

APLICACION DE LA BIOTECNOLOGIA EN EL CULTIVO DE LA PAPA¹

JOSE ANTONIO GARZON TIZNADO²

Introducción

La biotecnología se ha considerado como la oportunidad de manejar genéticamente organismos y microorganismos, con la finalidad de generar productos alimenticios e industriales en bien de la humanidad.

El cultivo de la papa es uno de estos productos, que dada su trascendencia histórica como alimento del hombre, deberá de seguirse mejorando genéticamente con la finalidad de mantener en forma dinámica el incremento de sus rendimientos, de su calidad industrial, y su resistencia a plagas y enfermedades, en aras de reducir los riesgos de producción y en lo que le corresponde, asegurar la alimentación de las futuras generaciones.

Hasta la fecha, el mejoramiento genético clásico de esta especie para incrementar resistencia, mejorar rendimiento e incrementar calidad industrial, ha jugado un papel preponderante como estrategia para generar nuevas variedades que respondan a las condiciones adversas tan cambiantes que cada vez tienen que afrontar estos nuevos genotipos de papa. No obstante, el abrumador crecimiento de la población mundial y el dinámico desarrollo de las plagas y enfermedades, han hecho que durante los últimos años, se haya considerado la importancia de integrar a los esquemas clásicos de investigación, modernas metodologías de la biotecnología como la ingeniería genética, los marcadores moleculares y el ya conocido cultivo de tejidos, con la finalidad de acelerar el mejoramiento de plantas de papa y contar con sobresalientes variedades en tiempos oportunos.

Dentro de este enfoque modernista, surge la pregunta. ¿Qué ofrece la biotecnología para la solución de problemas como los antes mencionados? En la actualidad existen nuevas y eficaces estrategias con las cuales se puede llegar en menor tiempo y en una forma más contundente a la solución de problemas de producción, dentro de éstos se tienen al cultivo de tejidos, técnica con la que se pueden obtener plantas o semilla libre de patógenos, además de facilitar la conservación del germoplasma colectado y almacenado en los bancos; también se pueden obtener variedades homocigotas en más corto tiempo con el uso de la haploidía o la selección asistida por marcadores moleculares y actualmente se ha llegado en corto tiempo a obtener variedades transgénicas con resistencia a insectos, virus, hongos y bacterias, entre otros beneficios importantes.

¹ I Simposium Internacional de la Papa. Mexico 1997.

² INIFAP, Carr. Celaya-San Miguel Allende. Apartado Postal 112, Celaya, Gto. México

Enseguida se describen algunos conceptos generales, ejemplos y posibilidades biotecnológicas en el cultivo de la papa en donde ésta se ha integrado o se podría integrar a los esquemas clásicos de investigación para generar beneficios a la producción de ésta especie:

Cultivo de Tejidos

Esta moderna biotecnología, es una de las primeras que se aplicaron en el cultivo de la papa, y es la especie en la que más extensivamente se usa en aspectos de producción de semilla libre de patógenos, reproducción, mejoramiento genético clásico, formación de plantas transgénicas, y en manejo y conservación de germoplasma como la criopreservación o almacenamiento y conservación de mínimo tejido capaz de desarrollarse, y también se ha empleado en el rescate de especies silvestres en peligro de extinción.

En el mejoramiento genético además se ha empleado el cultivo in Vitro de anteras con la finalidad de reducir la ploidía, ya que debido a la condición poliploide, la papa presenta dificultades para llegar a un mejoramiento genético uniforme, esto ha hecho que bajo los esquemas clásicos de generación de variedades, el tiempo de obtención generalmente es largo, de ahí la importancia de obtener plantas diploides a partir del cultivo in Vitro de anteras, y con ello reducir el tiempo de obtención de variedades homocigotas.

El cultivo in Vitro de protoplastos, es otra de las técnicas importantes en la mejora genética de la papa, ya que a través de la fusión de protoplastos se ha logrado el cruzamiento entre clones diploides y producir híbridos somáticos, cuya progenie expresará un mejor comportamiento por heterosis.

En cuanto a la obtención de semilla libre de patógenos, en la actualidad el cultivo in Vitro de semilla de papa a través de minitubérculos, es otra de las tecnologías exportadas que más se está adoptando y adecuando por los productores paperos en México. Esta nueva tecnología ha venido a revolucionar en nuestro país, la producción de semilla libre o al menos con menor posibilidad de diseminación de patógenos entre regiones. Actualmente ya existen varias empresas o biofábricas que se dedican a la producción de su propia semilla bajo estas condiciones y otras que además dedican sus excedentes a la oferta, garantizando bajo normas de calidad oficiales y el monitoreo de enfermedades, la calidad de la semilla.

Selección Asistida

El mejoramiento genético de plantas se ha dado como resultado de la selección natural hacia condiciones adversas como un proceso de adaptación de las plantas, o por el esfuerzo del hombre como una necesidad para producir más y mejores alimentos. Este mejoramiento de las plantas se ha logrado gracias a la

capacidad de los seres vivos de combinar regiones definidas (genes) del ADN a lo largo del cromosoma, y de éstos a ser seleccionados por el ambiente o el hombre.

Los esquemas de mejoramiento tradicional indirectamente han manipulado un gran número de genes que a menudo se requieren para mejorar alguna característica por simple que ésta sea. Sin embargo, el reconocimiento de los alelos implicados y la determinación de su sitio dentro del cromosoma había sido muy difícil ya menudo imposible. Actualmente éstos valiosos alelos ya pueden ser ubicados en el cromosoma por medio de poblaciones segregantes con el empleo de los marcadores moleculares con lo cual es posible conocer los genes que se desea manejar y reducir los tiempos y el espacio durante el proceso de formación de cultivos.

El desarrollo de la metodología para aislar, cortar y detectar moléculas de ADN, ha permitido a los genetistas modernos identificar fragmentos de ellos que pueden ser monitoreados por técnicas conocidas como RFLP's y con ellas seleccionar en etapas tempranas de desarrollo, las plantas segregantes que contengan la característica deseada, de tal manera que en menor tiempo menor espacio y sobre todo a nivel genético, donde el medio ambiente no afecta la constitución del ADN, podremos obtener una determinada variedad por métodos clásicos y moleculares en el tiempo oportuno y con la seguridad de que contiene el carácter deseado.

Ingeniería Genética

En los últimos años se ha presenciado un avance importante en el campo de la biotecnología con la generación de herramientas que sirven para aislar genes o fragmentos de ADN, para conocer con precisión su función dentro del organismo natural del cual se aisló, y manipularlos de tal manera que podamos integrarlos al organismo o microorganismo que deseemos, y todo ello con la finalidad de generar mejores microorganismos o variedades de plantas; a éstas herramientas se les denomina ingeniería genética, y al producto que de aquí se obtiene se le llama microorganismos o variedades transgénicas.

La formación de plantas transgénicas es quizá el evento biotecnológico que más ha impactado a la agricultura en los últimos años. Actualmente se ha logrado la obtención de variedades transgénicas de papa, maíz, soya, jitomate, algodón, colza, tabaco, arroz, girasol, alfalfa, papaya, caña de azúcar entre otras especies cultivadas, con resistencia a herbicidas, insectos, enfermedades de origen fungoso, bacteriano y viroso; también se ha logrado retrasar la madurez en frutos como el jitomate, la obtención de plantas androesteriles para la formación comercial de híbridos, ya futuro se vislumbra la generación de vacunas que ya estén incluidas en los mismos productos con la finalidad de alimentar y proteger a la población de enfermedades epidémicas como el cólera, etc.

Se considera que las plantas transgénicas bajo un esquema adecuado de manejo de la resistencia, será una excelente alternativa a la solución de problemas agrícolas causados por malezas, plagas y enfermedades. A nivel mundial se ha estimado que tan solo para el control de insectos se gastan entre 3 a 5 billones de dólares, y alrededor de 400 millones de dólares para el control de lepidópteros en Estados Unidos. En México, las plagas, enfermedades y malezas, son responsables de ocasionar pérdidas en los cultivos por más de 2,500 millones de dólares anuales; adicionalmente, el productor nacional en su esfuerzo por controlarlas, invierte al año 400 millones de dólares, con lo cual se liberan al ambiente casi 25,000 toneladas de ingredientes activos de productos químicos con el consecuente impacto ecológico, de ahí las perspectivas que éstas nuevas tecnologías representan en el desarrollo e implementación de programas de manejo integrado para el control de dichos agentes.

Resistencia a Herbicidas

La aplicación de herbicidas es una tecnología que cada vez es más frecuente en la agricultura nacional, incluyendo el cultivo de la papa; sin embargo, el manejo de estos agroquímicos requiere de ciertas condiciones para que sea eficiente y no cause daños a otros cultivos susceptibles, y sobre todo estar consciente de la inducción de resistencia de las malezas afectadas por el empleo de éstos herbicidas. A la fecha se ha logrado la generación de plantas resistentes a diferentes grupos de herbicidas, como son al glifosato (resistencia dada por la sobreproducción o modificación del Gen AroA, que codifica para la enzima EPSPS), glufosinato, bromoxinil (Benzonitrilo, inhibidor de transporte de electrones en la fotosíntesis), Triazinas (Proteína D1 o de unión de herbicidas), o la fosfotricina (degradada por el gen 'Bar). Actualmente en México se han evaluado bajo condiciones de campo variedades transgénicas resistentes a herbicidas en los cultivos de algodón y soya, con resultados satisfactorios de estas plantas transgénicas, sin embargo, se requerirá de un manejo adecuado de este herbicida en el campo, con la finalidad de reducir hasta donde sea posible los riesgos de generar malezas resistentes a los mismos.

Resistencia a Insectos

Uno de los insectos plaga que más afecta al cultivo de la papa es la palomilla de la papa" (*Phthorimaea operculella*), la cual afecta el tubérculo de ésta planta y reduce su rendimiento y calidad comercial. En la actualidad, el uso de plantas transgénicas para el control de insectos, es la biotecnología que recientemente más se ha utilizado, y la resistencia se ha derivado de genes obtenidos de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt), la cual contiene un gen que da lugar (codifica) a una proteína (endotoxina) que se cristaliza en el aparato digestivo de insectos lepidópteros, causando una ruptura en los intestinos y la muerte de éstos.

En la actualidad se han generado plantas transgénicas de maíz, soya, algodón, jitomate, tabaco, caña de azúcar, girasol, resistentes a este grupo de insectos. En nuestro país recientemente se establecieron, bajo la estrecha vigilancia del Comité Nacional de Bioseguridad Vegetal, casi 1000 ha de la variedad Bollgard de algodón en el sur de Tamaulipas, que contenían este gen de resistencia. Los resultados obtenidos a la fecha han sido positivos según evaluaciones técnicas y de acuerdo a la propia opinión de los productores, de ahí la importancia de generar variedades transgénicas de papa que contengan éstas características de resistencia para buscar un comportamiento similar a la palomilla de la papa y otros insectos.

Resistencia a Bacterias

El cultivo de la papa también es afectado por enfermedades de origen bacteriano dentro de éstas las más importantes son "la pierna negra" y pudrición blanda causada por *Erwinia carotovora subsp. Carotovora* o *subsp. atroseptica*, y la vaquita de la papa o marchitez bacteriana causada por la bacteria *Pseudomonas solanacearum*. El progreso en el desarrollo de plantas transgénicas con resistencia a bacterias apenas se está desarrollando. Actualmente se ha identificado entre otros, un gen de una lisozima aislada del bacteriófago T4, este gen fue integrado a plantas de papa en las cuales se incrementó la resistencia a *Erwinia carotovora subsp atroseptica*. Existen otros genes obtenidos de las mismas bacterias como el que codifica para la ornitina carbamoiltransferasa (OCTase), el cual induce resistencias a algunas bacterias patogénicas del género *Pseudomonas*.

Resistencia a Virus

La resistencia a virus lograda en las plantas transgénicas se ha debido a la inserción de genes o fragmentos de ADN que fueron obtenidos del mismo virus. Las primeras plantas transgénicas se obtuvieron en tabaco con el virus mosaico del tabaco, como resultado de la transferencia y expresión de la cubierta proteínica del virus. En la actualidad genes de diferentes virus se han transferido a diferentes especies cultivadas, una de éstas es la papa en donde a nivel nacional ya se están evaluando las primeras líneas de papa a las cuales se les integraron los genes de la cubierta proteínica de los virus X y Y de la papa, en clones correspondientes a las variedades Alfa, Norteña y Rosita. Esta biotecnología se ha logrado por el desarrollo de un proyecto conjunto entre INIFAP-CINVESTAV-IPN-U-IRAPUATO y MONSANTO.

Resistencia a Hongos

Históricamente, los hongos han sido el problema más importante con el cual los productores han luchado para lograr mejores rendimientos en la papa. Dentro de las enfermedades, el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) es el que ha causado

los mayores daños a éste cultivo. Un segundo patógeno ha sido el hongo *Rhizoctonia solani*. A nivel mundial el mejoramiento genético clásico y el control químico han sido las estrategias con las cuales se han generado tecnologías que han permitido al productor mantener ciertos niveles de control del tizón tardío. Sin embargo, dada la alta capacidad de variación de este hongo en la naturaleza, a través del tiempo, los investigadores han sostenido una lucha constante contra los cambios tan dinámicos de este patógeno. Se considera que la biotecnología con sus nuevas estrategias enfocadas a la solución de problemas agrícolas, es una real esperanza de que integrada a estos esquemas clásicos de investigación, produzcan en menor tiempo soluciones menos frágiles para el control de hongos.

El primer reporte en la formación de plantas transgénicas resistentes a hongos se describió apenas en el año de 1991; sin embargo, a diferencia del éxito casi comercial logrado en la resistencia a insectos ya virus, en el caso de hongos los niveles de resistencia han sido más limitados, aunque cada vez se avanza más en el conocimiento de este proceso en las plantas. En la actualidad se han aislado genes que codifican para dos enzimas que degradan el mayor componente de la pared celular de los hongos. Estas enzimas son la quitinasa y la 8,1-3- glucanasa, con cuyos genes, y el de otras proteínas relacionadas a resistencia (PR), se han transformado plantas de tabaco y que sinérgicamente han dado buenos resultados para el control de *Fusarium oxysporum*, *Thanatephorus cucumeris* y *Aspergillus flavus*. En el caso del cultivo de papa, se han obtenido plantas transformadas con el gen que codifica para la PR-5, una osmotina, con la cual se han encontrado niveles de resistencia a *P. infestans*. Se ha mencionado que la generación de plantas transgénicas de papa que contengan los diferentes genes de resistencia a hongos, combinada con la resistencia integrada por la genética clásica y con un poco de ayuda del control químico, dará como resultado un mejor control de esta enfermedad y sobre todo, mayor estabilidad.

LITERATURA CONSULTADA

- Argüello Astorga, G., Guevara-García, A., y Herrera-Estrella, L., 1991. Introducción a la ingeniería genética de plantas. En: Introducción a la biología molecular e ingeniería genética de plantas. INIFAP-MEXICO. PP 45-93.
- Dilip, M., S., Caius, M., T., R. and Roger, N., B., 1995. Resistance to diseases and insects in transgenic plants : Progress and applications to agriculture.
- Flavell, R., B., 1995. Plant biotechnology R and D the next ten years. TIBTECH, Sept. Vo113. pp 331-319.
- González-Chavira, M., M. y Simpson, J., 1991. Uso de marcadores genético moleculares (RFLP's) en la Agricultura. En Introducción a la biología molecular e ingeniería genética de plantas. INIFAP-MEXICO. PP 204-222.
- Hermesen, J., G., T., Ramanna, M., S., Roest, S., And Bokelmann, G., S., 1981. Chromosome doubling through adventitious shoot formation on in Vito cultivated leaf explants from diploid interspecific potato hybrids. Euphytica 30, 239, 246.
- Mosqueda, C., G., De la Fuente, M., J., M., Jofre G., A. y Herrera, E., L. R., 1991. Estrategias para generar plantas resistentes a toxinas de origen bacteriano. En Logros en la investigación agrícola utilizando técnicas de biología molecular y reflexiones. INIFAP-MEXICO. Pp 62-74.
- Perú, 1983. Principales enfermedades, nematodos e insectos de la papa. Centro Internacional de la Papa, 95 p.
- Wenzel, G., Meyer, C., Przewozny, T., Uhring, H. and Schieder, O., 1982. Incorporation of microspore and protoplast techniques into potato breeding programs. In Variability in plants regenerated in tissue culture" .E. Earle and Y. Demarly, eds., pp 290-301. Paeger, New York.