



David Bueno i Torrens

# ¿Para qué sirven los transgénicos?

**Todas las claves de una tecnología  
útil y controvertida**



David Bueno i Torrens

# ¿Para qué sirven los transgénicos?

**Todas las claves de una tecnología  
útil y controvertida**



**B** Universitat de Barcelona

**Publicacions i Edicions**

**Bueno Torrens, David, 1965-**

Para qué sirven los transgénicos? : todas las claves de una tecnología útil y controvertida . - (Catàlisi ; 9)

Bibliografía

ISBN: 978-84-475-3545-3

I. Título

1. Organismes transgènics 2. Plantas transgèniques  
3. Enginyeria genètica 4. Biotecnologia
- 

© Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona

Adolf Florensa, s/n

08028 Barcelona

Tel.: 934 035 530

Fax: 934 035 531

[www.publicacions.ub.edu](http://www.publicacions.ub.edu)

[comercial.edicions@ub.edu](mailto:comercial.edicions@ub.edu)

DISEÑO	Quim Duran
TRADUCCIÓN	Maria Tricas y David Bueno
DIRECTORES DE LA COLECCIÓN	Héctor Ruiz y David Bueno
EDICIÓN CIENTÍFICA	Salvador Ferrer, Ariadna Álvarez y Héctor Ruiz
ISBN	978-84-475-3545-3
DEPÓSITO LEGAL	B-38.967-2011
IMPRESIÓN Y ENCUADERNACIÓN	Gráficas Rey

Queda rigurosamente prohibida la reproducción total o parcial de esta obra. Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, almacenada, transmitida o utilizada mediante ningún tipo de medio o sistema, sin autorización previa por escrito del editor.

A mi esposa y a mis hijos  
Maria, Gerard y Arnau

«Cuando se habla de cultura, generalmente se hace referencia a literatura, historia, arte, filosofía, música, cine, poesía o teatro, pero no a ciencia. No obstante, la ciencia también es cultura, puesto que, igual que las otras manifestaciones culturales, condiciona nuestra manera de pensar, de vivir, de ver el mundo y de organizarlo. Si la cultura amplía nuestro pensamiento y nos ayuda a ser más libres, el conocimiento y la difusión cultural de la ciencia son claramente imprescindibles para garantizar nuestra libertad de opinión y elección en un mundo regido por la ciencia y la técnica.

[...] La ciencia debe entenderse como un área importante de participación social, que es la base conceptual de la democracia, de manera que todo aquel que quiera pueda sentirse implicado en los debates científicos que nos hacen avanzar social y técnicamente, y convertirse en copartícipe de los avances científico-técnicos en igualdad de condiciones y también de responsabilidades. Porque la responsabilidad del futuro no tiene que depender de los jefes políticos o económicos, sino de toda la sociedad.»

Fragmento de «Socialización científica», de David Bueno i Torrens,  
publicado en el diario *Avui*, el 26/11/2007.

## Índice

Prólogo . . . . .	13
Parte I. Las bases de las modificaciones genéticas: de la revolución neolítica a la revolución biotecnológica . . . . .	19
<b>Capítulo 1.</b> Las revoluciones científico-técnicas: de los cazadores- recolectores y de los brujos-chamanes a los biotecnólogos. . . . .	21
<b>Capítulo 2.</b> La biotecnología hoy . . . . .	69
<b>Capítulo 3.</b> Las bases de las modificaciones genéticas: DNA, proteínas y células . . . . .	101
Parte II. Los organismos modificados genéticamente, hoy . . . . .	161
<b>Capítulo 4.</b> Los microorganismos modificados genéticamente . . . . .	163
<b>Capítulo 5.</b> Los animales transgénicos y la terapia génica en humanos . . . . .	215
<b>Capítulo 6.</b> Las plantas transgénicas . . . . .	275
Parte III. El debate en torno a los organismos modificados genéticamente . . . . .	337
<b>Capítulo 7.</b> La percepción social y la legislación de los organismos modificados genéticamente . . . . .	339
Epílogo . . . . .	395
Bibliografía . . . . .	401
Glosario . . . . .	405

## Prólogo

El siglo xx ha sido un siglo de contrastes durante el que se ha producido la mayor contribución de la ciencia a la solución de problemas de toda la historia de la humanidad, lo que nos ha permitido incrementar nuestra calidad de vida hasta niveles impensables hace sólo unas décadas. Siguiendo en esta línea, la cultura científico-técnica es y será clave en el siglo XXI, y enervará todos los campos, desde la energía y la industria hasta la ecología, y desde la biomedicina hasta la alimentación. Es precisamente el control científico-técnico de la alimentación y la salud lo que nos ha permitido desarrollar el mundo y la cultura en que nos encontramos inmersos, con una estabilidad alimenticia y sanitaria y una libertad personal sin precedentes.

En poco menos de tres siglos la humanidad ha vivido la eclosión y la consolidación sucesiva de tres grandes disciplinas científicas que han revolucionado, y continúan revolucionando con sus constantes aportaciones, no sólo la manera de ver y entender el mundo, sino también, muy especialmente, nuestra vida diaria, a la que aportan grandes avances e incontables pequeños detalles que a buen seguro, a fuerza de costumbre, nos pasan desapercibidos. Primero fue la revolución de la física, que inició su sistematización en los siglos XVI y XVII; después la de la química, en los siglos XVII y XVIII; y finalmente la de la biología, a finales del siglo XIX y durante todo el siglo XX. Siguiendo esta tónica, según todos los analistas científicos el siglo XXI vendrá marcado por la revolución biotecnológica, como demuestra que a principios de 2011 en el

Estado español hubiese 669 empresas de biotecnología, con una facturación conjunta de 706 millones de euros.

De todas formas, sin embargo, no es necesario ser un analista para darse cuenta de ello, puesto que actualmente la biotecnología ya está presente en muchas de nuestras actividades diarias, aunque quizá no seamos del todo conscientes. Sólo unos cuantos ejemplos. A finales de 2010 ya había en todo el mundo más de 148 millones de hectáreas cultivadas con plantas transgénicas repartidas en 29 estados, entre los cuales se contaba el Estado español. Algunos productos de estas plantas ya han llegado al mercado alimenticio o quizá incluso los llevamos puestos, ya que el algodón utilizado para tejer la ropa puede provenir de plantas transgénicas. Asimismo, algunos de los aditivos y enzimas que utilizamos en la industria alimenticia ya provienen de organismos modificados genéticamente. También estamos utilizando de forma rutinaria diversas docenas de fármacos producidos por organismos modificados genéticamente, como la insulina para el tratamiento de la diabetes, el interferón para tratar la leucemia y determinadas enfermedades de origen vírico, y algunas vacunas, como la que nos protege contra el virus de la hepatitis B, entre muchos otros ejemplos.

En el ámbito económico, hay más de 3.000 compañías de biotecnología registradas en todo el mundo, de las cuales la mitad están en Estados Unidos. Y esto es sólo la punta del iceberg, dado que las aplicaciones de estos productos son muchas y muy variadas, entre las que hay que incluir también la producción de biocombustibles teóricamente más respetuosos con el medio ambiente, y la obtención de bacterias y plantas que puedan ser utilizados para reparar desastres medioambientales, como vertidos de petróleo. Prueba también de este gran avance es que, debido a los tres años transcurridos entre la publicación de la 1.<sup>a</sup> edición en catalán y de esta traducción al castellano, ha sido necesario actualizar buena parte de los contenidos, en todas sus vertientes, lo que convierte esta traducción en una obra nueva, completamente actualizada.

Este gran avance de las ciencias biológicas ha comportado también la adopción de un nuevo vocabulario, que usamos de forma cotidiana. Palabras



como biotecnología, ingeniería genética, organismo modificado genéticamente y transgénico, entre otras, se han introducido en nuestra vida y aparecen regularmente en los medios de comunicación. Pero para muchos ciudadanos esta terminología está llena de conceptos oscuros, desconocidos, con connotaciones quizá incluso de peligro, y a veces merecen poca confianza como consecuencia de la falta de información. Además, los humanos somos, a menudo, neófobos, es decir, que nos dan miedo los cambios y las cosas nuevas, a pesar de que vivimos en un mundo cultural y técnicamente cambiante. Asimismo, a menudo este miedo se transforma de forma radical en esperanza e ilusión cuando vemos una aplicación que de forma directa percibimos como un beneficio.

Pero ¿qué es la biotecnología, y para qué sirve? ¿Cuáles son sus precedentes históricos? ¿Es algo realmente nuevo, o se trata de un peldaño más en la historia del desarrollo científico-técnico de la humanidad, siempre en busca de una mejor calidad de vida? ¿Cómo contribuyen los organismos transgénicos a buscar, desarrollar y producir nuevos tratamientos médicos? ¿Los podemos utilizar también para obtener nuevas fuentes de energía y como elementos biorreparadores del medio ambiente? ¿O su efecto es justo el contrario? ¿Es seguro consumir organismos transgénicos? ¿Qué consecuencias medioambientales tiene cultivarlos? ¿Los alimentos transgénicos son sustancialmente diferentes de sus equivalentes no transgénicos? ¿Hacia dónde evoluciona la investigación biotecnológica y las aplicaciones comerciales de ésta? ¿Qué implicaciones económicas y sociales tiene? ¿Qué normativa la rige?

Ciertamente, es un campo de investigación, desarrollo y aplicación científico-técnica que incluye temas controvertidos. Sin embargo, la mayor parte de las polémicas han surgido de la falta de información, lo que conlleva la tergiversación accidental o voluntaria de muchos datos.

La intención al escribir *¿Para qué sirven los transgénicos?* ha sido realizar un libro de divulgación sobre el mundo de la biotecnología y de los organismos transgénicos, más propiamente dichos modificados genéticamente, que dé una visión científica y clara de estas nuevas herramientas y técnicas aplicadas a la alimentación, la salud, la ecología y la economía, unos campos relacionados

directamente con la existencia de los humanos y con claras repercusiones en nuestra calidad de vida. Por este motivo he procurado mantener la ecuanimidad de planteamientos, basando las explicaciones y las discusiones en todo aquello que la ciencia puede demostrar. Sólo al final del epílogo, en el último párrafo, cambiaré de registro y daré mi punto de vista, el cual continuará, sin embargo, estando influido por mi formación científica.

La estructura y la redacción del libro tienen una clara finalidad divulgativa y, por lo tanto, lúdica y didáctica. El hilo conductor es la discusión gradual de estas técnicas, de sus aplicaciones y del estado actual de la investigación científica. Los contenidos se han agrupado en tres grandes bloques. Los tres primeros capítulos («Primera parte. Las bases de las modificaciones genéticas: de la revolución neolítica a la revolución biotecnológica») establecen la historia, las bases y los fundamentos de la biotecnología aplicada a la agronomía, la salud y la ecología. Los tres capítulos siguientes («Segunda parte. Los organismos modificados genéticamente, hoy») discuten las aplicaciones actuales y las perspectivas de futuro de los microorganismos (capítulo 4), los animales (capítulo 5) y las plantas (capítulo 6) modificados genéticamente. En estos capítulos se habla de las modificaciones introducidas, de su objetivo y de las tendencias actuales en la generación de nuevos organismos transgénicos, aplicados a los mismos campos mencionados en la primera parte del libro. Finalmente, el último capítulo («Tercera parte. El debate en torno a los organismos modificados genéticamente») discute la percepción social de los organismos modificados genéticamente, y las cuestiones legales que rodean el mundo de la biotecnología.

Mi intención ha sido que la obra mantuviese un compromiso entre la rigurosidad y el entretenimiento, por lo que la he escrito con un lenguaje tan asequible como me ha sido posible sin faltar, no obstante, en ningún caso, al más estricto rigor científico. No es en absoluto una relación exhaustiva del mundo de la biotecnología, la cual sería excesivamente larga y técnica, sino una aproximación lúdica y didáctica, apta para todos los públicos, hecha a partir de un buen número de ejemplos seleccionados. Los capítulos

están estructurados en apartados encabezados por frases que resumen el contenido, y la exposición está agrupada en forma de respuestas a preguntas clave. Además, cada capítulo tiene una introducción y una recapitulación que centran su contenido en la globalidad del libro, y un recuadro final que resume y repasa las principales ideas que se han discutido.

El propósito de esta obra es muy claro: contribuir al debate en torno a los organismos modificados genéticamente, de manera que el lector se pueda hacer una idea general de qué son, qué representan en el mundo actual, qué se espera de ellos y qué cuestiones legales, sociales y éticas comportan. Y también qué influencia tienen ya, y cómo pueden mejorar nuestra calidad de vida en un futuro inmediato.

Es difícil no tomar partido ante un tema controvertido como éste, pero en este libro no pretendo crear ningún dogma, sino dar las herramientas básicas imprescindibles para que cada uno se forme su propio criterio. Es decir, pretendo crear opinión científica, tan necesaria para poder participar de los nuevos hallazgos científicos en igualdad de condiciones y de responsabilidades. Debemos tener muy claro que es la sociedad la que tiene que decidir su futuro, pero para hacerlo hace falta que esté bien informada, que actúe con conocimiento de causa y que asuma la necesidad de ser consecuente consigo misma. No podemos tenerlo todo a cambio de nada.

Barcelona, marzo de 2008 (de la 1.<sup>a</sup> edición en catalán)

Barcelona, marzo de 2011 (de la traducción revisada y actualizada)

## Parte I

Las bases de las modificaciones  
genéticas: de la revolución  
neolítica a la revolución  
biotecnológica

## CAPÍTULO 2

### La biotecnología hoy

En el capítulo anterior hemos visto cómo los seres humanos hemos cambiado progresivamente nuestra manera de vivir y entender el mundo a través de toda una serie de revoluciones técnicas, culturales y sociales, que han supuesto una clara mejora en nuestra calidad de vida y han provocado profundos cambios en nuestro entorno. También hemos hablado sobre el papel que los organismos modificados genéticamente pueden tener en el mantenimiento del desarrollo humano en todos sus frentes, incluido el del medio ambiente. En este capítulo empezaremos la exposición sistemática de los fundamentos de los organismos transgénicos y definiremos algunos de los términos más utilizados en este libro. También hablaremos sobre cuáles son sus aplicaciones actuales y hasta qué punto se encuentran presentes actualmente en nuestras vidas.

## **La biotecnología: una tecnología, diversas finalidades.**

### ¿QUÉ ES LA BIOTECNOLOGÍA?

La evolución de la humanidad ha transcurrido en paralelo al desarrollo de la agricultura y la ganadería. La producción agraria y ganadera es responsable de gran parte de la producción de alimentos, pero también constituye una fuente de materias primas renovables para la industria textil, farmacéutica, energética y de la construcción, entre muchas otras. Toda esta actividad ha afectado directamente al medio ambiente, y ha modificado las condiciones de desarrollo de los ecosistemas de la biosfera, la parte de la Tierra que ocupamos los seres vivos. Por otro lado, el propio instinto de supervivencia que llevamos grabado en nuestros genes ha hecho que los humanos siempre hayamos mostrado interés por nuestra salud, tanto para evitar enfermar como para curar nuestras afecciones. Por todo ello, las aplicaciones de la biotecnología en la agricultura y en la salud tienen importantes repercusiones sociales, y el interés por comprenderlas mejor ha escapado, afortunadamente, del ámbito estrictamente académico para convertirse en foco de atención social. Estamos acostumbrados a oír hablar de la técnica como un elemento deshumanizador, y muchos ciudadanos asocian progreso con destrucción, aunque la mayor parte de la sociedad no renuncia en absoluto al progreso. Es necesario, por lo tanto, llevar la ciencia y la técnica al corazón de nuestra cultura y realidad cotidianas, e integrarlas en lo que somos y lo que queremos ser.

La palabra *biotecnología* se puede definir de distintos modos, según si la consideramos de forma amplia o más restrictiva. En sentido amplio, el término biotecnología se define sencillamente como la utilización de seres vivos para obtener productos. Esta palabra fue acuñada por el ingeniero húngaro Karl Ereky en 1917 para describir el proceso integrado de producción de cerdos a gran escala utilizando como alimento pencas de acelga y otras materias vegetales que solían ser descartadas. Por lo tanto, esta definición incluye desde los cultivos y la ganadería tradicionales, cuyo objetivo es obtener productos

alimenticios, fibras textiles, etc., hasta la utilización de organismos modificados genéticamente para obtener fármacos. También incluye, por ejemplo, la industria láctica de producción de yogures y quesos, y la vinícola, en las cuales, además de los productos de la tierra (leche y mosto respectivamente), se utilizan diversos fermentos, algunos de ellos ciertamente sofisticados, para modificar su estructura, sabor y cualidades.

Por ejemplo, para obtener el kéfir, un tipo de alimento probiótico<sup>5</sup> centenario hecho con leche fermentada de camello, originario de las montañas del norte del Cáucaso y que actualmente también se puede encontrar en las estanterías de muchos supermercados (hecho, eso sí, con leche de vaca), se utiliza una mezcla de más de 60 fermentos diferentes que actúan de manera secuencial sobre la leche. Es, por lo tanto, un producto de la biotecnología en sentido amplio. Estos fermentos incluyen tanto bacterias como hongos, que crecen juntos en una masa blanquecina denominada también kéfir. El nombre *kéfir* proviene del turco y significa traducido de manera laxa, «encontrarse bien», uno de los atributos más utilizados en la promoción de los alimentos cualificados como probióticos, de los que hablaremos en la segunda parte del libro. Los microorganismos que componen el kéfir han sido seleccionados por los humanos para conseguir una leche fermentada relativamente duradera, sabrosa y nutritiva, pero sus capacidades como fermentos no han sido alteradas de manera directa, sino que únicamente se han seleccionado los fermentos más adecuados entre todos los disponibles de forma natural, sin manipular su composición molecular.

Por este motivo, generalmente la palabra biotecnología se utiliza de forma más restrictiva. En este sentido, la biotecnología se define como la aplicación industrial de organismos vivos o de partes de organismos, y/o la utilización de técnicas biológicas para desarrollar nuevos productos, incluyendo productos alimenticios, farmacológicos e industriales. Entre las técnicas biológicas más

<sup>5</sup> Los alimentos probióticos son aquellos que contienen microorganismos vivos, generalmente bacterias. Se considera que su consumo habitual tiene efectos beneficiosos para la salud y que mejora el equilibrio de la flora bacteriana intestinal. Los ejemplos más típicos de alimentos probióticos son el yogur y otras leches fermentadas frescas.

modernas y potentes utilizadas en biotecnología se encuentran las llamadas técnicas de DNA recombinante, que se agrupan bajo el nombre genérico de ingeniería genética, y que permiten manipular directamente la composición molecular de los seres vivos y actuar sobre su esencia, el material genético.

### ¿QUÉ ES LA INGENIERÍA GENÉTICA?

Todo ser vivo tiene su propio material hereditario, que determina sus características biológicas. En las plantas, por ejemplo, el material hereditario determina, entre muchísimos otros caracteres, el tamaño y el número de los frutos o de los granos, el contenido nutritivo, los requisitos ambientales que necesita para desarrollarse y fructificar (por ejemplo las sales minerales, la temperatura, la humedad y el tipo de suelo), etc. Este material hereditario, denominado también material genético, está formado por moléculas de DNA (ácido desoxirribonucleico, también conocido como ADN), unas larguísimas cadenas lineales enrolladas en forma de doble hélice que contienen los genes. Dentro de este esquema, los genes son las unidades básicas de la herencia, los segmentos de DNA que contienen la información necesaria para determinar las características biológicas. De DNA y de genes hablaremos con detenimiento en el capítulo 3. De momento, diremos que las técnicas de DNA recombinante permiten modificar directamente los genes y, por lo tanto, la información que codifican.

La ingeniería genética se puede definir como el conjunto de técnicas y procesos que, de manera sistemática, utilizan e imitan procesos naturales para hacer combinaciones nuevas e inéditas de material hereditario; en definitiva, permiten modificar los genes. En el capítulo 3 también hablaremos sobre cuáles son estas técnicas y cómo se utilizan. De momento, podemos avanzar que estas nuevas combinaciones de material hereditario pueden ser introducidas en organismos capaces de propagarlas continuamente y/o de hacerlas funcionar, con lo que se alteran sus características biológicas. Son los OMG.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> OMG es el acrónimo de Organismo Modificado Genéticamente. En inglés se designan como GMO (*Genetically Modified Organisms*).



## ¿CUÁL HA SIDO EL DESARROLLO DE LA GENÉTICA COMO DISCIPLINA CIENTÍFICA?

Antes de continuar hagamos un poco de historia. Nunca podremos saber con certeza cuándo se reconoció por primera vez el hecho de la herencia de los caracteres biológicos. De todos modos, determinados datos arqueológicos como huesos y cráneos conservados, semillas secas y arte primitivo, nos han proporcionado indicios muy valiosos que demuestran que hace miles de años, durante la revolución neolítica, ya se empezaron a domesticar animales y a cultivar plantas. También indican que la selección de variantes concretas tanto de plantas como de animales empezó hace mucho tiempo, escogiendo y cruzando los organismos que manifestaban las características hereditarias más convenientes, del mismo modo que hace siglos se seleccionaron los mejores fermentos para elaborar el kéfir, el yogur, el vino, la cerveza o la salsa garo romana (un prensado de pescado o vísceras de pescado adobado con sal, que se dejaba secar al sol, se envasaba en ánforas y se hacía fermentar), entre un largo etcétera de otros productos derivados.

En este sentido, todos los datos arqueológicos indican que primero se domesticaron los animales y posteriormente se empezaron a cultivar las plantas. El cultivo de plantas es más complejo que el mantenimiento de animales estabulados, dado que incluye el abono, el riego y el acondicionamiento del suelo, procesos mucho menos obvios para los humanos del neolítico que alimentar a un animal. Por ejemplo, se sabe que entre los años 8000 y 1000 a.C. se domesticaron los caballos, los camellos, los bueyes y muchas razas de perros, que proceden de ejemplares salvajes de la familia de los équidos, los camélidos, los bóvidos y los lobos, respectivamente. Se cree que las plantas como el maíz, el trigo, el arroz y la palmera datilera se cultivan como mínimo desde el año 5000 a.C. En el arte asirio (4300-610 a.C.), por ejemplo, hay relieves que muestran la polinización artificial de la palmera datilera. Tal como se ha explicado en el capítulo 1, esta selección deliberada sin duda ha influido en los tipos de palmeras actuales, visto que, por ejemplo, en tan sólo cuatro oasis del Sáhara hay más de 400 variedades de palmeras, algunas de las cuales se

diferencian por caracteres como el sabor del fruto. Todos los datos prehistóricos de que se dispone indican que nuestros antepasados intentaron manipular la composición genética de los organismos, y que lo hicieron con éxito. Una cosa, sin embargo, es hacerlo de manera intuitiva, seleccionando y cruzando las variantes más adecuadas entre todas las que la naturaleza ofrece, y otra muy distinta es reconocer el hecho de la herencia y manipular directamente las biomoléculas implicadas en la dirección deseada.

El primer dato escrito donde se puede ver un reconocimiento explícito del hecho de la herencia biológica de los caracteres se encuentra en el *Garbha-Upanishad*, un texto hindú escrito el año 1416 a.C. que explica con detalle el proceso de concepción y crecimiento de un hijo en las entrañas de su madre, donde se puede leer textualmente: «Por la conjugación de la sangre y el semen el embrión obtiene su existencia». Probablemente, sin embargo, no se dedicó una gran atención a intentar explicar el fenómeno de la herencia biológica hasta la explosión de conocimiento de la cultura griega. Los pensadores de la escuela hipocrática de medicina (500-400 a.C.) y el filósofo y naturalista Aristóteles (384-322 a.C.) se interesaron por el origen de la materia que produce el individuo y la naturaleza de las fuerzas generadoras. Así, por ejemplo, en el tratado *Sobre la semilla*, los filósofos hipocráticos arguyeron que «el semen masculino se forma a partir de los caracteres hereditarios de muchas partes del cuerpo».

En los mil novecientos años posteriores, hasta el siglo XVII, los conocimientos teóricos sobre la herencia no se ampliaron, aunque hubo un gran interés en aplicarlos a la mejora de especies animales y vegetales. Entre el siglo XVII y el XIX se produjeron grandes avances en la biología experimental, entre los cuales hay que incluir, a mediados de siglo XIX, los trabajos de Mendel sobre el patrón de herencia de los caracteres biológicos. En relativamente poco tiempo se pasó de la idea conceptual más o menos etérea de herencia biológica a:

- 1) Conocer las leyes que la rigen, con los trabajos de Mendel, publicados en 1866, y en los que utilizó diversas variedades —denominadas también

- cepas— de guisante. Estos trabajos fueron redescubiertos en 1904 por William Bateson, Carl Correns y Hugo de Vries.
- 2) Descubrir cuál es la molécula que transporta esta información, el DNA, con los experimentos de Frederick Griffiths, publicados en 1927, y los de Oswald Avery, Colin MacLeod y Maclyn McCarty, publicados en 1944, en los que utilizaron diversas cepas (variedades) de bacterias causantes de la neumonía.
  - 3) Deducir la estructura del DNA, con los trabajos de James Watson, Francis Crick, Rosalind Franklin y Francis Wilkins, publicados por los dos primeros en 1953, y por los cuales todos, excepto Rosalind Franklin, recibieron el Premio Nobel en 1962.
  - 4) Manipular el material genético, proceso que se inició con el trabajo de Kathleen Danna y Daniel Nathans, publicado en 1971, en el que describieron por primera vez una enzima que permite manipular el material genético a voluntad del experimentador, y por el cual Nathans recibió el Premio Nobel junto a otros científicos en 1978.

Y es justo en este momento, con este último trabajo mencionado, cuando se considera que nacieron las técnicas de DNA recombinante. Estas técnicas, que como hemos dicho se agrupan bajo el nombre genérico de ingeniería genética, se basan en manipular y combinar de forma novedosa diversos fragmentos de DNA, es decir, en recombinarlos con el fin de conferirles una nueva función.

#### ¿QUÉ SON LOS ORGANISMOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE Y CUÁL ES SU FINALIDAD?

Los OMG, más conocidos popularmente como transgénicos, son organismos en los que se ha modificado su contenido genético mediante técnicas de ingeniería genética, ya sea introduciendo un gen foráneo (o más de uno) o bien suprimiendo o modificando la funcionalidad de un gen propio (de aquí el nombre de *transgénico*, palabra que etimológicamente significa «a través de los genes»). Eso hace que en el organismo receptor se modifique o se

suprima alguna característica biológica que le era propia, o que se le añada alguna nueva a las que ya tenía. Todos los seres vivos de la escala evolutiva se pueden modificar genéticamente, desde las bacterias a los mamíferos, pasando por los hongos, los virus, los insectos, los peces, las plantas, etc. Hay algunos, no obstante, que son más fáciles de manipular que otros.

El objetivo general de las modificaciones es conferirles características que sean de interés para los humanos, por ejemplo resistencia a insectos en gramíneas, lo que permite disminuir la cantidad de pesticidas a utilizar; la producción de arroz más rico en vitamina A para evitar problemas de malnutrición en zonas donde este alimento es la principal o quizá casi la única fuente de alimento; la generación de bacterias biorreparadoras que, por ejemplo, secuestren metales pesados altamente contaminantes del medio ambiente con el fin de descontaminar zonas dañadas; o la producción de vacas cuya leche contenga un factor humano de coagulación sanguínea, un fármaco para tratar la hemofilia. Estos ejemplos no han sido extraídos de una obra de ciencia ficción, sino que ya son una realidad.

La utilización de OMG no es ninguna novedad del siglo XXI. Ya desde 1982 muchos diabéticos reciben diariamente insulina humana, idéntica a la que produciría el páncreas, pero que es producida en bacterias, concretamente en unas cepas específicas modificadas genéticamente de la especie *Escherichia coli*, unas bacterias intestinales. Y no es, en absoluto, el único caso. Actualmente los humanos podemos disfrutar de diversas docenas de productos farmacológicos de origen humano, por ejemplo hormona de crecimiento, factores de coagulación, anticancerígenos, vacunas, etc., desarrollados en bacterias, levaduras y células de mamífero, todas ellas modificadas genéticamente y mantenidas en cultivo en el laboratorio como biofactorías.

Pero desde el punto de vista de la percepción social, una cosa son los organismos unicelulares que producen productos farmacológicos y otra muy diferente los animales y las plantas transgénicas. Con respecto al consumo de plantas modificadas genéticamente, en 1997 los habitantes de muchos países industrializados ya las habían consumido, sin saberlo, en forma de alimentos

procesados. Estos cultivos transgénicos, principalmente soja (*Glycine max*) y maíz (*Zea mays*), se habían obtenido originalmente para producir forrajes animales, pero se mezclaron con cultivos convencionales durante el transporte y se comercializaron sin que las etiquetas lo especificaran. En este sentido, en diciembre de 1996 la Comunidad Europea admitió que, desde el 1 de octubre de aquel mismo año, se habían producido importaciones ilegales de maíz procedente de Estados Unidos que habían entrado por los puertos de Amberes, Rotterdam, Lisboa y Barcelona.

Cuando se habla de organismos transgénicos a la mayoría de nosotros lo primero que nos viene a la cabeza son las plantas transgénicas, pero como ya hemos mencionado se están generando OMG en toda la escala de seres vivos. ¿Hay diferencias entre los diversos OMG? Para empezar, hay que decir que las técnicas y los materiales utilizados son básicamente los mismos en todos los OMG, pero las finalidades son muy diversas. Actualmente se están diseñando OMG como biofactorías para producir productos farmacológicos, generalmente microorganismos y células de mamífero en cultivo, pero también algunos animales y plantas; como biofactorías de materiales de construcción, textiles y energéticos, especialmente en plantas; como biorreparadores del medio ambiente, generalmente bacterias; como modelos experimentales de enfermedades humanas para entender sus causas y encontrar y ensayar posibles terapias en animales, sobre todo ratones; y como productos alimenticios, ya sea para forraje de animales o para consumo humano, también plantas. Tanto si utilizamos los OMG como alimento como si lo hacemos para producir fármacos, o como biofactorías, lo cierto es que actualmente, como veremos a continuación, estamos ya utilizando una gran cantidad de ellos.

Como el lector puede apreciar, la diversidad y las aplicaciones de los organismos utilizados son muy amplias. Por lo tanto, todos aquellos que sean contrarios a los «alimentos transgénicos», que en propiedad deberíamos llamar alimentos derivados de OMG, una posición perfectamente respetable y de la que hablaré más adelante, por favor tengan cuidado cuando utilicen la famosa consigna «Transgénicos fuera», puesto que dicho de esta manera

incluye también todas las otras aplicaciones de los OMG, que a buen seguro nos han salvado o nos salvarán a muchos de nosotros en más de una ocasión, o como mínimo contribuirán a mejorar nuestra calidad de vida.

### ¿QUÉ CRÍTICAS RECIBEN LOS OMG? UNA PRIMERA APROXIMACIÓN

Los OMG han estado siempre rodeados de cierta polémica. Es muy probable que haya personas contrarias a muchas o a todas las aplicaciones de los OMG, por ejemplo los colectivos que defienden los derechos de los animales en el caso de los animales transgénicos utilizados como modelos experimentales para enfermedades humanas, de la misma forma que hay personas contrarias a las vacunaciones obligatorias de los niños a pesar de la gran ventaja social colectiva que representan; pero ciertamente la aplicación socialmente más conflictiva de los OMG es la que hace referencia a las plantas transgénicas, hecho que las ha convertido en uno de los principales caballos de batalla de algunas organizaciones ecologistas. Los motivos que se esgrimen son diversos, pero se pueden resumir en tres grandes puntos: los hipotéticos peligros para la salud humana, las posibles interacciones negativas con el medio ambiente y las cuestiones sociales, centradas en las marcas de propiedad (patentes), los monopolios y los destinatarios de las ganancias económicas. Sin embargo, si se analizan las consignas contrarias a la utilización de plantas transgénicas desde un punto de vista científico, la primera constatación que se puede hacer es la gran falta de información sobre estos organismos en sus planteamientos iniciales e, incluso, una manipulación de la información. De hecho, una de las acusaciones cruzadas más frecuentes entre las organizaciones contrarias a las plantas modificadas genéticamente y las empresas de biotecnología es la de manipular la información, para defender las propias posturas en el caso de las organizaciones contrarias y para facilitar la comercialización en el caso de las empresas implicadas. En este sentido, se han publicado diversos libros pretendidamente científicos, algunos de los cuales han sido traducidos al castellano, por ejemplo *Ingeniería genética: ¿Sueño o pesadilla?*, de Mae-Wan Ho, y *Plantas transgénicas. La*