

Pedro León L.
 Biólogo, Ph.D.
 pleon@inia.cl

Angélica Salvatierra G.
 Ingeniera Agrónoma, Ph.D.

INIA Intihuasi
 Centro de Estudios Avanzados en Zonas
 Áridas (CEAZA)

Genes para la agricultura del mañana

En todo el mundo la agricultura se sustenta en el uso de la información genética útil contenida en las plantas, animales y microorganismos. Esta información, de empleo actual o potencial para el ser humano, es conocida como recursos genéticos y ha sido consustancial a la emergencia y desarrollo de la civilización humana, 10.000 años a.C. Sobre esa base, el ser humano ha podido desarrollar los cultivos a partir de la domesticación y mejoramiento de plantas silvestres; por ejemplo, el maíz a partir del teocintle (*Zea mays* mexicana y *Z. mays parviglumis*), una gramínea silvestre de México; el trigo (*Triticum aestivum*) a partir de la hibridación inicial y accidental entre trigos silvestres (*Triticum* spp.) y "goatgrass" (*Aegilops* spp.), que originaron un híbrido fértil llamado "emmer" (*T. turgidum*) y el posterior cruzamiento entre emmer y *T. tauschii* (Frankel y colaboradores, 1995).

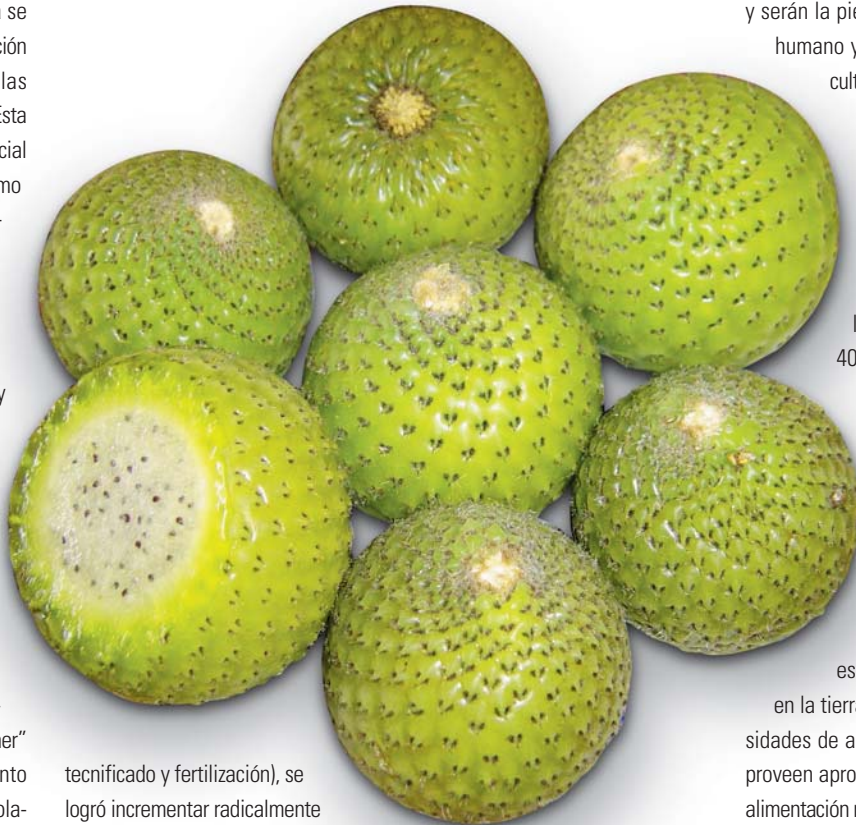
Desde ese momento a la fecha, la humanidad ha logrado domesticar y crear un sinnúmero de cultivos para su uso en alimentación y agricultura. El proceso ha significado, además, la generación de una gran cantidad de tipos y variedades tradicionales para estos cultivos desarrollados, ampliando su diversidad genética. Por ejemplo en nuestro país se encuentran al menos 23 razas distintas de maíz, aunque no es originario de Chile (Paratori y Sbarbaro, 1990).

La llamada revolución verde fue un hito relevante dentro del proceso de uso de recursos genéticos para la agricultura. Gracias a las variedades modernas, obtenidas por mejoramiento genético tradicional, y a la aplicación de tecnología (riego

tecnificado y fertilización), se logró incrementar radicalmente la productividad de los principales cultivos que sustentan la alimentación humana y animal.

El acelerado desarrollo de la biotecnología ha sido una nueva revolución tecnológica en la agricultura. El uso de herramientas moleculares ha permitido acelerar el proceso de mejoramiento genético y desarrollo de bioproductos a partir de los recursos genéticos. De hecho la revolución tecnológica en la agricultura se está orientando, cada vez más, hacia la generación de cultivos que operan como verdaderas fábricas biológicas de ingredientes moleculares para alimentos, productos farmacéuticos, nutraceuticos, biocombustibles, plásticos biodegradables y otros productos funcionales (Collins, 2004).

Los recursos genéticos han sido, son



Frutos de copao, *Eulychnia acida*, cactácea nativa de la Región de Coquimbo.

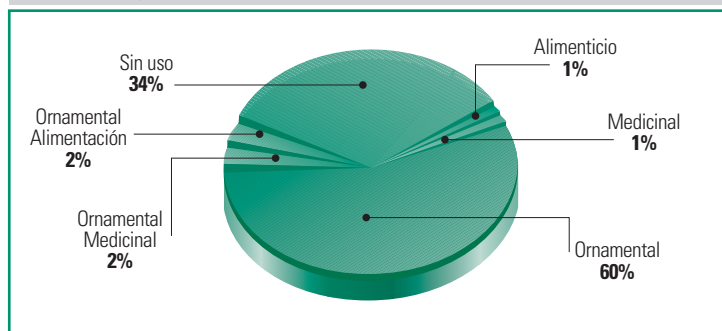
y serán la piedra angular del desarrollo humano y, por supuesto, de la agricultura en el futuro. Para graficar lo anterior, en el cuadro 1 (en página 19) se entrega estimaciones del comercio mundial de productos basados en recursos genéticos, donde la agricultura llega a mover sobre 300 a 400 mil millones de dólares anuales.

Nuevas alternativas

El ser humano cultiva sólo una pequeña fracción (150 especies) de las sobre 240 mil especies de plantas presentes en la tierra, para satisfacer sus necesidades de alimentación. Doce de ellas proveen aproximadamente el 75% de la alimentación mundial y cuatro (arroz, maíz, trigo, papas) producen sobre la mitad de los alimentos que consumimos. Se estima que el ser humano ha usado 10 mil especies de plantas para alimentación y agricultura (<http://www.fao.org/news/2001/011005-e.htm>).

Esto significa que existe una inmensa diversidad vegetal aún no explorada ni utilizada comercial y masivamente, a pesar de que las comunidades indígenas en varios países utilizaban o utilizan una fracción importante de la diversidad vegetal para estos fines; sin contar las plantas silvestres que son aprovechadas para otros fines: medicinales, ornamentales, etc. Por ejemplo, las comunidades del altiplano del norte de Chile y las de la isla de Chiloé ocupan sobre el 70% de las plantas nativas que crecen en su entorno, algunas para

Figura 1. Usos actuales y/o potenciales de bulbosas monocotiledóneas nativas de Chile excluidas las orquídeas. N = 173.



alimentación (Castro y Colaboradores, 1982; Mesa y Villagrán, 1991).

En términos de innovación, una línea interesante es la de mejorar cultivos subutilizados que pueden responder a requerimientos de mercados exigentes o específicos (por ejemplo, países o grupos sociales/culturales dentro de países). Es el caso de la quínoa (*Chenopodium quinoa*), un cereal prehispánico de alto valor nutritivo, especial para personas con problemas de obesidad, dado su bajo nivel de carbohidratos y alto contenido de proteínas. El grano de quínoa contiene prácticamente todos los aminoácidos esenciales. Por ser un cultivo con variedades resistentes a estrés hídrico y con capacidad de crecer en suelos pobres, resulta apto para ambientes semiáridos. Por otro lado, el pepino dulce (*Solanum muricatum*) es un fruto poco cultivado y consumido en Chile, sin embargo en países desarrollados está siendo mejorado pues su bajo contenido en azúcares lo hace un fruto adecuado para la población creciente de diabéticos (Villaseñor y colaboradores, 1998).

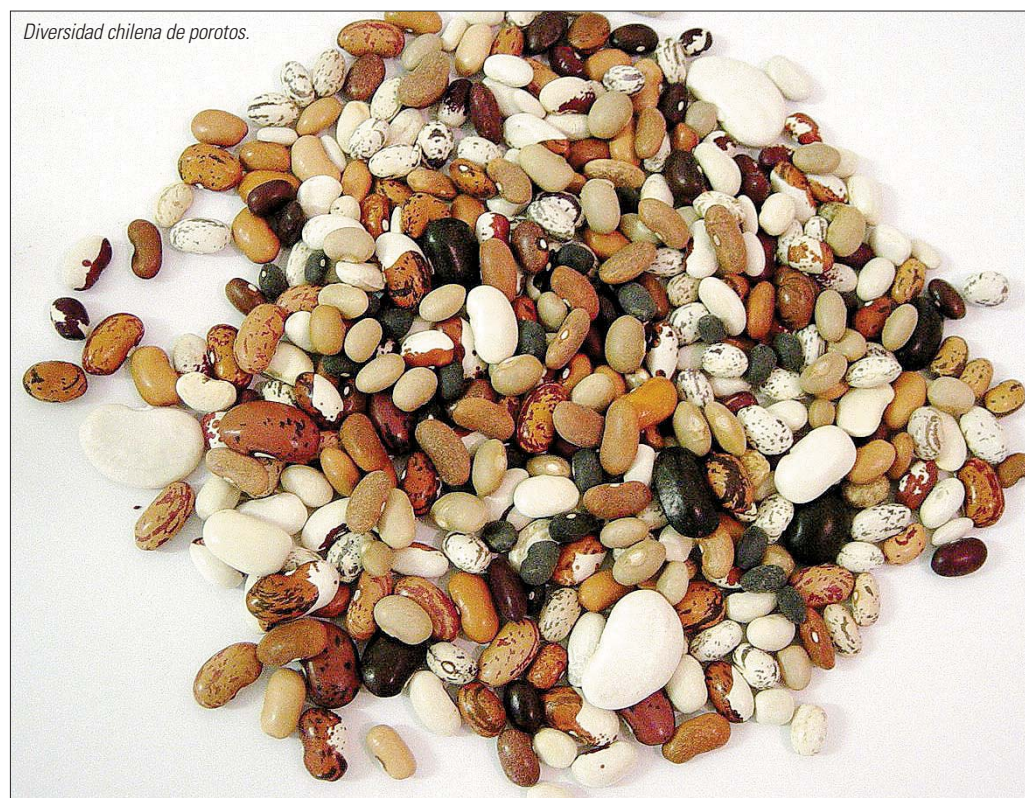
Los ejemplos anteriores se adscriben a los conocidos como "alimentos funcionales". Es decir, aquellos componentes alimenticios de plantas que benefician la salud humana más allá del tradicional valor nutritivo. Los fitonutrientes y fitoquímicos presentes en ellos podrían prevenir o retardar enfermedades degenerativas o crónicas y contribuir a la salud humana. Claramente, éste es un nicho nuevo que la agricultura chilena podría explotar.

La diversidad genética de algunas especies también está siendo subutilizada en el país. Por ejemplo, en Chiloé hay al menos 120 variedades de papas, tradicionalmente seleccionadas y cultivadas por las comunidades locales (A. Contreras, comunicación personal). También es el caso del poroto, con una gran diversidad de tipos distintos, incluida una raza propia, la raza Chile. A partir de ciertas variedades de estos cultivos se podría desarrollar otras nuevas para consumo directo o usos industriales en nichos de mercado específicos.

Las plantas nativas también tienen una proyección desde un punto de vista ornamental. Basta recordar el clásico ejemplo de alstroemeria, un género de plantas nativas (33 especies, un 88% se encuentra únicamente en Chile; Muñoz y Moreira, 2003) recolectado a partir del siglo XVIII y llevado a Europa, donde particularmente en Holanda se han creado variedades a partir del germoplasma chileno. En ese país, la alstroemeria es una importante flor de corte que genera varios millones de dólares al año. Resulta muy probable que en el futuro cercano aparezcan en el mercado nuevas flores de corte mejoradas a partir de plantas chilenas. En naciones como Japón y Holanda ya se han inscrito y se comercializan variedades mejoradas de una planta bulbosa nativa conocida como leucocoryne.

Esfuerzos en Chile

Son varios los esfuerzos que están realizando instituciones de investigación en Chile para domesticar y mejorar plantas nativas con fines ornamentales, como el



leucocoryne, añaña y orquídeas nativas. Y pueden ser muchas más. Revisiones bibliográficas recientes indican que cerca de un 10% de la flora nativa de Chile (aproximadamente 500 especies), son utilizadas y comercializadas en Europa y Estados Unidos como semillas o plantas, principalmente para fines ornamentales. Cerca de un 40% de los cactus y un 36% de las geófitas monocotiledóneas (plantas bulbosas) chilenas se venden en estos países. De hecho, un 60% de las bulbosas tiene uso actual o potencial como ornamental (figura 1).

Esta es una de las áreas con mayor potencial, en particular para el norte de Chile. Varias especies nativas pueden ser prospectadas y evaluadas desde el punto de vista agronómico sin invertir mucho en tecnología y tiempo. Es posible generar productos concretos, no necesariamente patentables, pero que pueden llegar a tener un impacto significativo para el desarrollo de las comunidades locales o a mayor escala, en el mediano plazo.

A pesar de no existir un gran número de plantas nativas con frutos carnosos que sean consumidos tradicionalmente, la fruticultura es otro rubro capaz de beneficiarse por la incorporación de nuevas alternativas productivas basadas en frutos nativos. De hecho, ya está en desarrollo el cultivo de la murtila (*Ugni molinae*) en el sur de Chile (<http://www.murtillachile.cl>), cuyo fruto tiene usos en repostería y mermelada. La murtila tiene proyecciones en el mercado nacional e internacional.

Los frutos nativos también pueden ser usados para fines agroindustriales, cosmetológicos y farmacológicos. Por ejemplo, el copao (*Eulychnia acida*) es una cactácea nativa del norte chico cuyos frutos son vendidos y consumidos localmente por turistas. Su alto contenido de vitamina C, diez veces mayor que el de cítricos y kiwi, y su elevado nivel de saponinas, lo hacen un fruto interesante para la industria (Raúl Moreno, comunicación personal). Algo similar ocurre con el fruto del maqui,


Cuadro 1		
Estimaciones de mercados anuales de productos derivados de recursos genéticos vegetales		
Ventas/año (miles de millones de dólares)		
Productos	Valor mínimo	Valor máximo
Farmacéuticos	75	150
Medicinas botánicas	20	40
Productos agrícolas	300	450
Horticultura decorativa	16	19
Protección de cultivos	0,6	3
Biotecnología (excepto salud y agricultura)	60	120
Higiene personal y cosméticos	28	28
Total aproximado	500	800

Fuente: Ten Kate K y Laird SA (1999), The Commercial Use of Biodiversity, Earthscan Publications Ltd.

dada su alta concentración de antioxidantes. No olvidemos la frutilla blanca nativa (*Fragaria chiloensis*): a pesar de su potencial como fruto para consumo fresco (Lavín y Maureira, 2004), no ha tenido el desarrollo esperado.

Otra área con potencial es la producción de alimentos para animales de consumo humano. Además de prospectar en las plantas nativas, se puede utilizar la diversidad genética presente en cultivos para seleccionar variedades que contengan los requerimientos dietéticos de estos animales. También está la producción de alimentos especiales para ganado, cerdos, pollos y peces, que les permitan producir compuestos farmoquímicos; por ejemplo, drogas contra leucemia (Collins 2004) y alimentos beneficiosos para enfermos.

La agricultura del futuro deberá responder a las nuevas tendencias y a mercados cada vez más exigentes en términos de calidad y diversidad de productos. En este sentido, Chile tiene el gran desafío de innovar, lo cual no sólo pasa por cultivar alternativas productivas exóticas, sino por buscar de manera paralela características de interés en nuestras plantas nativas. Los recursos genéticos son la plataforma de renovación en agricultura.

Conciente de este desafío, INIA está investigando y conservando, en bancos de semillas, germoplasma de cultivos importantes, como trigo, maíz, porotos, cebada, además de plantas nativas de zonas áridas. En estas colecciones están contenidos los genes para sustentar la agricultura del futuro (ver Tierra Adentro N°57). 

REVOLUCIÓN VERDE

Fue un movimiento impulsado en la década de los 60, por instituciones nacionales e internacionales. Su objetivo central fue aumentar la producción de alimentos vía incremento en el rendimiento de cultivos básicos, en respuesta a problemas de hambre y falta de disponibilidad de alimentos en los países subdesarrollados. La revolución verde ha jugado un papel fundamental en mejorar el abastecimiento alimentario en los últimos cuarenta años. Por ejemplo, gracias a ello, los rendimientos de arroz, trigo y maíz en los países en desarrollo han crecido de un 100 a 200 por ciento desde fines de los años sesenta.

El logro se obtuvo gracias al mejoramiento y selección de nuevas variedades, pero fue también necesario aumentar considerablemente el uso de insumos como fertilizantes, plaguicidas y agua de riego para que esas variedades expresaran su potencial.

A pesar de los beneficios indicados, el alto uso de insumos ha tenido consecuencias ambientales negativas, como la contaminación del agua y de los suelos por nitratos y plaguicidas.



Gracias a la revolución verde los rendimientos de arroz, trigo y maíz en los países en desarrollo han crecido de un 100 a 200 por ciento desde fines de los años sesenta.