fue de un  
91.2%. Diwan *et al.* (1994), comparando diferentes estrategias  
de selección de una Colección Núcleo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

**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
n° 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
	<b>Rango medio retenido</b>		<b>91.2</b>

+ CB: Colección Base / \* CN: Colección Núcleo

En la **Figura 3** puede observarse que los materiales integrantes de la Colección Núcleo cubren satisfactoriamente la dispersión geográfica de la colección base. Asimismo, otro aspecto que merece ser destacado es la diferencia en el patrón de distribución de las accesiones 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 existencia de materiales muy cercanos geográficamente siendo estos muy similares y posiblemente existan 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.



**Figura 3. Ubicación geográfica de las accesiones que forman parte de la Colección Base (izquierda) y Núcleo (derecha) de Maíz de Uruguay.**

A pesar de ser un país de pequeño tamaño, Uruguay presenta una gran diversidad de razas de Maíz distribuidas en gran parte del territorio. (Figura 4). La CN captura la diversidad existente en las principales áreas del país en las que existe mayor diversidad racial.

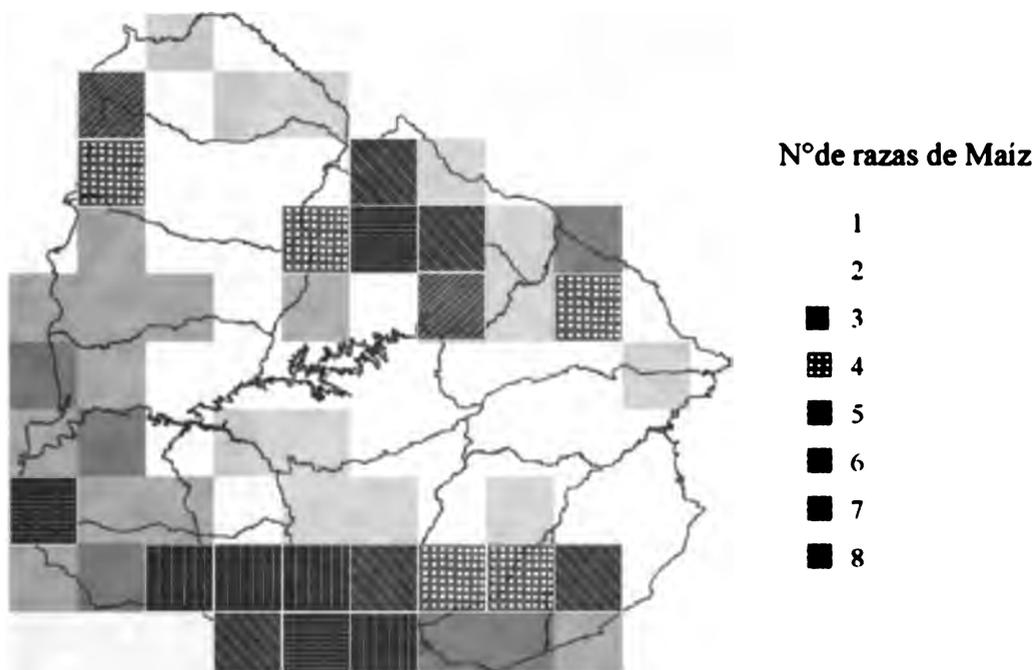


Figura 4. Riqueza de razas de Maíz en Uruguay

### 4.3. CONCLUSIONES

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.

Los paralelismos de las ideas centrales de este trabajo con los llevados adelante en Brasil son evidentes. La dialéctica entre desarrollo de hipótesis y testeo en estas dos condiciones tan diferentes (fundamentalmente en escala), permitieron robustecer la idea de que la clasificación basada en distribución geográfica y tipo de grano tiene una base biológica sólida. Estas ideas fueron luego testadas, y utilizadas para desarrollar las otras Colecciones Núcleo de la región.





## **5. COLECCIÓN NÚCLEO DE CHILE**



## **5. COLECCIÓN NÚCLEO DE CHILE**

*por Tabaré Abadie<sup>1</sup>; Angela Pezoa<sup>5</sup>; Alberto Cubillos<sup>5</sup>; Orlando Paratori<sup>5</sup>*

El Programa de Maíz de Chile de INIA mantiene una colección de 929 accesiones que fueron colectadas en campos de productores en distintos momentos (Paratori *et al.*, 1990). Entre 1981 y 1982 se efectuaron tres expediciones de recolección de germoplasma, mediante un convenio entre el INIA y el International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR-FAO), en las que se colectaron un total de 536 muestras (Paratori *et al.*, 1990; Sevilla, 1984). Posteriormente, durante los años 1984, 1985 y 1987 se incorporaron a esta colección 393 accesiones provenientes de nuevas recolecciones y material chileno recuperado de bancos de germoplasma extranjeros.

La idea de desarrollar una Colección Núcleo de Maíz en Chile comenzó a gestarse en un Curso Internacional de Recursos Genéticos llevado a cabo en Santiago en 1996. Los trabajos iniciales comenzaron en un Workshop sobre Colecciones Núcleo realizado también en Santiago en 1999. La selección final de la colección se realizó más adelante en el año 2000 en el marco de un proyecto del Subprograma Recursos Genéticos de PROCISUR. Los estudios de diversidad y distribución geográfica de las accesiones fueron realizados con posterioridad en 2003 en Montevideo y financiados por un proyecto de investigación científica de la Universidad de la República, Uruguay.

### **5.1. MATERIALES Y METODOS**

#### **5.1.1) UNIVERSO DE MUESTREO**

La base de datos utilizada fue el Catálogo de Recursos Genéticos de Maíz de Chile, el cual contiene información sobre 870 accesiones (Paratori *et al.*, 1990). En el mismo se incluyen descriptores de identificación y localización geográfica de las accesiones (datos de pasaporte) y descriptores morfológicos y agronómicos (descriptores de mazorca y grano, descriptores de planta y panoja y descriptores correspondientes a plagas y enfermedades). A su vez, los maíces chilenos han sido clasificados en 23 formas raciales diferentes.

#### **5.1.2) CLASIFICACIÓN**

La selección de la Colección Núcleo fue realizada basada en la clasificación racial. Se incluyó también el criterio de clasificación eco-geográfica debido a las importantes diferencias existentes

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, UdelaR, Montevideo, Uruguay  
<sup>5</sup> INIA, La Platina, Chile

entre las regiones. Para la región de clima desértico, se agregó a esta clasificación el criterio altitud (bandas: 0-999 m; 1000-1999 m; más de 2000 m). De esta forma, se definieron 5 regiones eco-geográficas: 1) desierto 0-999; 2) desierto 1000-1999; 3) desierto más de 2000; 4) mediterránea; y 5) marítima.

### 5.1.3) TAMAÑO DE LA MUESTRA

Se optó por un tamaño de muestra de 90 accesiones, lo que corresponde a un 10.3 % del total de la colección.

### 5.1.4) ESTRATEGIA DE ASIGNACIÓN ENTRE CLASES

El método utilizado fue el método logarítmico propuesto por Brown (1989), pero se incluyó al menos una accesión dentro de cada raza en cada región eco-geográfica.

### 5.1.5) SELECCIÓN DE ACCESIONES DENTRO DE CLASES

La selección de las accesiones que constituyen la Colección Núcleo fue realizada por el curador-mejorador del cultivo, Orlando Paratori, con la asistencia de Ángela Pezoa.

## 5.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 5 se aprecia la estructura de la Colección de Maíz de Chile según regiones eco-geográficas y tipo de grano.

**Cuadro 5. Clasificación de la Colección de Maíz de Chile según regiones eco geográficas y tipo de grano.**

Tipo de grano	Regiones				
	Desierto <1000	Desierto 1000 - 2000	Desierto >2000	Mediterránea	Marina
Pops	0	0	7	10	1
Harinosos	16	18	31	70	0
Cristalinos	34	16	1	39	44
Dentados	5	4	0	63	1
Dulces	1	0	2	0	0
Otras	8	7	11	62	3

Las razas con tipo de grano cristalino dominan la colección, superando el 60% del total de accesiones. La mayoría de las accesiones de grano cristalino se ubican en la región Mediterránea, como la mayoría de las accesiones de la colección. Los tipos de granos dulces y pops son los menos representados.

En base a los agrupamientos generados en la clasificación de la colección se seleccionaron las 90 accesiones que pasaron a componer la Colección Núcleo, de acuerdo a la estrategia de muestreo propuesta. En los Cuadros 6 y 7 se presentan las accesiones que componen la Colección Núcleo de Chile según razas y tipos de granos respectivamente.

**Cuadro 6. Número de accesiones por raza seleccionadas para integrar la colección núcleo de maíz de Chile.**

<b>Razas</b>	<b>Acc. C.N</b>	<b>Razas</b>	<b>Acc. C.N</b>
Amarillo de malleco	3	Híbrido	3
Amarillo de Nubles	3	Limeño	3
Araucano	5	Maíz de Rulo	2
Camelia	7	Maracame	1
Capio Chileno Chico	3	Morocho Amarillo	3
Capio Chileno Grande	3	Morocho Blanco	6
Choclero	5	Negrito Chileno	1
Chulpi	2	No Clasificado	7
Chutucuno	2	Ocho Coridas	5
Cristalino Chileno	4	Pisankalla	3
Curagua	4	Polullo	1
Diente de Caballo	6	Semanero	4
Harinoso Tarapaqueño	4	<b>TOTAL</b>	<b>90</b>

**Cuadro 7. Número de accesiones en la Colección Núcleo según tipo de grano.**

<b>Tipo de grano</b>	<b>N° de accesiones</b>
Cristalinos	43
Semi Cristalinos	3
Harinosos	20
Dentados	6
Dulces	2
Pops	6
Sin identificación	10
<b>Total</b>	<b>90</b>

Una forma de verificar la representatividad de la Colección Núcleo es comparar la distribución geográfica de las accesiones que la componen con la distribución de las accesiones de la colección base. En la **Figura 5** se verifica que la Colección Núcleo cubre todo el espectro geográfico de la colección base de Maíz de Chile.



**Figura 5. Ubicación geográfica de las accesiones que forman parte de la Colección Base (izquierda) y Núcleo (derecha) de Maíz de Chile.**

En la **Figura 6** se observa la distribución de razas en el territorio chileno. En la zona Mediterránea es donde se encuentra un mayor número de razas, siendo la de mayor diversidad del país.



**Figura 6. Riqueza de razas de Maíz en Chile.**

### **5.3. CONCLUSIONES**

La Colección Núcleo permitirá un mejor manejo de la colección así como también un mayor conocimiento de la misma. También será un punto clave para asegurar la conservación de estos valiosos recursos para el futuro. De esta manera, se facilitará el intercambio de germoplasma y su utilización por los mejoradores, tanto chilenos como de la región.

Para desarrollar esta colección se aplicaron los criterios utilizados en las Colecciones de Brasil y Uruguay, encontrándose claros paralelismos en las regiones de baja altitud, lo que confirmó la fuerte base biológica de los criterios de clasificación. En las regiones de mayor altitud, la clasificación racial se constituyó en un criterio adicional que fue considerado para asegurar la captura de la gran diversidad existente en esas condiciones.





## **6. COLECCIÓN NÚCLEO DE BOLIVIA**



## 6. COLECCIÓN NÚCLEO DE BOLIVIA

por Lorena Guzmán<sup>6</sup>; Gonzalo Sevilla<sup>6</sup>; Tabaré Abadle<sup>1</sup>

Bolivia cuenta con una gran variabilidad genética para el cultivo de maíz. En cinco expediciones dirigidas por el Centro de Investigaciones Fitogenéticas de Pairumani (CIFP) y el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA), se colectaron 1517 muestras de maíz, que cubrieron prácticamente toda el área maicera del país (Sevilla, 1984). En 1995 se firmó un convenio de cooperación entre el Fondo Nacional para el Medioambiente (FONAMA) y la Fundación Universitaria Simón I. Patiño, mediante el cual, ambas entidades financiaron la recolección de variedades criollas cultivadas. También se promovió la mejora en la conservación de los recursos genéticos mantenidos por el Banco de Germoplasma del CIFP y la edición de catálogos (Ávila *et al.*, 1998).

La colección boliviana está actualmente compuesta por 1478 accesiones (Guzmán, 1992) y está conservada en el Instituto Pairumani, Cochabamba, Bolivia. La misma está conformada tanto por variedades de razas nativas como introducidas, recolectadas en territorio nacional en altitudes que van desde los 200 a los 3800 metros sobre el nivel del mar, y en una variedad de ambientes que incluyen llanos tropicales húmedos, llanos tropicales subhúmedos, valles templados, llanos tropicales secos, las vertientes orientales de los Andes (Yungas), de La Paz y Cochabamba, y los valles altos vecinos al Lago Titicaca.

Los maíces bolivianos han sido clasificados en 45 razas, cada una con variantes llamadas variedades, y agrupados en 7 complejos raciales que se pueden definir como conjuntos de razas con adaptación a ambientes más grandes y con características morfológicas y fisiológicas comunes (Ávila *et al.*, 1998). Los complejos raciales son: i) *Pisanckalla*; ii) *Alto Andino*; iii) *Harinoso del Valle*; iv) *Morocho*; v) *Amazónico*; vi) *Perla*; y vii) *Cordillera*.

### 6.1. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 6.1.1) UNIVERSO DE MUESTREO

La base de datos utilizada fue el Catálogo de Recursos Genéticos de Maíces Bolivianos, que está conformado por 1478 accesiones (Ávila *et al.*, 1998). En el mismo, se incluye información sobre la identificación y localización geográfica de las accesiones (datos de pasaporte), y una serie de descriptores morfológicos y agronómicos, tales como descriptores de mazorca y grano, de planta y panoja y correspondientes a plagas y enfermedades. De particular importancia a los efectos de este estudio resultan los

1 Facultad de Agronomía, UdelaR, Montevideo, Uruguay  
6 Centro de Investigaciones Fitogenéticas de Pairumani (CIFP), Cochabamba, Bolivia

descriptores de mazorca y grano, entre los que se encuentran las variables discretas de grano: textura, forma, color del perisperma, color de la aleurona, color del endosperma y color del marlo. Además se encuentra una clasificación racial de las accesiones.

### 6.1.2) CLASIFICACIÓN

La estratificación se realizó en función de los criterios:

a) **Zonas eco-geográficas** (Región Amazónica; Región Brasileño-Paranaense; Región Chaqueña y Región Andina) (**Figura 7**)



**Figura 7. Mapa de zonas eco geográficas de Bolivia: Amazónica, Brasileño-Paranaense, Chaqueña y Andina.**

b) **complejos raciales** (Reventador, Alto Andino, Harinoso del Valle, Morocho, Perla, Amazónico, Cordillera e Introducido). Para estudiar la distribución geográfica de las accesiones, se utilizaron Sistemas de Información Geográfica –SIG, basados en programas de hojas electrónicas.

### 6.1.3) TAMAÑO DE LA MUESTRA

Se optó por un tamaño de muestra de 98 accesiones, lo que corresponde a un 7% del total de la colección. Este tamaño es adecuado de acuerdo con los recursos existentes para la conservación, regeneración y caracterización de la Colección Núcleo de Maíz de Bolivia.

### 6.1.4) ESTRATEGIA DE ASIGNACIÓN ENTRE CLASES

El método utilizado fue el método logarítmico propuesto por Brown (1989).

### 6.1.5) SELECCIÓN DE ACCESIONES DENTRO DE CLASES

Se realizó la selección de accesiones para componer la colección núcleo basándose en el conocimiento y experiencia de los investigadores locales Lorena Guzmán y Gonzalo Ávila.

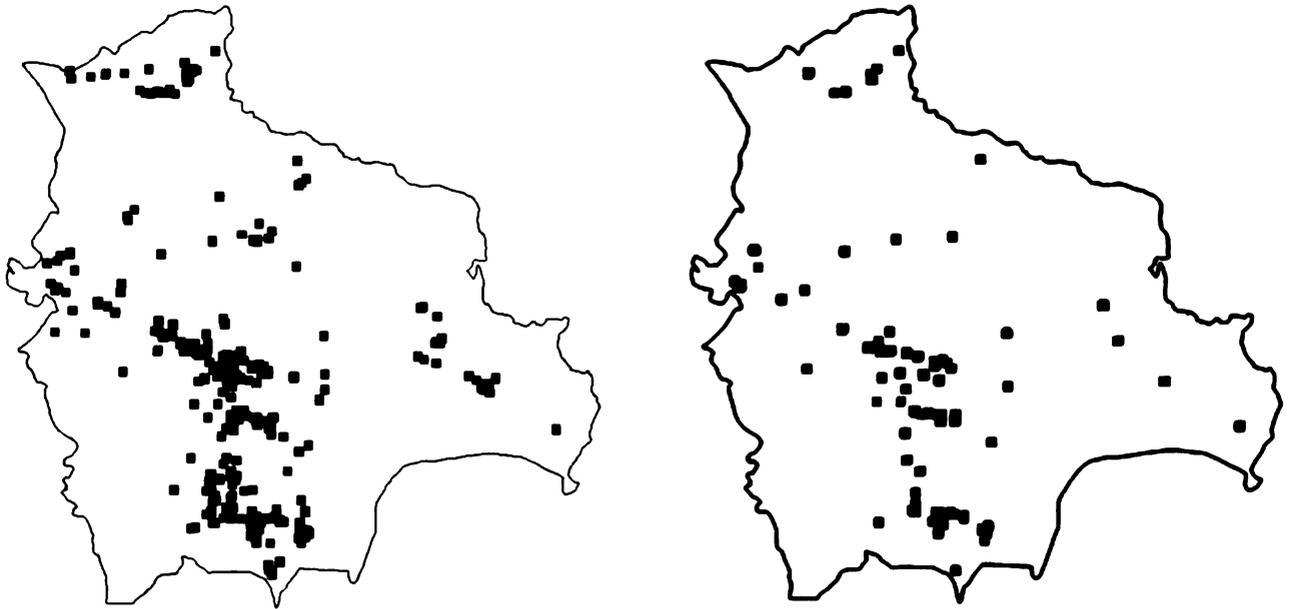
## 6.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante la combinación de las zonas eco-geográficas y los complejos raciales se obtuvieron 32 grupos. En el **Cuadro 8** se muestran las accesiones discriminadas por Grupo Racial que conforman la Colección Núcleo generada de acuerdo a los criterios de muestreo establecidos.

**Cuadro 8. Número de accesiones presentes en la Colección Núcleo discriminadas por complejo racial.**

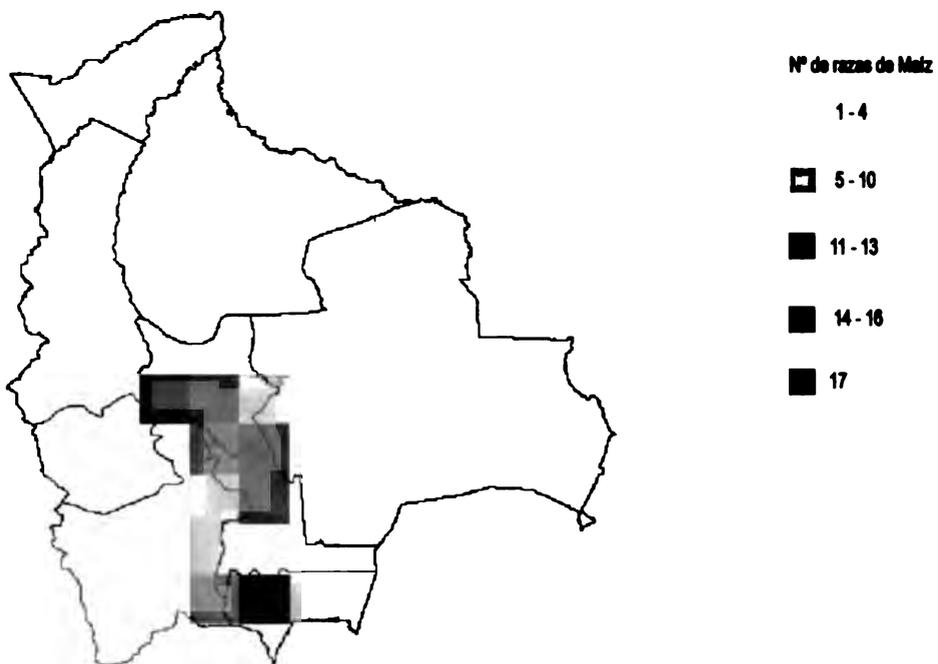
Complejo Racial	Nº de accesiones en la CN
Reventador	6
Alto Andino	11
Harinoso del Valle	34
Morocho	14
Perla	11
Amazónico	14
Grupo Cordillera	4
Grupo Int roducido	4

En la **Figura 8** se observa la distribución de las accesiones de la colección base en el territorio boliviano, así como las accesiones de la colección núcleo seleccionada. A partir de estos mapas se puede concluir que las accesiones que forman parte de la colección núcleo son representativas de las distintas regiones de Bolivia, ya que se encuentran ampliamente distribuidas en el territorio del país.



**Figura 8. Ubicación geográfica de las accesiones que forman parte de la Colección Base (izquierda) y Núcleo (derecha) de Maíz de Bolivia.**

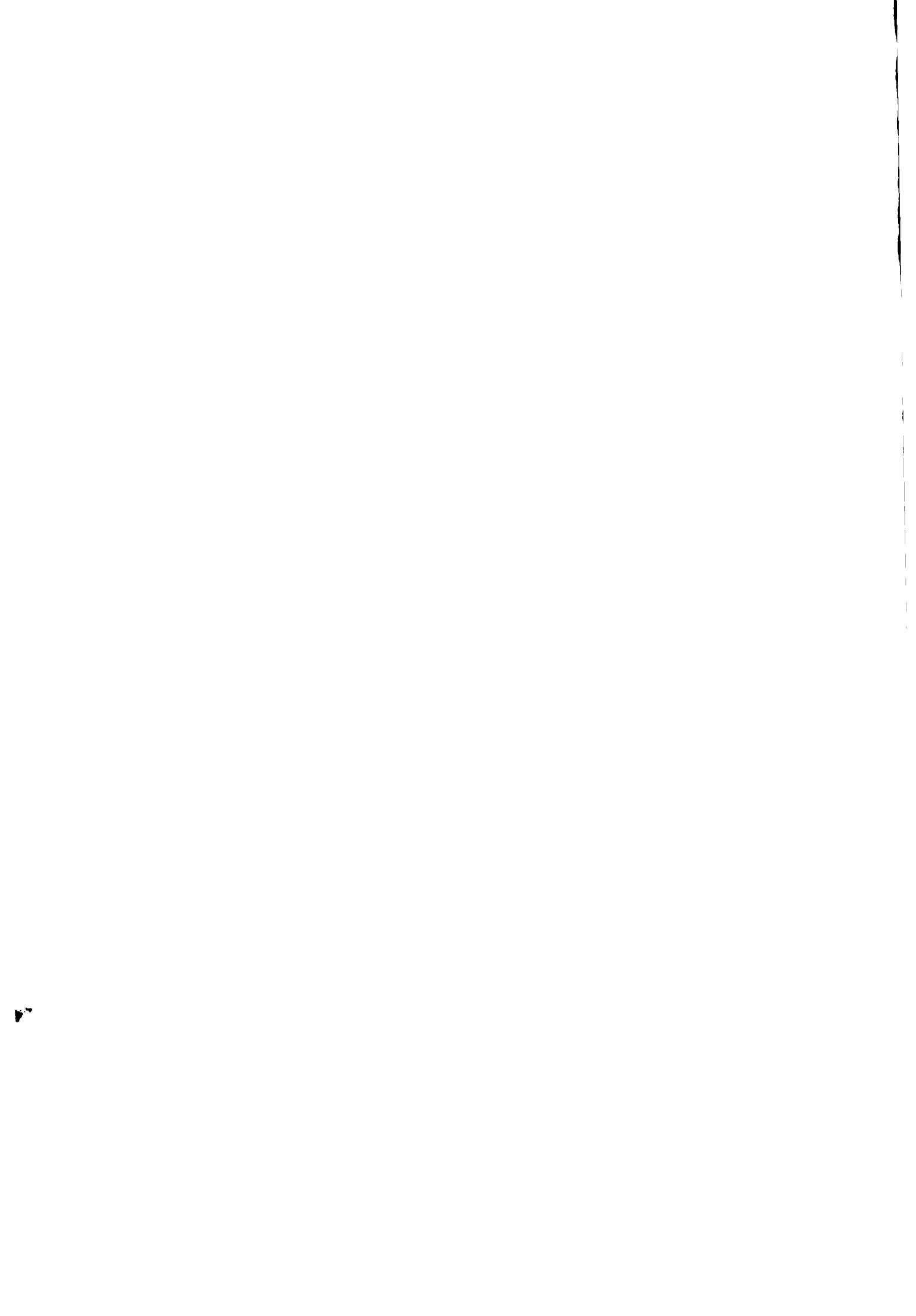
En la **Figura 9** se aprecia la elevada cantidad de razas de maíz presentes en Bolivia, debido a la gran diversidad generada a lo largo de los siglos por los agricultores indígenas.



**Figura 9. Riqueza de razas de maíz en Bolivia**

## 6.3 CONCLUSIONES

Con este producto se espera lograr un mayor conocimiento de la colección de maíz boliviano, así como una reducción en los costos de mantenimiento por contarse ahora con un núcleo que es prioritario para la regeneración e intercambio. Esto contribuye a aumentar el valor agregado de la colección en su conjunto. La Colección Núcleo de Maíz de Bolivia fue designada en el marco de un proyecto de Investigación del Subprograma Recursos Genéticos de PROCISUR llevado a cabo en Cochabamba a fines de 2002.





## **7. COLECCIÓN NÚCLEO DE ARGENTINA**



# 7. COLECCIÓN NÚCLEO DE ARGENTINA

por **María José Hourquescos<sup>7</sup>**;  
**Marcelo Ferrer<sup>7</sup>**; **Ramiro Suarez<sup>1</sup>**;  
**Mariana Villaró<sup>1</sup>**; **Tabaré Abadle<sup>1</sup>**

La colección de maíz de Argentina consta de 2365 accesiones colectadas en 20 provincias, desde el norte del país hasta el paralelo 33° S. Debido a la gran cantidad de accesiones presentes, a la variabilidad de razas y a la dificultad que ello acarrea para la evaluación de las mismas, se propuso la designación de una Colección Núcleo.

## 7.1. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1.1) UNIVERSO DE MUESTREO

Para designar la Colección Núcleo de Maíz de Argentina, se utilizó como base de datos el Catálogo de Germoplasma de Maíz de Argentina (Solari *et al.*, 1997). Se tomaron en cuenta 2111 accesiones de las 2365 de la Colección total. Se descartaron las accesiones sin datos y la totalidad de las accesiones de la colecta realizada en el año 1994, ya que no están publicadas en el catálogo los datos de pasaporte y tampoco los de caracterización.

### 7.1.2) CLASIFICACIÓN

Previo a la designación de la Colección Núcleo es importante clasificar la Colección Base para ordenar la variabilidad, tratando de minimizar la variación dentro de grupos y maximizarla entre grupos. En este caso, se utilizaron dos criterios: el criterio geográfico y la textura de grano. Se dividió el país en 6 regiones, cada región abarca varias Provincias Argentinas (**Cuadro 9**), que cumplen a grandes rasgos, con características agro-climáticas similares (**Figura 10**).

**Cuadro 9. Clasificación de Argentina según zonas agro-climáticas similares.**

ZONA	PROVINCIAS
PAMPEANA	Santa Fe, Córdoba, La Pampa, Buenos Aires
MESOPOTAMIA	Entre Ríos, Corrientes, Misiones
NORESTE	Chaco, Formosa
NOROESTE	Salta, Catamarca, Jujuy, Tucumán, Sgo del Estero
CUYO	San Luis, San Juan y Mendoza
PATAGONIA	Río Negro, Chubut, Santa Cruz

1 Facultad de Agronomía, UdelaR,  
Montevideo, Uruguay  
7 INTA Pergamino, Argentina



**Figura 10. Mapa de zonas eco-geográficas de Argentina**

Posteriormente se realizó la clasificación por textura de grano de las diferentes razas de Maíz existentes en Argentina, formando 6 grupos: dulce (S); harinoso (H); dentados (D); cristalinos (C); reventadores (P); y miscelánea (M) (**Cuadro 10**).

**Cuadro 10. Clasificación de razas según tipo de grano.**

GRUPO	RAZAS
DULCE (S)	Dulce, Chulpi.
HARINOSO (H)	Avati morotí, Avatí morotí ti, Avati morotí mitá, Culli, Azul, Cuzco, Capia blanco, Capia rosado, Capia variegado, Capia garrapata, Amarillo de 8,
DENTADO (D)	Dentado amarillo, Dentado amarillo marlo fino, Dentado blanco, Dentado blanco rugoso, Cravo, Negro, Tusón, Blanco 8 hileras, Chaucha blanco, Amargo.
CRISTALINO (C)	Morochito, Canario de Formosa, Cristalino colorado, Cristalino amarillo anaranjado, Camelia, Cateto oscuro, Cristalino amarillo, Amarillo 8 hileras, Calchaquí, Cristalino blanco.
REVENTADOR (P)	Perla, Colita, Socorro, Pisingallo, Avatí pichingá, Perlita.
MISCELANEA(M)	Altiplano, Pericarpio rojo, Venezolano, Complejo tropical, No clasificable.

### **7.1.3) TAMAÑO DE MUESTRA**

Se seleccionaron 191 accesiones para conformar la Colección Núcleo, 9.1 % de la colección base. Para completar el 10%, en un futuro cercano, una vez evaluada y caracterizada la colección núcleo, se van a agregar accesiones de interés para curadores y mejoradores de Argentina. Esta selección ha sido revisada por el curador del Banco Activo de germoplasma de Pergamino: Ing. Marcelo Ferrer, como así también por el Ing. Lucio R. Solari quien fue la persona que realizó las colectas de los materiales.

### **7.1.4) ESTRATEGIA DE ASIGNACIÓN ENTRE CLASES**

Una vez clasificada la colección base y definido el tamaño de la Colección Núcleo, se asignó el peso relativo de cada uno de los grupos mediante la estrategia logarítmica.

### **7.1.5) SELECCIÓN DE ACCESIONES DENTRO DE CLASES**

Se seleccionó al menos una accesión al azar por raza dentro de cada región. En aquellos grupos donde el número de accesiones era insuficiente para dejar representadas todas las provincias (divisiones políticas), se agregaron accesiones tomadas al azar procedentes de dichas provincias. Esto último se hizo en el entendido que de esta forma se asegura una mejor cobertura de la región. Se utilizó el programa DIVA-GIS (Hijmans *et al.*, 2001) para maximizar la dispersión geográfica de las accesiones que forman parte de la colección núcleo. También se incluyeron poblaciones que debían de estar representadas por haber sido detectadas en evaluaciones previas como de interés por diferentes caracteres (resistencia a enfermedades, características deseables de calidad, entre otras).

### **7.1.6) VERIFICACIÓN DE LA COLECCIÓN NÚCLEO**

Se verificó la representatividad de la Colección Núcleo obtenida, mediante la comparación de los índices de Shannon y Weaver (1963) de la colección base y la Colección Núcleo de las diferentes zonas. También mediante la comparación de la distribución geográfica de las accesiones en la colección base y la Colección Núcleo.

## **7.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Al combinar ambos criterios de clasificación se obtuvieron 36 grupos, cada uno representa las accesiones de una zona agroclimática con una textura de grano específica (**Cuadro 11**).

**Cuadro 11. Clasificación de la colección base de maíz de Argentina según regiones ecológicas y tipo de grano**

	C	D	H	M	P	S	Total general
<b>Pampeana</b>	241	64	2	21	19	9	<b>356</b>
<b>Mesopotamia</b>	40	87	66	24	61	—	<b>278</b>
<b>Noroeste</b>	71	36	69	37	38	1	<b>252</b>
<b>Noreste</b>	77	152	164	247	111	6	<b>757</b>
<b>Cuyo</b>	114	101	1	99	40	3	<b>358</b>
<b>Patagonia</b>	54	23	1	10	8	14	<b>110</b>
<b>Total general</b>	<b>597</b>	<b>463</b>	<b>303</b>	<b>438</b>	<b>277</b>	<b>33</b>	<b>2111</b>

C-Cristalinos, D-Dentados, H-Harinosos, M-Misceláneos, P-Reventadores, S-Dulces

La zona con mayor número de accesiones es la Noreste y los tipos de grano más importantes de la colección son los Cristalinos y Dentados. En esta colección, la agrupación con tipo de grano Misceláneo es muy grande, sobre todo en la zona Noreste. Es un grupo interesante, que en un futuro hay que caracterizar dado su gran tamaño y variabilidad. El tipo de grano Dulce es el más pequeño de la Colección. El grupo de textura Dulce de la zona Mesopotámica no tiene accesiones, también existen tres grupos con tan solo una, que son los Harinosos del Cuyo y la Patagonia, y los Dulces de la zona Noroeste. El grupo más grande es el Cristalino de la zona Pampeana, seguido del Misceláneo de la zona Noreste.

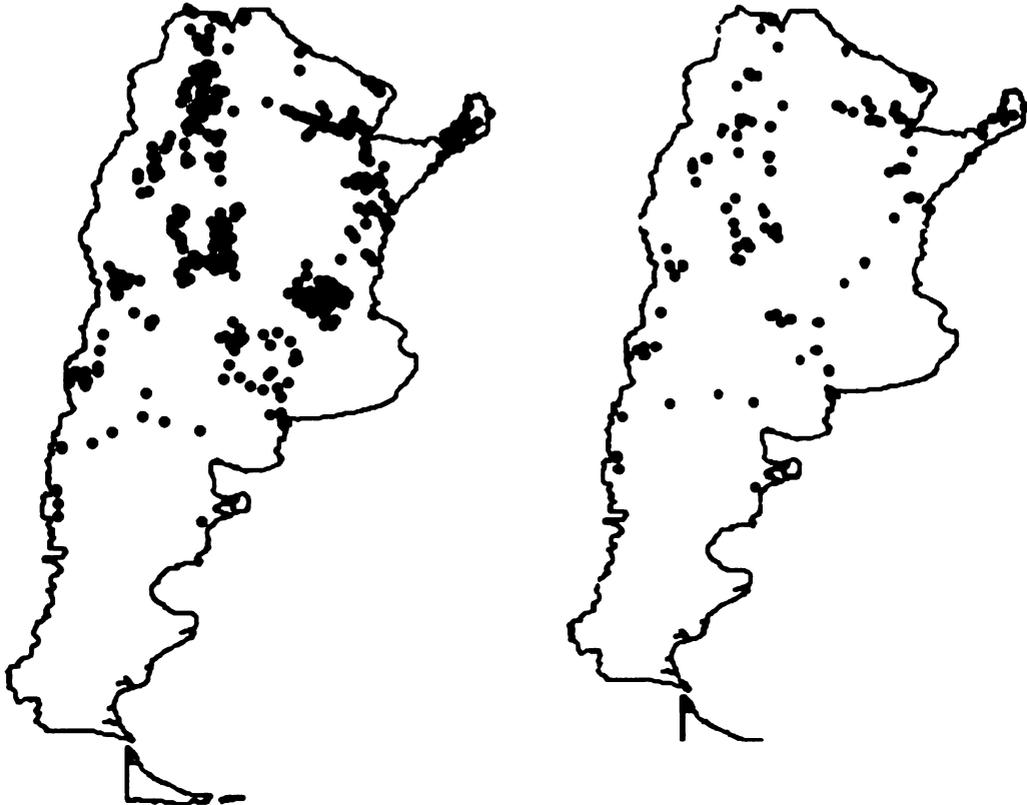
Para asignar las 191 accesiones a los grupos formados en la clasificación, la estrategia logarítmica (comparándola con la estrategia proporcional al tamaño de los grupos) sub-representa a los grupos con un número elevado de accesiones, mientras que sobre-representa a los de menor tamaño (**Cuadro 12**).

**Cuadro 12. Número de accesiones por grupo que forman parte de la Colección Núcleo de Maíz de Argentina asignados por la estrategia logarítmica. El porcentaje de accesiones de cada grupo que compone la CN se presenta entre paréntesis.**

Zona	Tipo de grano					
	C	D	H	M	P	S
<b>Pampeana</b>	8 (3)	6 (9)	1 (50)	4 (19)	4 (21)	3 (33)
<b>Mesopotamia</b>	5 (13)	6 (7)	6 (9)	5 (21)	6 (10)	—
<b>Noroeste</b>	6 (8)	5 (14)	6 (9)	5 (14)	5 (13)	1 (100)
<b>Noreste</b>	6 (8)	7 (5)	7 (4)	8 (3)	7 (6)	3 (50)
<b>Cuyo</b>	7 (6)	7 (7)	1 (100)	7 (7)	5 (13)	2 (67)
<b>Patagonia</b>	6 (11)	5 (22)	1 (100)	3 (30)	3 (38)	4 (29)

C-Cristalinos, D-Dentados, H-Harinosos, M-Misceláneos, P-Reventadores, S-Dulces

La selección de accesiones se realizó de acuerdo con los criterios establecidos, obteniéndose la Colección Núcleo de Maíz de Argentina. En la **Figura 11**, se observa la distribución de las accesiones en la Colección Núcleo y en la colección base. La Colección Núcleo cubre adecuadamente la distribución geográfica de la colección base.



**Figura 11.** Mapa de distribución geográfica de las accesiones de la colección base (izquierda) y la Colección Núcleo (derecha).

Los Índices de Shannon de la Colección Núcleo fueron superiores a los de la colección base en todas las regiones, exceptuando la zona Noreste. Esto refleja que se mantiene la variabilidad de la colección base en la Colección Núcleo establecida (**Cuadro 13**).

**Cuadro 13.** Índice de Shannon según zona para la colección base y la Colección Núcleo.

Región	I. S hannon CB	I. Shannon CN
Pampeana	0.472	0.519
Mesopotamia	0.468	0.612
Noroeste	0.442	0.555
Noreste	0.931	0.727
Cuyo	0.535	0.555
Patagonia	0.226	0.428

La cantidad de razas de Maíz de la Colección de Argentina es muy elevada (**Figura 12**), demostrando la gran variabilidad de la misma, y por tanto, su enorme potencial de recursos genéticos para el mejoramiento.

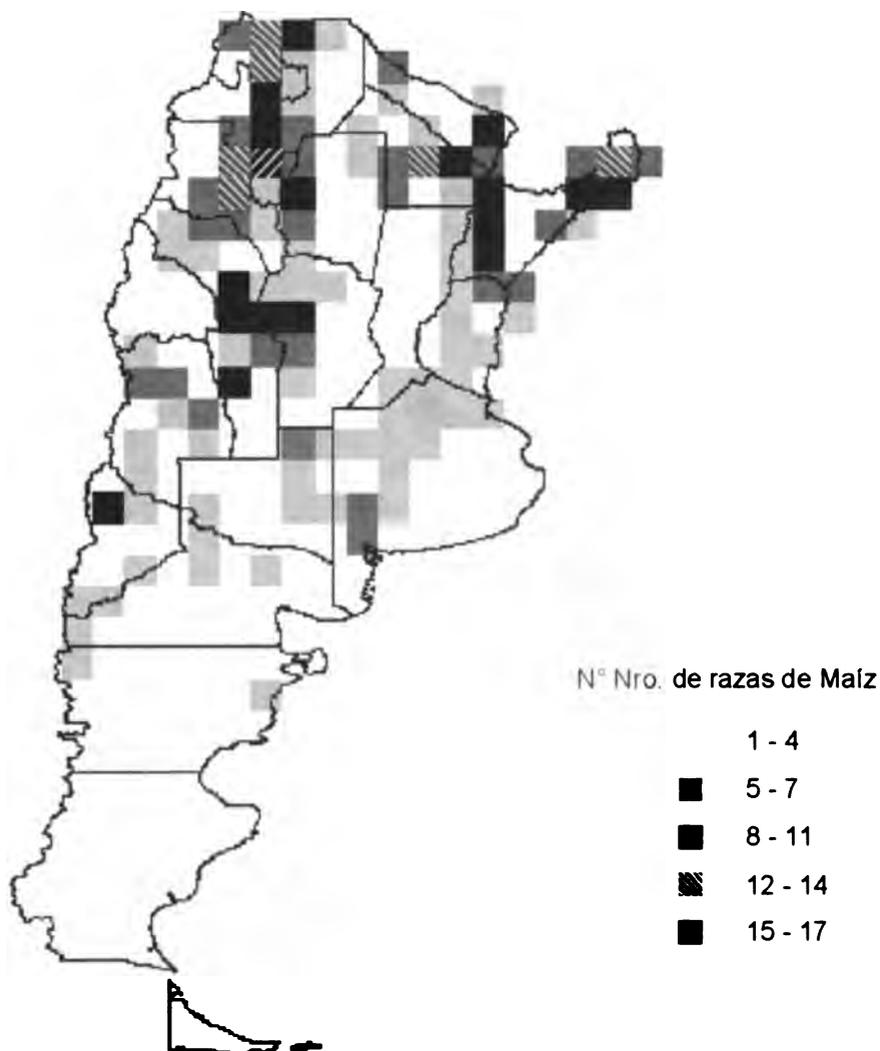


Figura 12. Riqueza de razas de maíz en Argentina.

## 7.3 CONCLUSIONES

Debido al gran tamaño de la colección base de Argentina, la designación de una primera colección núcleo ha sido un importante avance. Un menor número de accesiones facilita la evaluación y caracterización preliminar por características agronómicas, de calidad o sanitarias. Sin embargo, esta ha sido una primera aproximación ya que habría que revisar entradas duplicadas o aquellas que ya han sido selectas en otras evaluaciones, ya sea por su resistencia a enfermedades, por su buena aptitud combinatoria o por características de calidad de endosperma.

Actualmente, el banco de Argentina se encuentra realizando una evaluación sistemática de las características agronómicas y de calidad de todas las accesiones de la colección base. Estos estudios permitirán comparar los rangos de variabilidad retenidos en la colección núcleo con respecto a la variabilidad total existente para esas variables en la colección base.

Esta colección fue designada en un Taller organizado en el ámbito de la REGENSUR, Red de Recursos Genéticos de PROCISUR, que tuvo lugar en Montevideo en 2003.







## **8. COLECCIÓN NÚCLEO DE PARAGUAY**



## 8. COLECCIÓN NÚCLEO DE PARAGUAY

*por Orlando J. Noldin<sup>2</sup>; Mariana Vilaró<sup>1</sup>;  
Ramiro Suarez<sup>1</sup>; Tabaré Abadie<sup>1</sup>*

No hay dudas que el maíz es uno de los cultivos más importantes en el Paraguay, que ha estado y sigue estando muy ligado a la alimentación y a las ceremonias rituales de los pueblos nativos del país, conocidos como Guaraní (Salhuana y Machado, 1999). Es por esto que su conservación es fundamental para mantener las características propias de esas culturas, como también, aprovechar los caracteres genéticos que podrían ser importantes para la investigación y el desarrollo de nuevas variedades.

La colección de maíz nativo de Paraguay se conserva en el Banco de Germoplasma del Centro Regional de Investigación Agrícola (CRIA), dependiente del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Algunas accesiones, que en su momento se contaba con buena cantidad de semillas viables, fueron duplicadas por seguridad en los Bancos de Germoplasma del CIMMYT (México) y NCGRP (EEUU).

**Como se observa en el Cuadro 14, de las 583 accesiones conservadas en el Banco de Germoplasma del CRIA, 478 corresponden a la colecta realizada en el año 1998, financiada por el USDA-ARS. Las restantes 105 corresponden a las colectas realizadas entre los años 1940 y 1987, las cuales fueron financiadas por la Fundación Rockefeller y el LAMP.**

Las principales dificultades para el manejo de las accesiones en nuestras instituciones, son la amplia variabilidad genética existente y la poca disponibilidad para los mejoradores e investigadores, debido a la ausencia de un curador dedicado específicamente a explorar y dar utilidad a las mismas, como así también, a los cada vez mas reducidos recursos económicos y humanos que obliga a una utilización más eficiente de estos materiales genéticos. Para disponer de estos germoplasmas en los programas de mejoramiento, se ha propuesto desarrollar una Colección Núcleo.

1 Facultad de Agronomía, UdelaR,  
Montevideo, Uruguay  
2 Programa de Investigación Maíz,  
Sorgo y Girasol. CRIA/MAG,  
Capitán Miranda, Paraguay

**Cuadro 14. Número de accesiones del último inventario de semillas conservadas en el Banco de Germoplasma del CRIA de la Colección de Maíz de Paraguay.**

Razas	Colección 1998	Colección 1940-1987	Total
Avati Guapy	2	1	3
Avati Mitá	12	6	18
Avati Morotí	164	38	202
Avati Tí	17	5	22
Pichinga Aristado	32	—	32
Pichinga Redondo	39	—	39
Sape Morotí	7	2	9
Sape Pytá	105	19	124
Tupi Morotí	52	15	67
Tupi Pytá	37	14	51
Mejorado	11	—	11
Otros	—	5	5
<b>Total general</b>	<b>478</b>	<b>105</b>	<b>583</b>

## 8.1. MATERIALES Y MÉTODOS

### 8.1.1) UNIVERSO DE MUESTREO

Para la designación de la Colección Núcleo de Maíz de Paraguay se utilizaron 467 accesiones, de las 478 colectadas en 1998 (**Cuadro 15**), debido que las mismas contaban con todos los datos de pasaporte y mayor confianza de germinación de las semillas. También fueron descartadas las accesiones denominadas mejoradas, que corresponden a variedades e híbridos.

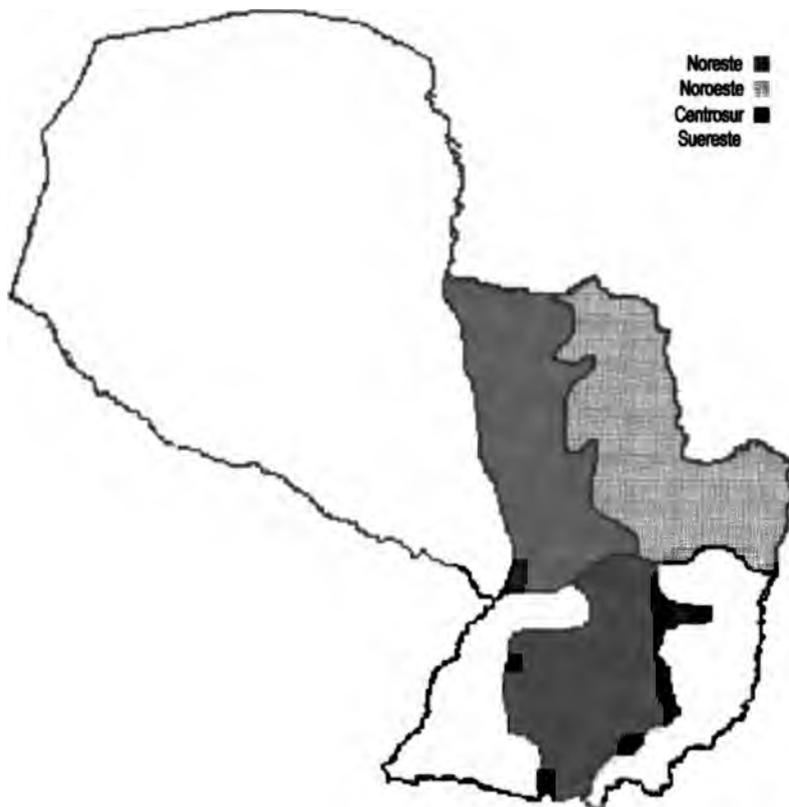
**Cuadro 15. Número de accesiones de la Colección de Maíz de Paraguay según raza utilizadas para la designación de la Colección Núcleo.**

Clasificación racial	Nº accesiones
Avati Guapy	2
Avati Mitá	12
Avati Morotí	164
Avati Tí	17
Pichinga Aristado	32
Pichinga Redondo	39
Sape Morotí	7
Sape Pytá	105
Tupi Morotí	52
Tupi Pytá	37
<b>Total general</b>	<b>467</b>

### 8.1.2) CLASIFICACIÓN

Las accesiones fueron clasificadas agrupándolas de acuerdo a los dos criterios que han funcionado mejor en la estratificación de las colecciones de Maíz de la región, el origen geográfico combinado con caracteres morfológicos (textura de grano) (Abadie et al., 1999; Malosetti y Abadie, 2001; Abadie et al., 2001).

a) **Zonas eco-geográficas:** para diferenciarlas o agruparlas se tuvo en cuenta las características en cuanto a suelo y clima se refiere, entre los Departamentos que componen cada zona en la Región Oriental del país, donde se encuentra alrededor del 99% de la superficie cultivada de maíz (Salhuana y Machado, 1999). Conforme al estudio geográfico de la Región Oriental, el maíz se distribuye en cuatro de las siete zonas ecológicas que conforman dicha Región: norte, centro este, este y sur (Álvarez et al., 1991). Para el desarrollo de la Colección Núcleo la clasificación de las zonas ecológicas se modificó con respecto a lo expresado por Álvarez, evitando un número alto de zonas y teniendo en cuenta, también, el tipo de agricultores y comunidades donde fueron colectados los maíces nativos. Fueron establecidas cuatro zonas: noreste, noroeste, centro sur y sureste (**Figura 13**). La zona noreste incluía los Departamentos de Concepción y San Pedro; la noroeste Amambay y Canindeyú; la centro sur Caaguazú, Caazapá, Guairá, Misiones y Paraguari; mientras que la zona sureste Alto Paraná e Itapúa.



**Figura 13. Mapa de zonas eco-geográficas de la Región Oriental del Paraguay: Noreste, Noroeste, Centrosur, y Sureste.**

a) **Textura de grano:** para este criterio se tuvo en cuenta la dureza y el uso que le dan los agricultores al grano de maíz en la finca. Fueron contemplados cuatro tipos de textura: amiláceo, cristalino, dentado y reventón. Las 10 razas nativas colectadas en 1998 en el Paraguay fueron incluidas en la selección, las mismas fueron el Avatí Guapy, Avatí Mitá, Avatí Morotí, Avatí Tí, Pichinga Aristado, Pichinga Redondo, Sapé Morotí, Sapé Pytá, Tupí Morotí y Tupí Pytá (**Cuadro 16**).

**Cuadro 16.** Razas de la Colección de Maíz de Paraguay según textura de grano.

Amiláceo	Cristalino	Dentado	Reventón
Avati Guapy	Tupi Morotí	Sape Morotí	Pichinga Aristado
Avati Mitá	Tupi Pytá	Sape Pytá	Pichinga Redondo
Avati Morotí	---	---	---
Avati Tí	---	---	---

Solo fueron seleccionadas las accesiones consideradas típicas de cada raza, descartándose las que presentaban ciertas características impropias en las mazorcas y alta contaminación de granos, como así también, fueron incluidas en la Colección Núcleo solo las accesiones que tienen duplicados de seguridad en el CIMMYT y/o NSSL, para evitar seleccionar accesiones cuyas semillas ya no son viables, ya que se fueron perdiendo debido a la mala infraestructura que existía anteriormente para su conservación. Se utilizó el programa de DIVA-GIS (Hijmans et al., 2001) para maximizar la dispersión geográfica de las accesiones que forman parte de la Colección Núcleo.

### 8.1.3) TAMAÑO DE MUESTRA

El tamaño de muestra seleccionado fue de 48 accesiones, 10.3% de la Colección Base. Este es un tamaño adecuado para ser conservado, regenerado y utilizado en posteriores caracterizaciones de la colección, así como también en la búsqueda de caracteres de interés.

### 8.1.4) ESTRATEGIA DE ASIGNACIÓN ENTRE CLASES

El peso relativo de cada uno de los grupos de la colección núcleo fue determinado según la estrategia logarítmica. Al no contar con más datos de caracterización de la colección, no fue posible utilizar estrategias de asignación más sofisticadas.

### 8.1.5) SELECCIÓN DE ACCESIONES DENTRO DE CLASES

La selección de las accesiones que constituyen la Colección Núcleo fue realizada en base a cuatro criterios: a) que las accesiones sean típicas de cada raza; b) que se encuentren bien dispersas dentro de cada zona para evitar seleccionar accesiones que puedan tener características genéticas similares; c) si la estrategia logarítmica asigna un número menor de accesiones que de razas presentes en la zona, se incluyeron todas las razas para

mantener la variación genética de la misma; y d) que se encuentren duplicadas por lo menos en uno de los Bancos de Germoplasma del CIMMYT o NCGRP, dado que las semillas conservadas en el Banco de Germoplasma del CRIA por lo general son inviables.

### 8.1.6) VERIFICACIÓN DE LA COLECCIÓN NÚCLEO

La verificación de la representatividad de la Colección Núcleo fue realizada mediante la comparación de la diversidad fenotípica de la colección base y la Colección Núcleo, que fue estimada a través del Índice de Shannon y Weaver (1963), así como también por la comparación de la distribución geográfica de las accesiones de la colección base y de la Colección Núcleo.

## 8.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar la clasificación mediante la combinación del criterio geográfico y tipo de grano, se lograron 16 grupos (**Cuadro 17**). Los grupos de mayor número de accesiones son los de tipo de grano amiláceo en todas las zonas eco-geográficas. La categoría reventón es la de menor importancia en todas las zonas, menos en la Noroeste, donde los dentados son los menos representados.

**Cuadro 17.** Grupos generados en la Colección de Maíz de Paraguay según textura de grano y zonas eco-geográficas.

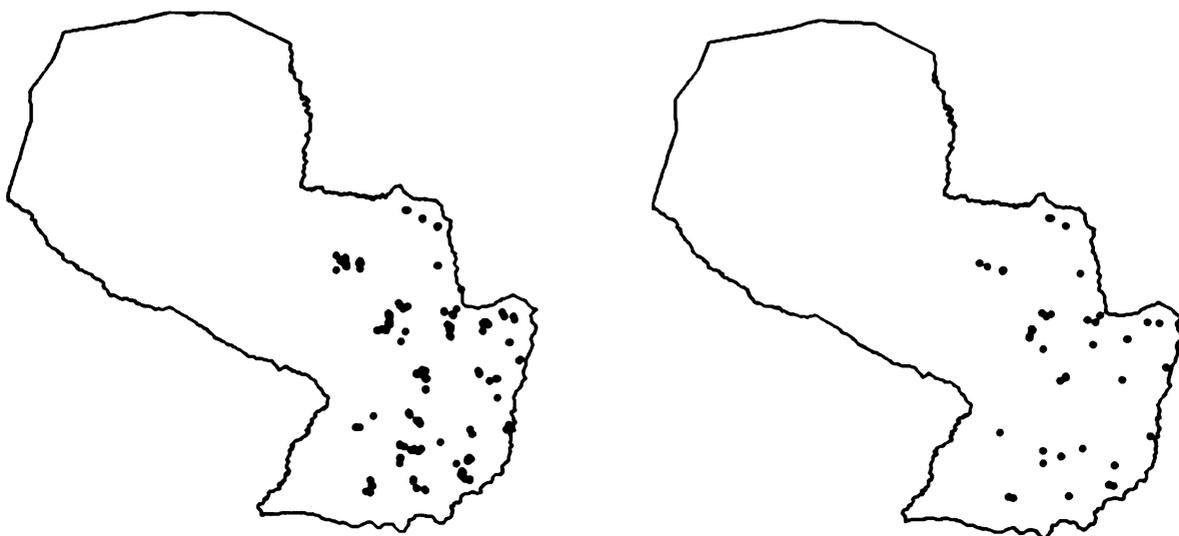
Zona	Amiláceo	Cristalino	Dentado	Reventón	Total general
Noroeste	52	31	21	22	126
Centrosur	57	31	33	18	139
Noreste	48	13	26	14	101
Sureste	37	15	32	17	101
<b>Total general</b>	<b>194</b>	<b>90</b>	<b>112</b>	<b>71</b>	<b>467</b>

La asignación de las 48 accesiones para formar la Colección Núcleo mediante la estrategia logarítmica (al compararla con la estrategia proporcional al tamaño de grupos) genera una sobre-representación de los grupos pequeños y una sub-representación de los grupos grandes (**Cuadro 18**).

**Cuadro 18.** Asignación de entradas por grupo en la Colección Núcleo utilizando la estrategia logarítmica. Porcentaje del total del grupo en la Colección Base entre paréntesis.

Zona	Amiláceo	Cristalino	Dentado	Reventón	Total general
Noroeste	4 (7)	3 (10)	2 (10)	3 (13)	12
Centrosur	5 (9)	3 (10)	3 (10)	3 (14)	14
Noreste	4 (8)	2 (18)	3 (11)	2 (17)	11
Sureste	3 (9)	3 (17)	3 (10)	2 (14)	11
<b>Total general</b>	<b>16</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>48</b>

Una vez que se determinó el número de accesiones a ser representado por grupo, se seleccionaron las accesiones de acuerdo a los criterios establecidos. En la **Figura 14** se observa como las accesiones de la Colección Núcleo mantienen la distribución de la Colección Base, lo que determina que las accesiones seleccionadas se encuentran ampliamente difundidas en cada zona.



**Figura 14.** Ubicación geográfica de las accesiones que forman parte de la Colección Base (izquierda) y Núcleo (derecha) de Maíz del Paraguay.

Los Índices de Shannon siempre fueron superiores en la Colección Núcleo con respecto a la colección base para cada zona (**Cuadro 19**), lo que estima, que los caracteres importantes del total de la Colección son mantenidos en la Colección Núcleo. Esto se explica, en parte, debido al uso del criterio logarítmico, que incrementa la importancia de los grupos menos representados de la colección, aumentando la diversidad de la Colección Núcleo frente a la colección base (Brown, 1989). La raza Avatí Guapy no fue seleccionada para la Colección Núcleo porque las dos accesiones colectadas en 1998 no se encuentran duplicados en otros Bancos, mientras que para las raza Sapé Morotí no fue incluido en las zona noroeste por el mismo motivo que el anterior, debido que existe solo una accesión de la misma en esa zona eco-geográfica, imposibilitando su reemplazo por otra, lo cual fue mencionado por Salhuana y Machado (1999) que afirman "en las razas Avatí Tí, Avatí Mitá, Avatí Guapy y Sapé Morotí se encontró pocas muestras. Parece ser que estas razas tienden a desaparecer".

**Cuadro 19.** Número de accesiones por razas y zonas eco geográficas componentes de la Colección Núcleo de Maíz del Paraguay y resultado del Índice de Shannon.

Razas	Zona							
	Noroeste		Centrosur		Noreste		Sureste	
	C.Base	C.Núcleo	C.Base	C.Núcleo	C.Base	C.Núcleo	C.Base	C.Núcleo
Avati Guapy	—	—	—	—	2	—	—	—
Avati Mitá	2	1	7	1	3	1	—	—
Avati Morotí	50	3	50	3	28	1	36	2
Avati Tí	—	—	1	1	15	2	1	1
Pichinga Aristado	5	1	8	2	11	1	8	1
Pichinga Redondo	17	2	10	1	3	1	9	2
Sape Morotí	1	—	4	1	1	1	1	1
Sape Pytá	20	2	29	2	25	2	31	2
Tupi Morotí	15	1	16	2	8	1	13	1
Tupi Pytá	16	2	14	1	5	1	2	1
<b>Total accesiones</b>	<b>126</b>	<b>12</b>	<b>139</b>	<b>14</b>	<b>101</b>	<b>11</b>	<b>101</b>	<b>11</b>
<b>Índice de Shannon</b>	<b>1.68</b>	<b>1.99</b>	<b>1.82</b>	<b>2.11</b>	<b>1.91</b>	<b>2.15</b>	<b>1.58</b>	<b>2.02</b>

En la **Figura 15** se puede observar el gran número de razas existentes en cada zona, lo que demuestra la gran variabilidad existente en la Colección de Maíz de Paraguay.

**Figura 15.** Riqueza de razas de Maíz en Paraguay

### 8.3 CONCLUSIONES

El Desarrollo de la Colección Núcleo de Maíz del Paraguay constituye un paso fundamental para lograr un manipuleo eficiente del germoplasma conservado en el Banco del CRIA. La misma, está conformada por casi todas las razas en las cuatro zonas agroecológicas donde fueron colectadas en el Paraguay, a excepción del Avatí Guapy, dando como resultado una amplia variabilidad genética en la misma. La multiplicación de semillas de las accesiones seleccionadas es el paso a seguir para luego concentrar esfuerzos en las evaluaciones de comportamiento agronómico y adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas. El conocimiento de características genéticas y químicas de estas accesiones, a través de investigaciones futuras, permitirán brindar informaciones valiosas que podrían ser utilizadas por el Programa de Mejoramiento, como así también, para el intercambio de germoplasma con otras instituciones nacionales o extranjeras. Esta colección fue designada en un Taller organizado en el ámbito de la REGENSUR, Red de Recursos Genéticos de PROCISUR, que tuvo lugar en Montevideo en 2003.







## **9. COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIONES**



## 9. COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIONES

*por Dr. Tabaré Abadie<sup>1</sup>*

Las Colecciones de Maíz de los países del Cono Sur de América Latina, representan un importante patrimonio de diversidad genética. La diversidad de estas colecciones queda en evidencia al observar la distribución geográfica de las colectas (**Figura 16**), que abarca las principales regiones del cultivo y áreas adyacentes. La riqueza genética en caracteres importantes para la adaptación del cultivo a la región, ha quedado demostrada en varios estudios, en especial en los relacionados al Proyecto LAMP (Salhuana et al., 1988). Los programas de mejoramiento de la región han incorporado accesiones elite de las colecciones, para incorporar caracteres relacionados con adaptación específica, como tolerancia a estreses bióticos y abióticos, o para incorporar caracteres que permitan una mayor diversidad de manejos para el cultivo (Abadie et al., 1996). Más aun, accesiones elite de estas colecciones están siendo utilizadas para el desarrollo de germoplasma en otras regiones, con el objetivo de incorporar caracteres tales como tolerancia a enfermedades y calidad (Gem Project). Todo esto indica el valor actual y potencial de estas colecciones, y justifica los esfuerzos de conservarlas, evaluarlas y utilizarlas.



**Figura 16** – Distribución geográfica de las accesiones de maíz de los países del Cono Sur de América Latina

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, UdelaR,  
Montevideo, Uruguay

En el mapa se representan con puntos las ubicaciones geográficas correspondientes a los sitios de colecta de una o varias accesiones (dependiendo de cada caso particular). Los puntos fueron obtenidos a partir de los datos de coordenadas de las accesiones.

El trabajo emprendido por nuestro grupo durante 1996-2003, fue sólo un aporte más a todos los trabajos realizados en el área de Recursos Genéticos de Maíz en nuestra región. Nuestro objetivo fue aportar a la valorización de las colecciones, mediante su reorganización y elaboración de Colecciones Núcleo. Se desarrollaron seis Colecciones Núcleo, que se describen en forma sucinta en el Cuadro 19.

**Cuadro 19:** Descripción general de las Colecciones Núcleo de Maíz de los países del Cono Sur de América Latina

<b>País</b>	<b>No Accs CB</b>	<b>No Accs CN</b>	<b>Criterios</b>	<b>Institución Involucrada</b>
<b>Argentina</b>	2365	191	Razas, tipo de grano, geográfico	INTA
<b>Brasil</b>	2263	300	Tipo de grano, geográfico	EMBRAPA
<b>Bolivia</b>	1478	98	Razas, geográfico	CIFP
<b>Chile</b>	870	90	Razas, tipo de grano, geográfico	INIA
<b>Paraguay</b>	467	48	Razas, tipo de grano, geográfico	CRIAMAG
<b>Uruguay</b>	850	90	Tipo de grano, geográfico	INIA - Facultad de Agronomía

El principal logro de nuestro trabajo fue la aplicación de criterios de clasificación y procedimientos de muestreo similares en todos los casos. En cuanto a los criterios de clasificación, el ***criterio geográfico*** es fundamental para la clasificación de recursos genéticos en casi todas las especies agrícolas, y muy en especial, para una especie de reproducción sexual como el maíz. La base biológica de este criterio se asocia con la separación física por distancia. El ***criterio racial***, muy asociado al tipo de grano, resultó un criterio unificador a lo largo de toda la región, ya que logra capturar la diversidad asociada a las diferentes prácticas culturales y usos del cultivo mantenidos por los agricultores dentro de la misma región geográfica.

Además de la unidad en criterios de clasificación, estas Colecciones Núcleo fueron desarrolladas aplicando una metodología similar en todos los casos. Superpuesta a los resultados de los métodos cuantitativos aplicados, se utilizó el criterio de los curadores o mejoradores –y en algunos casos se discutieron con los res-

ponsables de la colecta en sí. Esta metodología ha demostrado ser muy efectiva, e incluso permite captar una mayor diversidad en el muestreo que la selección aleatoria convencional (Bacigalup *et al.*, 1995; Malosetti *et al.*, 2000).

En forma paralela a nuestro trabajo, CIMMYT organizó Colecciones Núcleo para algunas de las colecciones nacionales de nuestros países. Sin embargo, este emprendimiento fue hecho desde México y basado en análisis estadísticos individuales de cada colección particular. Estas Colecciones Núcleo no fueron seleccionadas priorizando la diversidad genética sino la productividad. Ellas pueden ser en el futuro una fuente interesante para el mejoramiento por mayor productividad en el cultivo. En la actualidad estas colecciones se encuentran conservadas en CIMMYT y USDA.

### **PROYECCIÓN Y PERSPECTIVAS**

Las colecciones núcleo designadas en los países del Cono Sur representan una amplia porción de la diversidad del maíz de la región. Ellas pueden ser, en el futuro, la base para trabajos regionales, que contemplen distintas combinaciones de los estratos de la región. Por ejemplo, un aporte interesante sería el estudio de todas las accesiones de tipo de grano duro, dado el potencial en términos de calidad al que puede contribuir. Otra alternativa sería el estudio de todas las accesiones de origen andino, para conocer y estudiar la diversidad que presentan, e intentar explorar usos alternativos para el cultivo. En fin, la nueva clasificación y organización de las colecciones, permite su estudio por encima de las barreras nacionales, lo cual sea posiblemente la forma más viable para desarrollar trabajos en recursos genéticos de maíz en el futuro.

Un trabajo que se proyecta al futuro y que puede ser base de proyectos regionales es analizar la metodología necesaria para designar una colección núcleo regional, integrando la información generada en los países y reanalizando los datos disponibles desde una óptica supranacional.





## **10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abadie, T.; Berretta, A.; Fassio, A.; Ozer Ami, H. Y Malosetti, M. 1996. Informe a la Reunión final del Proyecto LAMP. INIA-Facultad de Agronomía. México, junio 1996.

Abadie, T.; Magalhaes, J.R.; Cordeiro, C.; Parentoni, S. y de Andrade, R. 1997. Obtenção e tratamento analítico de dados para organizar Coleção Nuclear de milho. EMBRAPA, Comunicado Técnico N°20, Outubro/97, p 1-7.

Abadie, T.; Magalhaes, J.R.; Cordeiro, C.; Parentoni, S. y de Andrade, R. 1998. A classification for Brazilian maize landraces. *Plant Genetic Resources Newsletter* 114: 43-44.

Abadie, T.; Magalhaes, J.R.; Parentoni, S.; Cordeiro, C. y de Andrade, R. 1999. The Core Collection of Maize Germplasm of Brazil. *Plant Genetic Resources Newsletter* 117: 55-56.

Abadie, T.; Pezoa, A.; Cubillos, A.; Paratori, O. y León, P. 2001. Clasificación de germoplasma de maíz de Chile para desarrollar una Colección Núcleo. En: III Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe. pp. 619-620. Londrina, SP, Brasil.

Abadie, T., Cordeiro C.; Fonseca, J.R.; Alves, R.B.N.; Burle, M.L.; Brondani, C.; Rancel, P.H.N.; Castro, E.M.; Silva, H.T.; Freire, M.S.; Morais, O.P.; Zimmermann, F.J.P. 2002. Desenvolvendo uma Coleção Nuclear de Arroz para o Brasil. *Recursos Genéticos e Biotecnología*. EMBRAPA Brasil.

Allard, R.W. 1992. Predictive methods for germplasm identification. En H.T Stalker and J.P Murphy (Eds.) *Plant breeding in the 1990's*. CAB International, Wallingford, Oxon, Uk. pp. 119-146.

Alvarez, L.A.; Casaccia, R; Villalba, M.; Alvarez, E.; Espinosa, M.A. y Legizamon, R. 1991. Rubros complementarios para la diversificación de cultivos por zonas ecológicas en la Región Oriental del Paraguay. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Asunción, Paraguay. 71 pp.

Ávila, G.; Guzmán, L. y Céspedes, M. 1998. Catálogo de recursos genéticos de maíces bolivianos conservados en el banco de germoplasma del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani. Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani. Cochabamba, Bolivia. 208 pp.

Balfourier F.; Prosperi J.M.; Charmet G.; Goulard M. y Monestiez, P. 1999. Using spatial patterns of diversity to develop core collections. In: Johnson, R.C. and Hodgking, T. (eds.). *Core collections for today and tomorrow*. IPGRI, Rome, Italy. pp. 37-48.

Basigalup, D.H.; Barnes, D.K.; Stucker, R.E. 1995. Development of a Core Collection for perennial Medicago plant introductions. *Crop Sci.* 35:1163-1168.

Brieger, F.G.; Gurgel, J.T.A.; Paterniani, E. y Alleoni, M.R. 1958. Races of Maize in Brasil and other Eastern South American countries. National Academy of Sciences-National Research Council Publication N° 593. 283p.

Brown, A.H.D. 1989a. The case for core collections. *In:* Brown, A.H.D.; Frankel, O.H.; Marshall, D.R. y 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.

Brown, A.H.D. y Spillane, C. 1999. Implementing core collections-principles procedures, progress, problems and promise. *In:* Johnson, R.C. y Hodgkin, T. (eds.) pp1-9 *Core Collections for today and tomorrow.* IPGRI, Rome.

Charmet, G. y Balfourier, F. 1995. The use of geostatistics for sampling a core collection of perennial ryegrass populations. *Genetic Resources and Crop Evolution* 42:303-309.

Cordeiro, C.; Morales, E.A.V; Ferreira, P.; Rocha, D.M.S.; Costa, I.R.S.; Valois, A.C.C. y Silva, S. 1995. Towards a Brazilian core collection of cassava. *In:* Hodgkin, T.; Brown, A.H.D.; Hintum, T.J.L. van; Morales, E.A.V. (eds.) *Core Collections of plant genetic resources* pp155-167. John Wiley and sons, New York.

Cordeiro C.; Abadie, T.; Fukuda, W.M.G.; Barretto, J.F.; Burle, M.L., Cardoso, E.R.; Cavalcanti, J.; Costa, I.R.S.; Fialho, J.F.; Magalhaes, J.R.; Marshalek, R.; Rocha, D.M.S. y Valle, T.L. 1999. The Brazilian core collection of cassava. pp 102-110. *In:* Carvalho, L.J.C.B; Thro, A.M. y Vilarinhos, A.D. (eds.) *Cassava Biotechnology: IV International Scientific Meeting - CBN.* Brasilia: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/CBN, 2000. 626p.

Crossa, J.; DeLacy, I.H. y Taba, S. 1995. The use of multivariate methods in developing a core collection. *In:* Hodgkin, T.; Brown, A.H.D.; Hintum, T.J.L. van y Morales, E.A.V. (eds.) *Core Collections of plant gentic resources* pp155-167. 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. y McIntosh, M.S. 1994. A Core Collection for the United States Annual Medicago Germplasm Collection. *Crop Science* 34:279-285.

Diwan, N.; McIntosh, M.S. y Bauchan, G.R. 1995. Methods of developing a core collection of annual Medicago species. *Theo. Appl. Gen.* 90:755-761.

Dowswell, C.R.; Paliwal, R.L. y Cantrell, R.P. 1996. *Maize in the Third World*. Westview Press, Inc. Boulder, Colorado. 268 pp.

Feldman, R; y Silva, J. 1984. *Catálogo de germoplasma de milho, Zea mays*. L. EMBRAPA CENARGEN, Brasilia DF.111p.

Fernández, G.; Frutos, E. y Mamola, C. 1983. *Catálogo de Recursos Genéticos de Maíz de Sudamérica-Uruguay*. E.E.R.A. - Pergamino INTA CIRF. Pergamino, Argentina.

Frankel, O.H. y Brown, A.H.D. 1984. *Plant genetic resources today: a critical appraisal*. In: Holden, J.H.W. y Williams, J.T. (eds.). *Crop genetic resources: conservation and evaluation*. Allen and Unwin, London, UK pp 249-257. 1984.

Galinat, W.C. 1979. *Botany and origin of maize*. In *Maize*. CIBA-GEIGY AGROCHEMICALS. Technical Monograph. CIBA-GEIGY Ltd., Basle, Switzerland. pp 6-12.

Gutiérrez, L.; Franco, J.; Crossa, J. y Abadie, T. 2003. Comparing a Preliminary Racial Classification with a Numerical Classification of the Maize Landraces of Uruguay. *Crop. Sci.* 43(2):718-727.

Guzmán, L. 1992. *Germoplasma de maíz: Conservación y manejo de la colección del Banco de Germoplasma del CIFP*. VI Reunión Nacional de Investigadores de Maíz. Tarija, Bolivia.

Harlan, J.R., y de Wet, J.M.J. 1972. A simplified classification of cultivated sorghum. *Crop Sci.* 12:172-176.

Hijmans, R.J.; CRUZ, M.; ROJAS, E.; GUARINO, L. y FRANCO, T.L. 2001. *DIVA-GIS Versión 1.4. Un Sistema de Información Geográfica para el manejo y análisis de datos sobre Recursos Genéticos*. Manual Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.

Hodgkin T. 1997. Some current issues in the conservation and use of plant genetic resources. pp. 3-10. In: Ayad, W.G.; Hodgkin, T.; Jaradat, A. y Rao, V.R. (eds.) *Molecular genetic techniques for plant genetic resources*. Report of an IPGRI Workshop 9-11 October 1995, Rome, Italy.

Holbrook, C.C.; Anderson, W.F. y Pittman, R.N. 1993. Selection of a Core Collection from the U.S. Germplasm Collection of Peanut. *Crop. Sci.* 33:859-861.

Holbrook, C.C. y Anderson, W.F. 1995. Evaluation of a core collection to identify resistance to late leafspot in peanut. *Crop Sci.* 35:1700-1702.

Jaurena, M.; Malosetti, M.; Condón, F.; Fassio, A. y Abadie, T. 1999. *Actualización del inventario de la Colección Uruguaya de Maíz*.

Diálogo LV: Avances de investigación en Recursos Genéticos en el Cono Sur. Documentos estratégicos del PROCISUR. IICA. Montevideo, Uruguay. Pp. 65-71.

Malosetti, M.; Abadie, T. y 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. y 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.

Noirot, M.; Hamon, S. y Anthony, F. 1996. The principal component scoring: a new method of constituting a core collection using quantitative data. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 43:1-6.

Ozer Ami, H.; Abadie, T. y Olveyra, M. 1995. Informe final del proyecto LAMP. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay. 23p.

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.

Paratori, O.; Sbarbaro, H. y Villegas, C. 1990. Catálogo de recursos genéticos de maíz de Chile. *Boletín Técnico* 165. INIA. Santiago, Chile.

Paterniani, E. y Goodman, M.M. 1977. Races of maize in Brasil and adjacent areas. Mexico, DF, CIMMYT. 95p.

Salhuana, W.; Pollak, L.M.; Ferrer, M.; Paratori, O. y Vivo, G. 1998. Breeding potential of maize accessions from Argentina, Chile, USA and Uruguay. *Crop Sci*. 38:866-872.

Salhuana, W. y Machado, V. 1999. Razas de maíz en Paraguay. Estados Unidos. Departamento de Agricultura de Estados Unidos y Programa de Investigación de Maíz del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay. Estados Unidos. Pub. 025. p. 48 - 55.

Schoen, D.J. y Brown, A.H.D. 1991. Intraspecific variation in a population diversity and effective population size correlates with the mating system. *Proc. Nac. Acad. Of Sci., USA* 88:4494-97. Sevilla, R. 1984. Anexo 3. Evaluación del germoplasma de maíz del Cono Sur de Sudamérica con fines de agrupación racial. In: PROCISUR. 1987. Diálogo XVIII. Reunión sobre Banco de Germoplasma en Maíz. Ed. Molestina, C. J. 21 al 25 de julio de 1986, Cochabamba, Bolivia. 99 p. Shannon, C.E. y Weaver, W. 1963. *The Mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA. Solari, L. y Gómez, S. 1997. Catálogo de Germoplasma de Maíz Argentina. Ministerio degli Affari Esteri. Istituto Agronomico per L'Oltemare. Firenze, Italia.



Diseño: Mercosoft Consultores  
[www.mercosoft.com](http://www.mercosoft.com)

Impreso en Imprenta Boscana SRL  
en el mes de Noviembre 2005.  
Arenal Grande 2767 - Tel.: 203 17 03  
Dep. Legal: 336 581



PROCISUR



Luis P. Piera 1992, Piso 3  
Edificio MERCOSUR  
Tel. (598 2) 410 1676  
Fax (598 2) 410 1780  
E-mail: [sejecutiva@procisur.org.uy](mailto:sejecutiva@procisur.org.uy)  
[www.procisur.org.uy](http://www.procisur.org.uy)  
Casilla de Correos 1217  
11200 Montevideo, Uruguay

**PROCISUR**

*Programa Cooperativo  
para el Desarrollo Tecnológico  
Agroalimentario y Agroindustrial  
del Cono Sur*

*Argentina, Bolivia,  
Brasil, Chile,  
Paraguay, Uruguay*

