

Mejoramiento vegetal

Su importancia para la producción agrícola

Andrés Schwember¹/ aschwember@uc.cl
Samuel Contreras¹/ scontree@uc.cl

La discusión sobre la adhesión de Chile al convenio de 1991 de la Unión Internacional para la Protección de Nuevas Variedades de Plantas (UPOV) ha traído a la palestra temas como la producción y comercialización de transgénicos y el adecuado resguardo de nuestras variedades tradicionales. Sin embargo, el debate se ha alejado del punto más importante: la protección de aquellos avances tecnológicos que permiten mejorar los rendimientos de los cultivos y la producción de alimentos.

Aunque con frecuencia lo olvidemos, la agricultura es una actividad fundamental para la humanidad. La producción agrícola moderna es responsable del abastecimiento de alimentos, fibras, flores de corte, plantas, biocombustibles, ingredientes activos para la industria farmacéutica y materias primas para una diversidad de industrias. Además, haciendo uso de sus principios se establecen y mantienen áreas verdes y campos deportivos, los que cumplen fines recreacionales, estéticos, deportivos y ambientales contribuyendo a nuestro bienestar y calidad de vida.

Se estima que la agricultura se originó hace cerca de 10 mil años en la región del “Creciente Fértil”, actual Oriente Medio. Para cumplir con sus objetivos actuales, ha ido evolucionando mediante el desarrollo de prácticas que le han permitido ajustarse a las condiciones de distintas zonas geográficas y necesidades de cada época. La domes-

ticación, introducción y selección de cultivos, el desarrollo de técnicas de abonado, riego y protección de plantas, así como también la creación de herramientas y maquinarias, fueron algunos de los avances que permitieron abastecer sin mayores inconvenientes las necesidades de la población existente hasta fines del siglo XVIII.

En 1798 el economista inglés Thomas Malthus, basándose en el hecho de que la tasa de aumento de la producción de alimentos era menor a la del crecimiento de la población, postuló que se acercaba el momento en que el alimento no sería suficiente y se produciría una catástrofe mundial. Pese a que las tasas de crecimiento de la población mundial siguieron aumentando hasta mediados del siglo XX, y que se prevé que eso no cambiará sino hasta la segunda mitad del siglo XXI (figura 1), la predicción de Malthus no se cumplió. La principal razón para esto es la capacidad de res-

¹ Profesores Departamento de Ciencias Vegetales, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal UC.

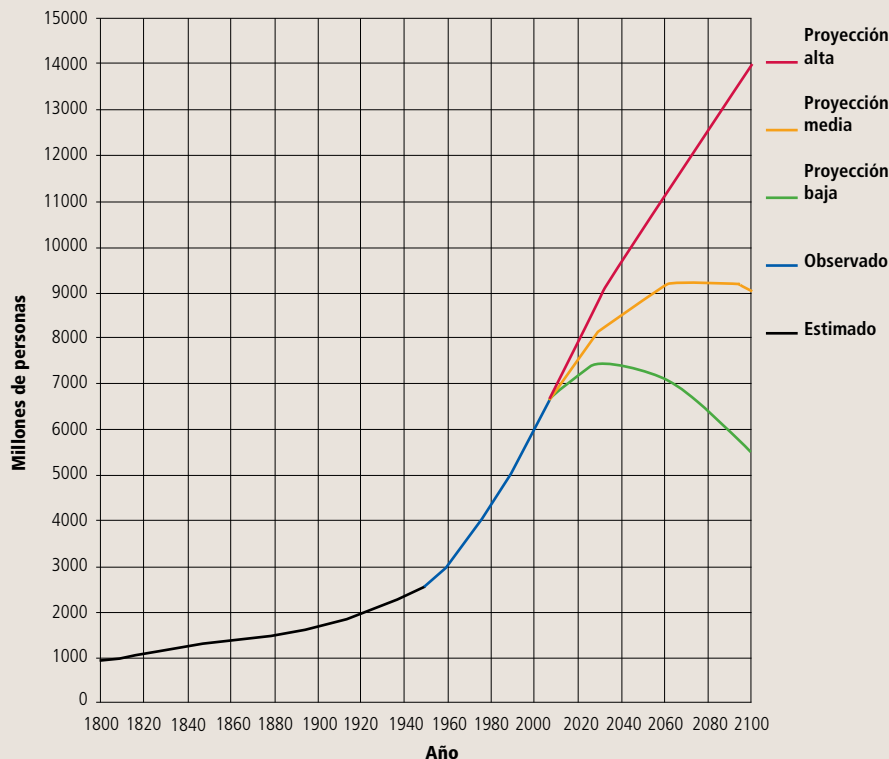


FIGURA 1
Población mundial estimada y observada entre 1800 y 2004. Entre 2005 y 2100 se presentan proyecciones de las Naciones Unidas en tres escenarios de crecimiento: alto (en rojo), medio (en naranja) y bajo (en verde).

puesta que ha tenido y sigue teniendo la agricultura.

Su mayor desafío, sin embargo siguió siendo aumentar la producción. Las alternativas para enfrentarlo, consistieron, básicamente, en incrementar los rendimientos y/o el área cultivada. El aumento de la superficie cultivada tiene un límite y, además, se ve restringido por el crecimiento de la población y de las ciudades. La solución fue mejorar el rendimiento de los cultivos.

El mejoramiento vegetal

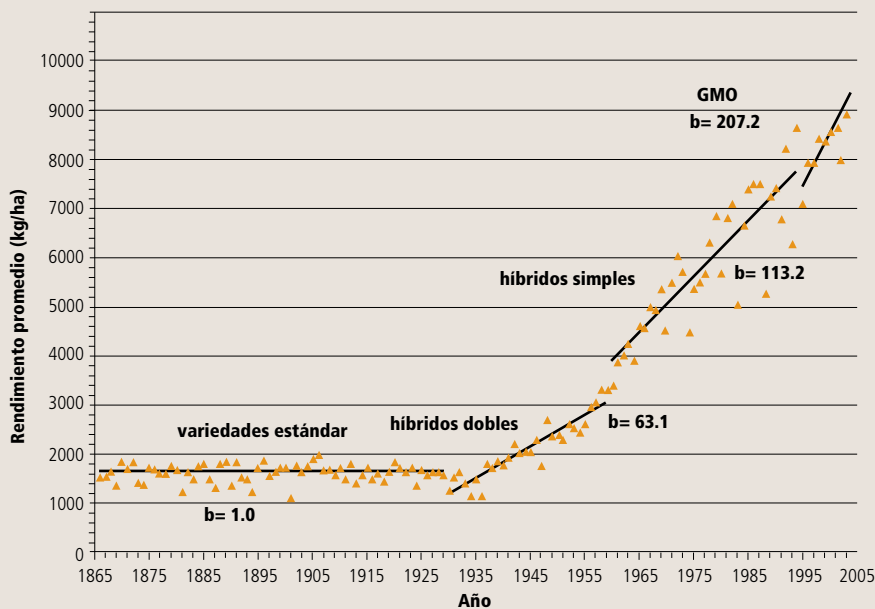
En respuesta a este desafío, se originó la agronomía, disciplina que aplica conocimientos derivados de ciencias como la biología, química, física y matemática en el desarrollo de tecnologías y prácticas conducentes a optimizar la producción y utilización de productos agrícolas. Entre las áreas de estudio que incluye y que han permitido aumentar la producción agrícola están el mejoramiento, fertilización, riego, mecanización, postcosecha y protección de cultivos contra plagas, enfermeda-

des y malezas. Se estima que el mejoramiento vegetal es responsable de cerca del 50 por ciento de los aumentos de rendimiento en los cultivos de mayor importancia durante el último siglo. De hecho, el uso de variedades vegetales mejoradas fue uno de los pilares fundamentales de la Revolución Verde, y que permitieron aumentar la producción agrícola a niveles por sobre la demanda de alimentos impuesta por el crecimiento de la población.

El mejoramiento vegetal es una actividad multidisciplinaria, que incluye disciplinas como la genética, estadística, agronomía, fisiología vegetal, entomología, patología y botánica, entre otras. Su principal objetivo es emplear los recursos genéticos vegetales para el desarrollo de variedades con ciertas características, que vayan en beneficio de la producción agrícola y el bienestar de las personas. Nació con la domesticación de plantas silvestres, permitiendo así el desarrollo de la agricultura. Los cruzamientos dirigidos, seguidos de selección, que se comenzaron a efectuar hace más de 200 años cons-

tituyen la metodología básica para la producción de nuevas variedades. Este mejoramiento tradicional requiere de germoplasma diverso, tanto cultivado como silvestre, y de métodos eficientes para una exhaustiva selección de los parentales y su descendencia, obteniendo así cultivares que se adaptan mejor a las necesidades de agricultores y consumidores.

La biología reproductiva de la especie vegetal a mejorar ha definido de manera fundamental la estrategia con que se enfrenta su mejoramiento y posterior multiplicación de la nueva variedad. En especies de reproducción vegetativa, como la papa, basta con generar variabilidad y seleccionar el individuo de mejores atributos; de esta forma se obtienen individuos genéticamente idénticos entre sí y con la planta que los originó (clones). Sin embargo, en la mayoría de los cultivos, la reproducción vegetativa no es práctica y la alternativa es la multiplicación por semillas. En este caso, se debe distinguir entre especies de reproducción principalmente alógama (polinización cru-



Fuente: Adaptado de Troyer 2006, *Crop Science* 46: 528-543.

FIGURA 2

Rendimiento promedio de maíz en Estados Unidos entre 1865 y 2005. Los valores de "b" corresponden al valor de pendiente (aumento anual de rendimiento en kg por hectárea) de la regresión lineal ajustada a los datos de cuatro periodos según tipo predominante de variedades: estándar o de libre polinización, híbridos dobles, híbridos simples y de GMO o híbridos simples genéticamente modificados.

zada entre individuos), y especies de reproducción predominantemente autógama (autopolinización).

El atributo que invariablemente ha sido el más importante para el mejorador vegetal o fitomejorador es el aumento de rendimiento de los cultivos. En el maíz, que es alógamo, gracias al mejoramiento se ha obtenido aumentos de rendimiento que se ilustran, para el caso de Estados Unidos, principal productor de maíz, en la figura 2. Éste es un ejemplo claro de cómo la producción agrícola ha sido capaz de responder a los desafíos impuestos por el aumento de la población. En la figura se aprecia que hasta el año 1930, los aumentos en rendimiento por año eran en promedio de un kilogramo por hectárea, claramente insuficientes para compensar los aumentos de la población (figura 1). A partir de 1930, se genera el desarrollo e introducción de variedades de maíz híbrido, una de las innovaciones tecnológicas de mayor impacto en el mejoramiento vegetal, la industria de semillas y la agricultura en general.

Desarrollo de variedades híbridas

Un híbrido es el resultado del cruce controlado entre dos genotipos diferentes. Cuando se cruzan dos líneas puras (homocigotas), la semilla que se produce corresponde a una variedad híbrido simple, que genera plantas muy uniformes y vigorosas, producto del vigor híbrido o heterosis. Además, los híbridos presentan resistencias específicas a ciertas enfermedades, lo que constituye una ventaja adicional de estos materiales. La uniformidad, clave para la mecanización del cultivo, y el alto rendimiento de las variedades híbridas, hizo que los agricultores estuvieran dispuestos a pagar el valor adicional que ellas tenían respecto de otras estándar o de polinización abierta.

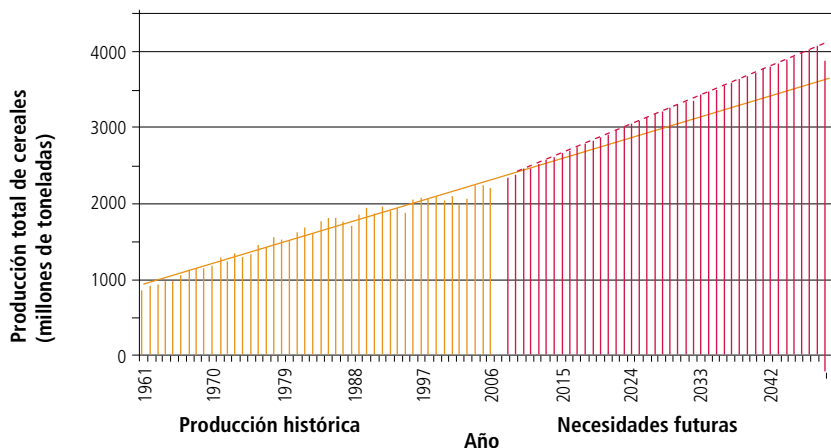
En la figura 2 se observa, que el periodo entre 1930 y 1960 se caracterizó por el cultivo de híbridos dobles, derivados del cruce entre dos híbridos simples, con lo que los rendimientos promedios se incrementaron en alrededor de 63 kg por hectárea al año. Entre 1960 y 1995,

periodo en que predominó el uso de híbridos simples, los rendimientos anuales de maíz aumentaron en promedio 113 kg por hectárea. Entre 1996 y el 2005, con la introducción de variedades híbridas genéticamente modificadas (transgénicos), la tasa de crecimiento anual para el rendimiento promedio de maíz en Estados Unidos aumenta a 200 kg por hectárea.

Producto de la segregación genética, la semilla que produce una variedad híbrida, origina individuos que pierden las características de vigor y uniformidad original, y los agricultores se ven obligados a comprar semillas de las variedades híbridas cada temporada.

Otro inconveniente es el aumento del valor de las semillas. En el caso de maíz, su valor es cerca de cinco veces el valor de semilla estándar. Esto, debido al alto costo que tiene el desarrollo y la producción de semilla híbrida que requiere de un manejo complejo y especializado, con un mayor riesgo asociado, especialmente al proceso de hibridación.

Datos 2007	Area (x 10 ⁶ ha)	Producción (x 10 ⁶ tons)	Rendimiento (t/ha)
Maíz	158	792	5,0
Arroz	156	660	4,2
Trigo	214	606	2,6

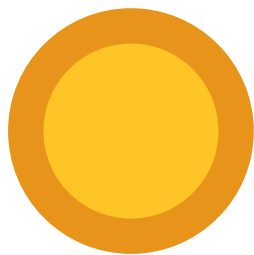


Fuente: Adaptado de Tester y Langridge, 2010.

FIGURA 3

La producción de cereales en el mundo aumentó de 877 millones de toneladas en 1961 a 2.351 millones de toneladas en 2007. Sin embargo, para alcanzar a cubrir la demanda estimada de alimentos en los próximos años hasta el 2050, la tasa de aumento de producción anual debe subir de los actuales 32 millones de toneladas por año (línea continua azul) a 44 millones de toneladas por año (línea punteada roja).

Se estima que el mejoramiento vegetal es responsable del 50% de los aumentos de rendimientos en los cultivos de mayor importancia del último siglo.



No obstante lo anterior, estos cambios no fueron un problema para la rápida adopción del maíz híbrido. De hecho, en la agricultura moderna prácticamente la totalidad del maíz se produce a partir de variedades híbridas, ya que los agricultores comprenden que el costo adicional en semillas, que por lo demás es bajo en relación al costo total, se ve compensado con creces por los mejores resultados.

Otro aspecto relevante en relación al desarrollo de variedades híbridas se relaciona a la posibilidad de asegurar el respeto por la propiedad intelectual, conocido como derecho del obtentor. Con esto, las empresas de semillas tienen el incentivo necesario para invertir tiempo y recursos en el desarrollo de nuevos genotipos, ya que se aseguran poder recuperar la inversión necesaria para

obtener una variedad superior. Así, el desarrollo de variedades híbridas se hace popular en especies tan diversas como maíz, remolacha, brócoli, canola, zanahoria, tomate, cebolla, girasol, entre otras, todas especies alógamas.

El aporte de Borlaug

Hay otro grupo de especies en que las ventajas que se obtienen con variedades híbridas son insuficientes como para compensar el mayor costo que tendría producir este tipo de semilla; éstas son las especies autógamas como trigo, lechuga, arveja, soya y frejol, entre muchas otras. En éstas, el productor puede mantener la pureza genética en ciclos sucesivos de cultivo, con lo que no es necesario comprar semilla al inicio de cada temporada. Como es lógico, el estímulo económico para desarrollar mejoramiento en estas especies es menor, ya que hay un alto grado de incertidumbre en la posibilidad de recuperar la inversión del proceso de mejoramiento. Pese a ello, impulsado por razones estratégicas y humanitarias, sí se ha realizado mejoramiento en este tipo de especies con resultados sorprendentes.

El trigo es un ejemplo emblemático. A mediados del siglo pasado, Norman Borlaug, uno de los principales impulsores de la Revolución Verde, trabajó en programas de mejoramiento de trigo, financiados por organismos gubernamentales y fundaciones como la Ford y Rockefeller, que buscaban superar problemas de hambruna existentes en Asia, África y Latinoamérica. Mediante el uso de mejoramiento genético convencional, Borlaug y colaboradores identificaron genes Rht (reduced height) que confieren enanismo, cuya



incorporación en las variedades mejoradas de trigo permitió disminuir las pérdidas por tendadura (caída de las plantas), aumentó el índice de cosecha y mejoró la capacidad de respuesta a la fertilización nitrogenada.

Como consecuencia de ello, la producción mundial de cereales (trigo, arroz y maíz) casi se triplicó entre 1961 y 2001, con sólo un 20% de incremento de la superficie cultivada. Además, un estudio publicado durante el 2003 en la revista Science, concluyó que el aporte de la Revolución Verde en países en vías de desarrollo permitió mejorar el estado nutricional de 32 a 42 millones de niños en edad pre-escolar, así como también reducir significativamente la mortalidad de niños e infantes. La contribución en este aspecto fue tal, que le valió el Premio Nobel de la Paz a Norman Borlaug en 1970.

La hambruna y el cambio climático

Además de los problemas de hambruna, que lamentablemente aún persisten en algunos lugares del mundo por problemas políticos y de distribución, la

agricultura moderna enfrenta hoy nuevos desafíos como producir alimentos y materias primas de mayor calidad, de forma más sustentable y en ambientes cada vez más impredecibles, muchas veces adversos. Todo esto coloca nuevos objetivos para los fitomejoradores, que tendrán que incorporar otras tecnologías para aumentar la producción agrícola a nivel mundial.

En este contexto, el desarrollo de la genómica, la transformación genética, el uso de marcadores moleculares, la bioinformática, resultarán clave para identificar regiones cromosómicas del genoma asociadas con genes que confieren altos rendimientos, y se tendrán que combinar los métodos convencionales con aquéllos nuevos, con el objetivo superior de erradicar el hambre en el mundo. La FAO denuncia constantemente que el problema de alimentación es muy importante, y que de aquí al 2050 habrá que aumentar la cantidad de alimentos producidos en más de un cincuenta por ciento (figura 3). Para ese año, seremos cerca de nueve mil millones de personas (figura 1), y ¿cómo vamos a alimentar a todos los nuevos habitantes que vienen?

Además, se tendrán que crear variedades que respondan de mejor forma a los cambios climáticos que están ocurriendo en la actualidad, para que sean más eficientes en el uso de recursos productivos (resistentes a sequía y más eficientes en el aprovechamiento de la fertilización nitrogenada y fosfatada).

En paralelo, surgen con fuerza nuevos desafíos como la obtención de productos vegetales de mayor calidad nutricional que favorecerá a los consumidores, una realidad que no existía en el siglo pasado en muchas partes del mundo.

La necesaria protección legal

Para que el fitomejoramiento sea capaz de responder a todos estos desafíos, se requiere de una legislación nacional e internacional que asegure una eficaz protección de los derechos de los obtentores vegetales, de manera que se genere el incentivo necesario para crear las nuevas variedades que la agricultura moderna necesita. El mejoramiento vegetal es una actividad en permanente progreso, en que cada programa exitoso tiene asociado una importante inversión de largo





El mejoramiento vegetal es una actividad en permanente progreso, en que cada programa exitoso tiene asociado una importante innovación a largo plazo.

plazo en recursos técnicos y humanos especializados.

En el caso del trigo, por ejemplo, el fitomejorador requiere en promedio de 10 a 15 años para crear una nueva variedad. Este proceso además de largo, requiere de financiamiento, ya que no existen fondos públicos especiales para el mejoramiento genético, y lo que ocurre en la práctica, es que se tiene que combinar recursos de distintas fuentes para poder solventar los gastos de un programa de largo aliento para el desarrollo de nuevas variedades. Resulta frustrante para un fitomejorador que después de este largo esfuerzo, se lance al mercado una nueva variedad y que, al poco tiempo, un productor de trigo pueda multiplicar la semilla derivada de la nueva variedad y lucre comercializando esta semilla “pirata” a otros productores, sin que el mejorador tenga una compensación económica que le permita recuperar su inversión y sustentar su programa en el tiempo.

En Chile, por ejemplo, sólo un 15 por ciento de la superficie sembrada con trigo usa semilla adquirida en el comercio formal (corriente o certificada), siendo parte importante de la superficie restante, sembrada con semilla adquirida en el comercio informal. La situación es similar en especies de propagación vegetativa, como es el caso de la papa y muchas especies frutales. Además de constituir un atropello a los derechos del obtentor, el uso de material pirata, ya sea semillas, tubérculos o plantas, conlleva el riesgo de no asegurar la pureza genética, uniformidad y sanidad de las plantas con que se parte un nuevo cultivo.

Para enfrentar este problema se creó la Unión Internacional para la Protección de Nuevas Variedades de Plantas, conocida como UPOV. Esta organización internacional, cuyas actas tienen como objetivo asegurar que los países miembros (58 en la actualidad) reconozcan y amparen los logros de los obtentores de

nuevas variedades vegetales, concediéndoles un derecho de propiedad intelectual a partir de principios claramente definidos y de aplicación universal.

El convenio UPOV ha sido modificado en tres ocasiones (1972, 1978 y 1991), fortaleciéndose los derechos de los obtentores y afinándose los criterios básicos a partir de los cuales se establece un privilegio respecto de una nueva variedad.

Chile es parte de UPOV desde 1996, fecha en que adhirió al convenio y sus actas modificatorias de 1972 y 1978.

Durante los últimos meses se ha producido un intenso debate por la adhesión a la UPOV-91. Entre las principales diferencias respecto a la UPOV-78, está que el alcance de la protección ya no es sólo la semilla o material vegetativo, sino que se amplía hasta la cosecha e incluso al producto industrial de ella. Otro cambio es la extensión del período de protección de la variedad de 15 a 20 años en el caso de especies herbáceas, y de 18 a 25 años en el caso de los frutales. Además, la UPOV-91 agrega la protección provisional, para el período comprendido entre la presentación de la solicitud del obtentor hasta que se otorga la inscripción oficial.

La inclusión de la “variedad esencialmente derivada” constituye otra innovación relevante de la UPOV-91, ya que especifica el ámbito de protección que se concede al creador de una nueva variedad. El fundamento de este cambio es amparar sólo la creación de variedades en las cuales exista un real trabajo de mejoramiento genético, sin considerar aquéllas en que si bien desde un punto de vista formal son nuevas, no presentan una alteración sustantiva en relación a la o las variedad(es) a partir de la(s) cual(es) se inició el supuesto mejoramiento. Esto, en la práctica, significa que si un tercero desarrolla una nueva variedad que deriva esencialmente de una ya existente, para registrar la nueva, se deberán reconocer los derechos del obtentor de la original.

Un punto que ha resultado particularmente interesante en la discusión de la adhesión a la UPOV-91 ha sido el llamado “privilegio del agricultor”, que permite a los agricultores usar, en su predio, el producto de la cosecha obtenida de una variedad protegida y está dirigido a aquellos cultivos donde existe una práctica tradicional de conservar material para nueva propagación por parte de los productores. Esto beneficia particularmente a los pequeños agricultores y es un aspecto que se mantiene en la UPOV-91 respecto de la UPOV-78, con algunas regulaciones específicas que apuntan a impedir el abuso de grandes productores agrícolas, que podrían comprar una cantidad mínima de semilla, multiplicarla y luego usarla para producir comercialmente en una superficie sustancialmente mayor. El privilegio del agricultor no tiene restricciones en el caso de producciones no comerciales (subsistencia o investigación) y para pequeños productores.

La creciente cantidad de naciones que han adherido a los convenios de UPOV, son un reflejo de su importancia para incentivar el mejoramiento vegetal y mejorar así la agricultura. Sin embargo, el marco regulatorio establecido por la UPOV-91 no se encuentra ajeno a múltiples y fuertes críticas de diversos sectores.

Una de las más difundidas es que la UPOV-91 vulneraría los derechos de los agricultores sobre su material genético y patrimonio cultural, señalando que las grandes multinacionales se adueñarían de las variedades tradicionales y cobrarían royalties por su utilización.

Este argumento no considera que el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), el principal centro público de investigación agrícola del país, desarrolla programas de transferencia tecnológica, identifica y conserva las especies locales mediante bancos de germoplasma y, a través de sus distintos programas de mejoramiento genético, provee a los pequeños agricultores de semillas certificadas de alta calidad, asegurando

La creciente cantidad de naciones que han adherido a los convenios de UPOV, son un reflejo de su importancia para incentivar el mejoramiento vegetal y mejorar así la agricultura.



su acceso, y permitiendo resguardar el interés público comprometido en esta actividad. Tampoco se tiene en cuenta que sólo mediante inversión en investigación, desarrollo e innovación tecnológica se pueden obtener variedades mejoradas, las que por definición deben ser nuevas y distintas a cualquier otra variedad existente, esté o no registrada.

Para tener una correcta discusión de estos temas, se debe distinguir que existen distintos tipos de agricultura (ver recuadro), y que si bien las variedades tradicionales tienen un alto valor en la agricultura de subsistencia, su valor no es tal en sistemas de producción comercial modernos. De forma similar, las variedades híbridas y estándar más mo-

En Chile existe una creciente cantidad de programas de mejoramiento genético que permitirá exportar productos con mayor valor agregado.

dernas, tienen un potencial productivo que se expresa en condiciones de manejo intensivo, distinto al que daría un pequeño agricultor y que, por lo tanto, no son las mejores para usar en pequeña agricultura.

En la actualidad, en Chile existe una creciente cantidad de programas de mejoramiento genético que permitirán exportar productos como frutos, plantas y semillas, con mayor valor agregado en los exigentes mercados de exportación (Estados Unidos, Europa y Asia). Eso se logrará a través de incentivos concretos y eficaces, que deben combinar iniciativas públicas y privadas, que en el caso de grandes inversiones, sólo las pueden realizar empresas que cuentan con los recursos técnicos y humanos necesarios. En este contexto, el Estado puede limitar el derecho del obtentor en varios casos, como ocurre al encontrarse comprometida la seguridad alimentaria del país.

Otra crítica que ha recibido la normativa UPOV-91, es el hecho de que espe-

cies vegetales que han sido mejoradas (mal llamadas modificadas) podrían contaminar en forma irreversible las variedades tradicionales o autóctonas, afectando nuestro patrimonio genético y que dañaría de modo irreparable algunos ecosistemas. La confusión en este punto radica en hacer sinónimos el mejoramiento genético con el uso de variedades transgénicas (u organismos genéticamente modificados, OGM). Tanto la UPOV-78 como la UPOV-91 permiten la inscripción de variedades transgénicas en el registro de obtentores, pero su comercialización en Chile no es posible, ya que no existe un cuerpo legal que la autorice. En el debate de la UPOV-91 no se encuentra considerada la autorización para producir variedades transgénicas en nuestro país. Existe otro proyecto, completamente distinto y no relacionado a la Ley de Protección de Obtenciones Vegetales en actual discusión en el Congreso, que se refiere específicamente a la legislación de los cultivos transgénicos en Chile.

Sólo un 15% de la superficie sembrada con trigo en el país usa semilla adquirida en el comercio formal.



DISTINTOS TIPOS DE AGRICULTURA, DISTINTOS TIPOS DE VARIEDADES

En el debate que la adhesión a la UPOV-91 ha originado, se ha tendido a confundir o ignorar la existencia de distintos tipos de agricultura, lo que impide alcanzar un buen entendimiento del problema y genera posiciones polarizadas difíciles de conciliar. De igual manera, se confunden con frecuencia los términos de especie (no se puede proteger ni patentar una especie) y variedad, sin tener claro tampoco la distinción entre distintos tipos de variedades (por ejemplo, tradicional, estándar e híbrida). Una de las confusiones más frecuentes es la de distinguir sólo entre una agricultura orgánica y otra de transgénicos.

En términos generales, podemos diferenciar dos grandes tipos de agricultura: una de subsistencia y otra comercial. La de subsistencia tiene como objetivo principal la producción de alimentos para autoconsumo. En este caso, el nivel tecnológico es típicamente precario y la venta de productos se limita a las oportunidades en que hay excedentes. La agricultura comercial en cambio, se caracteriza por emplear un mayor nivel tecnológico y tiene como objetivo obtener utilidades al comercializar sus productos.

Dentro de la agricultura comercial, dependiendo del criterio de clasificación, se pueden distinguir distintos tipos como por ejemplo: agricultura de secano, de regadío, intensiva, extensiva, convencional, sustentable, orgánica, agroecológica, etcétera. Además, dentro de la agricultura comercial se distinguen productores pequeños, medianos y grandes.

Las variedades tradicionales, también conocidas como locales, patrimoniales o autóctonas, están típicamente asociadas a la agricultura de subsistencia y se han ido originando por años de uso y selección, caracterizándose por ser poco uniformes y estar adaptadas a las condiciones de crecimiento y manejo en que se desarrollan. Éstas tienen un valor mínimo o nulo para ser usadas directamente en agricultura moderna, especialmente entre productores medianos y grandes.

Sin embargo, eso no las hace menos valiosas. Muchas de ellas presentan un alto valor cultural y de identidad para las comunidades en que se han desarrollado, además de atributos de adaptación para las condiciones de cultivo en que fueron desarrolladas. Son, además, una importante fuente de variabilidad para los fitomejoradores, ya que en ellas pueden encontrarse los atributos necesarios para el desarrollo de nuevas variedades, con características composicionales o de adaptabilidad únicas.

De igual forma, el mejoramiento y las variedades desarrolladas para la agricultura comercial también constituyen una importante fuente de variación para la agricultura de subsistencia. De hecho, muchas de las variedades tradicionales hoy existentes, han evolucionado a partir de variedades que en algún momento fueron comerciales y de última generación.

Por otro lado, cuando se menciona el aporte de la agricultura para sustentar una población creciente, se hace referencia a una agricultura comercial. Es en esta agricultura que la agronomía en general, y el mejoramiento vegetal en particular, han tenido un mayor impacto.

Los aumentos de rendimiento observados en maíz (figura 2) se deben al uso de variedades híbridas en agricultura comercial. El uso de híbridos por sí sólo no permite alcanzar los rendimientos observados, se requiere además de tecnologías modernas de producción (riego, fertilización, protección del cultivo, mecanización, etc.).

Por otro lado, las variedades modernas, como es el caso de los híbridos y las variedades enanas de trigo introducidas por Borlaug, no son necesariamente las mejores para ser usadas en agricultura de subsistencia, ya que en este caso las condiciones de manejo no permitirían alcanzar su rendimiento potencial, y es probable que su alta uniformidad represente una desventaja ante condiciones variables de estreses bióticos y abióticos.

Conclusión

El mejoramiento ha sido y seguirá siendo una disciplina clave en la capacidad de la agricultura para responder a los nuevos desafíos impuestos por el crecimiento de la población, restricción de recursos y cambio global. El incentivo para el mejoramiento se ha dado principalmente por la posibilidad de desarrollar variedades híbridas que se propagan por semillas y permiten proteger los derechos del obtentor y así recuperar la inversión, por programas de mejoramiento público, financiados por instituciones de gobierno y fundaciones filantrópicas, y por la existencia de un reglamento claro que garantice a los mejoradores vegetales que se reconocerán y respetarán sus derechos. En este sentido, contar con una legislación que adhiera a la UPOV-91 constituye una herramienta esencial para promover los programas de mejoramiento nacionales en el futuro, lo que beneficiará significativamente a la agricultura de Chile. 