



Plantas Transgénicas

UNIDAD **9**

European Initiative for Biotechnology Education

Colaboradores de esta unidad

Vic Damen (coordinador de la unidad), Catherine Adley, Fred Brinkman, Dorte Hammelev, Margareta Johansson, Marleen van Strydonk



La Iniciativa Europea para la Enseñanza de la Biotecnología (EIBE) pretende promover experiencias, aumentar la comprensión y facilitar el debate público informado mediante la mejora de la enseñanza de la biotecnología en escuelas e institutos de toda la Unión Europea (UE).

Centros de contacto de la EIBE



ALEMANIA

- | Horst Bayrhuber / Eckhard R. Lucius / Regina Rojek / Ute Harms / Angela Kroß, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Universität Kiel, Olshausenstraße 62, D-24098 KIEL 1.
- | Ognian Serafimov, UNESCO-INCS, c/o Jörg-Zürn-Gewerbeschule, Rauensteinstraße 17, D-88662 ÜBERLINGEN.
- | Eberhard Todt, Fachbereich Psychologie, Universität Gießen, Otto-Behaghel-Straße 10, D-35394 GIEßEN.



AUSTRIA

- | Rainhart Berner, Höhere Bundeslehr- und Versuchsanstalt für Chemische Industrie Wien, Abt. für Biochemie, Biotechnologie und Gentechnik, Rosensteingasse 79, A-1170 WIEN.



BELGICA

- | Vic Damen / Marleen van Strydonck, R&D Groep VEO, Afdeling Didaktiek en Kritiek, Universiteit van Antwerpen, Universiteitsplein 1, B-2610 WILRIJK.



DINAMARCA

- | Dorte Hammelev, Biotechnology Education Group, Foreningen af Danske Biologer, Sønderengen 20, DK-2860 SØBORG.
- | Lisbet Marcussen, Biotechnology Education Group, Foreningen af Danske Biologer, Lindevej 21, DK-5800 NYBORG.



EIRE

- | Catherine Adley / Cecily Leonard, University of Limerick, Plassey, LIMERICK.



ESPAÑA

- | María Saez Brezmes / Angela Gomez Niño, Facultad de Educación, Universidad de Valladolid, Geologo Hernández Pacheco 1, ES-47014 VALLADOLID.



FRANCIA

- | Gérard Coutouly, LEGPT Jean Rostand, 18 Boulevard de la Victoire, F-67084 STRASBOURG Cedex.
- | Laurence Simonneaux, Ecole Nationale de Formation Agronomique, Toulouse-Auzeville, Boîte Postale 87, F-31326 CASTANET TOLOSAN Cedex.



ITALIA

- | Antonio Bargellesi-Severi / Stefania Uccelli / Alessandra Corda Mannino, Centro di Biotechnologie Avanzate, Largo Rosanna Benzi 10, I-16132 GENOVA.



LUXEMBURGO

- | John Watson, Ecole Européenne de Luxembourg, Département de Biologie, 23 Boulevard Konrad Adenauer, L-1115 LUXEMBOURG.



PAÍSES BAJOS

- | David Bennett, Cambridge Biomedical Consultants, Schuystraat 12, NL-2517 XE DEN HAAG.
- | Fred Brinkman, Hogeschool Holland, Afdeling VP&I, Postbus 261, NL-1110 AG DIEMEN.
- | Guido Matthée, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, Technische Faculteit, HLO, Heijendaalseweg 45, NL-6524 SE NIJMEGEN.
- | Liesbeth van de Grint / Jan Frings, Hogeschool van Utrecht, Educatie Centrum voor Biotechnologie, FEO, Afdeling Exacte Vakken, Biologie, Postbus 14007, NL-3508 SB UTRECHT.



REINO UNIDO

- | Wilbert Garvin, Northern Ireland Centre for School Biosciences, NIESU, School of Education, The Queen's University of Belfast, BELFAST, BT7 1NN.
- | John Grainger / John Schollar / Caroline Shearer, National Centre for Biotechnology Education, The University of Reading, PO Box 228, Whiteknights, READING, RG6 6AJ.
- | Jill Turner, Department of Science and Technology Studies, University College London, Gower Street, LONDON, WC1 6BT.
- | Paul Wymer, The Wellcome Centre for Medical Science, The Wellcome Trust, 210 Euston Road, LONDON, NW1 2BE.



SUECIA

- | Margareta Johansson, Föreningen Gensyn, PO Box 37, S-26800 SVALÖV.
- | Elisabeth Strömberg, Östrabo Gymnasiet, PO Box 276, Kaemppegatan 36, S-45181 UDDEVALLA.

Coordinadores de EIBE

Horst Bayrhuber, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, Olshausenstraße 62, D-24098 KIEL 1, Germany. Telephone: + 49 (0) 431 880 3137 (EIBE Secretary: Regina Rojek). Facsimile: + 49 (0) 431 880 3132.



Plantas Transgénicas

UNIDAD 9

European Initiative for Biotechnology Education

Contenido

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

I Autores y copyright	4
I Referente a esta unidad	5
I Plantas transgénicas	
Introducción	6
¿Cómo se elabora una planta transgénica?	6
El empleo de plantas transgénicas	9
¿Qué plantas?	11
Informaciones	13
I Casos reales	
Colza, maíz, tomates	14
soja	15
Posibilidades y problemas	16
I Apéndice 1	
Decisión de la Comisión de la CEE	18
I Apéndice 2	
Cuestionario	20

World Wide Web

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

Pocas áreas están desarrollándose tan rápidamente como la biotecnología. Por ello, para que se puedan revisar y actualizar y posteriormente distribuir con un costo mínimo, las unidades de EIBE se publican en formato electrónico.

Estas páginas (y las otras unidades de EIBE) están disponibles en toda Europa y el resto del mundo en la World Wide Web. Se pueden encontrar en:

<http://www.reading.ac.uk/NCBE>

Todas las unidades de EIBE en la World Wide Web están en ficheros de Portable Document Format (PDF). Eso significa que las ilustraciones de alta calidad, el color, los tipos de letra y la maquetación de estos documentos se mantendrán, sea cual sea el ordenador o sistema operativo del que se disponga (Macintosh, Power PC, Windows, DOS o Unix).

Los ficheros PDF son también más pequeños que los ficheros desde los que han sido creados, por lo que se necesitará menos tiempo para descargar documentos. Sin embargo, para visualizar las unidades de EIBE necesitará una copia apropiada del programa de lectura *Adobe Acrobat*.[®]

Se puede disponer gratuitamente del programa lector *Acrobat*[®] 3.0. Puede descargarse de:

<http://www.adobe.com/>

Con este software, se pueden visualizar o imprimir las unidades EIBE. Además, podrá «navegar» y hacer búsquedas en los documentos con facilidad.

Observación: *Adobe* y *Acrobat* son marcas comerciales de Adobe Systems Incorporated, que pueden estar registradas en ciertas jurisdicciones. *Macintosh* es una marca comercial registrada de Apple Computer Incorporated.

Colaboradores de EIBE

- **Vic Damen (Unit Coordinator) & Marleen van Strydonck**
Universiteit Antwerpen, R&D groep VEO,
Dept. Didactiek en Kritiek,
Universiteitsplein 1, B-2610 Antwerpen,
Belgium
- **Catherine Adley**
University of Limerick, Plassey,
Limerick, Ireland
- **Fred Brinkman**
IDO/VU, Vrije Universiteit Amsterdam,
De Boelelaan 1115, NL-1081 HV
Amsterdam
- **Dorte Hammelev**
IMFUFA
University of Roskilde, Denmark
- **Margaretta Johansson**
Svalöv Science Centre, Sweden

Diseño, ilustración y composición tipográfica: Caroline Shearer, NCBE, The University de Reading , Reino Unido

Agradecimientos

La ayuda del Dr. F. Folmer D. Eriksen, del Instituto de Toxicología del Ministerio danés de Alimentación, Agricultura y Pesca, ha sido de gran valía al preparar esta Unidad.

El Dr. Holger Petersen y Dr. Juliane Alberg del Ministerio danés de Medioambiente y Energía, y de la Agencia de Protección Medioambiental danesa, han proporcionado consejos e información muy útiles.

© Copyright

Estas Unidades de EIBE están protegidas por los derechos de autor. Los colaboradores de esta Unidad declaran su derecho moral a identificarse como titulares de los derechos de autor bajo la Sección 77 del Acta de Derechos de Autor, Diseños y Patentes, Reino Unido (1988).

Uso Educativo. Pueden realizarse copias en papel o en formato electrónico, tanto de esta unidad EIBE como de sus páginas individuales,

para su utilización en clase, siempre que las copias se distribuyan gratuitamente o al precio de costo de la reproducción, y los autores de la unidad sean reconocidos e identificados como los titulares de los derechos de autor.

Otros usos. La Unidad puede ser distribuida individualmente para propósitos no comerciales, pero no mediante listas de distribución electrónica, listas de correo, grupos de noticias, tablón de anuncios ni correo no autorizado por World Wide Web ni otros mecanismos de reproducción, acceso o distribución de masas que reemplace una suscripción o acceso individual autorizado, o de ninguna manera que no constituya un intento de buena fe de cumplir con estas restricciones.

Uso comercial. Está estrictamente prohibido el empleo de materiales de esta Unidad para beneficio comercial sin el consentimiento previo de los titulares de los derechos de autor. En caso de que desee utilizar este material total o parcialmente para propósitos comerciales, o volver a publicarlo de cualquier forma, debe contactar :

EIBE Secretariat
c/o IPN
Universitat Kiel
Olshausenstrabe 62
D-24098 Kiel
Alemania
Teléfono: +49 431 880 3137
Fax: +49 431 880 3132
E-Mail: rojek@ipn.uni-kiel.de

Referente a las Unidades EIBE

Estos materiales han sido creados por profesores y educadores en activo de diferentes países europeos, con el apoyo y estímulo financiero del DGXII de la Comisión Europea, bajo la protección de EIBE, la Iniciativa Europea para Enseñanza de la Biotecnología. Los materiales de la EIBE han sido extensamente probados en talleres en los que participan profesores de toda Europa.

Las opiniones expresadas en esta Unidad y las actividades propuestas aquí son las de los autores y no las de la Comisión Europea.

Referente a esta Unidad



Esta unidad consta de información actualizada sobre plantas transgénicas y su empleo en la sociedad actual. Con ella se pretende aumentar la comprensión y proporcionar la información básica para poder mostrar en las aulas el papel de las plantas transgénicas en el mundo moderno.

Esta unidad consta de:

1. Introducción que plantea el problema
2. Principios y tecnologías científicas esenciales implicados en la elaboración de una planta transgénica.
3. Importancia e implicación de los ensayos de campo.
4. Información sobre la valoración del riesgo y las regulaciones de la UE.
5. Información básica sobre los vegetales y cultivos seleccionados; tomates, patatas, soja, aceite de colza, que constituyen la vanguardia de las investigaciones en plantas transgénicas.
6. Sugerencias para reflexionar sobre las ventajas e inconvenientes previstos con la generación y empleo mundial de las plantas transgénicas.
7. Evaluación de las preconcepciones que tienen los estudiantes sobre los conceptos de planta, gen y la expresión de rasgos genéticos (cuestionario, apéndice 2).

¿Cómo se puede utilizar esta unidad?

No es necesario que los estudiantes tengan un amplio conocimiento previo sobre plantas transgénicas o tecnología genética general. Deberían tener un conocimiento básico sobre genética y, a ser posible, sobre algunos elementos de tecnología genética general. Puede emplearse un cuestionario (apéndice 2) para hacerse una idea de los conceptos ciertos y erróneos que tienen los estudiantes sobre planta, gen y expresión de los rasgos genéticos. No debe tardarse más de 10 minutos en realizar el cuestionario. Es importante que no se dé ninguna pista al estudiante, que se le estimule para que responda a las preguntas aunque no esté seguro de su respuesta.

La unidad puede emplearse de un modo tradicional en las clases de ciencias con el fin de

desarrollar el concepto de plantas transgénicas y las consecuencias sociales relacionadas con la utilización de estas plantas.

Objetivos: los estudiantes pueden

- Describir las diferentes técnicas utilizadas para crear una planta transgénica
- Explicar la baja tasa de éxito, es decir, los escasos resultados satisfactorios y la inestabilidad de la planta transgénica bajo condiciones no óptimas
- Explicar que la introducción de plantas transgénicas en la sociedad occidental está precedida por una investigación, los ensayos de campo, la valoración a fondo del riesgo (DPTH) y que está controlada por amplias regulaciones.
- Sopesar las ventajas e inconvenientes del empleo de plantas transgénicas, utilizando argumentos biológicos, económicos y sociológicos.

La unidad también puede utilizarse desde una perspectiva de análisis de problemas. La introducción servirá de desencadenante para analizar el problema específico que surge de la aplicación de la planta de algodón transgénica. La unidad proporciona mucha información auxiliar que se puede emplear para que los estudiantes respondan a sus preguntas. Como resultado de estas actividades, los estudiantes pueden comentar los pros y contras del empleo de las diferentes plantas transgénicas.

Objetivos: aparte de los objetivos citados anteriormente, los estudiantes pueden

- desarrollar destrezas de análisis del problema y buscar información para obtener una nueva percepción del mismo.

Introducción



En verano de 1996, titulares sobre algodón genéticamente modificado ocupaban todos los periódicos. En algunas zonas de Méjico y los Estados sureños de EEUU se observó, en la segunda temporada, que las plantas de algodón genéticamente modificadas para ser resistentes a las orugas no habían mostrado tal resistencia. Las orugas habían dañado la cosecha de la forma habitual, comiéndose las cápsulas de las semillas. Se cultivaron 800.000 hectáreas de esta planta de algodón. La resistencia introducida en las plantas debería haber ocasionado el envenenamiento de las larvas al comer la planta.

El gen del veneno procede del *Bacillus thuringiensis*, conocido como la Bacteria Bt. Se encuentra en las hojas y su veneno se ha utilizado durante muchos años como un pesticida pulverizado contra diferentes tipos de orugas. Dicho pulverizado es relativamente tolerado por el medio ambiente, puesto que se descompone de forma rápida y únicamente mata a un grupo selectivo de animales (ciertas orugas y larvas). El veneno no perjudica a otros animales que viven cerca o en el algodón y tampoco es venenoso para el hombre. Durante muchos años el crecimiento del algodón ha requerido la utilización de insecticidas. Por tanto, resultaba ventajoso el crecimiento de plantas resistentes a los insectos por la consiguiente reducción de la cantidad de insecticidas químicos que se precisaban.

Desgraciadamente, estas plantas de algodón genéticamente modificadas, que crecen en Méjico y en el Sur de Estados Unidos, han sido atacadas por tres especies diferentes de orugas que deberían haberse envenenado al comer las plantas.

La pregunta que ahora se formulan el científico y el agricultor es si las larvas han desarrollado resistencia al veneno Bt o si existen otras posibles explicaciones. Los agricultores biológicos ya han exigido que se quite el nuevo algodón, puesto que la bacteria Bt la utilizan como una forma de protección biológica frente a varias clases de orugas perjudiciales y temen enormemente el desarrollo de orugas resistentes.

Una explicación alternativa para el número extremadamente elevado de orugas en los campos de algodón podría ser que la velocidad de crecimiento ha sido mucho más elevada debido a un verano extremadamente seco y caluroso. También se sabe que algunas situaciones de estrés, tal como las temperaturas muy elevadas, pueden provocar expresión génica en diferentes tejidos.

Este caso resulta interesante para nosotros, aquí en Europa, porque en este momento (a finales del 1996) están pendientes de conseguir el permiso de comercialización tres diferentes plantas de maíz. Las tres poseen una configuración genética Bt similar al algodón. Uno de los motivos del retraso de la Comisión Europea es considerar la posibilidad de que el insecto desarrolle resistencia al pesticida Bt y su efecto sobre el medio ambiente.

Definición

Plantas con genes modificados, con genes ensamblados o transgénicas, se definen como aquellas plantas a las que se ha insertado en el genoma uno o más genes de una planta u organismo diferente, o un gen o genes que han sido alterados o especialmente ensamblados.

¿Cómo se elabora una planta transgénica?

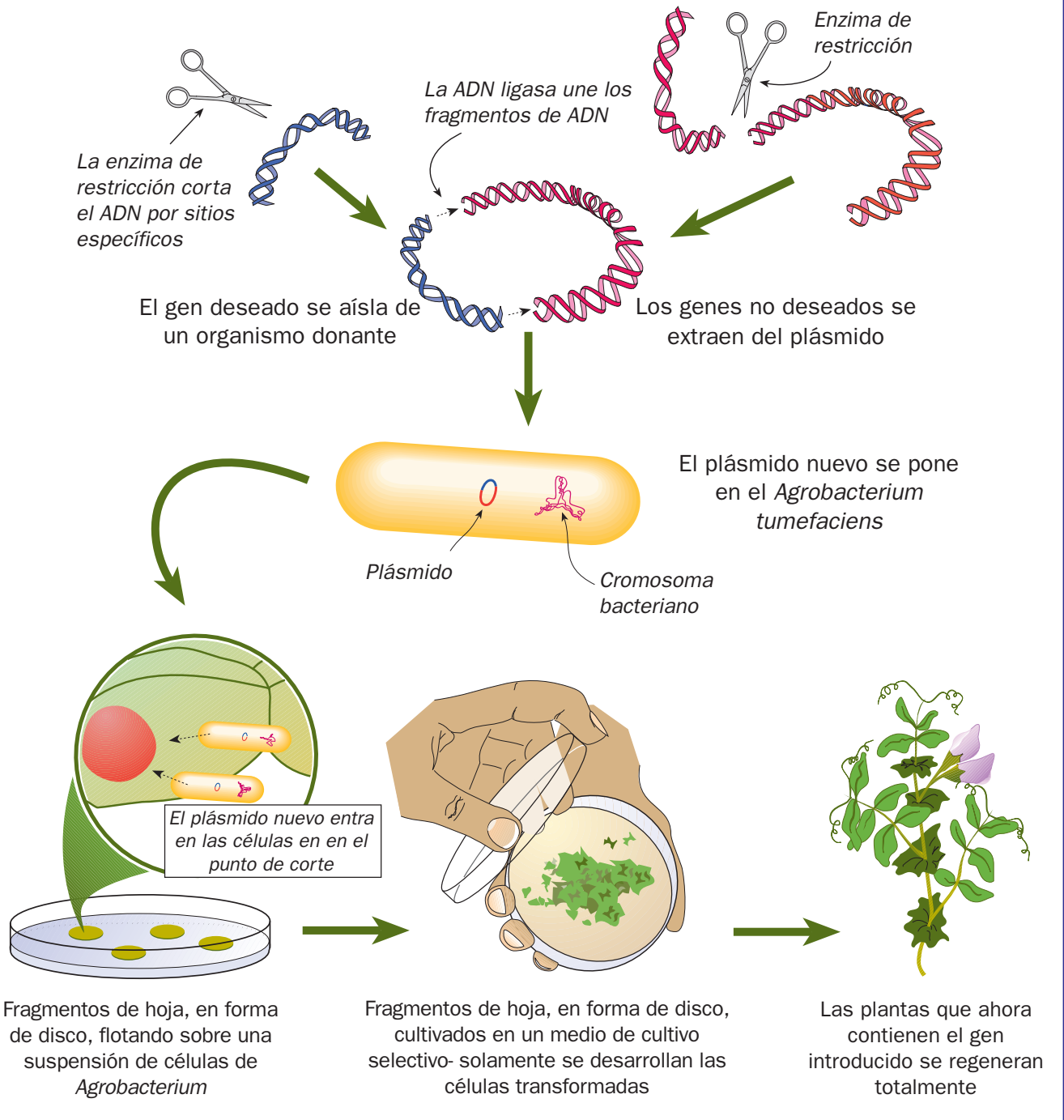
Técnicas de laboratorio

Método *Agrobacterium tumefaciens*

Las primeras plantas transgénicas se crearon a principios de los ochenta, cuando se descubrió la capacidad de una bacteria, *Agrobacterium tumefaciens*, de transferir material genético al interior de las plantas. Actualmente se dispone de otros métodos, pero esta primera técnica todavía es ampliamente utilizada.

A. tumefaciens es una bacteria del suelo que contiene, además de su cromosoma, un minicromosoma circular adicional denominado plásmido inductor de tumores (Ti). Este segmento de ADN contiene genes que son los responsables de la enfermedad de la planta

Figura 1: *Agrobacterium tumefaciens* y transferencia del Ti



”agalla coronada”. Es posible efectuar el aislamiento de los genes que producen los tumores y sustituirlos por genes seleccionados, convirtiendo el plásmido Ti en un vector que transfiera los nuevos genes al interior de la planta (Fig. 1). Actualmente este método constituye un procedimiento estándar y se puede obtener más información en muchos libros de texto.

In vivo, la infección requiere la lesión del tejido de la planta. *A. tumefaciens* se adhiere a las paredes celulares de la planta activada por los

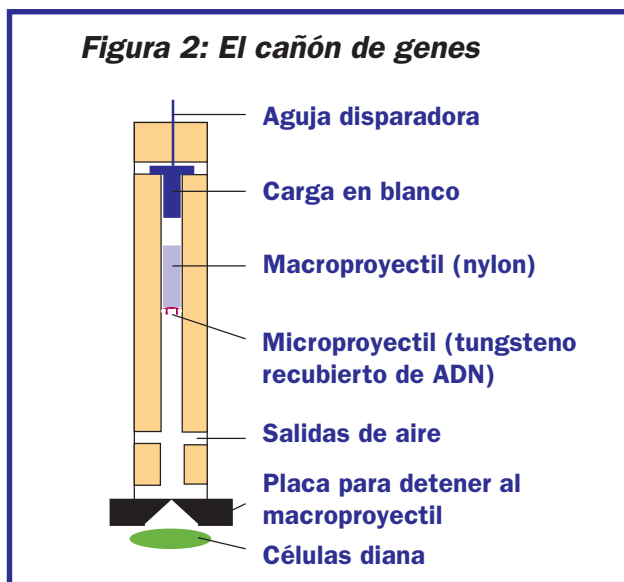
componentes de las células dañadas (los compuestos que activan a las bacterias también son producidos por las células lesionadas). Parte del plásmido Ti (la región T) es entonces transferido al interior de los cromosomas de la planta huésped, donde se integra (T-ADN). Diferentes sitios genéticos del cromosoma bacteriano y un grupo de genes virulentos (*vir*) localizados en el plásmido Ti, codifican para las funciones implicadas en el reconocimiento y adhesión a las células de la planta, así como para la ruptura, transferencia e integración del T-ADN en el interior del genoma objetivo.

Si bien se trata de un método de transformación muy eficaz, para algunas plantas funciona mejor que para otras.

Una transformación eficaz depende de la capacidad del *A. tumefaciens* para infectar a las células e incorporar su T-ADN en el genoma de la planta antes de que sea destruido por la célula de la planta, así como que las células transformadas puedan proliferar originando una planta completa. En las plantas de la familia Solanaceae, como tomates, tabaco y patatas, se han conseguido los mejores resultados. En el resto, los peores resultados se han obtenido en las monocotiledóneas, que incluyen las cuatro especies de grano, arroz y maíz, en las cuales el *A. tumefaciens* no infecta fácilmente. Se ha comprobado que resulta más difícil transformar estas plantas, todas con un elevado valor alimenticio y comercial, utilizando el método *Agrobacterium*. Recientemente, una cepa nueva y más agresiva de *A. tumefaciens* ha demostrado tener éxito en la preparación de plantas de maíz transgénicas.

Método del cañón de genes

No obstante, los genetistas de plantas han descubierto otros métodos alternativos. En uno



de éstos, el cañón de genes, diminutas cuentas de metal recubiertas con ADN, son "disparadas" directamente al interior de las células de la planta. Dichas células reparan las heridas rápidamente y en algunas células el ADN es incorporado al interior del cromosoma celular de la planta.

Tasa de éxitos

Tanto si se emplea el *Agrobacterium* o el método del cañón de genes, la tasa de éxito de la transformación raramente supera el 1:10.000 por célula. Resulta imposible saber dónde va a incorporarse el nuevo gen (o quizás varias copias de él). Este problema se está investigando actualmente, pero todavía no se ha desarrollado ningún método satisfactorio.

Por otro lado se pueden encontrar plantas con más de una copia del gen deseado, entonces éstos son extraídos en forma de múltiples copias del mismo gen, cuya expresión generalmente está inhibida. El mecanismo de este hecho aún se desconoce.

La reproducción de plantas más rápida y precisa.

La producción de plantas transgénicas tiene que ser considerada en relación con la reproducción tradicional de plantas, mediante la cual los hombres, desde la prehistoria, han cultivado selectivamente determinadas plantas salvajes con buenas características. Características como la fuerza, producción, resistencia frente a organismos nocivos y la capacidad de soportar el viento y el clima fueron mejorados con el cruzamiento de los mejores ejemplares entre sí.

Se tardan de 10 a 15 años en desarrollar un nuevo tipo de plantas utilizando métodos de reproducción tradicional. Las técnicas de transferencia de genes pueden reducir este tiempo a la mitad y posibilitar la transferencia selectiva de genes de forma que se pueda saber exactamente qué características se han introducido. La reproducción de plantas mediante tecnología genética moderna también proporciona la posibilidad de introducir genes de especies no relacionadas.

Genes sintéticos

En ciertas ocasiones, en la transferencia de genes se utilizan genes sintéticos, en los que se ha modificado la secuencia de bases de ADN del gen que va a ser introducido. En la mayoría de los casos puede cambiarse la última base del triplete de un codón sin modificar el aminoácido para el que codifica. Antes de que el gen bacteriano Bt sea introducido en la planta, se cambia para que la proporción CG:AT sea similar a la de las plantas. Estos cambios son necesarios para lograr una expresión satisfactoria del gen en las células de la planta.

Sentido inverso y sentido parcial

Uno de los factores implicados en el reblandecimiento de la fruta es una enzima, la poligalacturonasa o PG, que rompe la pectina de la pared celular. En la producción del tomate *Flavr Savr*[®], que no se reblandecía cuando estaba maduro, la táctica de los científicos fue crear una copia inversa del gen PG y luego introducirlo en el interior de las células de la planta.

Los ARNs producidos a partir del gen original y del gen introducido se complementan entre sí. Se reduce la expresión del gen PG del tomate y, como consecuencia, se retrasa el proceso de reblandecimiento. El tomate *Flavr Savr*[®] únicamente se comercializó en EEUU, pero por ahora ha sido retirado del mercado.

En Europa, *Zeneca* ha patentado un tomate en el que se ha utilizado una técnica ligeramente diferente para reducir el reblandecimiento. Se ha insertado un gen PG modificado, el cual, de algún modo que no se acaba de entender completamente, reduce la producción de poligalacturonasa. Se cree que los ARNs producidos a partir de los dos genes interfieren entre sí.

Varias compañías de biotecnología están intentando alterar el contenido y la cantidad de almidón en las patatas. Utilizando la técnica del sentido inverso, una compañía danesa está intentando retardar el gen alfa-amilasa que provoca la conversión del almidón en azúcar durante el almacenamiento de las patatas. La formación de azúcar es un proceso natural y una condición previa para la germinación pero es indeseable durante el almacenamiento de las patatas. Si la compañía tiene éxito, conseguirán una patata que se almacene mucho mejor sin deteriorarse. Al mismo tiempo, habrán obtenido una patata mejor para elaborar patatas fritas, con menor tendencia a carbonizarse cuando se frían debido a que tendrán unos niveles de azúcar más bajos.

Genes marcadores

Los genes marcadores son genes introducidos con el objetivo de identificar y aislar las células que han sido transformadas de aquellas que no captaron el gen deseado. Los genes marcadores en las bacterias son generalmente genes de resistencia a antibióticos. En las células de las plantas frecuentemente el gen marcador es un gen que proporciona tolerancia a un herbicida,

p.ej: Basta. Una preocupación habitual durante la valoración del riesgo es si se puede transferir un gen desde una planta transgénica a una bacteria. El intestino de un animal o de un ser humano constituiría un ambiente adecuado para tal proceso, donde, durante la digestión, el ADN de la planta estaría expuesto a la presencia de millones de bacterias. La opinión de los expertos es que esta transformación es extremadamente improbable. Sin embargo, en la actualidad, los genes de resistencia a antibióticos preferidos para este propósito son los correspondientes a antibióticos que no se utilizan en tratamientos médicos humanos o los relacionados con ellos. El gen de resistencia a la Kanamicina es, por tanto, uno de los genes considerados aceptables. No se utiliza en el tratamiento médico y muchas bacterias del suelo ya son resistentes a él. El empleo del gen para la resistencia a la ampicilina es, por la misma razón, menos aceptable como gen marcador puesto que la ampicilina se emplea en el tratamiento médico. Está previsto realizar otro trabajo sobre la utilización de genes para determinadas enzimas metabólicas como genes marcadores.

El empleo de plantas transgénicas

Ensayos de campo y regulaciones

Economía e investigación

En los "viejos tiempos", lo que en este campo de investigación significa hace 10 o 15 años, había muy pocos invernaderos de plantas en los países. Aun así, muchas de esas pequeñas compañías se han fusionado y ahora el mercado está dominado por unas pocas multinacionales de gran tamaño. Acelerar el proceso de reproducción de plantas con técnicas biotecnológicas no resulta económico, la mano de obra necesaria y los materiales y métodos utilizados son caros. Por consiguiente, el empleo de la biotecnología en la reproducción de plantas únicamente ha sido posible gracias a que las compañías han sido lo bastante grandes para asumir esta inversión en investigación y desarrollo. Hoy en día, la investigación en este área pagada con dinero público es reducida en comparación con la investigación realizada por compañías multinacionales.

Figura 3. Número de solicitudes para ensayos de campo de plantas transgénicas por tipo de solicitantes

Fuente: Agro Food Industry Hi tech, Italy, 2 vol. 5 Marzo/Abril 1994



La enorme inversión en investigación por parte de la industria ha provocado la reducción tanto de la variedad de temas de investigación básica en estudio como del lapso de tiempo transcurrido entre la investigación y su aplicación comercial. La fig. 3 proporciona detalles de las solicitudes para ensayos de campo de plantas transgénicas en Europa.

Ensayos de campo

Las plantas transgénicas se producen y se verifican en todo el mundo, como se puede apreciar en la figura 4. Los números no indican el número de nuevas variedades de plantas que se están desarrollando, puesto que muchas poseen varios ensayos. China ha comunicado que ha creado sus propias regulaciones para los estudios de campo, pero se sabe poco de su trabajo.

Valoración del riesgo

El principal interés en una valoración del riesgo de las plantas transgénicas puede resumirse como sigue:

- La posibilidad de transferencia de materiales genéticos a otros organismos;
- Las consecuencias medioambientales
- Las consecuencias para la salud

Figura 4. Ensayos de campo mundiales de plantas transgénicas: 1986-1994.

País	Número de ensayos
Europa	
Bélgica	81
Dinamarca	11
Finlandia	10
Francia	168
Alemania	6
Hungría	4
Italia	14
Holanda	84
Noruega	1
Portugal	4
España	16
Suecia	17
Suiza	2
Reino Unido	78
Asia	
Australia	26
Japón	8
China	30
Nueva Zelanda	15
Tailandia	2
Norteamérica	
Canadá	358
EEUU	1031
África	
Egipto	1
Sudáfrica	9
Oriente Próximo	
Israel	4
Sudamérica y Caribe	
Argentina	20
Belice	4
Bolivia	4
Chile	13
Costa Rica	5
Cuba	9
República Dominicana	1
Guatemala	1
Méjico	15
Total mundial	2053

Source: The Gene Exchange, Vol. 5, No. 3, December 1994

Las investigaciones se realizan caso por caso, utilizando sistemas modelo que aumentan gradualmente en complejidad incluyendo organismos distintos al investigado. Los sistemas artificiales están bien definidos, facilitando la repetición de los experimentos. Estos progresan hacia ecosistemas más naturales. Se encuentran muchos problemas experimentales en los sistemas más complejos y resulta importante subrayar que para la valoración del riesgo puede resultar útil la información procedente de todos los sistemas.

Regulación de la UE

Una condición previa necesaria para la comercialización de una planta transgénica en la UE es que la planta haya sido sometida a ensayos de campo sin ningún efecto imprevisto, especialmente con respecto al cruzamiento con otros cultivos o plantas salvajes afines. El permiso para los ensayos de campo es concedido por la autoridad del país donde se solicita. Las autoridades de otros países de la UE pueden impugnar una solicitud de ensayo de campo en 30 días (para más detalles véase apéndice 1).

Una licencia de venta para una variedad o producto transgénico es concedida por un país de la UE, y el permiso obtenido en un país significará automáticamente el permiso en todos los países de la UE. Una licencia puede ser cuestionada por las autoridades de los otros países miembros en un período de 60 días. En

Dinamarca la legislación permite la participación en el debate de organizaciones interesadas y grupos verdes, y regularmente participan 10 asociaciones diferentes. Una de estas es la Asociación de Biólogos Daneses (una asociación de profesores de biología de enseñanza secundaria), lo que proporciona una buena oportunidad para que los profesores de biología y sus alumnos comprendan y sigan los casos actuales.

¿Qué plantas?

¿Qué rasgos?

Los investigadores de todo el mundo están trabajando con muchos tipos diferentes de genes. Puesto que gran parte de este trabajo es de interés comercial, no se encuentra disponible la información al respecto. Únicamente cuando se realiza la solicitud para un ensayo de campo, el trabajo se publica y las tendencias se ponen de manifiesto.

En una revisión de estudios de campo (Fig. 5) se puede observar que el grupo mayor de plantas ensayadas se modificaron para que presentaran tolerancia a diferentes herbicidas, como el Round Up y Basta. Esto refleja el amplio patrón mundial. Los genes para la tolerancia a herbicidas fueron los primeros en ser transferidos con éxito al interior de las plantas de cultivo.

Figura 5. Las cinco plantas más importantes y sus rasgos modificados desde 1986 a 1994

Rasgo	Número de ensayos de campo *				
	Patatas	Colza de semilla oleaginosa	Tabaco	Maíz	Tomate
Tolerancia a herbicida	16 (5)	94 (7)	29 (6)	54 (3)	21 (5)
Mejoría de calidad	31 (9)	57 (5)	13 (4)	15 (2)	39 (3)
Resistencia a virus	60 (12)	2 (2)	24 (7)	10 (4)	20 (9)
Resistencia a insectos (Bt)	34 (4)	3 (3)	19 (3)	24 (2)	16 (1)
Gen marcador	23 (7)	17 (5)	28 (9)	8 (4)	4 (3)
Resistencia a hongos	9 (7)	5 (4)	9 (4)	2 (1)	
Rasgos múltiples	8 (7)	2 (1)	4 (3)		
Resistencia bacteriana	9 (3)	1 (1)			
Sin especificar	3	1	5	5	3

* El número de las diferentes propiedades introducidas en el cultivo se muestra entre paréntesis

Fuente: PAHl Goy y J.H. Duesing, From Pots to Plots; Genetically Modified Plants on Trial. 1995 Biotechnology Vol. 13, Mayo, 454-458.

Figura 6. Plantas transgénicas para las que se han realizado solicitudes de ensayo de campo en todo el mundo (1994). Esta lista únicamente está completa para los ensayos solicitados en la UE. No todas las plantas de la lista han sido realmente sometidas a estas pruebas. Como curiosidad, puede mencionarse que la colza de semillas oleaginosas resistente a herbicidas no se sometió a ensayo como se planificó en Alemania en 1994, debido a que la zona de estudio fué bloqueada por los activistas durante la temporada de cultivo. Ahora las pruebas están teniendo lugar en diferentes ciudades. Muchas de las plantas de la lista para los ensayos dentro de la UE se han probado, también, fuera de la misma.

Planta	Ensayo en la UE	Ensayo fuera de la UE
Vegetales, frutas y otros alimentos:	Manzanas, zanahorias coliflor, achicoria, lechuga maíz, melón, patatas calabazas, fresas, tomates trigo, vino	Espárragos, pepino Kiwi, papayas, arroz, ciruelos y nogales
Comida para animales y plantas de uso no alimentario	alfalfa, remolacha, algodón colza de semillas oleaginosas, soja, azúcar de remolacha, girasol, tabaco.	Lino
Flores	Crisantemo, petunia caléndula, clavel	Gerbera
Arboles	Abedul, eucalipto, álamo	

¿Qué cultivos?

En todo el mundo se está trabajando con una gran variedad de plantas. Obviamente, no todo este trabajo da lugar a solicitudes de ensayos de campo, sin embargo, estas constituyen la fuente principal de información sobre los cultivos para los que se han desarrollado las variedades transgénicas (véase Fig. 6).

¿Qué plantas transgénicas son comercializables?

La lista es más corta si consideramos los alimentos genéticamente modificados que realmente han obtenido la aprobación de comercialización (Fig.7). China también produce diferentes plantas transgénicas para vender, como tabaco, tomates y pimientos dulces resistentes a virus, pero no existe información disponible sobre los posibles programas de monitorización o ensayos de campo de estos (informe Prosam).

Figura 7. Plantas transgénicas aprobadas para la producción comercial (finales 1996).

En la Unión Europea (hasta 1997)	En EEUU, Méjico y Canadá (hasta Nov. 1996)
<p>Tolerante a herbicidas: Colza de semillas oleaginosas, (Basta, sólo como semillas); Maíz, (autorizado el 24/1/97 como semilla, alimento y comida de animales). Tabaco (Bromoxynilo, no se utiliza el permiso de comercialización); Soja (Basta, no cultivada en la UE)</p> <p>También: Ensalada de achicoria roja (macho estéril, sólo permiso para producir y vender semillas, se necesitaría un nuevo permiso para la comercialización de alimento y comida para animales)</p>	<p>Tolerante a herbicidas: Colza de semillas oleaginosas,(Basta); maíz, (Basta); soja, (Basta Roundup); algodón (Round Up) colza de semillas oleaginosas, (Roundup); algodón,(Bromoxynilo)</p> <p>Resistente a insectos: Algodón, (Gen Bt, 3 compañías); Patatas, (Gen Bt); maíz, (gen Bt, 3 compañías).</p> <p>También: Calabaza resistente a virus; Colza de semillas oleaginosas con la composición de ácidos grasos alterada <i>Tomates con las características de reblandecimiento y maduración alteradas:</i> Tomate FLAVR SAVR (gen PG de sentido inverso, ahora retirado); Tomate Zeneca (gen PG de sentido parcial, sólo vendido en el Reino Unido); Tomate Endless Summer (menor producción de etileno); Tomate Cherry; Tomate (maduración retardada).</p>

Tolerancia a herbicida

El **glifosfato** es uno de los más potentes **herbicidas** de amplio espectro que se conocen. Se encuentra comercializado bajo la marca *Roundup*. Este actúa inhibiendo la acción de la enzima 5-enolpiruvil-shiquimato-3-fosfato sintasa (EPSP sintasa). Dicha enzima es necesaria para la producción de los aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina y triptófano, aminoácidos esenciales para el crecimiento de la planta. Los animales adquieren estos aminoácidos en la dieta y no poseen la enzima EPSP sintasa, de forma que no se ven afectados por el glifosfato. El gen que codifica para la enzima EPSP sintasa fue aislado y modificado, utilizando técnicas de ingeniería genética, para poder fabricar grandes cantidades de EPSP sintasa. Este se insertó entonces en los cultivos de tomates, soja, algodón y colza de semillas oleaginosas con el fin de que presentaran tolerancia al glifosfato a niveles que pudieran ser utilizados para controlar las malas hierbas.

Resistencia a insectos

Los genes del *Bacillus thuringiensis* (Bt), son los únicos genes **insecticidas** que se usan en la actualidad. El citoplasma de las células bacterianas no contiene orgánulos complejos como las mitocondrias y los cloroplastos encontrados en las células de plantas y animales. Aun así, algunas especies bacterianas contienen "estructuras" en el citoplasma, por ejemplo endosporas, y en caso de *B. thuringiensis*, un cuerpo parasporal cristalino. El cuerpo parasporal contiene una proteína tóxica, la proteína del cristal (cry). En *B. thuringiensis*, los genes de la toxina son transportados en grandes plásmidos. Existen diferentes variantes de la proteína cry y cada una es venenosa para un grupo muy específico de polillas.

Las variantes más frecuentes son:

<i>Kurstaki</i>	δ -endotoxina* tipo I	orugas
<i>Kurstaki</i>	δ -endotoxina* tipo II	orugas, escarabajos
<i>Tenobronis, San Diego</i>	δ -endotoxina* tipo III	escarabajos
<i>Israelensis, Morrisoni</i>	δ -endotoxina* tipo IV	Dípteros (mosquitos y moscas)
<i>Thuringiensis</i>	β -exotoxina**	Moscas y otros

* Las δ -endotoxinas se acumulan en la bacteria en forma de cristales que contienen precursores de la toxina verdadera. La mayoría de las especies de insectos sensibles poseen jugos gástricos alcalinos que disuelven los cristales; también poseen enzimas para la conversión de los precursores de la toxina en la toxina activa. Los tipos I-IV pueden subdividirse todavía más.

** La β -exotoxina es excretada por la bacteria. Su función es bloquear la mitosis, su empleo está prohibido en Europa y EEUU debido a su capacidad de modificar los cromosomas y sus efectos tóxicos sobre los embriones de los animales superiores. Las cepas Bt con β -exotoxina son producidas y utilizadas en la antigua Unión Soviética (!).

Conjuntamente pueden eliminar a más de 100 especies de polillas pero resultan inocuas para muchos insectos, para las arañas, para los animales superiores y para el hombre. Esto es debido a tres factores:

- El cristal se disuelve cuando es digerido por las polillas, debido a las condiciones alcalinas de su aparato digestivo.
- En el intestino se produce una proteasa específica.
- Las células del intestino son especialmente eficaces en captar el veneno.

Las toxinas se descomponen rápidamente en el medio y no dejan residuos nocivos.

Casos reales



Colza de semillas oleaginosas

En 1995 fue aprobada por la UE la utilización de la colza de semilla oleaginosa resistente a un herbicida (resistente a Basta) para la producción de semillas. No fue aceptado de forma unánime. Dinamarca votó en contra de su aprobación alegando que la colza de semilla oleaginosa puede cruzarse con colza de pájaro, una especie salvaje afín que a menudo se encuentra como mala hierba en los campos. Los cruzamientos también pueden tener lugar con otras variedades de colza de semilla oleaginosa que crezcan en las proximidades, con el riesgo de que éstas y las especies salvajes afines se vuelvan resistentes. Esto puede dar lugar a que otras variedades de colza de semilla oleaginosa se conviertan en malas hierbas permanentes, especialmente porque sus semillas pueden permanecer en el suelo durante mucho tiempo y conservar su capacidad de germinación.

La ventaja que se pretende conseguir es controlar la maleza con pequeñas cantidades del herbicida Basta, un agente que respeta relativamente el medio ambiente. Pero si la resistencia se extiende a otras variedades, podría conducir en última instancia a la necesidad de utilizar otros agentes que respetan menos el medio. Se vería así frustrado el propósito original de las plantas con tolerancia a herbicidas. Como curiosidad, puede mencionarse que unas investigaciones realizadas en Dinamarca, durante unos ensayos con una remolacha resistente a Roundup, pusieron de manifiesto la aparición de muchos híbridos entre estas remolachas y remolachas salvajes. Las investigaciones de las poblaciones naturales de remolachas salvajes mostraron que habían incorporado genes procedentes de remolachas cultivadas.

Maíz

Ciertas variedades de maíz que crecen en EEUU han sido genéticamente modificadas para ser resistentes a la plaga del barrenillo europeo del maíz. Esta plaga taladra el tallo y las mazorcas de la planta, derribándola o provocando la caída al suelo de la mazorca. Como promedio, destruye el 4% de la cosecha mundial anual, y hasta el 20% en varias regiones infectadas. El barrenillo europeo del maíz se controla tradicionalmente mediante pulverizaciones de insecticidas químicos o biológicos, que se aplican sobre la planta. Sin embargo, estos insecticidas resultan eficaces

únicamente durante los primeros tres días del ciclo vital de los barrenillos del maíz. Las nuevas variedades de maíz contienen un gen Bt que produce una proteína que mata al barrenillo del maíz. Las variantes del gen Bt son similares a las introducidas en varias plantas de algodón americano, como se describió anteriormente.

Estas nuevas variedades de maíz genéticamente modificadas serán importadas a Europa en forma de semillas, que serán transformadas en almidón y jarabes de glucosa y en comida para animales. El maíz modificado que acaba de ser aprobado (enero 1997) por la UE, incluye un gen marcador de resistencia a la ampicilina de origen bacteriano, pero este es inactivo y no se ha expresado en el maíz. La ampicilina es un tipo de penicilina empleada en tratamientos médicos. Varios países han manifestado su preocupación por la presencia del gen marcador de la ampicilina y por los problemas de etiquetado de los productos en los cuales ha sido utilizado este maíz. El 0,6% de la cosecha de EEUU de 1996, que procedía de variedades modificadas genéticamente, no ha sido identificada de forma separada del resto de la cosecha. No obstante, la importación de formas derivadas de este maíz ha sido aprobada para su utilización en productos alimenticios (enero 1997).

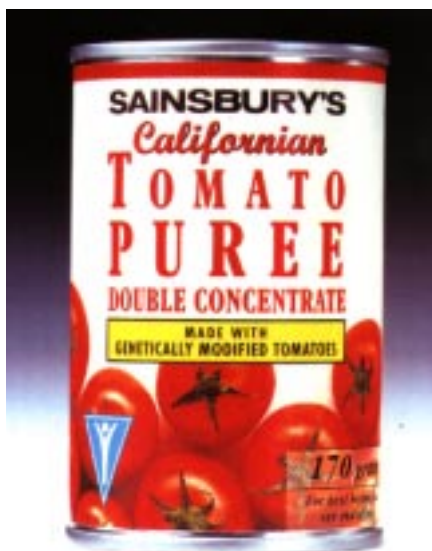
Tomates

En Europa, el primer producto alimenticio transgénico que llegó al consumidor fue el puré de un tomate creado por Zeneca en el cual el gen PG había sido acortado. El nuevo puré posee ciertas ventajas; menor pérdida durante el transporte, reducción de los requerimientos energéticos en la elaboración y mejora del sabor debida a la utilización de temperaturas de procesamiento más bajas. Los tomates Zeneca se cultivan en México y EEUU, el puré únicamente se encuentra disponible en latas en el Reino Unido. Están etiquetadas de forma clara (Fig. 8).

El tomate Zeneca también posee un gen resistente a la kanamicina. Los genes introducidos se destruyen durante la elaboración del puré. Antes de ser aprobado para la venta, se comprobaron los posibles cambios en las propiedades nutritivas y su potencial poder alergénico (debido a nuevas proteínas). Hasta ahora las investigaciones no han mostrado problemas de este tipo.

En realidad, con el método específico de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) (véase EIBE

Figura 8. Puré de tomates modificados genéticamente tal como se comercializa en el Reino Unido.



unidad 2), es posible detectar, en el puré de tomate elaborado, pequeñas cantidades del material genético incorporado en los tomates modificados. El ADN es una molécula extremadamente estable. Este número tan reducido de genes presentes en el puré no puede considerarse perjudicial.

En los EEUU se ha retirado del mercado el tomate FLAVR SAVR, producido con la técnica del sentido inverso para retardar la maduración, debido a sus problemas de cultivo. Se ha detectado que la cepa seleccionada es susceptible de padecer otras enfermedades. Durante la temporada de crecimiento en 1995, se vendió en todos los EEUU.

Soja

La primera soja con tolerancia a un herbicida (Roundup) producida en los EEUU se lanzó a la venta en la UE en abril de 1996. Tres países se opusieron a su aprobación debido a la ausencia de regulaciones en el etiquetado. Estos querían que el público tuviera el derecho a elegir si deseaba comprar alimentos producidos a partir de plantas modificadas genéticamente. Roundup está considerado como un herbicida que respeta el medio ambiente debido a su rápida descomposición en el suelo. Desde el punto de vista nutritivo, no existen diferencias entre las semillas genéticamente modificadas y las desarrolladas de forma tradicional. El empleo de soja transgénica despertó sentimientos que se compararon con aquellos que hacían que la gente escogiera los productos de la agricultura biológica

en vez de los productos de la agricultura que utiliza procedimientos más convencionales. Debido a ésto, cuando el barco Hanjin Tampa se encontraba navegando por el Atlántico, justo antes de las Navidades de 1996, transportando 23.000 toneladas de soja para ser utilizada en la elaboración de determinados alimentos o para comida de ganado, aparecieron titulares en los medios de comunicación daneses y se produjo casi un caos en el Parlamento danés, ya que transportaba una mezcla de soja modificada genéticamente y soja obtenida por el método tradicional. En Dinamarca, de acuerdo con una decisión parlamentaria acordada en 1994, los alimentos modificados genéticamente deben ser etiquetados. Esta decisión se mantendrá hasta que se ponga en práctica la Directiva de Nuevos Alimentos, posiblemente a finales de 1997. Esta Directiva no exigirá que una compañía etiquete los alimentos que contengan un producto elaborado, a menos que exista una diferencia importante entre el producto creado a partir de plantas transgénicas y el producto original, pero las compañías pueden escoger etiquetar dichos alimentos.

Al mismo tiempo que el Hanjin Tampa se aproximaba al puerto danés Arhus, los daneses y Europa entera -salía en las noticias constantemente- se percataron de que la soja constituye un componente fundamental de nuestra comida elaborada. Más del 60% de la comida elaborada contiene soja o productos derivados de ella. Nadie había pensado en esto anteriormente.

Hasta ahora (feb. 1997), la soja de Arhus no ha sido utilizada en la producción de ningún alimento en Dinamarca, según los consumidores habituales. Este asunto ha creado una gran incertidumbre que podría haberse evitado si la compañía hubiese escogido otra política más abierta y amistosa con el consumidor. Se puede detectar una situación paralela con el puré de tomate comercializado en el Reino Unido, el cual está claramente etiquetado (Fig. 8). El puré de tomate ha supuesto un verdadero éxito entre los consumidores. Los consumidores no están en contra del empleo de la tecnología genética moderna si ellos pueden ver las ventajas y beneficios de la misma. Por tanto, es muy importante mantener una información fluida para evitar la desconfianza entre productores y consumidores.

Posibilidades y problemas



Existen muchas áreas tradicionales de mejora de cultivo que actualmente se están desarrollando utilizando técnicas transgénicas, éstas incluyen mejoras en el contenido nutritivo, resistencia a una variedad de plagas, agentes de control de patógenos y malas hierbas y mejora de la supervivencia durante el estrés medioambiental. Las plantas transgénicas también poseen grandes posibilidades para producir materias primas nuevas y mejoradas para un amplio número de industrias: edificación y construcción, textil, tintes, embalaje y medicina. Por ejemplo, se está investigando en la producción de nuevas clases de aceites para la industria de la alimentación y para otras aplicaciones no alimentarias, así como en plásticos biodegradables y en la producción de combustibles biológicos a partir de plantas. En el área sanitaria, las plantas transgénicas se están desarrollando para la producción de moléculas de gran valor como los anticuerpos, vacunas y anticoagulantes.

Algunos inconvenientes a considerar

¿Cuál podría ser la repercusión del desarrollo de resistencia en las plagas de cultivo?

Bt se ha utilizado de forma pulverizada durante unos treinta años sin problemas, sin embargo, desde la ampliación del uso de Bt en la década de los 90, existen publicaciones que señalan la posibilidad de aparición de orugas resistentes en los campos de algodón de Mississippi en los EEUU.

¿El empleo de plantas transgénicas disminuirá los niveles de herbicidas y pesticidas utilizados?

Un informe danés aportó alguna prueba sobre la presencia de plantas con tolerancia a herbicidas que podría producir un empleo menor, constante o mayor de herbicidas en el futuro, según el tipo de planta.

Las concentraciones crecientes de pesticidas en las aguas subterráneas constituyen motivo de preocupación, particularmente desde que se ha relacionado con el deterioro de la calidad y

cantidad de espermatozoides en el hombre. ¿El desarrollo de cultivos resistentes a plagas, reducirá estos niveles?

¿Beneficios comerciales versus beneficios sociales...?

También hay muchas preguntas de naturaleza política, ecológica, económica, social y ética que deben ser tenidas en cuenta, por ejemplo:

- ¿Los países ricos desarrollarán plantas transgénicas producidas tradicionalmente en los países no desarrollados?
- Las compañías que desarrollan el herbicida y las plantas transgénicas resistentes a insectos venden las semillas y el herbicida. Podrían crearse potentes monopolios.
- ¿Deberían etiquetarse en el punto de venta los alimentos que contengan productos procedentes de plantas transgénicas? ¿Debería permitirse que el consumidor elija?
- ¿Cuáles serán los efectos sobre el contenido nutritivo de las frutas y vegetales y comidas elaboradas que utilizan nuevas variedades transgénicas?

El camino a seguir...

Deben tenerse en cuenta muchos factores antes de que se conceda el permiso para el lanzamiento de plantas transgénicas en el medio ambiente:

- la planta deberá ser inocua para el hombre
- la planta no deberá ocasionar problemas ecológicos.
- Deberán valorarse los riesgos asociados con el desarrollo de la resistencia y planificar estrategias para su control.
- El cultivo de plantas tradicionales deberá mejorarse junto con el desarrollo de plantas transgénicas.
- Deberá efectuarse un estudio caso por caso de cada planta transgénica considerada.
- Deberán estudiarse sistemas modelo para predecir el efecto de su introducción en el medio.
- Las personas y agrupaciones interesadas, como científicos, consumidores, agricultores, ecologistas y otros grupos interesados deberán ser informados y permitírseles participar en el debate.

Experimentos prácticos



Las plantas pueden identificarse por su composición proteínica. Por tanto, es posible mostrar si diferentes muestras de plantas proceden de orígenes similares o diferentes mediante la separación de sus proteínas por electroforesis y la comparación de los resultados. En los laboratorios de investigación, las semejanzas o diferencias se demuestran utilizando una prueba de ELISA (véase EIBE Unidad 8), o PCR (véase EIBE, Unidad 2). Hasta ahora, no es posible realizar experimentos con y sobre plantas transgénicas en los laboratorios escolares en ninguno de los países de la UE. Se han sugerido ideas para experimentos prácticos inocuos para escuelas y esperamos tener más detalles al respecto en la próxima revisión de esta unidad.

Decisión de la Comisión de las Comunidades Europeas



Este texto es un extracto de la decisión de la Comisión de la Comunidad Europea del 4 de noviembre de 1994, que establece procedimientos simplificados referentes a la introducción deliberada en el medio de plantas modificadas genéticamente conforme al artículo 6 (5) de la Directiva de la Asamblea 90/220/CEE.

(Referencia: 94/739/EC-OJL 292/31, 12 noviembre 1994)

Artículo 1: Se aprueban las peticiones realizadas por Francia y el Reino Unido de acuerdo con el artículo 6(5) de la Directiva 90/220/CEE y referente a los procedimientos simplificados establecidos en el Anexo.

Artículo 2: Esta decisión está dirigida a Bélgica, Dinamarca, República Federal Alemana, España, República Francesa, Irlanda, República Italiana, Holanda y el Reino Unido.

Anexo

1. El procedimiento simplificado permite que se presente un único expediente de notificación, conforme a la parte B de la Orden 90/220/CEE, para la introducción de varias plantas modificadas genéticamente, siempre que éstas procedan de la misma especie y difieran en cualquiera de las secuencias insertadas/suprimidas o, presentando la misma secuencia insertada/suprimida, se diferencien en los fenotipos.
2. Se puede presentar una única notificación para la introducción, en diferentes lugares, de varias plantas de

cultivo modificadas genéticamente, bajo las siguientes condiciones:

- se conocerá la taxonomía y la biología de las especies de plantas que han sido manipuladas genéticamente;
 - se dispondrá de información sobre las interacciones de las especies manipuladas en ecosistemas en los cuales se programan las introducciones experimentales y/o agrícolas;
 - se dispondrá de datos científicos sobre la inocuidad para el hombre y el medio ambiente de cultivos experimentales que afectan a plantas modificadas genéticamente de las especies de plantas afectadas;
 - las secuencias insertadas y sus productos resultarán inocuos para el hombre y el medio ambiente bajo las condiciones del cultivo experimental;
 - las secuencias insertadas deberán haber sido bien caracterizadas;
 - todas las secuencias insertadas estarán integradas en el genoma nuclear de la planta;
 - todos los cultivos estarán incluidos dentro de un programa de trabajo especificado a priori;
 - todas los cultivos tendrán lugar en un período de tiempo especificado a priori.
5. Con el fin de obtener un nuevo acuerdo que cubra diferentes introducciones, toda la información necesaria para cada una deberá estar indicada en la notificación única, incluyendo información suficiente sobre los diferentes lugares de los cultivos y sobre el diseño experimental, así como la indicación de cualquier situación para el control del riesgo para cada uno. En la notificación debe efectuarse una clara referencia de cada introducción que se va a cubrir y debe incluirse la información adecuada para permitir la terminación del formato de

información de notificación del resumen.

6. Se puede presentar una única notificación que incluya un programa completo de trabajo, especificado a priori, con una única especie de planta manipulada y un número específico de inserciones/supresiones, durante varios años y en varios lugares diferentes, y recibir un único acuerdo para todo el programa de trabajo.

- 6.1 En tales casos, no se requiere que en la notificación se proporcionen indicaciones o descripciones detalladas de los diferentes lugares de los cultivos, posteriores cruzamientos sexuales intraespecíficos y/o condiciones de cultivo, como se precisaría bajo las condiciones indicadas en el párrafo 5. No obstante, la notificación debe contener información suficiente para permitir una evaluación del riesgo general, y una valoración detallada del riesgo durante como mínimo el primer cultivo del programa de trabajo.

8. Cuando se permite un único acuerdo bajo procedimientos simplificados, pueden adjuntarse condiciones a cada cultivo al cual hacen referencia. Estas condiciones pueden ser alteradas posteriormente por la autoridad competente, como se indica en el Artículo 6 (6) de la Directiva.

9. Al concluir alguno de los cultivos aprobados dentro del procedimiento simplificado, se presentará un informe a la autoridad competente con los resultados del cultivo(s) en el tiempo especificado en el acuerdo. Dichos informes pueden ser presentados de forma separada, o en una sección claramente identificable para apoyar una notificación para cultivos posteriores.

10. La autoridad competente puede alterar

las condiciones del acuerdo original o intervenir para alterar las condiciones de los posteriores cultivos específicos basándose en los resultados indicados en los informes o en la información obtenida durante las inspecciones.

Cuestionario en borrador



Concepto de gen, planta y expresión de rasgos genéticos

Nombre: Edad: Fecha:

Clase: VARÓN MUJER *(rodear con un círculo)*

Por favor, escribe tus respuestas a las siguientes preguntas en el espacio que hay entre ellas.

1. Describe a tu manera lo que crees que son los genes.
2. ¿Dónde se producen los genes?
3. ¿De dónde proceden los genes?
4. ¿Dónde están localizados los genes?
5. ¿Las plantas contienen genes? Explica tu respuesta.
6. ¿Es posible actualmente transferir genes desde algún sitio a las plantas? ¿Qué genes crees que sería interesante que se transfirieran a las plantas y porqué?
7. ¿Crees que existen algunos riesgos y ventajas relacionados con dicha transferencia de genes?
Riesgos SI NO Ventajas SI NO *(rodear con un círculo)*
En caso afirmativo, ¿qué riesgos/ventajas?
8. En caso de tener alguna opinión personal sobre tecnología genética, por favor exponla aquí.