



DRA. ELIZABETH BASTÍAS MARÍN
Profesora de Estado en Biología y
Ciencias Naturales.
Académica Departamento
Producción Agrícola
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de Tarapacá

EDITORIAL

BIODIVERSIDAD Y RECURSOS FITOGENÉTICOS EN LA AGRICULTURA

La mayoría de las especies que se domesticaron hace 10.000 o 15.000 años son de las que depende hoy la agricultura moderna. Desafortunadamente, con el progreso de las civilizaciones, toda esa gama de variabilidad que se produjo durante el proceso de domesticación y continuo proceso evolutivo desde las especies silvestres ancestrales hasta las variedades modernas se ve en peligro. Respecto a este punto la FAO confirma la importancia de los recursos fitogenéticos independientes que se empleen en sistemas tradicionales de cultivo, o en la ingeniería genética, dado que constituyen un patrimonio mundial de inestimable valor para toda la humanidad. Los recursos genéticos encierran la clave para aumentar la seguridad alimentaria o incrementar el rendimiento en zonas geográficas marginales o pobres y, en definitiva, mejorar la condición humana. La diversidad genética de estos recursos permite a los cultivos adaptarse a los diferentes ambientes y condiciones de crecimiento. La capacidad de una determinada variedad de resistir la salinidad, la sequía o la inundación, medrar en suelos pobres o ricos, resistir a una de las tantas plagas de insectos o enfermedades, dar mayores rendimientos proteicos, o producir un alimento con mejor sabor son rasgos que se transmiten naturalmente a través de sus genes. Es importante destacar que la diversidad genética vegetal que se emplea en la agricultura se está perdiendo a un ritmo alarmante.

El valor de las variedades locales como recurso genético

La diversidad fitogenética sigue concentrándose principalmente en regiones conocidas como “centros de diversidad”, y se halla localizada, principalmente, en el mundo en desarrollo. Los agricultores de esas zonas, que todavía practican la agricultura tradicional, cultivan variedades locales conocidas como “razas originales” que han sido seleccionadas a lo largo de muchas generaciones. En este sentido, en el norte de Chile se puede encontrar una gran riqueza de plantas nativas y adaptadas, principalmente con relación a condiciones de estrés ambiental (salinidad, sequía, radiación, frío, altura y otros) (Escobar, 1995). Entre los frutales nativos es importante mencionar al capulí (*Physalis peruviana*), el pacay (*Inga pacal*) y algunas cactáceas como la rumpa (*Eulychnia sp.*). Otro im-

portante grupo lo constituyen aquellos frutales introducidos a esta zona y que por muchos años han sido objeto de selección por parte de los agricultores locales, los que han desarrollado interesantes características de tolerancia a las condiciones ambientales adversas, calidad de fruto y caracteres morfológicos (ausencia de espinas y semillas en cítricos locales) importantes en toda producción frutícola. Entre estas plantas son importantes el limón de Pica (*Citrus aurantifolia*), el mango de Pica (*Mangifera indica*), el olivo azapeño (*Olea europaea* L.), la granada (*Punica granatum*), la ciruela del fraile (*Spondia purpurea*), la pera de pascua (*Pyrus communis*), esta última, interesante por su bajo requerimiento de frío. Por otro lado, entre las hortalizas nativas de la región Norte-Andina son importantes la caigua (*Cyclanthera pedata*) y el locoto (*Capsicum pubescens*). Entre otros cultivos, el maíz (*Zea mays*), la patata (*Solanum tuberosum*), el camote (*Ipomoea batata*) y también, la alfalfa y el ajo que se cultivan en los valles salinos costeros y andinos del extremo norte de Chile. Entre las plantas forestales nativas el género *Prosopis* llama la atención por la biodiversidad que representa (*Prosopis tamarugo*), así como por la erosión genética a que está expuesto (*Prosopis strombulifera*). En el caso de los recursos fitogenéticos del norte de Chile, la disponibilidad final de estos recursos genéticos depende enteramente de que la diversidad genética se mantenga, de la preservación y conservación, además, de la caracterización y estudios que se efectúen.

Aproximaciones al mejoramiento del problema de la salinidad en plantas

La necesidad de obtener cultivos resistentes a la salinidad viene desde hace mucho tiempo. En las especies cultivadas, las diferencias varietales con respecto a la tolerancia a la salinidad son escasas, ya que la selección se ha producido en condiciones no salinas y los rasgos genéticos de tolerancia han ido desapareciendo. Sin embargo, en muchas especies silvestres, en las que la selección natural ha tenido lugar en medio salino, es frecuente encontrar ecotipos tolerantes a las sales. En la actualidad se está prestando atención al desarrollo de genotipos cultivados mediante la utilización de estrategias de selección y mejora genética que implican la introgresión de la base genética de las especies silvestres tolerantes en las plantas cultivadas, con los inconvenientes que este proceso puede tener. Los caracteres para la tolerancia a la salinidad que han sido utilizados para seleccionar las colecciones de germoplasma han incluido tasas de acumulación de sodio (Na^+) e iones cloruro (Cl^-) en hojas, grado de daño en las hojas, longitud de la raíz de la planta y porcentaje de germinación. El carácter más exitoso se relaciona con la capacidad de acumulación de Na^+ o Cl^- en las hojas, medido como incremento de la sal en un periodo dado. De acuerdo a los antecedentes antes mencionados, la tolerancia al estrés salino aparece como un problema multifactorial y, por lo tanto, de difícil solución, más aún cuando los grados de tolerancia a la salinidad de una planta pueden ser muy distintos en los diferentes estados específicos de la ontogenia. Los primeros avances conducentes a la generación de variedades cultivadas con una relativa tolerancia a la salinidad proceden de la genética clásica, asociada más recientemente a las técnicas de biología molecular que han permitido la identificación de QTLs (Quantitative Trait Loci) específicos de la tolerancia a salinidad, en tomate y arroz. Sin embargo, los programas de mejora genética de las especies cultivables sólo han podido lograr variedades moderadamente tolerantes al estrés salino en todos los estados de desarrollo de la planta. Desde 1993 hasta 2003 se han publicado estudios realizados en 13 especies, sobre todo arroz, tabaco y *Arabidopsis*, basados en técnicas de transformación con uno o dos genes por especie. Así, se han estudiado aproximadamente 40 genes que presentan una posible implicación en la tolerancia a la salinidad.

De un total de 68 publicaciones descritas en la bibliografía, en las cuales se proponen la transformación con uno solo de estos genes o varios de ellos puede incrementar la tolerancia de la planta a la salinidad, sólo 19 de ellas aportan información sobre estimaciones cuantitativas del rendimiento de las plantas transgénicas sometidas a alta salinidad. Además, de estas publicaciones sólo 4 contienen datos cuantitativos de la respuesta de los transformantes y del genotipo salvaje con y sin salinidad aplicada de una manera dada. Considerando estos antecedentes, es indudable el interés científico que despierta la utilización y caracterización de los germoplasmas nativos de una zona con características agroecológicas tan especiales como el valle de Lluta (Arica-Chile), donde las características edáficas de este valle

han limitado la diversificación de los cultivos, seleccionándose de forma tradicional por los agricultores locales solo aquellos ecotipos capaces de tolerar un exceso de B y/o salinidad. Además, es importante destacar que estos ecotipos han expresado su potencial productivo en estas condiciones drásticas de estrés, alcanzando niveles óptimos de producción para su comercialización. También, por las bondades del clima estos cultivos pueden sembrarse en cualquier época del año e incluso es posible realizar un segundo cultivo en el mismo terreno. Este es el caso del ecotipo de maíz "Lluteño" (*Zea mays* L. *amylacea*), una variedad de maíz dulce, que ha surgido como consecuencia de las prácticas de selección natural de las semillas desde que se comenzó a utilizar el agua de riego en la región, antes de la llegada de los españoles en el siglo XVI. Actualmente, pese a las buenas condiciones de luz y temperatura del valle, la salinidad de los suelos se presenta como el principal factor limitante, unido a la baja calidad del agua de riego y a la deficiencia de los sistemas de drenaje. El hecho de que existan cultivares adaptados a la salinidad, como es el caso del maíz Lluteño, sugiere que las glicófitas tienen una maquinaria de tolerancia a la salinidad que puede no estar operando efectivamente en condiciones no adaptadas. La diferencia en la tolerancia entre las glicófitas y la halófitas parece ser cuantitativa más que cualitativa, y los mecanismos de tolerancia básicos están probablemente conservados en todas las especies vegetales. La diferencia en la tolerancia o sensibilidad a la sal puede haberse originado de diferencias en los circuitos reguladores o de genes alelos que codifican para efectores claves de tolerancia a la sal. El estudio de este ecotipo de maíz resulta muy interesante, dado que su genoma contiene toda la información genética adquirida tras varios siglos de adaptación a un ambiente tan hostil, responsable de la tolerancia a la salinidad en una especie de marcado carácter glicofítico y sensible a la salinidad, como es el maíz. Por lo anterior, el estudiar, evaluar y caracterizar este ecotipo ofrece una buena oportunidad para estudiar las estrategias del maíz frente a los efectos de la salinidad y del exceso de boro, estudios esenciales para el manejo más eficiente de cualquier programa agrícola y también para promover programas de mejora genética una vez determinados los caracteres que confieren tolerancia a la salinidad y que son tan deseables en las variedades comerciales. Además, el estudio de estos ecotipos favorece el establecimiento de un programa de conservación de este destacado recurso fitogenético agrícola, del cual depende en gran medida toda una cultura con una antigüedad de más de 4.000 años de existencia.

Las dos principales aproximaciones para incrementar la tolerancia al estrés salino de una especie cultivada o cultivo son: la búsqueda entre la diversidad natural dentro de las especies o entre especies estrechamente relacionadas y mediante las técnicas de ingeniería genética. Dentro de ambas aproximaciones, se requerirá el retrocruzamiento con líneas o cultivares mejorados. Estos métodos requieren marcadores fisiológicos, bioquímicos y moleculares precisos para determinar la tolerancia a las sales, ya que la medida del efecto de las sales en la biomasa o rendimiento de un gran número de líneas no es factible. De tal manera, que en este sentido el ecotipo *Zea mays* L. *amylacea* ofrece una gran oportunidad para caracterizar los fundamentos moleculares de su particular tolerancia al Na^+ y B, analizando de expresión en raíces y hojas de los principales genes descritos, tales como: transportadores de B, antitransportadores Na^+/H^+ (NHX y SOS1), bombas de H^+ de membrana plasmática y vacuolar (H^+ ATPasa, H^+ -pirofosfatasa), de SOS2 y SOS3 y de acuaporinas. Los resultados que se obtengan debieran servir para establecer las bases biológicas que sustenten un programa de fitomejoramiento de este ecotipo para su cultivo masivo y que a su vez puedan ser usados en el mejoramiento de otras especies afines, ofreciendo así una nueva alternativa para ampliar los suelos marginales de esta región y mejorar las condiciones de vida de muchas personas.