

¿Por qué los OGM?

Los OGM encuentran sus aplicaciones en numerosos dominios. Pero consideraciones técnicas y éticas condicionan su desarrollo futuro.

¿Animales retorcidos?

En el caso de los animales, la situación es menos favorable a la transgénesis que en el de las plantas. Normalmente no disponemos de células capaces de regenerar un organismo entero después de la transformación genética (células totipotentes); los sistemas de defensa y de regulación son más sofisticados que en el caso de los vegetales y la aceptación por parte de la sociedad de la transgénesis animal dista mucho de ser asimilada, lo que no sucede con las plantas. Las células animales totipotentes son a priori el huevo fecundado y las células embrionarias. Su coste de obtención es elevado y el rendimiento del traspaso de genes pobre.

La transgénesis de grandes animales se reserva para aplicaciones farmacéuticas, productos de alto valor añadido. La cría de animales transgénicos cuyo objetivo sea la comercialización no está prevista a corto plazo.

¿Qué es un OGM? Un organismo genéticamente modificado (OGM) es un organismo cuyo patrimonio genético ha sido transformado por la técnica de la transgénesis: la modificación de la expresión de uno de sus genes o la adición de un gen ajeno. Esta definición, que debemos retener, es necesariamente arbitraria y consecuentemente rebatible. En efecto, en el curso de la transmisión de la información genética de padres a hijos, se pueden producir cambios provocados por el azar: las mutaciones. También podríamos hablar entonces de OGM, pero sin la intervención humana en este caso.

L'ADN, soporte universal. El traspaso de un gen de un organismo a otro es posible ya que, salvo algunas excepciones, todos los organismos vivos (virus, bacterias, vegetales, animales) poseen el mismo sistema de codificación y expresión de la información genética. La universalidad del soporte de la información genética, el ADN, nos ofrece la posibilidad teórica de que un organismo pueda manifestar una información procedente de cualquier otro ser vivo.

El conjunto de técnicas que permiten estas intervenciones sobre el genoma constituyen la ingeniería genética, sector mayor de las biotecnologías. La ingeniería genética lleva años aplicándose en el campo industrial para producir moléculas de uso terapéutico o industrial por microorganismos cultivados en laboratorios, bacterias o levaduras.

¿Cómo funciona la transgénesis? La transgénesis consiste en el traspaso de genes hacia otro organismo o en desplazarlos en el interior de un mismo organismo y hacerlos expresarse en su nuevo entorno. Se aplica a microorganismos desde 1973, a animales desde 1982 y a vegetales desde 1983 > [ficha 1.a](#).

Después de la transgénesis vegetal, es necesario un control de la efectividad del traspaso de genes: si la actividad del gen de interés es difícil de detectar o interviene tarde en la vida del organismo, se le asocia un gen marcador que permitirá escoger los individuos capaces de manifestar correctamente el transgén. Los marcadores más utilizados, y los menos caros, son los genes más controvertidos y resistentes a los antibióticos > [ficha 2](#): los individuos transgénicos son aquellos que sobreviven en presencia del antibiótico.

Afinar el trabajo. En ciertos casos es posible "orientar" la información introducida por transgénesis para que se manifieste en órganos específicos: por ejemplo, el grano y las hojas para las plantas, la glándula mamaria para producir una sustancia en la leche de los mamíferos. El objetivo es asociar al transgén el promotor que va a controlar su expresión en el órgano escogido, en el sitio adecuado y en el momento idóneo de la vida del organismo. La determinación de buenos promotores por patentes son los elementos clave de la estrategia > [ficha 3](#).

Cría de peces transgénicos

Las limitaciones para el desarrollo de la transgénesis en los animales son menores en los vertebrados inferiores, en particular en ciertas especies de peces: se dispone de grandes cantidades de huevos y el coste de crianza es bajo. Se han llevado a cabo investigaciones en China, Japón, Estados Unidos, Canadá y Nueva Zelanda, y algunas están a punto de dar buenos resultados en aplicaciones comerciales: salmones del Pacífico resistentes al frío y, consecuentemente, capaces de vivir y crecer únicamente en el océano, sin tener que emigrar anualmente hacia los cauces de los ríos; truchas arco iris resistentes a la septicemia hemorrágica viral, etc. [ficha 1](#).



Discusiones energéticas alrededor del arroz

A principios del año 2000, la firma americana Monsanto declaró haber descifrado, aún incompleto, el genoma del arroz. Esta firma ha confiado su base de datos al Ministerio de Agricultura japonés, que se encarga del programa internacional de investigación sobre las secuencias del genoma del arroz. Este consorcio agrupa desde 1998 unos 20 institutos de investigación localizados en diez países.

Los resultados obtenidos por Monsanto son aún insuficientes para conducir a una explotación directa: si la mayor parte de las piezas del puzzle genético del arroz se han identificado, falta aún estructurarlas para comprender las funciones que están asociadas a ellas.

Ser por tanto la investigación pública internacional la encargada de dar a estos resultados lo esencial de su valor industrial. Terceras personas, incluidos los competidores de Monsanto, podrán, también, pedir los resultados a cambio del reconocimiento de su origen. Se podrán entonces utilizar libremente para intentar aislar los genes de interés agronómico y patentarlos. En este caso, Monsanto se reserva la posibilidad de negociar en primer lugar un derecho de licencia no exclusivo para estas patentes: la explotación ulterior de los genes de interés estará condicionada al pago a Monsanto de un derecho de utilización.

Antes que nada, un utensilio para la investigación. La transgénesis vegetal permite estudiar las consecuencias de modificaciones parciales o totales de genes y así analizar su función y regulación para comprender los mecanismos fisiológicos: resistencia a las enfermedades y al estrés, biología del desarrollo, etcétera.

Gracias a la transgénesis, utilizada para crear el material biológico necesario para los análisis, los biólogos han abordado la secuencia del genoma de algunas especies: se trata de volver a transcribir la sucesión de las bases que componen el ADN e identificar las secuencias correspondientes a los genes. La etapa siguiente consiste en establecer las correspondencias entre estos genes, las proteínas que codifican y las funciones metabólicas del organismo. Se trabaja principalmente en la secuencia de dos plantas modelo: (*Arabidopsis thaliana*), una pequeña crucifera que posee numerosos genes comunes a muchas plantas, y el arroz.

Otra aproximación al genoma, menos exhaustiva, consiste en establecer cartas genéticas: identificar en los cromosomas secuencias particulares de ADN para posteriormente localizar los genes correspondientes a caracteres agronómicos interesantes. Estas cartas genéticas nos ayudan a identificar, desde el estado embrionario, a los individuos portadores de las características que buscamos. Su realización concierne a las plantas cultivadas (trigo, maíz, colza, girasol, etcétera), a las especies forestales, a los animales de granja (ganado bovino y porcino, aves, etcétera) o al hombre.

Aplicaciones agronómicas. En agricultura la ingeniería genética aparece como un utensilio de selección directamente relacionado con una serie de desarrollos biotecnológicos > *ficha 1.b*. Su aplicación devino operativa a partir de mediados de los años ochenta con las primeras autorizaciones experimentales en el campo de los tomates transgénicos. En un primer momento limitadas a Estados Unidos, a partir de 1997 los cultivos de plantas transgénicas se extendieron por todo el mundo (11 millones de hectáreas), para alcanzar alrededor de 40 millones de hectáreas en 1999.

Tal como se ha desarrollado en la actualidad, la transgénesis vegetal confirma un modelo de agricultura productivista, que descansa en intrantes químicos, integrado en un proceso industrial. En efecto, las plantas transgénicas, creadas en laboratorios de investigación pública, son desde ahora desarrolladas por algunas grandes compañías agroquímicas (fabricantes de productos fitosanitarios como los herbicidas, los insecticidas o los fertilizantes) reconvertidas a las "ciencias de la vida" > *ficha 3*. Estas firmas, que han invertido mucho, deben generar importantes beneficios. Escogieron, en un primer momento, comercializar los OGM que modifican los caracteres agronómicos de las plantas de grandes cultivos de los países industrializados (maíz, colza, algodón, soja, etc.), y si es posible, aumentar las ventas de sus propios productos fitosanitarios.

Caracteres nuevos. Las principales modificaciones introducidas en las plantas por la transgénesis se refieren a algunos caracteres:

tolerancia a los insectos (algodón, patatas, maíz): estas plantas, que se comercializan, producen ellas mismas la proteína tóxica para los insectos devastadores. Estas proteínas fueron descubiertas en la bacteria del suelo *Bacillus thuringiensis* (*Bt*);

tolerancia a un herbicida (algodón, soja, maíz, colza): estas plantas, que se comercializan, permiten utilizar un herbicida total que destruye todos los vegetales, excepto el cultivo transgénico;

tolerancia viral (papaya, calabaza, patata, tabaco, pimiento, etcétera);

tolerancia a la sequía: no hay milagros al respecto, se trata sobre todo de mejorar los conocimientos sobre el determinismo genético de la arquitectura de las plantas y de su regulación en situaciones de estrés hídrico. La idea es poner en práctica una estrategia de prevención, limitando la transpiración de la planta, por ejemplo. Las investigaciones más exitosas se han llevado a cabo con el maíz y han sido patrocinadas por el Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y del Trigo (CIMMYT).

Los árboles y las flores también

La transgénesis encuentra igualmente aplicaciones en el campo de la floricultura (optimización de la duración de la vida de la flor una vez cortada o cambio en la coloración floral) y en agrosilvicultura, aún en fase de experimentación. Por ejemplo, el lamo puede ser modificado genéticamente para que contenga una proporción reducida de lignina. En efecto, teniendo en cuenta que el papel está compuesto de celulosa, es indispensable eliminar la lignina para poder preparar la pasta de papel, operación costosa en energía y muy contaminante.

debemos retener...

Los OGM son utilizados para:

- la investigación fundamental (conocimiento de los mecanismos fisiológicos, secuencias de los genomas, etcétera);
- la agricultura (ganadería, grandes cultivos, flores, árboles, peces);
- la industria farmacéutica (proteínas terapéuticas, vacunas, etcétera);
- la industria alimentaria (gusto, conservación, etcétera);
- la industria química (aceites, plásticos, etcétera);
- la descontaminación (hidrocarburos, suelos).

Plantas medicinales

La gran demanda de proteínas humanas purificadas para las aplicaciones medicinales no puede ser cubierta por las sustancias obtenidas de la sangre, de la placenta o de otros tejidos humanos. Su cantidad esta, generalmente, limitada y presenta riesgos de contaminación por virus.

Podemos traspasar un gen codificador para una proteína humana a un organismo que pueda acogerlo. Por ejemplo, bacterias que producen la casi totalidad de la insulina utilizada para curar la diabetes. Pero, la efectividad de estas proteínas a veces es limitada. De ahí el interés por utilizar mamíferos, que tienen una "máquina celular" muy similar a la del hombre. De todas formas, la cría de estos mamíferos resulta cara y debe respetar condiciones sanitarias muy estrictas.

Las plantas constituyen una solución interesante: se trata de introducirles el gen de una proteína humana o de una molécula vacuante. Si estas proteínas se encuentran representadas en cantidad suficiente en el vegetal y son fácilmente separables, el cultivo en el campo de estas plantas transgénicas, seguido de un proceso de extracción y de saneamiento, permite obtener una gran cantidad de proteínas a un coste competitivo. Esta opción evita también el riesgo de contaminación: contrariamente a lo que sucede con los animales, las plantas no son portadoras de virus patógenos para el hombre.



Tal como están actualmente desarrollados, los OGM conforman un modelo de agricultura intensiva.

MEDIA TECA COMISIÓN EUROPEA

Para la industria agroalimentaria. Algunas bacterias genéticamente modificadas han sido utilizadas para producir industrialmente enzimas para uso alimentario (por ejemplo el alfa-amilasa para la fabricación de cervezas o de jarabes). Las modificaciones de plantas que conciernen directamente a las industrias agroalimentarias aspiran a mejorar las propiedades nutricionales, organolépticas o tecnológicas de los productos. Por ejemplo, un gen es introducido para controlar la madurez del fruto (tomates, melones) con la finalidad de mejorar las condiciones de almacenamiento y de transporte y permitir una recolección en un estado de madurez más avanzado, favorable al gusto. Solo el tomate "Flavr Savr" de maduración controlada se ha comercializado, a partir de 1994, sin gran éxito.

Otros proyectos se encuentran en fase de estudio como la reducción, hasta la eliminación, de las proteínas alergénicas del arroz; la introducción en la fruta y las legumbres de un gen productor de una proteína natural azucarada (la brazéina) que no aporte la más mínima caloría y también la introducción de genes en plantas oleaginosas (colza, soja) para aumentar las proporciones de ácidos grasos insaturados que limitan los riesgos cardiovasculares.

Para la industria farmacéutica y la química fina. Estos OGM son generadores de moléculas de alto valor añadido. Las firmas cuentan igualmente con su utilidad más evidente a fin de que sean aceptadas por el público. Numerosos desarrollos, que no se han comercializado aún, se encuentran en proceso; entre ellos se encuentran los siguientes:

- la colza y el berro produciendo un polímero plástico biodegradable. Los resultados son aún modestos: el plástico obtenido no supera el 3 % del peso total de las plantas secadas;

- tabaco produciendo proteínas humanas: colágeno, albúmina y hemoglobina;

- arroz enriquecido con vitamina A > *ficha 1.c* ;

- mamíferos modificados en los que provocamos la producción de moléculas de interés terapéutico en la leche. También, en la vaca, se actúa sobre la calidad de la leche para "maternizarla";

- xenotrasplantes. El trasplante al hombre de órganos animales desencadena su rechazo inmediato. Modificar el patrimonio genético de los animales donantes mediante el traspaso de genes humanos apropiados debería permitir suprimir este rechazo. Se están realizando pruebas en cerdos transgénicos para una mejor compatibilidad con el tejido humano.

La patata vacuna

En la producción de moléculas terapéuticas por las plantas, la siguiente etapa consistir en administrar directamente las plantas vacunantes por vía oral. Esto afecta a los animales de granja (por ejemplo un maíz transgénico contra el virus de la gastroenteritis porcina) y a las personas, en cuyo caso los trabajos se dirigen especialmente a los plátanos y las patatas. Ventajas: las vacunas obtenidas en estas plantas pueden conservarse a temperatura ambiente. Unas patatas inmunizadoras contra el cáncer se han probado con éxito en ratones. De una forma más médica, "el plátano vacuna", de gusto más agradable que el de las patatas crudas, se retrasa en sus pruebas...



Los fracasos con el algodón

En 1996, en su primer año de cultivo, la variedad de algodón transgénico "Bollgard", resistente a los insectos, ha padecido plagas. En Tejas, por ejemplo, al menos 80.000 hectáreas de estos cultivos han sido devastadas por la lombriz del algodón. ¿Es esta una invasión excepcional de bichos aniquiladores? ¿Han desarrollado estos resistencias? Se han barajado muchas hipótesis. Ante esta situación y teniendo en cuenta la presión económica ejercida, la variedad incriminada ha sido comercializada antes de poder ofrecer garantías de funcionamiento correctas.

¿Una industria ética?

Ciertos industriales se han planteado la cuestión de carácter ético que suscita la transgénesis. Es el caso, de la Asociación europea para las biotecnologías (Europabio), que agrupa a unas cincuenta multinacionales implicadas en las bioindustrias. Esta asociación ha adoptado una "carta de valores éticos" que tiene en cuenta consideraciones religiosas, culturales y medioambientales.

Limitaciones de carácter técnico. Como ya hemos visto, la transgénesis animal presenta dificultades que limitan su aplicación. A menudo nos planteamos el tema de la estabilidad del transgén en su nuevo entorno: el gen transferido en la especie que se ha de mejorar debe ser funcional y su regulación tiene que estar garantizada. Sin embargo no conocemos su estabilidad en un proceso de evolución a corto plazo. Además, puede haber enlaces genéticos favorables y desfavorables con los genes próximos al lugar de inserción. La modificación profunda del metabolismo puede acarrear una interacción con el funcionamiento general del organismo.

Por ello, a pesar de los objetivos anunciados, muy seductores, la transgénesis permanece como una técnica en fase exploratoria donde las primeras aplicaciones han demostrado sus límites. Sabemos, por ejemplo, que una mayor presión ejercida sobre los insectos de vastadores aumenta la probabilidad de desarrollar resistencias en la población elegida > [ficha 2](#). Parece que este fenómeno ha actuado en el caso del algodón Bt resistente a los insectos, pues ha demostrado una menor efectividad en el segundo año de cultivo. Falta, igualmente, probar los beneficios económicos que para el agricultor supondría utilizar una variedad de OGM en comparación con una especie "clásica" > [ficha 3](#).

Consideraciones éticas. La transgénesis permite el intercambio de material genético sin tener en cuenta las barreras entre especies. No obstante, estas tienen significaciones simbólicas fuertes, tanto culturales como religiosas. Podemos hablar, entonces, de transgresión del orden natural. Un argumento al que se le responde que cambiar un pequeño número de genes de un conjunto genético que contiene miles de ellos no perjudica la integridad de la especie. Además, la naturaleza constantemente se transforma y continua haciéndolo, a causa de los cambios y de las presiones del entorno. Eso es cierto, pero la transgénesis es inducida por el hombre, para su provecho, transformando plantas y animales en "biorreactores" productores de sustancias que le son desconocidas.

Puesto que los OGM han sido transformados por procesos técnicos que han utilizado construcciones genéticas patentadas, ellos mismos son susceptibles de ser patentados. Encontramos un precedente en Estados Unidos, donde en el año 1998 fue patentada una rata transgénica, Oncomouse, muy sensible a sustancias cancerígenas. Este sistema de patentes ha engendrado un fenómeno de concentración de las principales firmas agroquímicas y es seriamente discutido. En efecto, el ser vivo patentado es difícilmente concebible > [ficha 3](#).

La opinión pública. Todas las encuestas comparativas, sobre la percepción de las biotecnologías en el mundo, realizadas por la Universidad de Tsukuba (Japón), coinciden en que los trasposos de genes de planta a planta son los más aceptados, los de animal a animal lo son menos, mientras que los de animal a planta u hombre a animal son los menos aceptados de todos. Según el Eurobarómetro, lejos de rechazar la innovación tecnológica, los europeos se plantean la cuestión de la utilidad de los OGM. En Estados Unidos, la gente y los agricultores se muestran cada vez más escépticos, de manera que las previsiones de sembrar con maíz transgénico están estimadas a la baja. En todo el mundo, la gran inquietud de los consumidores con respecto a los OGM ha obligado a la industria agroalimentaria a prever líneas "no-OGM" > [ficha 4](#).

Estos últimos años, los OGM han sido objeto de una viva discusión internacional. Los organismos genéticamente modificados representan en efecto una tecnología altamente simbólica de la primacía de las inversiones financieras sobre el principio de precaución y consagran una forma de desarrollo económico donde la cadena agroalimentaria, de la semilla al plato, esta completamente integrada y concentrada en las manos de algunas firmas internacionales.

Europa: ¿son útiles los OGM?

Una encuesta llevada a cabo por la Unión Europea, el Eurobarómetro, mide la actitud del público en materia de biotecnologías. Resultados: la percepción de las biotecnologías depende en menor grado de los riesgos eventuales que de la utilidad colectiva o de la aceptabilidad moral de cada aplicación.

Se pueden extraer tres grandes conclusiones de la evolución 1997-2000:

Las actitudes con respecto a la ciencia y la tecnología a son muy estables, excepto las que conciernen a las biotecnologías, hacia las cuales la desconfianza aumenta.

Este aumento de desconfianza hacia las biotecnologías es más o menos equivalente cualesquiera que sean las aplicaciones que se consideran (alimentarias, médicas, etc.) y cualquiera que sea el aspecto examinado (utilidad, riesgo, aceptabilidad moral).

El aumento de esta inquietud en cuanto a "la utilización de la biotecnología moderna en la producción de alimentos" es particularmente notable en los países del sur de Europa.

