

para distintas **vías de traducción**. El reto es pasar del análisis de las partes al cómo emerge una respuesta celular que luego, integrada en niveles de organización superiores, dará lugar a un **fenotipo** y no a otro. Todo ello en sintonía con la multiplicidad de señales ambientales y endógenas, **coincidentes y variables**, en las que ese individuo en particular se desarrolla.

Entender el **origen del fenotipo** y los mecanismos que propician su elevada plasticidad en vegetales supondrá comprender parte del éxito que estos organismos tienen en los distintos ecosistemas terrestres y acuáticos. También servirá para identificar limitaciones a la hora de diseñar plantas a la carta para su liberación al medio ambiente. Por otro lado, la controvertida aplicación del **concepto de inteligencia en las plantas** se desarrolla también en el contexto de la red de traducción de señales y ha sido planteada en los años 2002 y 2003 por A. Trewavas en las revistas *Nature* (415:841) y, en extenso, *Annals of Botany* (92:1-20), respectivamente.

En el desarrollo y las tendencias de investigación en Biología Vegetal tiene mucha importancia la aplicación práctica y, por ello, señalo una **temática aplicada**. El

objetivo de alimentar una población que superará en un plazo corto los 10 000 millones de personas está recogido en el informe FAO «Agricultura mundial, hacia los años 2015-2030». Hay que hacerlo con los condicionantes añadidos de no incrementar el uso de suelo, agua y con insumos limitados de fertilizantes inorgánicos, plaguicidas y herbicidas. Entre las líneas de actuación analizadas en el informe destaco la necesidad de hacer una agricultura más sostenible, el posible papel a jugar por la investigación y la biotecnología vegetal, así la mención a la actitud de los investigadores. Este es un reto donde el conocimiento básico y aplicado de las plantas resulta imprescindible.

Quedan fuera de esta reflexión, cuáles son las tendencias en áreas de la fisiología de las plantas en las que la aproximación biofísica juega un papel más importante que lo molecular y/o metabólico. Toda la temática del transporte a larga a distancia ha sido recientemente discutida de nuevo, por ejemplo. Tampoco he mencionado aspectos ambientales que merecerían estar, pero las lógicas limitaciones de espacio no lo permiten.

PLANTAS TRANSGÉNICAS Y SERVICIO A LA HUMANIDAD

Fernando Gallardo Alba

Profesor Titular del departamento de Biología Molecular y Bioquímica, Universidad de Málaga.

Un organismo transgénico es aquél que ha recibido uno o más genes de forma artificial. En el caso de las plantas, la incorporación del gen (transgén) al genoma ocurre de forma independiente a la polinización y, en la mayoría de los casos, su adquisición se realiza mediante un protocolo que implica el empleo de diferentes especies de *Agrobacterium*, bacteria que produce el desarrollo de tumores en plantas gracias a la transferencia de varios genes a su genoma. Desde que en los primeros años de los 80 se describió la transformación de tabaco, el listado de las especies que pueden ser modificadas gracias a la transferencia por *Agrobacterium* se ha incrementado notablemente. En algunos casos, la evolución de este listado ha dependido de la capacidad de los investigadores para cultivar *in vitro* diferentes especies, y para establecer protocolos adecuados para la regeneración de plántulas a partir de callos, gracias a la totipotencialidad de las células vegetales. Aunque la modificación genética es de gran importancia en estudios de investigación del papel biológico de un gen o de una proteína, las aplicaciones potenciales de los organismos modificados genéticamente van habitualmente más allá de lo que puede inicialmente pensarse. Hoy existen plantas modificadas que expresan o reprimen genes en la mayoría de los procesos de interés para los investigadores y las industrias, y cualquier base de datos bibliográfica está repleta de artículos en los que se describe la producción de plantas transgénicas. Los intereses de los investigadores se mezclan con los de empresas y grandes multinacionales, haciendo difícil

identificar cómo las plantas transgénicas pueden ayudar a solventar un problema básico de la humanidad, como es la escasez de alimentos en países en vía de desarrollo, mediante el aumento de la producción vegetal. En realidad, la introducción de variedades con mayor valor nutricional, la creación de vacunas comestibles, la producción de pasta de celulosa y madera, la generación de plantas resistentes a estreses bióticos y abióticos o la producción de plásticos y otros productos, podrían considerarse de interés nacional para muchos países y organizaciones gubernamentales. Sin embargo, el empleo de nuevas variedades transgénicas es todavía difícilmente una auténtica ayuda para la humanidad. Por un lado, las nuevas variedades deben pasar estrictos controles de seguridad, especialmente para evitar una posible fuga del transgén —o transgenes— a las poblaciones naturales —introgresión—; y por otro lado, las multinacionales podrían interesarse más en una explotación comercial de las nuevas variedades que en paliar problemas del tercer mundo. El problema de la introgresión puede salvarse gracias al empleo de variedades estériles, incapaces de ser polinizadas o de producir polen, o bien incapaces de producir semillas viables, lo que reduce en gran medida la capacidad de posible transferencia vertical de genes. La posible transferencia horizontal de los transgenes o de los marcadores a otras especies, incluidas la nuestra, durante su consumo es un aspecto de especial sensibilidad para los consumidores finales (y ecologistas). En muchos casos el transgén se transfiere a la planta junto con un gen

marcador que confiere resistencia a un antibiótico. Este segundo transgén es de gran utilidad dado que permite la selección de las células que han integrado los nuevos genes —células recombinantes o transgénicas—, pero también plantea la posible transferencia de la resistencia a poblaciones bacterianas durante el transcurso de la digestión del nuevo alimento transgénico. En realidad, esta transferencia horizontal es igual de probable que cuando se consumen alimentos no modificados, es decir, es prácticamente nula. Por tanto, las principales limitaciones del uso de plantas transgénicas para paliar problemas de nuestro planeta se deben al empleo de variedades de interés para los investigadores, que se manipulan fácilmente en el laboratorio, pero que presentan menor valor comercial en comparación con variedades ya empleadas en agricultura, o bien porque se desconoce el comportamiento de las nuevas variedades transgénicas en las condiciones propias de las explotaciones agrícolas. A éstos problemas tendríamos que añadir que la apuesta por los transgénicos para paliar los problemas de la humanidad es difícil y choca con varios factores relevantes para su éxito como la falta de información en muchos sectores de la sociedad, las prioridades de los gobiernos de los países desarrollados, y la necesidad de la realización de largos estudios que permitan anticipar el éxito del empleo de las nuevas variedades modificadas, lo que conlleva al encarecimiento final del nuevo producto. En varios casos, la introducción en el mercado de alimentos transgénicos se ha interrumpido tras el análisis de los productos y de su evolución en el mercado, dado el rechazo general de la sociedad a su consumo (en países desarrollados), o la pérdida parcial de las nuevas características que habían llevado a su comercialización inicial. Por tanto, la apuesta por los transgénicos para el consumo humano es en realidad una apuesta arriesgada. A los factores anteriores hay que añadir el hecho de que la introducción de transgénicos puede modificar las prácticas agrícolas habituales en los países en desarrollo, lo que también es necesario evaluar antes de poder establecer el impacto de las nuevas variedades sobre los problemas presentes en éstos países (<http://www.colostate.edu/programs/lifesciences/TransgenicCrops/index.html>)

Entre las principales aplicaciones para los países

en desarrollo destaca el proyecto Golden Rice que intenta dar solución al problema de la deficiencia de vitamina A en la dieta de ciudadanos de 118 países, especialmente en el sureste asiático y en África, que se debe a una alimentación basada en el arroz, y al empleo de variedades de arroz que poseen un contenido muy bajo de carotenoides. La deficiencia en vitamina A es en la actualidad la primera causa de ceguera en niños y aumenta considerablemente el riesgo de muerte por enfermedades e infecciones. Se ha determinado que entre 100 y 140 millones de niños presentan deficiencias de vitamina A, de ellos, entre 250 000 y 500 000 quedan invidentes cada año, falleciendo la mitad de ellos antes de su primer año de vida. También cerca de 600 000 mujeres mueren cada año tras dar luz debido a la carencia de esta vitamina (<http://www.who.int/nut/vad.htm>). El trabajo de dos investigadores europeos, I. Potrykus (Federal Institute of Technology, Zurich) y P. Beyer (Universidad de Freiburg, Alemania) ha conducido a la sobreproducción de enzimas implicadas en la síntesis isoprenoide y al aumento en la síntesis de beta-carotenos en el endospermo de arroz (Potrykus, I., 2001, *Golden rice and beyond. Plant Physiology* 125:1157-1161). El resultado fue la generación de variedades que producían granos de arroz dorados por los altos contenidos en caroteno. Aunque los resultados son de gran interés, la utilización real de las nuevas variedades se ha encontrado con un gran número de obstáculos desde su anuncio en 2000. Al margen de la baja aceptación por sectores más conservadores, uno de los principales obstáculos es lograr una distribución gratuita de las nuevas variedades y, especialmente, lograr un consumo más variado de otros alimentos vegetales en los países de destino con el objeto de mejorar la absorción de carotenos. Estos problemas indican que es primordial la contribución conjunta de investigadores, empresas (multacionales) y gobiernos a largo plazo para aprovechar adecuadamente los progresos de la investigación en plantas en problemas básicos para la humanidad. Aunque 2004 se ha denominado el «Año Internacional del Arroz», todavía no se ha comprendido que para más de la mitad de la población de nuestro planeta el arroz es sinónimo de vida (<http://www.asiarice.org/>).

PATENTES: CONCEPTOS E IMPORTANCIA

Adolfo Linares Rueda y Francisco Jiménez Montes
Técnicos de la O.T.R.I. de la Universidad de Málaga

Las patentes de invención, o simplemente patentes, son títulos que confieren al propietario el derecho de explotar una creación en exclusiva a la vez que le protegen frente a terceros que traten de explotar la misma sin su consentimiento. Para ser patentable, una creación debe cumplir tres requisitos: novedad, inventiva y aplicabilidad industrial. La novedad implica que no existiera previamente. La inventiva implica que además de nueva

no puede ser obvia, sino que requiere de un esfuerzo intelectual y técnico. Por último, la creación referida debe ser práctica y explotable. Las patentes, aunque generalmente desconocidas o ignoradas en sí mismas por la mayoría de los miembros de la sociedad, están presentes en todos los aspectos de la vida cotidiana.

¿Por qué patentar?

Es primordial que los investigadores tengan presente