

# COLECTA, CARACTERIZACIÓN Y UTILIZACIÓN DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA EN GERMOPLASMA CHILENO DE POROTO (*Phaseolus vulgaris* L.)

## Collection, characterization and use of genetic variation in Chilean bean germplasm (*Phaseolus vulgaris* L.)

Gabriel Bascur B.<sup>1</sup>\* y Juan Tay U.<sup>2</sup>

### ABSTRACT

Recently performed studies on the type of seed protein present from several origins and their morphological traits have shown that the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is native to America, being a species without a specific center of origin and with two areas of domestication: Central America and South America. In this last center, three strains were determined, one of them is called "the Chilean strain," which as noted is a sub-center of genetic diversity for this species. With the purpose of collecting and preserving the genetic diversity present in the Chilean ecotypes, a germplasm collection was made, from Arica to Chiloe, visiting 207 locations in 28 expeditions and collecting 1,239 accessions. This material was seeded in two Regional Center of Research La Platina in Santiago, and Quilamapu in Chillan, to study the genetic variation of 11 morphological traits. Through an analysis of frequency distributions, great variability was observed: from growth habit I to IV with different shape of leaves, white to purple colored flowers, with different shapes and sizes of bracteoles; diversity in shape, size and color of pods with dorsally or centrally located beaks. The seed varied from a small to large size, with a round or oval shape and a large variation in the primary color and its combinations. Of all the accessions evaluated, it is estimated that 24% corresponded to Chilean ecotypes that had the typical characteristics of the Chilean strain. This material has been used for genetic improvement of the "tortola" and "coscorrón" types, inheritability studies and molecular classification.

**Key words:** germplasm, Chilean strain, genetic variation, morphologic characterization, *Phaseolus vulgaris* L.

### RESUMEN

Estudios realizados recientemente con el tipo de proteína de semilla de diversos orígenes y sus características morfológicas han demostrado que el poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) es originario de América, siendo una especie sin un centro de origen específico y con dos grandes áreas de domesticación: Mesoamérica y Sudamérica. Para esta última se han determinado tres razas, una de las cuales se ha denominado "raza Chile", que lo señala como un subcentro de diversidad genética para esta especie. Con el propósito de preservar y conocer esta variabilidad se hizo una recolección de los ecotipos chilenos, desde Arica a Chiloé, recorriéndose 1.239 accesiones en 28 expediciones en las que se visitaron 207 localidades. Este material fue sembrado en los Centros Regionales de Investigación La Platina en Santiago y Quilamapu en Chillán, para evaluar la diversidad genética presente en 11 caracteres morfológicos. A través de un análisis de distribución de frecuencia se determinó una gran variabilidad: desde hábito de crecimiento I a IV con distintas formas de hoja, color de flor desde blanco a púrpura, presencia de todos los tipos de bracteolas, diversidad en la forma, tamaño y color de vainas con ápice dorsal o central. La semilla varió de un tamaño pequeño a grande, con forma redonda a alargada y con gran variación en el color primario o en la combinación de ellos. Del total de accesiones evaluadas, se estimó que un 24% correspondió a ecotipos chilenos que presentaron las características típicas descritas para la raza Chile. Este material ha sido usado para el mejoramiento genético de tipos "tortolas" y "coscorrón", estudios de heredabilidad y caracterización molecular.

**Palabras clave:** germoplasma, raza Chile, variabilidad genética, *Phaseolus vulgaris* L., caracterización morfológica.

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Casilla 439/3, Santiago, Chile.  
E-mail: gbascur@inia.cl \*Autor para correspondencia.

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Casilla 426, Chillán, Chile.  
E-mail: jtay@inia.cl

Recibido: 11 de agosto de 2003. Aceptado: 4 de febrero de 2004.

## INTRODUCCIÓN

El poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) es una especie que se encuentra adaptada desde el extremo norte del país, Arica (18°28' lat. Sur) hasta la provincia de Chiloé por el sur (42°29' lat. Sur). El área cultivada para producción comercial se encuentra en la zona central, con una superficie que ha variado entre 30.000 y 50.000 ha en los últimos diez años (ODEPA, 2003).

Las variedades destinadas a producción comercial corresponden en su mayoría a genotipos mejorados, existiendo una gran diversidad de tipos, de los cuales algunos son utilizados sólo para el consumo en el país y otras clases comerciales destinadas al mercado externo. El poroto es consumido al estado fresco (vaina verde y granada) y en grano seco (Bascur y Tay, 1983; Bascur, 2001).

La forma y color de vainas definen el uso que se le da al estado fresco, donde aparecen ecotipos con vainas de tamaño mediano a grande, de forma plana, carnosas, sin hilo y de un color verde claro, las que normalmente se consumen enteras o como vaina verde (Herrera y Bascur, 1986). Otro tipo corresponde al "poroto granado" (Bascur y Herrera, 1986) que posee una vaina de tamaño medio, de color rojo intenso con ligeras vetas de color verde o amarillo, cuyo grano se encuentra desarrollado para ser consumido al estado inmaduro.

Para el consumo en grano seco, las preferencias en Chile están dirigidas a los tipos que al cocinarlos presentan una cutícula suave y producen un caldo claro, siendo los tipos más representativos los "tórtola" y el "coscorrón". Existen otros tipos consumidos en menor escala, como los "bayos", "mantecas" y "azufrados", todos de un solo color de semilla, pero también es frecuente encontrar granos de dos o más colores, como el caso de "frutillas", "araucano" y "sapito", entre otros (Bascur, 1986; Tay *et al.*, 1988).

Para poder entender la presencia de estos ecotipos chilenos y su diversidad, es necesario puntualizar algunos aspectos relacionados con la evolución del poroto cultivado. Es ampliamente aceptado

que la especie *P. vulgaris* es originaria de América y corresponde a un cultivo sin un centro de origen específico (no céntrico) con múltiples centros de domesticación que se ubicaron en América Central, México y Sudamérica. Estudios realizados por Singh (1989), Singh *et al.* (1991) permitieron establecer dos clases principales de germoplasma: los de Mesoamérica y de los Andes sudamericanos. Para cada una definen tres razas, que en el caso de los Andes sudamericanos corresponden a las razas Chile, Nueva Granada y Perú.

Esto significa que Chile es considerado un subcentro de diversidad genética para *Phaseolus vulgaris* L., cuyos ecotipos poseen ciertas características que no se encuentran presentes en el germoplasma de otras razas. Debido a que en Chile en las últimas décadas (1970-1990) se ha intensificado el uso de variedades mejoradas o introducidas, acompañado de una expansión del área de cultivo (Cox, 1983; Paredes *et al.*, 1989), se ha desplazado el uso de los ecotipos a zonas marginales con el consiguiente riesgo de pérdida de este germoplasma. Ante esta situación, en los años 1990 y 1991 se efectuó una recolección de este germoplasma, mediante un proyecto desarrollado entre el International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) con sede en Roma y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) de Chile (Proyecto IBPGR/INIA, N° 88/112), con el propósito de preservar la diversidad genética presente en el poroto común, y especialmente en la raza Chile, para su posterior evaluación y uso en el mejoramiento de esta especie. En este trabajo se presentan los resultados de esta colecta así como también la caracterización de la variabilidad genética recogida y su posterior utilización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Recolección de la variabilidad genética

Para efectos de la recolección del germoplasma se procedió a dividir el territorio continental de Chile (desde 18°28' lat. Sur hasta 42°29' lat. Sur) en tres macroáreas (Cuadro 1), en las cuales durante los años 1990 y 1991 se efectuaron distinto número de expediciones, dirigidas especialmente a zonas marginales o apartadas del área del cultivo comercial, para aumentar la probabilidad

**Cuadro 1. Áreas, número de expediciones, localidades visitadas y accesiones de germoplasma de poroto recolectadas en Chile en el período 1990/1991.****Table 1. Areas, number of expeditions, locations visited and accessions of germplasm collected in Chile in the period 1990/1991.**

Macroáreas	Provincias límites	Número localidades	Número expediciones	Accesiones recolectadas
Norte	Tarapacá (18°28' lat. Sur) Colchagua (34°40' lat. Sur)	82	9	315
Central	Curicó (34°40' lat. Sur) Arauco (37°58' lat. Sur)	98	8	613
Sur	Malleco (37°54' lat. Sur) Chiloé (42°19' lat. Sur)	27	11	311
País	Tarapacá-Chiloé	207	28	1.239

de encontrar los ecotipos locales. Estas tres áreas presentan distintas condiciones agroclimáticas, debido a que en ellas se insertan las principales zonas agrícolas que presenta el país (Rodríguez, 1989), cuyas características determinan los ambientes en que se encuentra el poroto cultivado en Chile.

Para la metodología de muestreo se utilizaron los antecedentes entregados por el IBPGR mediante un asesoramiento científico para el personal técnico que participaría en las expediciones, y según lo descrito por Debouck (1988) para exploraciones de germoplasma de *Phaseolus*.

Las expediciones se programaron para el período de maduración de los cultivos en las diferentes áreas; para el registro de los antecedentes de cada sitio muestreado se utilizó una ficha de recolección entregada por el IBPGR para elaborar los datos de pasaporte de cada accesión. Concluidas las actividades de la colecta se organizó y preparó el material recogido, para su reproducción en la temporada siguiente con el propósito de evaluar las accesiones recogidas e incrementar su semilla para la fase de conservación en bancos de germoplasma.

**Caracterización morfológica**

Del total de accesiones colectadas (1.239), sólo se sembraron 1.106 que tenían a lo menos 100 semillas, cantidad suficiente para una hilera de 5 m; el resto de las entradas se sembraron en invernadero para incrementar sus semillas. Debido al alto número de accesiones a caracterizar, a la superficie de suelo requerida,

disponibilidad de personal técnico especializado y de infraestructura adecuada, se optó por dividir las accesiones a caracterizar en los dos centros de investigación donde el INIA tiene establecidos proyectos de mejoramiento genético de poroto. La distribución se hizo considerando la zona de origen de las accesiones (Cuadro 1), es decir todo el material colectado en el área norte y en el sector norte del área central, que correspondió a 481 accesiones, se evaluó en el Centro Regional de Investigación (CRI) La Platina (33°34' lat. Sur), Santiago, Región Metropolitana, y el recogido en la parte sur del área central y en el área sur, equivalentes a 625 accesiones, se establecieron en el CRI Quilamapu (34°03' lat. Sur), Chillán, VIII Región, lo que significó sembrar 1.106 accesiones para la caracterización.

Cada accesión se estableció en parcelas de una hilera de 5 m de largo con 100 semillas; la separación entre hileras fue de 1,0 m en La Platina y 0,6 m en Quilamapu. Se utilizaron antecedentes metodológicos entregados por Singh (1989) y por Singh *et al.* (1991), los que indican que es más relevante obtener una buena representatividad de la accesión independiente del tamaño de la parcela.

Según lo indicado por el IBPGR (1982), en la caracterización morfológica se deben registrar aquellas características altamente heredables, que pueden ser fácilmente evaluadas a simple vista y se expresan en todos los ambientes. En este estudio se caracterizó el hábito de crecimiento, forma y tamaño de hoja, forma y tamaño de la bracteola, color de flor, tamaño y posición del

ápice de la vaina, color y forma del grano, y peso de 100 semillas. La definición de la variación dentro de cada carácter se hizo en base a los descriptores propuestos por el IBPGR (1982) y por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (1987), y a los definidos por Singh *et al.* (1991) para *P. vulgaris*.

La variación observada para cada característica se analizó mediante el método de distribución de frecuencia, donde la frecuencia absoluta corresponde al número de accesiones presentes en cada categoría dentro de un descriptor, y la frecuencia relativa al porcentaje de accesiones con respecto al número total de accesiones que presentaron cada carácter evaluado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Recolección de la variabilidad genética

Las distintas expediciones realizadas permitieron una cobertura de toda la zona considerada en la planificación, es decir desde Arica por el norte hasta Chiloé por el sur, estimándose un recorrido de 16.000 km. De acuerdo a los antecedentes presentados en el Cuadro 1 se visitaron 207 localidades, distribuidas en 28 expediciones, lo que permitió coleccionar 1.239 accesiones. Según la descripción de las zonas agroclimáticas hecha por Rodríguez (1989) y a los antecedentes recogidos para cada sitio, en el secano costero e interior el poroto tiene su nicho en huertos familiares o en muy pequeñas superficies, que puedan disponer de agua de riego o humedad residual para su desarrollo. En esta área se recogieron 453 accesiones provenientes de 65 localidades.

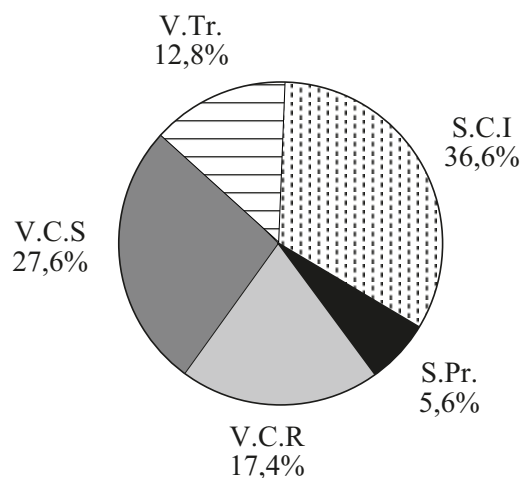
En el Valle Central regado se ubica la zona productora de poroto a nivel comercial, con participación de pequeños y medianos agricultores de no más de 20-30 ha, y con un rendimiento promedio nacional de 1.200-1.400 kg ha<sup>-1</sup> (ODEPA, 2003). Aunque en esta área predomina el uso de variedades mejoradas, se recolectaron 216 muestras correspondientes a 32 localidades, de las cuales una baja proporción debería corresponder a ecotipos tradicionales que provendrían de las localidades más apartadas de los centros productores. Más al sur, en el Valle Central de secano no existe el cultivo comercial del poroto por presentar condiciones de

temperaturas más limitantes y presencia de heladas, quedando restringido a superficies muy pequeñas y huertos familiares con el uso de variedades tradicionales adaptadas a dichas condiciones. Esto indicaría que una alta proporción de las 342 accesiones que se recolectaron en 21 localidades correspondan a ecotipos locales.

En la Precordillera Andina el cultivo de poroto se hace sólo a nivel de huerto familiar, no encontrándose siembras comerciales por el alto riesgo de heladas; sólo se obtuvieron 70 entradas en 14 localidades.

Debido a que la zona de los Valles Transversales es muy extensa, donde es factible encontrar poroto sólo en pequeños huertos familiares, se visitaron 51 localidades obteniéndose 158 accesiones, que corresponde en promedio a tres muestras por localidad.

Al hacer una estimación de la distribución de todas las accesiones recogidas según la zona de origen, de acuerdo a los antecedentes presentados en la Figura 1, el secano costero e interior aparece con el mayor número de entradas recogidas



**Figura 1. Distribución de las accesiones de poroto colectadas en Chile, según la zona agroclimática de origen.**

**Figure 1. Distribution of the bean accessions collected in Chile, according the agroecological area.**

V.Tr.: valles transversales; V.C.S.: valle central secano; V.C.R.: valle central riego; S.Pr.: secano precordillera; S.C.I.: secano costero e interior.

(36,6%), donde el cultivo comercial de poroto no está presente, lo que permite esperar una mayor probabilidad de encontrar ecotipos locales. La zona con menor representación fue la Precordillera Andina, que sólo presentó un 5,6% del material recogido y con el menor número de localidades, lo que en promedio representa cinco muestras por localidad. Situación parecida presenta la zona de los Valles Transversales, donde el promedio de muestras correspondió a tres por localidad; sin embargo, esta zona se caracterizó por presentar uno de los valores más altos para el número de localidades, lo que indicaría una gran dispersión, pero con una baja probabilidad de encontrar el poroto como cultivo en estas localidades; además se debe considerar que se trata de localidades muy distantes una de otra, en muchos casos bastante aisladas, aspecto que fue muy favorable porque la gran mayoría de las accesiones correspondieron a ecotipos locales.

#### **Caracterización de la variabilidad genética**

La evaluación de la variabilidad genética recogida se hizo en base a la expresión de distintas características morfológicas en cada accesión, relacionadas con el crecimiento vegetativo de las plantas, flores, vainas y granos. En varias accesiones no fue posible evaluar un determinado carácter por no corresponder a la especie, presencia de variabilidad entre las plantas de una misma accesión o el descriptor no fue aplicable porque no se presentó la característica; en este caso se siguieron las recomendaciones descritas por el IBPGR (1982) de asignar un valor "0" a la accesión, excluyéndose del análisis, situación que hizo variar el número total de accesiones evaluadas para cada característica.

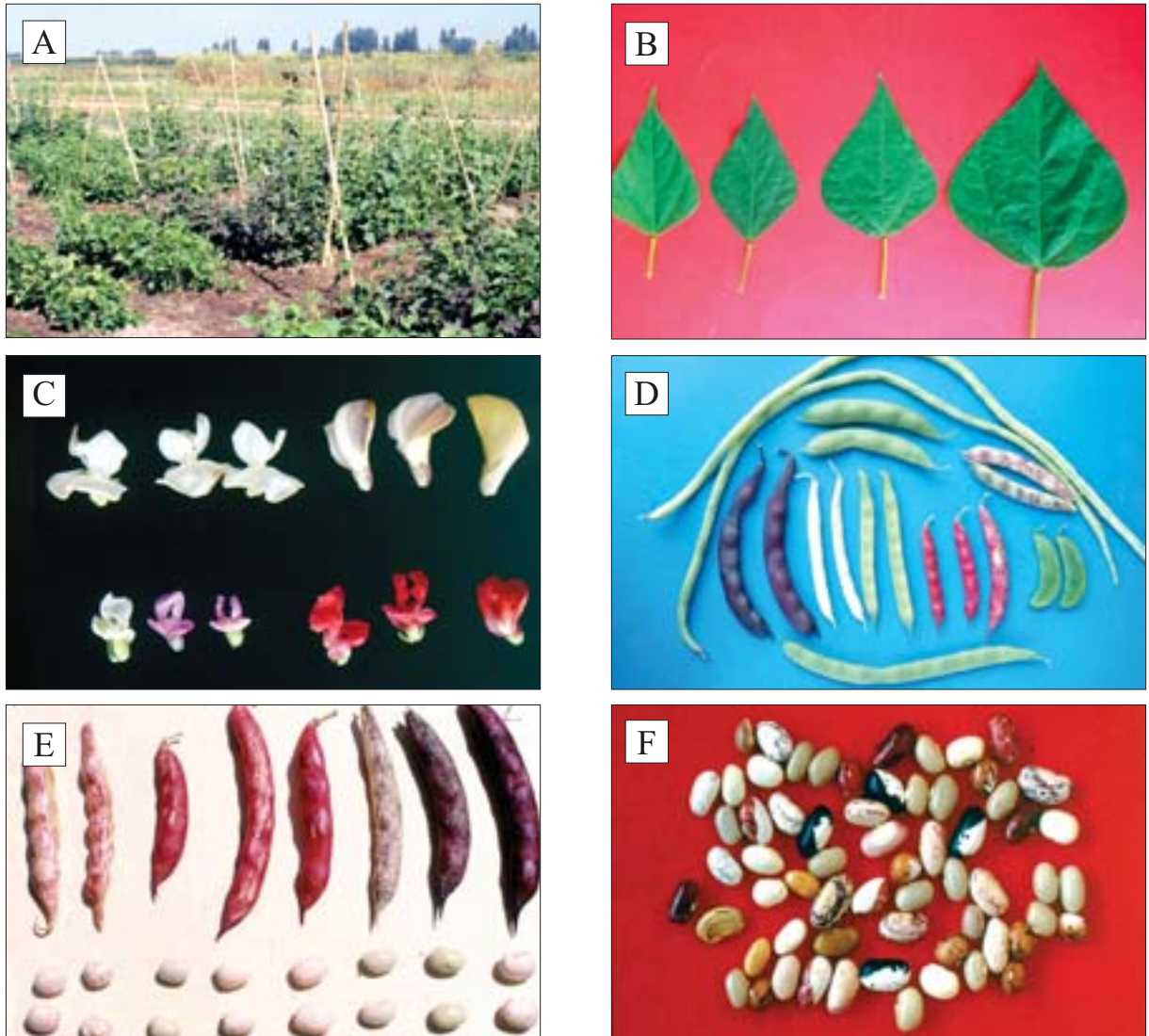
**Tipo de crecimiento y hoja.** Para el crecimiento vegetativo se consideraron las características de hábito de crecimiento de la planta según lo propuesto por el CIAT (1987) y forma del folíolo central en la hoja trifoliada, de acuerdo a la variación resumida en el Cuadro 2. La mayoría de los genotipos presentaron un hábito de crecimiento indeterminado en los que predominó el tipo III, de tallos y ramas débiles y rastreros, que pueden presentar guías cortas o largas con cierta capacidad de trepar (Figura 2A). Según la

descripción hecha por Singh *et al.* (1991), los materiales pertenecientes a la raza Chile presentan este tipo de crecimiento. Otro tipo de crecimiento que se destacó en general correspondió al tipo IV, donde aproximadamente el 30% de la accesiones se caracterizaron por un crecimiento guiador, con tallos y ramas débiles, largos y torcidos. El hábito de crecimiento determinado del tipo I se encontró en baja proporción, carácter que predomina en las razas Mesoamérica y Nueva Granada (Singh *et al.*, 1991), lo que indicaría que se trata de un material introducido al país.

Respecto del tipo de hoja, caracterizada de acuerdo a la forma del folíolo central cuando está completamente extendido (Figura 2B), las formas más representativas correspondieron a la ovalada y cordada con una frecuencia de 85%. Este carácter es considerado como un criterio muy útil en la identificación de centros de domesticación y de razas, asociándose la forma ovalada y ancha a centros mesoamericanos, y las formas alargada y romboide a centros sudamericanos (Singh, 1989; Urrea y Singh, 1991). La raza Chile, descrita por Singh *et al.* (1991) presenta hojas de tamaño pequeño a medio, de forma astada, romboide u ovalada, criterio que indicaría que un 15% de las accesiones podrían estar relacionadas a la raza Chile.

**Características de la flor y bracteola.** En este trabajo se evaluó la variación del color de la flor, representado principalmente por el color que presentan los pétalos al estado de botón, además de la forma y tamaño de la bracteola, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 2. El color de los pétalos presenta una gran variación, desde blanco hasta púrpura, con todos los matices intermedios de combinación e intensidad (Figura 2C); en este caso se consideraron solamente tres clases contrastantes de color. Los resultados muestran una mayor frecuencia para la clase lila o rosada, y también una proporción importante para el blanco, que en conjunto representan un 89% de la variación encontrada para esta característica, situación que coincide con lo mencionado por Singh *et al.* (1991) en el sentido de que en la raza Chile predomina el color de flor rosado (lila) o blanco.





**Figura 2.** Variabilidad presente en el germoplasma de poroto recolectado en Chile: (A) hábito de crecimiento, (B) forma del folíolo central, (C) color de flor, (D) forma y color de vaina, (E) concentración de antocianinas en la vaina, y (F) características del grano.

**Figure 2.** Variability present in bean germplasm collected in Chile: (A) growth habit, (B) central leaflet shape, (C) flower color, (D) pod shape and color, (E) pod anthocyanin concentration, and (F) seed characteristics.

Más importante que el color de flor, la forma y el tamaño de la bracteola permiten establecer diferencias más claras para el origen de un germoplasma. Los resultados para estas dos características (Cuadro 2) indican que las formas más frecuentes en los genotipos recolectados corresponden mayoritariamente a ovalada y cordada con un valor de 82,4%; se observó una baja frecuencia para bracteolas de forma alargada como lo son la espatulada y lanceolada. De

acuerdo a lo definido por Singh *et al.* (1991) para la variación presentada en germoplasma de origen mesoamericano y sudamericano, la presencia de bracteola de forma redonda (ovalada y cordada) se asocia al centro de domesticación Mesoamérica, en cambio las bracteolas alargadas (lanceoladas, triangulares y espatuladas) a Sudamérica. Según este antecedente y a lo obtenido en el presente trabajo, sólo un 18% del germoplasma evaluado sería de origen

**Cuadro 2. Distribución de la variabilidad en hábito de crecimiento, forma de la hoja, color de flor, forma y tamaño de la bracteola floral presente en germoplasma de poroto recolectado en Chile.****Table 2. Distribution of variability of growth habit, leaf shape, flower color, shape and size of bracteole present in bean germplasm collected in Chile.**

	Frecuencia	
	Absoluta	Relativa (%)
<b>Hábito de crecimiento</b>		
Tipo I determinado arbustivo	113	11,5
Tipo II indeterminado arbustivo	13	1,3
Tipo III indeterminado con guías	572	58,3
Tipo IV indeterminado guiador	284	28,9
<b>Forma folíolo central</b>		
Romboide	26	2,6
Astada	122	12,3
Cordada	301	30,4
Ovalada	542	54,7
<b>Color de flor</b>		
Blanco	280	37,3
Lila	386	51,5
Púrpura	84	11,2
<b>Forma de bracteola</b>		
Ovalada	567	56,6
Cordada	258	25,7
Triangular	123	12,3
Lanceolada	42	4,2
Espatulada	12	1,2
<b>Tamaño de bracteola</b>		
Pequeña	475	48,5
Media	289	29,5
Grande	216	22,0

sudamericano. Respecto del tamaño, según si la bracteola sobrepasa o no la longitud del cáliz, hubo una leve predominancia de una bracteola pequeña, sin existir mayor diferencia entre tamaño medio y grande.

**Características de la vaina.** Los caracteres asociados a la vaina, fueron evaluados en base al tamaño o largo, posición del ápice y color. El tamaño fue definido por el largo que presenta cuando está completamente extendida pero todavía al estado inmaduro (IBPGR, 1982); dependiendo del largo se establecieron tres categorías (Cuadro 3). Se puede observar que hubo igual proporción de accesiones con vainas pequeñas (<12 cm) y medianas (12-16 cm), representando ambas un 86%. Al caracterizar germoplasma chileno bajo las condiciones del

CIAT (Cali, Colombia), utilizando estas tres categorías pero con valores inferiores para la variación del largo, Singh *et al.* (1991) encontraron que la raza Chile presenta vainas de un tamaño medio con un largo entre 5 y 8 cm. Sin embargo, Bascur y Tay (1983) señalan que las variedades tradicionales chilenas poseen vainas de tamaño medio a grande (10-18 cm).

Los resultados de la posición del ápice de la vaina, otro carácter importante que contribuye a la identificación de los centros de domesticación (Cuadro 3), muestran un predominio de materiales en que la vaina presenta un ápice en posición dorsal (67,2%) en comparación a la posición central. De acuerdo a lo mencionado por Singh *et al.* (1991), si la posición del ápice

es dorsal, es decir se ubica en un costado de la vaina, corresponde a material de origen mesoamericano y si es central, en que el ápice se ubica al centro de la vaina, sería de origen sudamericano.

El color de la vaina fue evaluado sólo en la localidad de La Platina, observándose una gran variabilidad entre las accesiones recolectadas (Figura 2D). Aunque el color predominante fue el verde (Cuadro 3), se encontró la presencia de vainas de color rojo o con ciertas variaciones de esta tonalidad en un 27% de las entradas. Es frecuente observar en un grupo de ecotipos chilenos, donde uno de los más conocidos corresponde al “coscorrón” (Bascur y Tay, 1983), que la presencia de antocianinas se concentra en la vaina originando un color rojo intenso. Puede aparecer combinada con el color verde (tipo “frutilla”) tal como se observa en la Figura 2E;

estos materiales comúnmente son consumidos al estado de grano formado, pero todavía inmaduro, y se conocen como “poroto granado” (Bascur y Herrera, 1986; Tay y Paredes, 1999). La presencia de este tipo de vainas también es señalada por Singh *et al.* (1991) como posible de encontrar en la raza Chile. Aunque aparece en menor proporción que la vaina roja, hay un cierto porcentaje del germoplasma evaluado (12,7%) que presenta vainas de color verde claro, que también se encuentra presente en algunos ecotipos tradicionales chilenos, ya que normalmente estas vainas son utilizadas para consumo en verde (Bascur y Tay, 1983). La presencia de estos dos tipos de vainas en los materiales chilenos explica el hábito de consumo que posee la población chilena, ya que las variedades comercializadas en el mercado para fresco (poroto verde y granado) deben presentar estas características de vainas.

**Cuadro 3. Distribución de la variabilidad de tamaño, posición del ápice y color de vaina, peso y forma del grano en germoplasma de poroto recolectado en Chile.**

**Table 3. Distribution of variability in pod size, beak position and pod color, weight and shape of seeds in bean germplasm collected in Chile.**

	Frecuencia	
	Absoluta	Relativa (%)
<b>Largo de vaina</b>		
Inferior 12 cm	412	43,8
Entre 12 y 16 cm	397	42,2
Superior 16 cm	132	14,0
<b>Posición ápice de vaina</b>		
Central	300	32,8
Dorsal	614	67,2
<b>Color de vaina</b>		
Amarillo	15	3,4
Verde claro	55	12,7
Verde	246	56,7
Rojo	118	27,2
<b>Peso de 100 semillas</b>		
Inferior 25 g (pequeño)	16	1,6
Entre 25 y 40 g (mediano)	241	24,0
Superior 40 g (grande)	724	73,8
<b>Forma del grano</b>		
Arriñonada	396	44,8
Cilíndrica	34	3,9
Ovalada	314	35,6
Redonda	48	5,4
Romboide	91	10,3



**Tipo de grano.** Para evaluar el tipo de grano recogido se utilizaron los criterios establecidos por el CIAT (1987) y los usados por Singh *et al.* (1991), que correspondieron al tamaño, forma y color de la semilla, estableciéndose dentro de cada uno las clases de variación que se detallan en los Cuadros 3 y 4.

Respecto del tamaño del grano, se definieron tres clases según el peso de 100 semillas; de acuerdo a los resultados obtenidos (Cuadro 3) un alto porcentaje de las accesiones evaluadas presentó un grano de tamaño grande, con peso de 100 semillas superior a los 40 g, correspondiendo al resto de las entradas un grano de tamaño medio, constituyendo en conjunto el 98% del germoplasma evaluado; el grano pequeño tuvo una muy baja frecuencia. Estos resultados coinciden con la mayoría de las descripciones para el tamaño del grano del germoplasma chileno hechas por distintos autores (Bascur y Tay, 1983; Singh, 1989; Singh *et al.*, 1991; Voysest, 2000).

En relación a la forma del grano, predominaron las semillas arriñonadas y ovaladas en un 80% de la población evaluada, presentándose bajos porcentajes para romboide, redonda y cilíndrica (Cuadro 3). Según descripciones realizadas anteriormente por Bascur y Tay (1983), la forma más predominante en los ecotipos chilenos corresponde a ovalada y redonda; la misma situación ha sido señalada por Singh *et al.* (1991)

al describir la raza Chile. Sin embargo, esta situación sólo es coincidente para la forma ovalada y no se ve reflejada en los resultados obtenidos para la forma redonda que sólo apareció en un 5% de las accesiones.

Uno de los caracteres que presenta mayor variabilidad en poroto es el color de la semilla, por lo que su evaluación se dificulta sobre todo en el caso en que está presente más de un color. El CIAT (1987) propuso una clasificación según el color primario predominante definiendo nueve clases, donde el último grupo incluye todos aquellos colores que no están incluidos en los ocho anteriores. Para el caso de esta caracterización, en la clase nueve, que corresponde a “otros”, se incluyeron los colores gris, azul, pardo y verde oscuro. La diversidad encontrada en el germoplasma evaluado se puede apreciar en la Figura 2F.

De acuerdo a los resultados del Cuadro 4, hay dos clases de colores predominantes, la de mayor frecuencia corresponde a los granos crema-beige y luego los de color blanco; ambas categorías representan el 67% de la diversidad de color encontrada. El resto de las accesiones se distribuye en las otras siete clases, cada una con una baja representatividad que no supera el 6%. Dentro de la clase otros, destaca el color gris plomo que caracteriza a un grupo muy típico de porotos chilenos, como son el “tórtola” y “burros”, lo que indica que esas accesiones pertenecen

**Cuadro 4. Variación del color del grano en el germoplasma de poroto recolectado en Chile.**  
**Table 4. Variation of seed color in bean germplasm collected in Chile.**

Color primario	Tipos o variedades representativas	Frecuencia	
		Absoluta	Relativa
Blanco	Coscorrón, Arroz, Cristal	271	26,1
Crema (beige)	Hallado, Bayo, Frutilla	428	41,1
Amarillo	Azufrado, Manteca	31	3,0
Café marrón	Pinto	65	6,2
Rosado	Red Kidney	51	4,9
Rojo	Red Mexican, Timoteo	7	0,6
Morado	María	51	4,9
Negro	Negro Argel, Curi-INIA	51	4,9
Gris plomo	Tórtolas, Burros	65	6,2
Azul	Azules	9	0,9
Pardo	n.i.*	11	1,1
Verde oscuro	n.i.	1	0,1

\*n.i : no identificado.

efectivamente a la raza Chile, ya que este color sólo se encuentra presente en materiales chilenos (Singh *et al.*, 1991; Voystest, 2000).

El uso de los caracteres en forma individual permite conocer cómo se distribuye su variación en el germoplasma evaluado; sin embargo, no permite determinar a cuál pool genético pertenece debido a que muchos caracteres son comunes a varias razas. Comparar la caracterización de todas las accesiones según los descriptores utilizados permitiría establecer una estimación aproximada de la representatividad de la raza Chile en la variabilidad recogida. Según los resultados presentados para cada carácter, se observa que existe una cierta cantidad de accesiones que poseen la característica descrita para la raza Chile, sin embargo, esa proporción varía dependiendo del carácter de que se trate. Al intentar comparar las accesiones considerando el conjunto de descriptores caracterizados morfológicamente, se podría estimar que de las 1.106 entradas caracterizadas, 274 podrían ser clasificadas como pertenecientes a la raza Chile, es decir un 24,7% corresponderían a ecotipos tradicionales chilenos.

Además se debe hacer mención que esta recolección permitió recoger algunas accesiones pertenecientes a especies como *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus lunatus*, y *Vigna unguiculata*, las que sí fueron sembradas pero no incluidas en la caracterización y análisis; sin embargo, no fue posible encontrar especies silvestres relacionadas con *Phaseolus*.

#### **Conservación y uso de la variabilidad genética recolectada.**

Uno de los objetivos de esta recolección fue poder disponer de la variación genética presente en los ecotipos tradicionales para su preservación y posterior uso en mejoramiento. Las accesiones recolectadas y evaluadas fueron enviadas para su conservación al Banco Base del Proyecto de Recursos Genéticos del INIA en Chile, y también se entregó una réplica a la oficina regional del IBPGR para América con sede en el CIAT, Cali, Colombia.

Uno de los primeros usos que se hizo con parte del material de esta colecta fue mediante el proyecto “Mejoramiento genético de frejoles chilenos tipo tórtola y coscorrón pertenecientes a la raza Chile”, desarrollado en forma colaborativa entre el CIAT y el INIA de Chile, entre 1990 y 1995, que tuvo por objetivo contribuir a un mayor conocimiento de esta raza para poder buscar alternativas y posibilidades de avanzar en el mejoramiento que estaba realizando el INIA.

En este sentido, Paredes *et al.* (1998) realizaron un estudio para conocer la heredabilidad del rendimiento y la habilidad combinatoria de los ecotipos tradicionales chilenos al combinarse con genotipos pertenecientes a otras razas.

Por otra parte, algunas accesiones de la raza Chile han sido consideradas en programas de cruzamientos para ampliar la base genética de las poblaciones y con esto obtener un mayor aporte y avance genético en su mejoramiento (Paredes, 1994). Como resultado de estos trabajos, a partir de un ecotipo Tay y Paredes (1999) desarrollaron por cruzamiento la variedad Rayo-INIA para uso en vaina granada en la zona sur de Chile. Del mismo modo, pero por selección de accesiones que presentaron hábito de crecimiento guiador tipo IV y vaina de color verde claro y plana, Bascur (2002) desarrolló la variedad Trepador-INIA, para consumo en vaina verde y producción bajo invernadero.

La identificación de razas sólo en base a características morfológicas se hace muy difícil debido a que varias razas pueden presentar la misma variación para un carácter en un mismo ambiente, lo que impide hacer una separación entre ellas. Esto ha generado la necesidad de establecer técnicas más precisas y sin influencia del ambiente que contribuyan a establecer el origen de la variabilidad presente en un germoplasma determinado.

Para ello, una parte de la variabilidad genética recogida y presente en los ecotipos tradicionales chilenos, ha sido caracterizada molecularmente por diversos científicos. Paredes y Gepts (1995) analizaron la diversidad genética de 95 ecotipos

provenientes de esta recolección y representativos del poroto chileno, mediante el uso de la proteína de la semilla (phaseolina) y de ocho isoenzimas como marcadores genéticos. Sus resultados indicarían que en el poroto cultivado de Chile existe una alta frecuencia de hibridación entre las razas de mesoamérica y andina.

Johns *et al.* (1997) analizaron mediante “random amplified polymorphic DNA” (RAPD) 69 ecotipos chilenos obtenidos de esta colecta y encontraron dos grupos principales que incluían a la mayoría de las accesiones, asociados a los grupos genéticos mesoamericanos y andinos, sin observar signos de introgresión o hibridación entre ellos.

### CONCLUSIONES

La recolección de germoplasma realizada en la mayor parte del territorio continental de Chile permitió recoger 1.239 accesiones de poroto, provenientes de cuatro grandes áreas agroclimáticas con condiciones muy distintas de clima, suelo, y sistemas productivos.

La caracterización morfológica realizada en 1.106 accesiones para 11 caracteres demostró la presencia de una gran variabilidad genética dentro de cada característica, encontrándose presente en diferentes magnitudes la mayoría de la variación descrita para la especie.

La variación genética evaluada en los materiales recolectados demostró la presencia de genotipos de origen mesoamericano y andino; sin embargo, no permitió precisar el grupo genético a que pertenecen debido a que hay muchos caracteres que son comunes a varios de ellos.

Se estimó que aproximadamente un 24% de los materiales recogidos presentarían las típicas características morfológicas de la raza Chile, por lo que probablemente se podrían considerar como ecotipos chilenos.

La evaluación de este germoplasma de poroto se considera una parte fundamental para conocer y conservar el pool genético chileno de esta importante leguminosa de grano, y constituye un reservorio de genes disponibles para los programas de mejoramiento genético.

### RECONOCIMIENTO

Los autores desean agradecer en forma muy especial la colaboración prestada en el desarrollo de este trabajo al Dr. Shree Singh, quien se desempeñó como fitomejorador del Programa de Frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y a todas las personas que formaron parte de las expediciones que hicieron posible esta recolección.

## LITERATURA CITADA

- Bascur, G. 1986. Análisis de las principales variedades de frejol en Chile y aspectos de su manejo. p. 6-34. *In* Faiguenbaum, H. (ed.). IV Seminario Nacional de Leguminosas de Grano, Santiago, Chile. 22-23 julio. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Bascur, G. 2001. Leguminosas de grano, leguminosas de consumo humano. p. 627-647. *In* Agenda del Salitre. 11° ed. SOQUIMICH Comercial, Santiago, Chile.
- Bascur, G. 2002. Trepador-INIA: variedad de poroto verde para cultivo bajo invernadero. *Agric. Téc. (Chile)* 62:158-165.
- Bascur, G., y G. Herrera. 1986. Coscorrón granado-INIA Nueva variedad de poroto para consumo en vaina granada. *Agric. Téc. (Chile)* 46:217-220.
- Bascur, G., y J. Tay. 1983. Recomendaciones agronómicas de las principales variedades de leguminosas de grano. p. 40-81. *In* Tay, J. (ed.). III Seminario Leguminosas de Grano, Chillán, Chile. 27-28 septiembre. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Quilamapu, Chillán, Chile.
- CIAT. 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. 56 p. Schoonhoven, A. y M. Pastor-Corrales (eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Cox, A. 1983. Programa de mejoramiento varietal para el fomento de las exportaciones de leguminosas de grano. p. 178-195. *In* Tay, J. (ed.). III Seminario Leguminosas de Grano, Chillán, Chile. 27-28 septiembre. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Quilamapu, Chillán, Chile.
- Debouck, D.G. 1988. *Phaseolus* germplasm exploration. p. 3-29. *In* Gepts, P. (ed). Genetic resources of *Phaseolus* beans. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Netherland.
- Herrera, G., y G. Bascur. 1986. Bases del programa de mejoramiento genético del poroto en el INIA. *Agric. Téc. (Chile)* 46:201-207.
- IBPGR. 1982. Descriptors for *Phaseolus vulgaris*. 32 p. International Board for Plant Genetic Resources, Secretariat, Rome, Italy.
- Johns, M.A., P.W. Skroch, J. Nienhuis, P. Hinrichsen, G. Bascur, and C. Muñoz. 1997. Gene pool classification of common bean landraces from Chile based on RAPD and morphological data. *Crop Sci.* 37:605-613.
- ODEPA. 2003. Estadísticas agropecuarias. Disponible en <http://www.odepa.gob.cl> Leído el 15 de junio de 2003.
- Paredes, M. 1994. Nuevos antecedentes a considerar en el programa de mejoramiento genético del frejol en Chile. *Agric. Téc. (Chile)* 54:302-309.
- Paredes, M., A. France, y G. Bascur. 1989. Desarrollo, evaluación y uso del germoplasma de frijol común en Chile. p. 333-343. Progreso en la investigación y producción de frijol común. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Paredes, M., and P. Gepts. 1995. Extensive introgression of middle American germplasm into Chilean common bean cultivars. *Gen. Res. Crop Evolution* 42:29-41.
- Paredes, M., J. Tay, G. Bascur, y S. Singh. 1998. Estudio de heredabilidad y avance genético en frejoles chilenos. *Agric. Téc. (Chile)* 58:116-122.
- Rodriguez, Z. 1989. Geografía agrícola de Chile. 317 p. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- Singh, S. 1989. Patterns of variation in cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Econ. Bot.* 43:39-57.
- Singh, S., P. Gepts, and D. Debouck. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Econ. Bot.* 45:379-396.
- Tay, J., A. France, M. Paredes, y V. Kram. 1988. Araucano 85 INIA, nueva variedad de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) tipo cramberry, resistente al mosaico común. *Agric. Téc. (Chile)* 48:55.
- Tay, J., y M. Paredes. 1999. Rayo-INIA nueva variedad precoz de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano frutilla para granado y grano seco. *Agric. Téc. (Chile)* 59:136-139.
- Urrea, C., and S. Singh. 1991. Variation for leaflet shape in wild and cultivated landraces of common bean. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 34:133.
- Voysest, V.O. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): legado de variedades de América Latina 1930-1999. 195 p. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.