

Una visión holística a la conservación del germoplasma de poroto y su aplicación en el mejoramiento genético en Chile



Gerardo Tapia SM.
Bioquímico, Dr.
Curador Banco de Recursos Genéticos Vegetales
INIA



Kianyon Tay N.
Ingeniero Agrónomo
Encargado Programa de Mejoramiento Genético
de Leguminosas de Grano INIA



Las colectas de más de 1000 accesiones de porotos realizadas en la década de 1980, dieron paso a un reservorio fundamental de estos materiales en el Banco de Germoplasma de INIA Quilamapu; pudiendo seleccionarse, entre otras, las características fisiológicas y nutricionales que conforman una nueva variedad. La interacción con el Programa de Mejoramiento Genético de Leguminosas de Grano se transforma en una cadena perfecta, para contar con la generación constante de variedades de legumbres para el consumidor nacional.

El poroto, a pesar de ser un alimento de amplio consumo a nivel mundial, posee un especial arraigo en América Latina, debido a su origen. Es conocido, y demostrado científicamente, que el poroto que hoy consumimos proviene de un proceso de domesticación en las regiones mesoamericanas y andinas del continente americano, hace unos 8000 años.

La domesticación se llevó a cabo en dos zonas independientes, que dieron origen a los conocidos "pooles" Mesoamericano y Andino, para distinguir dos grupos de razas diferenciadas en sus cualidades de la especie silvestre *Phaseolus vulgaris*. Una de estas razas, originada desde el "pool" Andino, fue denominada raza "Chile" que se circunscribe, en parte, dentro del territorio nacional. Esta situación podría contribuir a validar la apropiación del poroto como nuestro, con el conocido dicho "más chileno que los porotos". Estos antecedentes explican la manera en que se ha gestado una tradición ancestral en el cultivo y consumo de porotos, que data desde los habitantes prehispánicos de América.

En lo que respecta a nuestro país, el poroto ha sido usado tempranamente por el pueblo Mapuche y formado parte de su alimentación básica, existiendo evidencias de su consumo desde antes de la llegada de los españoles, según relata Gómez de Vidaurre: *"en sus campos encontraron los españoles que cultivaban estos indios varias especies de judías o frejoles, pero diferentes a las de Europa, con el nombre genérico de degui. Se cuentan una de las derechos llamada por ellos cudihuelo, y trece de las que se echan a tierra o que se enredan"* (Latham, 1936).

La mayor superficie sembrada en Chile se alcanzó durante la década de 1980 (120 000 ha), periodo en el que se exportaba poroto de distintas clases comerciales, principalmente a países sudamericanos y europeos. Sin embargo, el escenario cambió drásticamente, debido a la aparición de cultivos más rentables para los productores, como los frutales mayores, berries y hortalizas, y a la disponibilidad de poroto importado a menor precio, provocando una

disminución en la superficie de siembra de las leguminosas hasta llegar a las 10 184 ha de poroto, 1390 ha de lenteja, 585 ha de garbanzo y 2700 ha de otras legumbres en la temporada 2020/21.

En la actualidad, el cultivo del poroto se concentra en las regiones de Maule, Ñuble, Biobío y La Araucanía, sembrándose a lo largo de todo el valle regado y, en menor grado, en los secanos costeros e interior de estos territorios, donde la principal clase comercial utilizada por los agricultores corresponde al poroto tipo "tórtola". En este sentido, INIA cuenta con la variedad Zorzal INIA (FIGURA 1), la más demandada y sembrada en el país, creada por el Programa de Mejoramiento Genético de Leguminosas de INIA Quilamapu.

El cultivo del poroto es realizado por medianos y pequeños agricultores, siendo aún un eje económico importante en algunas comunas rurales. Esto permite mantener las tradiciones campesinas, otorgando identidad territorial, lo que es muy valorado por la población en general.

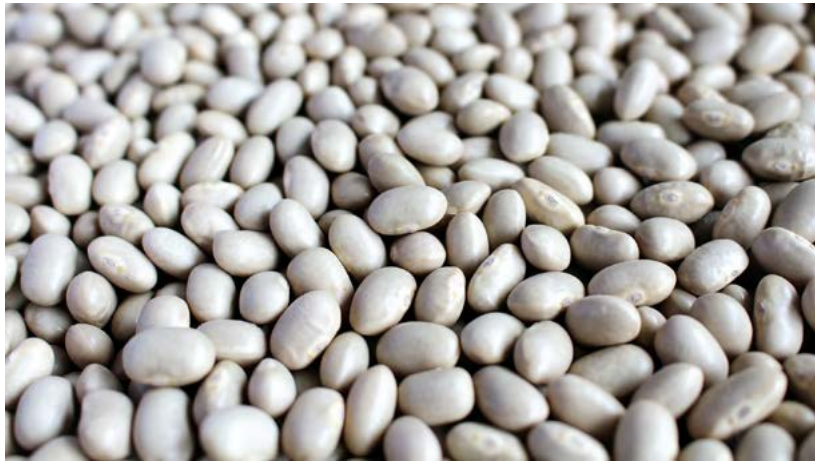


Figura 1. Poroto Zorzal INIA.

Conservación en Banco de Germoplasma INIA

El Banco de Germoplasma de INIA Quilamapu conserva una colección de más de 1000 accesiones

(materiales genéticos) de porotos, obtenidas por colectas realizadas en los años ochenta en 207 localidades y 28 expediciones entre Arica y la Isla Grande de Chiloé, dentro de las que se cuentan muchos huertos

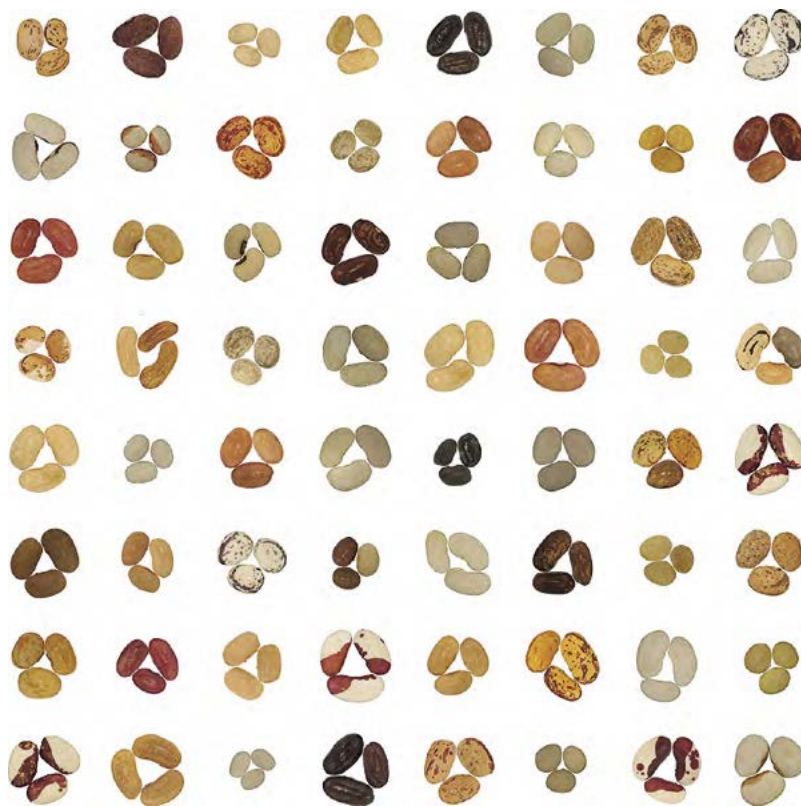


Figura 2. Una colección de más de 1000 accesiones de porotos se conserva en el Banco de Germoplasma de INIA Quilamapu.

familiares. La variabilidad fenotípica observada es amplia, representada por distintos colores, formas y hábitos de crecimiento (FIGURA 2).

Diferentes variedades pueden ser distinguidas visualmente por el ojo humano, lo que no es posible en muchos otros cultivos. Sin embargo, también es cierto que los patrones de colores entre distintas variedades o sitios de colecta pueden repetirse, algunos de ellos con el mismo nombre dado por el agricultor, mientras que en otros casos estos pueden ser diferentes. Es importante no dar por supuesto que las similitudes en color y forma son igualadas en características que no se pueden distinguir visualmente, como el valor nutritivo, el contenido de proteínas y minerales, el coeficiente de hidratación, calidad del grano y el tiempo de cocción, o características fisiológicas importantes para los productores como la precocidad del cultivo, la tolerancia al calor y estrés hídrico, y rendimiento.

Estas características no se pueden determinar con tan solo mirar el grano, y esta simple forma de diferenciación no garantiza que dos semillas compartan también otros caracteres. Por tal razón, el Banco de Germoplasma invierte gran parte de su tiempo y recursos en documentar esta colección de germoplasma. Así, los esfuerzos del Banco han estado orientados a realizar una caracterización morfológica y agronómica general, que incluye el hábito de crecimiento, días a floración, vaina y maduración, entre otras propiedades relacionadas con la vaina y los granos.

Considerando que la principal limitante fitopatológica en el cultivo del poroto son los virus, y que los genes de resistencia son conocidos y pueden ser detectados por métodos moleculares, se advirtió la necesidad de trabajar en la identificación de 300 accesiones representativas de esta colección de germoplasma. Dicho estudio arrojó que los dos genes de resistencia investigados se encontraban en una baja proporción

en estos materiales, lo que da cuenta de su alta susceptibilidad a la infección viral. Los efectos virales se dejan ver con fuerza en variedades que extienden su periodo fenológico, traduciéndose en bajos rendimientos, lo que provoca el desincentivo de los agricultores. Es por esta razón

Cuadro 1. Composición nutricional básica del poroto.

Composición nutricional proximal (%)	
Humedad	8-9 %
Proteína	17-25 %
Grasas	0,8-1,2 %
Cenizas	3,8-5,4 %
Carbohidratos	66-76 %
Minerales (mg/100g)	
Potasio	440-631
Calcio	24-72
Magnesio	28-43
Fierro	6,8-9,4
Cobre	0,75-1,2
Zinc	6,3-8,7
Fósforo	360-584
Aminoácidos (mg/g)	
Isoleucina	5,9-9
Leucina	10,9-17
Lisina	10,4-15,8
Metionina	0,6-2,3
Fenilalanina	6,9-11,9
Treonina	7,3-10,9
Valina	8,0-10,02
Oligosacáridos y factores aninutricionales (mg/g para oligosacáridos, taninos y ácido fítico, TUI/mg para tripsina inhibitor, HU/ug para hemaglutinina)	
Estaquirosa	15,5-22,8
Rafinosa	1,27-2,94
Taninos	5,3-28
Ácido fítico	12,3-23,6
Inhibidor de tripsina	4,7-27,8
Hemaglutinina	0,43-8,9

Fuente: Barampama and Simard, Food Chemistry, 1993.

que el país requiere del desarrollo de variedades que posean resistencia genética a virosis y que garanticen la sanidad en el cultivo del poroto. Así, los agricultores pueden contar con semillas de alto potencial de rendimiento, lo que resulta económicamente atractivo, pudiendo competir de mejor manera con el producto importado.

Alimento con atributos funcionales

El poroto es considerado un alimento con atributos funcionales, más allá de su conocido alto contenido proteico y mineral. Esta legumbre posee un alto contenido de fibra dietaria y, por tanto, propiedades hipocolesterolémicas, lo que reduce el riesgo de sufrir cardiopatías coronarias. También tiene ácido fólico (requerido para el desarrollo fetal),

taninos y antocianos con capacidad antioxidante y anticancerígena (**Cuadro 1**). A esto debe sumarse que posee una rica historia culinaria en todo el mundo, lo que lo hace relevante para muchas cocinas y culturas (**Figura 3**).

No obstante, algunos componentes del poroto han sido señalados por presentar efectos nutricionales antagonísticos y, en ciertos casos, incómodos, como son los galactooligosacáridos, causantes de las conocidas flatulencias. Pese a estos efectos negativos, estos azúcares complejos también constituyen efectivos prebióticos, es decir, promotores del desarrollo de la flora bacteriana intestinal. Es así como un estudio más profundo del poroto, considerando aspectos nutricionales, organolépticos y nutraceúticos, puede ser muy valioso.



Figura 3. Usos culinarios tradicionales y no tradicionales del poroto en la actualidad.

Cuadro 2. Variedades de poroto aportadas por INIA al mercado nacional.

Poroto Grano Seco				
Variedad	Origen	Clase Comercial	Mercado	Año Registro
Pinto 114	Introducción EE.UU. / INIA Quilamapu	Pinto o Hallado	Exportación y consumo interno	1968
Arroz-3	INIA La Platina	Navy	Exportación	1969
Red Mexican	INIA La Platina	Rojo	Exportación	1970
Bayo Titán	INIA La Platina	Bayo	Exportación y consumo interno	1971
Negro Argel	INIA La Platina	Negro	Exportación	1972
Hallados Dorados	INIA Quilamapu	Pinto o Hallado	Exportación y consumo interno	1974
Seaway	INIA Quilamapu	Navy	Exportación	1974
Tórtola Diana	INIA Quilamapu	Tórtola	Consumo interno	1974
Cristal Blanco Fenix	INIA La Platina	Cristal Blanco	Exportación	1974
Red Kidney	INIA La Platina	Red Kidney	Exportación	1975
Red Kloud	INIA La Platina	Red Kidney	Exportación	1976
Orfeo-INIA	INIA La Platina	Negro	Exportación	1979
Tórtola-INIA	INIA Quilamapu	Tórtola	Consumo interno	1981
Blanco-INIA	INIA Quilamapu	Great Northern	Exportación y consumo interno	1982
Araucano INIA	INIA Quilamapu	Cranberry o Frutilla	Exportación y consumo interno	1986
Blanco Español-INIA	INIA Quilamapu	Alubia	Exportación y consumo interno	1986
Cuyano-INIA	INIA Quilamapu	Cuyano	Consumo interno	1987
Fleetwood	Introducción Canadá - INIA Quilamapu	Navy	Exportación	1987
Garza-INIA	INIA Quilamapu	Canellini	Exportación	1987
Palomo-INIA	INIA La Platina	Great Northern	Exportación	1991
Torcaza-INIA	INIA Quilamapu	Tórtola	Consumo interno	1994
Rayo-INIA	INIA Quilamapu	Borlotto	Exportación y consumo interno	1995
Curi-INIA	INIA Quilamapu	Negro	Exportación	1995
Quilapallar-INIA	INIA Quilamapu	Pallar	Exportación y consumo interno	2013
Zorzal INIA	INIA Quilamapu	Tórtola	Consumo interno	2018

Poroto Verde		
Variedad	Origen	Año Registro
Zeus	Introducción EEUU - INIA La Platina	1967
Apolo	INIA La Platina	1972
Venus-INIA	INIA La Platina	1994
Trepador-INIA	INIA La Platina	2002
Cosmo-INIA	INIA La Platina	2014
Centauro-INIA	INIA La Platina	2014
Afrodita-INIA	INIA Quilamapu	2020

Poroto granado		
Variedad	Origen	Año Registro
Suaves	INIA Quilamapu	1972
Coscorrón granado INIA	INIA La Platina	1986
Astro INIA	INIA Quilamapu	2004

Durante los últimos años, el Banco de Germoplasma de INIA Quilamapu se ha dedicado a caracterizar diferentes variedades de poroto muy típicas, respecto de algunas de las características señaladas. Ahora bien, los costos asociados a este tipo de actividades son altos, por cuanto las estrategias de selección y muestreo deben ser consideradas al momento de priorizar variedades representativas de la colección. El trabajo permitió determinar la composición química proximal de 35 variedades típicas de poroto, junto con sus cualidades culinarias. La información obtenida se encuentra disponible en www.inia.cl/porotoschilenos.

Con el afán de profundizar en los conocimientos de la colección de porotos del Banco de Germoplasma y dar un sello regional dentro del contexto americano, hoy los esfuerzos están orientados a rescatar y diferenciar la raza "Chile", a través de estudios genómicos. A su vez, mediante el uso de herramientas genéticas y el estudio de su composición química y nutricional, se busca develar de qué manera se regula el transporte y la acumulación de distintos componentes de la semilla del poroto entre variedades que son contrastantes, gracias a un trabajo conjunto con otros grupos de investigación a nivel nacional. Los resultados de estos trabajos constituirán una valiosa fuente de información, para modular la acumulación de componentes específicos en la semilla y el desarrollo de variedades destinadas a fines variados, que no solo versan en el ámbito de la alimentación.

Así mismo, y gracias al trabajo mancomunado de diversas instituciones nacionales, en donde INIA ha cumplido un rol importante, se han desarrollado productos alimenticios a partir del poroto, tales como el cuscús de poroto tórtola que se comercializa en distintos supermercados del país, con un sello diferenciador al poseer un origen cien por ciento nacional.

Los bancos de germoplasma no son simplemente guardadores de la biodiversidad existente en el cultivo del poroto. También contribuyen a identificar características y/o genes deseables a partir de estas colecciones. Precisamente, varias de estas características son utilizadas por los programas de mejoramiento genético, en donde se transfieren dichos rasgos a futuras variedades. Esta es la base para que fitomejoradores de INIA desarrollen variedades de poroto de alto rendimiento, con las características de forma y color que el mercado demanda.

Programa de mejoramiento genético

Para lograr estos objetivos, el Programa de Mejoramiento Genético de Leguminosas de Grano (PMGLG) de INIA utiliza métodos de cruzamiento, selecciones de variedades criollas e introducciones de material genético provenientes de otros países. Sin embargo, la mayor parte del germoplasma o material genético con el que se trabaja, proviene de la Red de Bancos de Germoplasma de INIA. Es gracias a esta estructura que el PMGLG ha generado más de 50 variedades a lo largo de sus cinco décadas de existencia, lo que refleja su importante labor y que permitió al país ser exportador de leguminosas de grano.

En la actualidad, este programa de mejoramiento genético es el único que trabaja en el desarrollo de variedades de poroto para el mercado nacional (**CUADRO 2**). Sus objetivos están enfocados en la creación de variedades, tanto para grano seco como para uso hortícola, con resistencia genética a virosis, alto potencial de rendimiento, precocidad y mayores grados de tolerancia a la sequía. De hecho, la más reciente variedad lanzada al mercado, Zorzal INIA, ha sido la responsable del aumento del rendimiento de porotos promedio del país, pasando desde los 1170 kg/ha en 1992 a 1720 kg/ha en 2021 (**CUADRO 2**).



Figura 4. Ensayos de caracterización en colección de germoplasma de poroto para tolerancia a sequía y alta temperatura.

Son muchos los aspectos relacionados a su cultivo que merecen ser abordados desde un punto de vista holístico. Es por esta razón que, junto con las consideraciones de conservación de los recursos genéticos del poroto, el conocimiento de sus componentes nutricionales y farmacológicos, los aspectos culinarios y genéticos, así como los temas relativos al cultivo propiamente tal, tienen gran relevancia. Entre estos aspectos destaca la capacidad de tolerancia al déficit hídrico, de gran trascendencia en la actualidad, por efecto del ya conocido cambio climático y sus consecuencias en nuestro país (**FIGURA 4**). Lo mismo ocurre con aspectos de nutrición, donde mejorar la capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno, podría conferir cualidades deseables frente a problemas medioambientales.

Las áreas de investigación y mejoramiento genético en el poroto son amplias, por lo que el uso bien aprovechado de los recursos genéticos y de los bancos de germoplasma se convierte en un factor importante en el escenario actual y futuro, donde los recursos genéticos y el fitomejoramiento serán cruciales en el desarrollo de nuestro país y su seguridad agroalimentaria. **TA**