

Genética Vegetal: "La ciencia para las modificaciones inducidas de los vegetales"

Ricardo Pertuzé

La verdad es que cuando se habla de modificaciones inducidas se piensa en que la agricultura o el mejoramiento en sí vienen transformando las plantas desde hace mucho tiempo. Una planta de zanahoria silvestre se ha transformado en una planta muy distinta o quizá no tan di. Lo que podemos ver en la siguiente imagen es una maravilla silvestre que claramente ha modificado su grano enormemente, sus flores también y hemos transformado las plantas dimensionalmente de formas distintas, y nos podemos dar cuenta que ese tipo de transformaciones ha sido aún más evidente cuando nos ponemos el caso del maíz por ejemplo, donde tenemos una planta como el teosinte que es la que se muestra en el extremo, y que esa planta ha sido transformada hace mas de 10 mil años, quizá desde el momento en que los hombres dejaron de ser nómades y comenzaron a ser sedentarios. En ese entonces empezamos a hacer selecciones que nos llevaron rápidamente o quizá no tan rápidamente, inicialmente pero si posteriormente, a tener plantas como las que hoy día tenemos que cultivamos actualmente.

Recién en 1699 se descubrió que las plantas tenían sexo. En 1700 y tanto se hizo el primer cruzamiento; en 1850 recién se hacen los cruces entre las primeras variedades. To do esto demuestra que la historia ha ido avanzando bastante más rápido en los últimos años que en años anteriores. En 1930 se han podido cruzar géneros de distintas especies. Incluso se han podido aplicar técnicas como la fusión celular, es decir, se han podido juntar protoplastos distintos, sacarles las membranas de las plantas y tener la capacidad de juntar dos células en una sola. Ya alrededor de 1985 se ha comenzado con la manipulación directa del ADN a través de la ingeniería genética, es decir, tener la capacidad de recoger un gen y poder utilizarlo directamente sin mediar un cruzamiento. Esos procesos van acompañado de algo que se ha venido conversando hace mucho tiempo, las poblaciones humanas vienen creciendo ya en un promedio que se duplica cada 30, 45 años; si lo pensamos de alguna forma, en el año 1950 había alrededor de 1,7 habitantes por hectáreas Sin embargo, si se piensa en la proyección que esto tiene en el tiempo, la superficie no va ha crecer, pero como , los habitantes han seguido creciendo en 2050 habrán tener alrededor de 7 habitantes por hectáreas, lo que implica una reducción en la superficie por habitante muy significativa. Sin embargo, la capacidad de poder producir los alimentos tienen que verse favorecida de alguna forma, la única forma de llegar a eso es mejorando las producciones, para lo que se necesita bastante esfuerzo.

Hay que hacer esfuerzos importantes para poder solucionar ese problema. A nivel del país, en los últimos 47 años, si se comparan los rendimientos promedios, del año 1961 con los del año 2008 hay un aumento exorbitante de 500%, 400%, 300% según cada cultivo analizado. Las razones de cada uno de estos incrementos son muy diversas, sin embargo todas ellas están basadas en forma muy importante en el concepto de la genética y el mejoramiento. Sin el mejoramiento genético ninguno de esos resultados podrían haber sido posible. Sin duda el concepto de mejoramiento que se aplica no fue desarrollado en Chile- Sin embargo la genética internacional ha llegado a Chile y se ha podido aplicarla de muy buena forma. Básicamente el concepto de mejoramiento del maíz se debe principalmente al concepto de que se han incorporado los híbridos, que comenzaron a desarrollarse en el maíz alrededor de 1933.

En el caso del tomate, la incorporación de nuevas especies tuvo un freno en el rendimiento en algún momento de su proceso y ese freno, producto de las mejoras continuas, solamente se vio forzado y levantado después que se descubrió que existían especies silvestres que eran capaces de solventar nuevos aportes al rendimiento.

En el trigo la verdad es que la historia es conocida por muchos, Norman Borlaug, ganó el premio Nóbel en 1970 por haber descubierto unos mutantes que le dan la capacidad al trigo de crecer en forma enana, lo cual permitió claramente poder sostener un rendimiento muy superior y eso hizo que la capacidad del rendimiento del trigo se fomentara enormemente. Algo parecido ha pasado en manzanas y papas. Probablemente las características no tienen sentido describirlas ahora, pero es importante destacar que el esfuerzo genético que hay detrás en conjunto con el esfuerzo de cultivo y las mejoras del cultivo han permitido obtener incrementos sustanciales en el rendimiento de cada una de estas especies y en muchas otras también.

Sin embargo, es importante considerar que para poder hacer mejoramiento hay que satisfacer las necesidades del agricultor por un lado. El consumidor también tiene sus necesidades y tiene que transmitírselas al mejorador para que este sea capaz de transformar las variedades de las especies a las necesidades actuales del futuro y la única forma de hacer eso es teniendo comunicación entre cada uno de estos entes, cosa que se ha ido coartando en el tiempo. Los agricultores tienen necesidades distintas que las que tiene un comerciante, también van a ser distintas a las que tiene un consumidor y probablemente se van a ir desarrollando nuevas necesidades en el tiempo. Sin duda un agricultor va a buscar mayores rendimientos, resistencias a plagas, menores costos de producción, sin embargo, un comerciante no está muy interesado en la resistencia a plagas probablemente a nivel de campo, pero sí a una vida post cosecha buena, buen color y una presentación de buenas características. Un consumidor, sin duda, va a andar buscando un producto sano, con valor nutritivo, sabroso y probablemente más adelante nos vamos a encontrar con una serie de otras características como biocombustibles y otras posibilidades de favorecer incluso de vacunas a través de las plantas.

En la medida que no tenemos variabilidad genética nos vamos a encontrar con un freno en el rendimiento y a poco andar este rendimiento o esta mejora va a ir limitándose. La única forma de incrementar este rendimiento es obtener variabilidad genética y esa variabilidad genética se puede obtener de varias maneras, ya sea a través de centros de origen de estas especies o a través de especies silvestres o a través de nuevas o mejoras importantes en la tecnología que estamos utilizando para obtener el rendimiento. En el maíz, el concepto de los híbridos, que se generó recién en 1933; en el caso del trigo las variedades enanas; en el caso del tomate, especies silvestres.

En el caso del tomate hay un número significativo de variedades de especies silvestres, en torno al llamado *solanum lycopersicum* antes llamado *lycopersicum esculentum*. Todas las otras son especies silvestres que están más o menos cerca de esta especie en términos relativos. Hay cuatro especies silvestres que crecen en el norte de Chile desde Tal-tal hacia Arica, de las cuales ninguna de las cuatro se pueden cruzar directamente con el tomate por dificultades de cruzamiento. Hay problemas de competitividad pues no se ha sido capaz de tomar el polen de *licopersicoide* ni de *sitiens* y llevarlo a una planta de tomate generando cruzamiento viables, y eso hace que la única forma de extraer información genética que está disponible y que tiene las mismas características. Cada una de estas especies tienen 24 cromosomas es decir tiene las mismas características del ADN, tienen la misma secuencia de genes en muchos casos salvo en alguno detalle. Lo que se ha querido hacer es transferir parte de algunos genes a la especie cultivada para poder darle nuevas características al tomate, darle nuevas opciones de rendimiento, incrementar las características y el potencial de este.

La planta de *solanum sitiens*, resistente a la sequía, está tratando de ser incorporada hoy día al genoma tomate. Se han hecho polinizaciones, en el caso de polinización viable y funcional, sin embargo, en el caso de las polinizaciones entre estas dos especies se ven coartadas y se forman bloqueos en los tubos polínicos y no es posible llegar a producir una fecundación viable. Se producen acumulaciones callosas que limitan el desarrollo de estos tubos polínicos e incluso si estos llegaran a fecundar, uno de los óvulos

tendrían problemas estructurales que no permiten que la polinización ocurra adecuadamente.. Hoy día el genoma de tomate está cubierto y saturado con más de miles de cromosomas, de hecho ya está secuenciado, es decir, la información genética contenida en el tomate está absolutamente completa y es posible distinguirla a mucho nivel. Los genes de la especie silvestre y los de la especie del tomate cultivado tienen un orden distinto. Ese orden distinto de los genes en ese cromosoma 10 hace que estas dos especies no puedan cruzarse adecuadamente y la única forma de hacerlo es a través de este puente, es decir, cruzando una especie lejana con una especie intermedia y posteriormente esa especie híbrida que se ha formado entre la especie lejana y la intermedia se la cruza con el tomate. De esta manera es posible transferir esos genes directamente al tomate y eso es lo que se ha tratado de hacer y se ha hecho de hecho con mucho éxito.

Existe una técnica que se llama Genomic in situ hybridization, que es básicamente un pintado de cromosomas con fluorescencia. Los cromosomas que se ven en rojo, son cromosomas de tomate y los cromosomas que se ven en azul-lila son cromosomas de la especie silvestre, es decir, es posible hoy encontrarse con plantas que tienen el genoma de tomate y además, tienen el genoma de la especie silvestre. Claramente esa planta tiene dificultades de reproducción, no es posible que forme gametos normales, sin embargo haciendo una serie de técnicas de rescate de embrión y una serie de técnicas, incluso de duplicación del material cromosómico es posible llegar a obtener un genoma completo de tomate y solamente algunos segmentos de la especie silvestre, con lo cual podemos perfectamente revisar y cada una de las características que están contenidas en las especies silvestre transferirlas directamente al tomate cultivado. Pero es importante rescatar el siguiente concepto, nosotros hablábamos de modificaciones inducidas o modificaciones que estamos haciendo en los vegetales, lo que tenemos acá es un cruzamiento entre dos especies distintas donde estamos trasladando el 50% de una especie y tenemos el 50% de otra especie. Es decir, en un tomate híbrido de este estilo tenemos un 50% de genes de la especie silvestre y un 50% de genes del tomate cultivado, cosa que no va a ocurrir si pensamos en la ingeniería genética de la inserción de un solo gen, es decir es mucho menos invasiva la ingeniería genética que la transformación que hemos estado viendo hasta ahora.

Los marcadores moleculares permiten identificar características específicas que nosotros sabemos que en ese punto en particular podemos distinguir el tomate tipo pera y distinguir el tomate tipo amarillo del tomate rojo. Por lo tanto podríamos perfectamente seleccionar un stock de plantas, identificar antes de que la planta haya crecido y sin haber desarrollado ningún tipo de características el tomate tipo amarillo y además, el tomate tipo pera o el tomate redondo y amarillo o cualquier combinación y con otro marcador molecular podríamos perfectamente seleccionar tomates que tengan mayor contenido de licopeno o cualquier características que estuviésemos interesados. Es decir, podemos incorporar información a través de marcadores moleculares que son simplemente marcas en el genoma que nos permiten asociar características morfológicas que nos permiten llegar finalmente a obtener las características que nosotros andamos deseando.

La lechuga tiene una serie de problemas sanitarios que son posibles de solucionar. El *Mildew* es una de ellos. Hay alrededor de 15 marcadores moleculares asociados y alrededor de 5 razas distintas que permiten identificar características de la lechuga. Si nosotros complementamos esa información en genética además la *esclerotinia*, y además la de los virus, es posible que podamos identificar cada una de esas plantas sacarles una pequeña hoja y finalmente obtener la lechuga que andamos buscando, que tenga características de resistencia tanto al *Mildew* como a la *esclerotinia* como al virus o a varias de las razas que tiene cada uno de ellos. Es decir, podemos votar a la basura el 90% de las plantas que no nos sirven, porque no tienen la resistencia a ninguna de estas enfermedades y sin embargo recatar solamente aquellas que son las que nos permiten obtener las características que andamos buscando.

Básicamente lo que estamos haciendo es buscar una aguja en un pajar y los marcadores moleculares no es otra cosa que tener un detector de metales que nos permite encontrar con mayor facilidad esta aguja en el pajar. Estas herramientas son validas y muy utilizadas y hoy día son lejos una tremenda herramienta para la agricultura y para el mejoramiento. Sin ninguna duda, lo que estamos haciendo es que tradicionalmente hemos compartido y hemos hecho cruzamientos donde tenemos el 50% de una planta y el 50% de otra. La transformación de planta en ingeniería genética, lo que esta haciendo es recoger un gen que ha sido identificado de características interesantes y ha sido trasladado a una planta de interés que ya tiene características interesantes, y genes que tienen características distintas. El *flavr savr*, q fue el primer tomate liberado en el mercado con características transformadas. El maíz, soya o algodón, pueden tener genes de té que le permiten o le confieren resistencia a ciertos *lepidópteros*. Incluso en 1999 se desarrolló un arroz que tiene mayor concentración de betacaroteno, que es un precursor de la vitamina A y que de alguna forma permite o se pensó inicialmente, evitar problemas a nivel de la visión de las personas.

La mayor parte de las transformaciones se hacen con *agro bacterium*. Hay varias técnicas como las pistolas de genes o bien a través de la electroporesis, que son menos utilizadas. Sus usos varían de una especie a otra. Con estas técnicas podemos hacer lo mismo que con la agricultura tradicional, con el mejoramiento tradicional pero somos mas precisos la idea es que básicamente nos concentremos en características específicas y podamos incorporarla solamente en el punto que andamos buscando ya sea insecticida, virus, insectos, resistencias al frío, etc., Cualquiera de ellas son viables y funcionales.

El gen de resistencia al lepidóptero el gen DT o gen CRI, que produce una proteína cristalina que básicamente produce una indigestión en los lepidópteros que cuando consumen la proteína tienen problemas digestivos y lamentablemente se deshidratan y provocan daños, como los que vemos acá, en algodón versus este otro que tiene el gen y que se hace resistente. Éstos son barrenadores que no tenemos en Chile afortunadamente pero sin duda son devastadores en términos del acceso al maíz y esta otra planta tiene la resistencia. Simplemente como para resaltar en 1978 se hizo un estudio de las aplicaciones de algodón, fueron reducidas en 450 kilos menos de plaguicida producto de la aplicación de estos herbicida, de estos transgenes. Esta es otra característica más plantas resistentes al virus versus plantas no resistentes, en este caso tenemos tres genes distintos de virus, claramente se ven las diferencias entre unas plantas y otras, esas son características que les beneficiamos al agricultor. Lo mismo podemos hacer con el consumidor; hay varios genes de distintas características, genes que tienen mayor concentración de licopeno, tres veces más de lo que tendrían otras especies normales, que han sido incorporada producto de la transgenes. El licopeno bien sabemos que previene el cáncer, además se ha descubierto que combate fuertemente problemas de fertilidad en la mujer.

Zanahoria es otro ejemplo más. A través de genética clásica se le ha dado un 75% más de betacaroteno de lo que tenía originalmente. A través de transgénicas, hoy día se permite que estas zanahorias puedan absorber mas de una 40% de calcio y a través de otras características se ha podido incorporar colores distintos y obviamente licopeno, luteína y otros antocianos que permiten que las zanahorias sean mucho mas ricas en muchos nutrientes.

Se espera para el futuro un drástico incremento en la sofisticación tecnológica, genes acoplados y regulados ambientalmente, es decir genes que van a hacer su efecto solamente en los lugares que corresponda. Esperamos en Chile un esfuerzo muy importante en términos de entregar recursos y alojar recursos específicos para el desarrollo del mejoramiento tanto a nivel animal como vegetal, es necesario que nosotros como chilenos desarrollemos nuestros propios programas de mejoramiento. Si bien se están haciendo algunos esfuerzos todavía estamos y tenemos que seguir trabajando en el tema. Existen espacios de trabajo para formar nuevos mejoradores y finalmente tenemos que ser capaces, hoy día, de no solamente producir genética como somos lo hacemos actualmente. Hoy día somos enormes productores

de semillas para el resto del mundo; sin embargo esa genética no es nuestra es una genética importada y la estamos devolviendo al extranjero para que nos la vuelvan a vender acá Tenemos que ser capaces nosotros de vender y crear, tenemos la capacidad técnica y científica para hacerlo y creo que somos capaces de exportar la genética al futuro.