



1

Plantas transgénicas

[preguntas

respuestas]

©2007, Sociedad Española de Biotecnología

Depósito Legal: M-26436-2000

No se permite la reproducción total o parcial de este ejemplar ni el almacenamiento en un sistema informático, ni la transmisión de cualquier forma o cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

Diseño y Maquetación: Lola Gómez Redondo

Imprime: Artes Gráficas G3 S.A.

Plantas transgénicas

[preguntas

respuestas]

Editorial

AS PALABRAS Biotecnología e Ingeniería Genética se han introducido en nuestra vida y aparecen constantemente en los medios de comunicación. Para la mayor parte de los ciudadanos estos términos representan conceptos oscuros, incluso peligrosos y merecen poca confianza como consecuencia de una gran falta de información. Lo cierto es que la expansión de la investigación biológica está generando un conocimiento mucho más profundo del funcionamiento de los seres vivos. Como consecuencia, se abren múltiples posibilidades de desarrollar nuevas tecnologías de producción o de generar nuevos productos, que pueden tener un gran impacto en la industria, en el medio ambiente, y más directamente en la alimentación y en la salud del ciudadano. Toda nueva tecnología genera recelo y siendo en principio neutra su aplicación puede resultar más positiva o más negativa dependiendo de cómo se utilice. Es lógico por tanto que se plantee el debate entre distintos sectores de la población que observan de manera diferente los aspectos positivos y negativos de su aplicación. También es comprensible que el ciudadano quiera conocer de manera independiente en qué consiste esta tecnología, qué ventajas puede representar con respecto a los métodos y productos clásicos, cuáles pueden ser sus posibles usos o efectos indeseados y qué hacen los legisladores y los gobernantes para asegurar su aplicación en las condiciones más beneficiosas para la sociedad.

La Sociedad Española de Biotecnología (SEBIOT) es una sociedad científica formada por investigadores españoles que trabajan en distintas áreas de aplicación de esta tecnología y que tiene entre sus objetivos divulgar y promover sus usos. Consciente de su impor-

Contenidos

tancia, y de la creciente demanda social por una información transparente, rigurosa y veraz, ha tomado la iniciativa de editar una serie de cuadernos informativos sobre la Biotecnología y sus diversas aplicaciones. Dada la intensidad del debate social generado alrededor de algunas de las aplicaciones biotecnológicas en la agricultura, concretamente en lo que se refiere a las plantas transgénicas y a los alimentos producidos con ellas, este primer volumen se ha dedicado a las plantas transgénicas. Sin embargo, están previstos nuevos volúmenes centrados en otras aplicaciones de la Biotecnología en las áreas de salud, medio ambiente, etc.

Para la elaboración de estos cuadernos, la SEBIOT ha creado un comité editorial que ha identificado las cuestiones en principio más relevantes, y ha buscado las respuestas de los expertos españoles dentro y fuera de la SEBIOT. Este comité ha editado sus respuestas para presentarlas en un formato común y en un lenguaje divulgativo. Somos conscientes de que el esfuerzo divulgativo lleva en algunos casos a la pérdida de precisión, pero el objetivo fundamental de este cuaderno es llegar a la mayoría de las personas que en algún momento se han podido plantear alguna de estas cuestiones. Con el fin de estructurar su presentación, se ha organizado en cinco apartados que engloban preguntas afines. Estos apartados tratan cinco aspectos fundamentales relacionados con la Biotecnología aplicada a las plantas: conceptos generales, utilidad de las plantas transgénicas, posibles efectos sobre el medio ambiente, posibles efectos sobre la salud y finalmente la legislación sobre las plantas transgénicas y las implicaciones que pueden tener en la sociedad.

6 Conceptos generales

13 Utilidad de las plantas transgénicas

20 Plantas transgénicas y medio ambiente

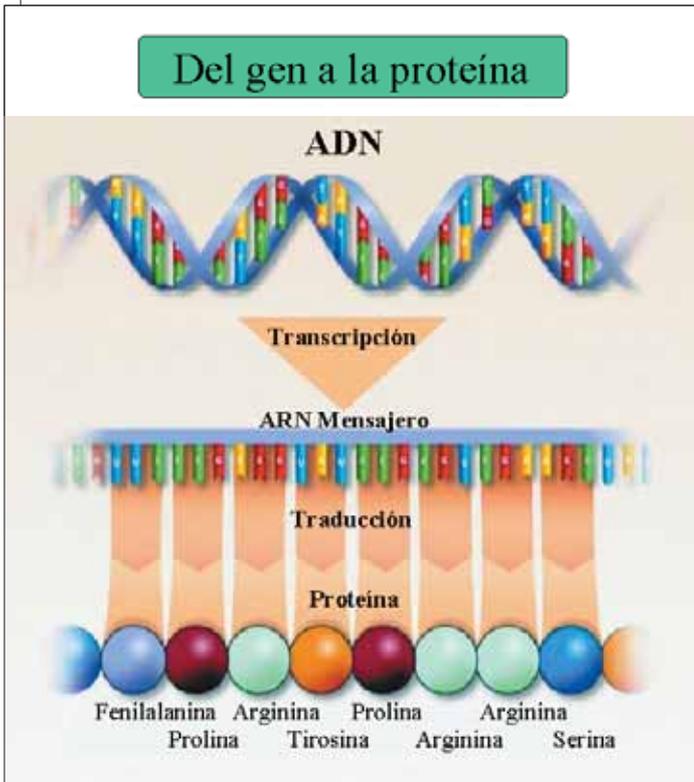
30 Plantas transgénicas y salud

32 Las plantas transgénicas en la sociedad

46 Glosario

1 ¿Qué es un gen?

UN GEN CONTIENE la información necesaria para que se manifieste una característica heredable de un ser vivo. En términos de su estructura, un gen es un fragmento de una larga molécula de ADN (ácido desoxirribonucleico) que almacena información para fabricar una determinada proteína. Esta proteína es la que a su vez determina el carácter correspondiente del organismo, como por ejemplo el color de la piel, la presencia de semilla o la resistencia a una enfermedad. Los genes se organizan en largas moléculas de ADN que se denominan cromosomas. El conjunto de



todos los cromosomas de una célula se denomina genoma. Todas las células de un organismo vivo, desde las bacterias hasta el hombre, tienen copia del genoma de la especie, que contiene toda la información requerida para la construcción y supervivencia del organismo. Si se comparase con una enciclopedia, cada gen sería equivalente a un capítulo de esta enciclopedia y cada cromosoma sería un volumen de la misma, formado por la sucesión de capítulos. Por tanto, esta enciclopedia contiene la esencia de cada individuo. Siguiendo con este ejemplo, se estima que la enciclopedia de una planta puede contener alrededor de 25.000 capítulos (genes) mientras que la enciclopedia humana puede contener hasta 100.000. El origen común de todos los seres vivos se refleja en el hecho de que todos los genomas de todas las especies están escritos con los mismos símbolos y en el mismo lenguaje, que se ha denominado código genético.

El genoma de una planta contiene alrededor de 25.000 genes



ES UN CONJUNTO de técnicas que permiten alterar las características de un organismo mediante la modificación dirigida y controlada de su genoma, añadiendo, eliminando o modificando alguno de sus genes. Así, entre otras aplicaciones, la ingeniería genética permite eliminar una característica indeseable de un organismo (por ejemplo, la producción de una toxina) anulando el gen correspondiente de ese organismo. Igualmente permite introducir una nueva característica en una especie (por ejemplo, la resistencia a un insecto) copiando el gen correspondiente de una especie resistente a ese insecto e introduciéndolo en el genoma de la especie susceptible.

Gracias a la universalidad del código genético, la ingeniería genética puede utilizar la información existente en todos los seres vivos. El inter-

¿Qué es la ingeniería genética?

cambio de información genética entre distintos seres vivos no es una invención humana y ocurre con cierta frecuencia entre microorganismos (por ejemplo bacterias) en la naturaleza. De hecho, la ingeniería genética se basa en mecanismos que operan normalmente en la naturaleza.

¿Qué es una planta transgénica?

ES UNA PLANTA cuyo genoma ha sido modificado mediante ingeniería genética, bien para introducir uno o varios genes nuevos o para modificar la función de un gen propio. Como consecuencia de esta modificación, la planta transgénica muestra una nueva característica. Una vez realizada la inserción o modificación del gen, éste se comporta y se transmite a la descendencia como uno más de los genes de la planta. En las plantas transgénicas la modificación genética se realiza de forma dirigida y afecta a un número reducido de genes perfectamente conocidos. Como resultado, las variedades transgénicas no difieren mucho de las variedades no transgénicas y presentan características predecibles.



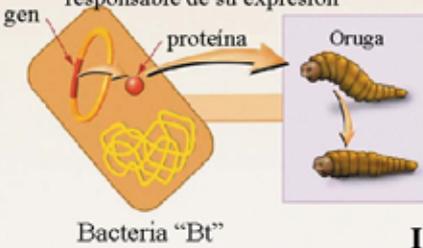
¿Cómo se hace una planta transgénica?

LA PRODUCCIÓN de una planta transgénica consta de dos etapas fundamentales denominadas transformación y regeneración. Se denomina transformación al proceso de inserción del gen que se pretende introducir (también llamado transgén) en el genoma de una célula de la planta a transformar. La regeneración consiste en la obtención de una planta completa a partir de esa célula vegetal transformada. Para introducir el nuevo gen en el genoma de la célula vegetal se utilizan fundamentalmente dos métodos. El más común utiliza una bacteria del suelo, *Agrobacterium*, que en condiciones naturales es capaz de transferir genes a las células vegetales. El método alternativo consiste en la introducción directa de los ge-

La realización de la construcción genética

Identificar el gen de interés

Localizar un carácter interesante
Identificar la proteína y el gen responsable de su expresión



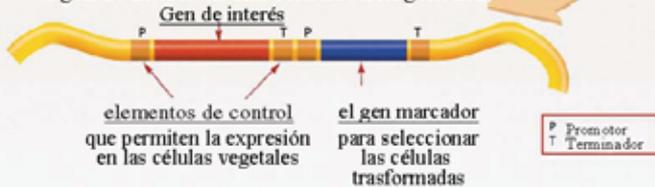
Aislar el gen de interés

Enzima de restricción

Gen de interés

Integrar

el gen de interés en una construcción genética



elementos de control que permiten la expresión en las células vegetales

el gen marcador para seleccionar las células transformadas

P Promotor
T Terminador

Imagen cedida por GNIIS

nes en el núcleo de la célula vegetal. Para ello una de las técnicas más utilizadas es la de disparar a las células con microprojectiles metálicos recubiertos del ADN que penetran en la célula e integran el nuevo ADN en su genoma. Una vez que una célula vegetal ha sido transformada, es necesario regenerar la planta entera a partir de ella. Este proceso se realiza en el laboratorio, cultivando los fragmentos de tejido vegetal que han sido inoculados con *Agrobacterium* o disparados con microprojectiles en medios de cultivo que favorecen la regeneración de nuevas plantas. Es importante que en este paso sólo se regeneren las células del tejido que han sido transformadas. Esto se consigue introduciendo junto con el transgén un gen adicional que confiera una característica selectiva. Por ejemplo, se han utilizado genes de resistencia a antibióticos para que sólo las células modificadas sean capaces de sobrevivir en presencia del antibiótico. Estos genes responsables de caracteres selectivos estarán presentes posteriormente en todas las células de la planta transgénica regenerada o pueden ser eliminados por diversos procedimientos.

La producción de una planta transgénica consta de dos etapas: transformación y regeneración

¿De dónde provienen los nuevos genes de una planta transgénica?



LOS GENES QUE se introducen en una planta transgénica pueden proceder de cualquier ser vivo, del que se copian mediante técnicas de biología molecular. Su origen puede ser una planta relacionada u organismos tan distantes como bacterias o animales. También es posible construir genes sintéticos en el laboratorio e introducirlos en plantas transgénicas. Es muy importante conocer la función de los genes para poderlos utilizar en el diseño de una nueva planta transgénica, y por ello, su uso se limita a los genes de función conocida. En la actualidad, proyectos de investigación de la secuencia del genoma de diversos organismos, como el proyecto del genoma humano, están contribuyendo a la identificación de nuevos genes y al conocimiento de su función.



¿Cómo podemos saber si una planta es transgénica?

DETERMINAR SI UNA planta es o no transgénica no es una tarea sencilla. Sólo en contadas ocasiones se puede saber si una planta es transgénica observando las características externas o funcionales de la misma. Por ejemplo en los casos de tolerancia a herbicidas se puede analizar esta propiedad cultivando la planta en presencia del herbicida. El método más fiable para saber si una planta es transgénica es analizar su material genético (ADN) para detectar la presencia del transgén o transgenes o analizar su composición para identificar la presencia de los productos derivados de la actividad de los transgenes, ya sean proteínas u otras sustancias.

Existen métodos moleculares muy fiables y sensibles que permiten analizar la presencia del ADN transgénico o de otras moléculas producidas como resultado de la actividad del transgén. Todos estos métodos funcionan muy bien con material vegetal fresco o poco procesado, pero tienen menos sensibilidad cuando este material ha sido sometido a los procesos industriales de elaboración de alimentos preparados o de purificación de sus componentes. Existen ya en el mercado algunos kits para la detección de ADN y proteínas transgénicas y algunos laboratorios públicos y privados ofrecen este servicio.



¿Para qué sirve una planta transgénica?

EN PRIMER LUGAR, la construcción de plantas transgénicas permite desarrollar nuevas variedades de cultivo con nuevas características de interés. Con las nuevas técnicas se han obtenido plantas resistentes a organismos perjudiciales y por lo tanto más productivas y se están desarrollando nuevas variedades que resulten más nutritivas. También se ha demostrado la utilidad de las plantas transgénicas para producir vacunas u otras sustancias terapéuticas, o para producir materias primas de interés industrial como los plásticos biodegradables.



En segundo lugar, las plantas transgénicas son herramientas muy útiles para la investigación científica ya que permiten conocer la función de los distintos genes de una planta, modificándolos y observando los efectos que se producen en la misma. De esta manera se están empezando a comprender algunos procesos básicos del desarrollo de la planta como la germinación, la adaptación a la sequía o a la helada, la regulación del momento en el que se produce la floración o el desarrollo de las flores.

CUANDO COMPARAMOS una variedad transgénica con la variedad de la que deriva, la única diferencia radica en la presencia del nuevo gen o genes que hayan sido introducidos mediante ingeniería genética. Si la función del nuevo gen (transgén) no modifica ni el desarrollo ni la forma de la planta, ambas variedades son externamente indistinguibles en el campo de cultivo, y sólo pueden diferenciarse con métodos de análisis molecular que identifican la presencia del transgén. Si el nuevo gen confiere resistencia a una enfermedad o a una plaga de insectos, la diferencia entre ambas se pondrá de manifiesto cuando se presente el ataque de la enfermedad o de los insectos. Si el nuevo gen confiere una nueva característica al fruto de la planta transgénica, por ejemplo un mayor contenido en azúcar, la diferencia se pondrá de manifiesto cuando se analice o se consuma el fruto.

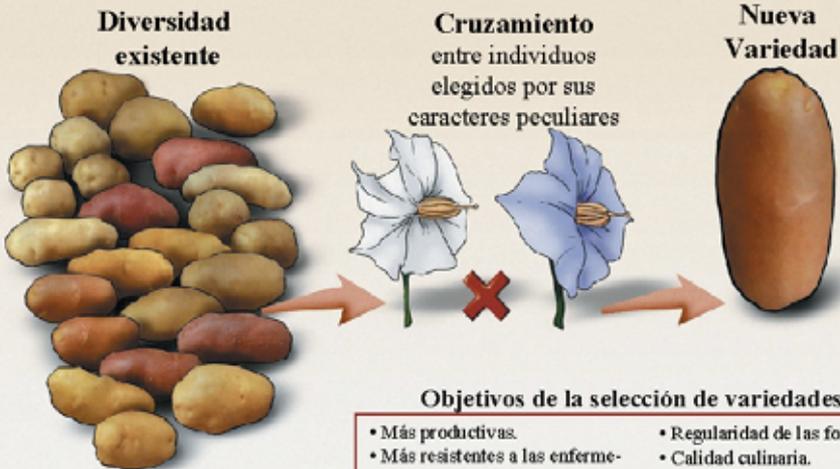
¿En qué se diferencia una variedad de planta transgénica de una variedad convencional?

¿Cual es la forma clásica de generar nuevas formas de cultivo?

LA PLANTAS QUE hoy cultivamos son, en muchos casos, radicalmente distintas de sus antepasados silvestres, ya que el hombre ha modificado y seleccionado sus propiedades a lo largo de más de diez mil años en función de sus necesidades. Las variedades que utiliza el agricultor en la actualidad han sido generadas, en su mayor parte, por ingenieros agrónomos, en centros públicos o privados dedicados a la producción de nuevas variedades por métodos convencionales. Esta tecnología se basa en la repetición de varios procesos de hibridación y selección de las plantas. La hibridación

Los principios de la mejora de las plantas

Ejemplo de la patata



Colección de más de 3.500 formas salvajes o cultivadas

Objetivos de la selección de variedades

- Más productivas.
- Más resistentes a las enfermedades y parásitos.
- Mejor adaptadas al sol y al clima.
- Mejor adaptadas a la tecnificación del cultivo.
- Regularidad de las formas.
- Calidad culinaria.
- Adaptadas a las transformaciones: patatas congeladas, fritas, fécula.

de dos variedades o especies de plantas combina miles de genes en un proceso al azar, y son necesarias repeticiones sucesivas de selección e hibridación para obtener una nueva variedad que incorpore todas las características (genes) deseadas y que evite, en la medida de lo posible, la incorporación de los genes no deseados. Por ejemplo, cuando mediante técnicas convencionales se desea introducir en una planta una nueva característica, como la resistencia a una enfermedad, se busca una planta donante de la misma especie o de una especie silvestre relacionada que posea la resistencia. A continuación se realiza una hibridación entre la planta que se quiere mejorar y la planta donante resistente. Después se seleccionan en la descendencia, las nuevas plantas que se parezcan más a la variedad original y que hayan incorporado la resistencia. Estas plantas resistentes se vuelven a cruzar varias veces con la variedad inicial para obtener plantas resistentes lo más parecidas a la original. Este proceso de generación de nuevas variedades ha sido muy útil y ha dado lugar a la mayor parte de las variedades que se cultivan hoy en día. Sin embargo, se trata de un proceso lento y poco específico. En el ejemplo citado, después de 6-8 ciclos de hibridación con la variedad original, la nueva variedad puede contener, además del gen de resistencia a la enfermedad, más de 100 genes adicionales procedentes de la planta donante, y que nunca serán identificados.

La mayor parte de las variedades que utiliza el agricultor han sido generadas por mejora genética

¿Qué ventajas representan las plantas transgénicas?

LA TECNOLOGÍA DE obtención de plantas transgénicas incorpora tres ventajas fundamentales respecto de las técnicas convencionales de mejora genética basadas en la hibridación. Primero, los genes (características) que se van a incorporar pueden ser de cualquier procedencia y no es necesario que se encuentren en plantas que puedan ser hibridadas entre sí. Segundo, en la planta transgénica se puede introducir un único gen nuevo con lo que se preservan en su descendencia el resto de los genes de la planta original. Tercero, este proceso de modificación se realiza en mucho menos tiempo. Podemos así modificar propiedades de las plantas de manera más amplia, precisa y rápida que mediante las técnicas clásicas basadas en la hibridación y selección.



¿Puede aplicarse a todos los cultivos?

DE MOMENTO NO, pero es cuestión de dar tiempo para que la tecnología mejore. Las limitaciones para obtener una planta transgénica vienen determinadas por dos factores fundamentales: la capacidad de introducir los genes en sus células, y la posibilidad de regenerar plantas completas a partir de la célula modificada. En la actualidad se están mejorando mucho las técnicas que permiten superar estos requisitos y el número de especies vegetales para las que se pueden obtener plantas transgénicas aumenta cada año. En principio resulta más difícil la transformación de especies leñosas (como los árboles frutales), de gramíneas (como las distintas especies de cereales) o de leguminosas (judías, garbanzos, etc.). Sin embargo, en todos estos grupos de plantas existen algunas especies para las que ya se han establecido procedimientos que permiten obtener plantas transgénicas. Tal es el caso del naranjo, el arroz o la alfalfa. De la misma forma hay también especies como el pimiento que no ha podido ser modificado por ingeniería genética a pesar de ser un pariente muy cercano de plantas como el tomate, el tabaco o la patata, en las que se obtienen plantas transgénicas con gran facilidad.

En principio resulta más difícil la transformación de especies leñosas, de gramíneas o de leguminosas



¿Qué es la tecnología Terminator?

EL SUSTANTIVO “Terminator” o términos similares como “Semillas Suicidas” o “Semillas Exterminadoras” han sido utilizados de forma malintencionada para criticar una nueva tecnología de control genético que permite, entre otras cosas, desarrollar plantas transgénicas que producen semillas normales pero incapaces de germinar y producir nuevas plantas. Además, aunque el polen de las plantas transgénicas obtenidas mediante esta tecnología fecundase a otras plantas de la misma especie, transgénicas o no, o a otras plantas de especies relacionadas, todas las semillas producidas como resultado de esta hibridación serían también incapaces de germinar, eliminando de esta manera cualquier posibilidad de propagación de los transgenes.

Una de las razones por las que esta tecnología ha tenido “mala prensa” es porque el énfasis inicial se puso en su posible aplicación para restringir la utilización de las semillas por el agricultor en cosechas consecutivas o para conseguir mejoras genéticas adicionales. Sin embargo, existen ya muchos cultivos como el maíz, el girasol o el tomate, para los que se utilizan variedades híbridas no transgénicas cuyas semillas nunca se conservan para posteriores siembras porque han perdido los caracteres de la variedad híbrida y se reduce su homogeneidad y su producción. El conflicto de las plantas con tecnología “terminator” no se debe por tanto a la propia tecnología sino que refleja más bien un conflicto entre los intereses de los propietarios de la tecnología (las empresas de semillas) y sus potenciales usuarios (los agricultores).

La tecnología Terminator permite desarrollar plantas transgénicas que producen semillas incapaces de germinar





¿Pueden contribuir las plantas transgénicas al desarrollo de una agricultura sostenible?

LA RESPUESTA ES SÍ. Uno de los problemas más importantes de la agricultura intensiva es el impacto ambiental provocado por el uso masivo de fertilizantes químicos, insecticidas, fungicidas, herbicidas, etc. que contaminan el terreno y los acuíferos. Desde siempre el agricultor ha reclamado plantas más vigorosas que requieran menos tratamientos con productos agroquímicos. Mediante ingeniería genética se pueden introducir en las plantas de cultivo genes que confieren resistencia a plagas de insectos, o a enfermedades y generar nuevas variedades más resistentes que permitan una agricultura más respetuosa con el medio ambiente. Cuando se identifiquen genes que reduzcan la necesidad de fertilizantes de la planta o que le confieran mayor resistencia a un insecto perjudicial, al calor o a la sequía, ¿qué ingeniero agrónomo dudará en incorporarlos a los nuevos cultivos? Estamos en los inicios de estas aplicaciones y quedan muchas posibilidades por explorar, pero es evidente que con su avance se pueden obtener ventajas importantes para el desarrollo de la denominada agricultura sostenible.

¿Qué ventajas tienen para el consumidor las plantas transgénicas?

SI LOS CARACTERES que se incorporan en la planta transgénica modifican la composición del producto aumentando su calidad (sabor, olor, textura, forma) o su valor nutritivo, el consumidor puede beneficiarse directamente de estas mejoras. Por ejemplo, puede aumentarse el contenido proteico o vitamínico, modificarse la composición de la grasa, mejorarse la textura, el sabor o el tamaño.

Si la planta transgénica está diseñada para mejorar su rendimiento agronómico, incorporando caracteres tales como mayor vigor, mejor aprovechamiento del agua y de los fertilizantes o resistencia a plagas y enfermedades, el producto que se obtiene es idéntico en cuanto a su calidad al de la planta no transgénica de la que procede, pero su coste de producción es menor. En este caso, el primer beneficiario es el agricultor, que reduce sus costes; pero indirectamente se beneficia también la población en general tanto de una posible reducción en el precio como del menor impacto ambiental que supone su cultivo que precisará menor cantidad de agroquímicos.

La Biotecnología puede aumentar el contenido proteico o vitamínico de una variedad



¿Qué efectos tienen las plantas resistentes a herbicidas en el medio ambiente?

LA UTILIZACIÓN DE PLANTAS resistentes a herbicidas no está relacionada exclusivamente con el uso de plantas transgénicas. De hecho los herbicidas se utilizan comúnmente sobre cultivos de plantas resistentes obtenidas mediante mejora genética convencional o sobre cultivos naturalmente tolerantes. Siempre que se cultiva una planta resistente a un herbicida, sea cual sea el origen de la resistencia, existe un riesgo potencial de que el gen responsable de la resistencia se transfiera a otras plantas indeseables o no, y haga que el herbicida sea ineficaz. Sin embargo, para que se produzca la difusión de los genes de resistencia a las malas hierbas y especies silvestres que conviven con el cultivo, éstas han de pertenecer a su misma especie o estar muy relacionadas. Así, por ejemplo, en España esto no puede ocurrir para los cultivos de maíz transgénico (los únicos cultivados hasta el momento) al no existir plantas silvestres relacionadas. Incluso cuando existen plantas silvestres emparentadas con el cultivo, las hibridaciones entre éstas y la planta de cultivo se producen con muy baja frecuencia en la naturaleza y los híbridos son en su mayor parte estériles, por lo que esta difusión es improbable.

En el caso de que se difunda la resistencia, esta nueva característica no confiere a la planta silvestre ninguna ventaja selectiva excepto en presencia del herbicida. Ello representa un problema mayor para el propio cultivo que puede verse invadido por las plantas silvestres que reducirán su producción, que para el medio ambiente. La aparición de resistencia en malas hierbas como consecuencia de la hibridación con las plantas cultivadas está documentada en Canadá en los años ochenta para los herbicidas denominados triazinas y se ha solucionado utilizando otros herbicidas.





¿Requieren mayor empleo de herbicidas los cultivos de plantas transgénicas?

EN PRINCIPIO NO. De hecho, los cultivos transgénicos ocupan zonas anteriormente dedicadas al cultivo de plantas no transgénicas, que ya se trataban con otros herbicidas. Algunos de los herbicidas empleados en los cultivos no transgénicos tienen una alta persistencia en el terreno, lo que supone un riesgo potencial para el medio ambiente por la posible contaminación de aguas y suelos. Sin embargo, las plantas transgénicas resistentes a herbicidas son resistentes a herbicidas de amplio espectro y de menor efecto residual. Es decir, herbicidas con menor riesgo de contaminación de aguas y suelos, en principio más seguros para el medio ambiente que otros empleados tradicionalmente. Por otra parte, las variedades transgénicas resistentes a herbicidas toleran su aplicación después de la germinación de la semilla y a lo largo del desarrollo de la planta, lo que permite realizar aplicaciones según las necesidades de cada año y lugar, y no de forma rutinaria, y reducir la cantidad total aplicada. En definitiva, los cultivos transgénicos no requieren mayor empleo de herbicidas y permiten la utilización de herbicidas con menor riesgo medioambiental.

Las plantas transgénicas con resistencia a herbicidas, permiten el uso de herbicidas de menor riesgo ambiental

17

¿Cuales son los efectos de las plantas transgénicas resistentes a plagas de insectos en el medio ambiente?

¿Matan a los insectos beneficiosos?



LAS PLANTAS TRANSGÉNICAS resistentes a insectos que han sido comercializadas (patata, algodón y maíz) expresan una toxina de origen bacteriano con especificidad por determinados grupos de insectos. La bacteria productora denominada *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) no es desconocida para los agricultores, dado que preparaciones comerciales a base de las toxinas y esporas de esta bacteria se han utilizado ampliamente como un insecticida biológico durante décadas. Las plantas transgénicas que expresan estas proteínas, conocidas como plantas Bt, permiten reducir los numerosos tratamientos insecticidas usados en estos cultivos y, por tanto, paliar sus efectos negativos sobre los insectos beneficiosos.

El cultivo a gran escala de plantas transgénicas con acción insecticida plantea, sin embargo, interrogantes acerca de sus posibles efectos a largo plazo sobre los enemigos naturales (depredadores y parasitoides), sobre insectos polinizadores o sobre otros insectos que no son plaga pero que puedan verse afectados al alimentarse con granos de polen de la planta transgénica. Hasta la fecha, los experimentos de laboratorio realizados no han sido concluyentes, aunque en la mayor parte de los casos no se ha observado ningún efecto apreciable sobre la supervivencia, desarrollo y fecundidad de diversos enemigos naturales ni de otros insectos beneficiosos. Por otra parte, ninguno de los ensayos de campo realizados ha mostrado una disminución inmediata en la abundancia

de insectos beneficiosos en los cultivos transgénicos. No obstante, es necesario contar con datos de campo a más largo plazo para conocer de forma precisa los efectos directos e indirectos de éstos cultivos sobre las especies de insectos beneficiosos que coincidan temporal y/o espacialmente con ellos.

10

¿Qué es la contaminación genética?



SE HA DENOMINADO contaminación genética al resultado de que el polen producido por una planta transgénica fecunde algunas de las flores de una planta no transgénica del mismo tipo situada en una parcela de cultivo cercana. Como resultado de esta polinización algunas de las semillas cosechadas en esta última parcela serán transgénicas. La hibridación entre distintas variedades de una misma planta de cultivo ocurre siempre con una determinada frecuencia independientemente de que alguna de ellas sea transgénica o no y está relacionada principalmente con la capacidad de migración del polen de cada especie. En la mayoría de los cultivos como

el trigo, el arroz, muchas leguminosas y hortalizas como el tomate, la lechuga o el pimiento, el polen de una flor sirve para fecundar a esta misma flor, porque su movilidad está reducida a unos pocos metros. Sin embargo, en otras especies como el maíz, algunos árboles frutales o las coles en las que la fecundación es cruzada, el polen, ayudado por el viento o por insectos polinizadores, puede desplazarse hasta distancias de centenares o millares de metros.

La contaminación genética se produce cuando el polen producido por una planta transgénica fecunda una planta no transgénica



¿Qué problemas genera la contaminación genética?

EL PROBLEMA QUE GENERA la contaminación genética es esencialmente comercial. La existencia de una normativa de etiquetado de productos transgénicos, puede conducir a que el precio y el mercado de semillas transgénicas y no transgénicas sea diferente. Por ello, dependiendo del grado de pureza exigido a los productos no transgénicos, la contaminación genética puede ser más o menos relevante. En cultivos transgénicos autorizados y, por lo tanto, sometidos a una evaluación de riesgo medioambiental, la contaminación genética no tiene connotaciones de riesgo medioambiental; pero, si se desea asegurar que no se produzca, la solución consiste en separar suficientemente unos cultivos de otros para que se minimice o se anule el intercambio de polen.

20 ¿Pueden transmitirse las nuevas características de las plantas transgénicas a otras especies de plantas en la naturaleza?



TODAS LAS PLANTAS CULTIVADAS, transgénicas o no, pueden llegar a hibridar con plantas no cultivadas si pertenecen a la misma especie de cultivo o a especies muy relacionadas. Por ello, esta posibilidad requiere una valoración específica para cada cultivo, dado que depende fundamentalmente de la existencia, en la proximidad del campo de cultivo, de estas especies relacionadas. Así, por ejemplo, para el maíz no existen en España, ni en Europa, especies silvestres relacionadas con las que pueda cruzarse sexualmente, pero estas especies sí crecen de manera natural en Centroamérica, dónde se originó el cultivo del maíz. Incluso cuando existen especies silvestres que pueden ser hibridadas con la especie cultivada en el laboratorio, su hibridación de manera natural en el campo es mucho menos frecuente dado que no está guiada por la mano del investigador y sólo puede producirse por azar. Por otra parte, no siempre que se produce una hibridación se genera un híbrido fértil con posibilidades de supervivencia y propagación. En cualquier caso, la posibilidad de que este cruzamiento ocurra hace que éste sea uno de los aspectos que evalúan los Comités de Bioseguridad ante la propuesta de cultivo de una nueva planta transgénica.

Para el maíz no existen en España especies silvestres con las que pueda cruzarse

¿Qué ocurriría si una planta transgénica se escapa de la zona de cultivo y se asilvestra?

ESTA POSIBILIDAD EXISTE por igual para las plantas transgénicas y no transgénicas. Sin embargo, no es común encontrar en la naturaleza plantas de maíz, de tomate, o de otros cultivos, que se hayan asilvestrado y hayan colonizado nuevos ambientes. Ello se debe a que las favorables condiciones de crecimiento que necesitan la mayoría de las plantas cultivadas no se encuentran de manera natural fuera de los campos de cultivo. Por tanto, para que una planta transgénica se asilvestre y pueda generar una población ha de contar con alguna ventaja que le permita competir con las plantas que habitan ese entorno. Esta improbable circunstancia ha de tenerse en cuenta como un posible riesgo cuando cada nueva planta transgénica es evaluada por los Comités de Bioseguridad.

¿Acabarán las plantas transgénicas con la biodiversidad que nos queda?

AL HABLAR DE BIODIVERSIDAD en plantas es importante distinguir entre la biodiversidad de las plantas cultivadas y la biodiversidad del ecosistema. Es evidente que la agricultura no contribuye a conservar la diversidad genética de las plantas de cultivo y que hay una tendencia hacia una reducción en el número de variedades que responde a cuestiones comerciales y es ajena a la naturaleza transgénica o no de éstas. De hecho, se estima que más del 95% de la diversidad de las plantas cultivadas se ha destruido ya en 10.000 años de práctica de la agricultura. En este sentido, es posible que el cultivo de variedades transgénicas contribuya, al menos inicialmente, a reducir el número de variedades de cultivo, al favorecer las que resulten más fáciles de modificar genéticamente. Afortunadamente, la creciente preocupación social por la conservación de la biodiversidad, incluso de las especies de cultivo, ha llevado a desarrollar es-

trategias para su caracterización y conservación, como pueden ser los Bancos de Semillas. Además, el mantenimiento de esta biodiversidad es un objetivo fundamental para la Biotecnología, que la necesita como fuente de nuevos genes con nuevas funciones.

Por otra parte, la agricultura actual afecta a la biodiversidad de los ecosistemas, tanto por la enorme extensión de los cultivos que limitan el espacio de desarrollo natural de los ecosistemas como por el uso de agroquímicos que reduce la biodiversidad de la fauna, de la flora y de los microorganismos del suelo. Cabe esperar que el cultivo de plantas transgénicas, más productivas y con menor requerimiento de agroquímicos, contribuya positivamente a parar la pérdida de biodiversidad de los ecosistemas al reducir las necesidades de tratamientos y mejorar la producción sin aumentar la superficie de cultivo. Sin embargo, han de pasar varios años de investigaciones para poder valorar comparativamente los efectos de las plantas transgénicas con respecto a los de las plantas que se cultivan actualmente.

Se estima que más del 95% de la diversidad de las plantas cultivadas se ha destruido ya en 10.000 años de práctica de la agricultura



¿Pueden generarse nuevos organismos patógenos o nuevas plagas por el uso de cultivos transgénicos?

El uso de plantas transgénicas no supone ningún riesgo de generación de nuevos patógenos

EL USO DE PLANTAS TRANSGÉNICAS no supone, en sí mismo, ningún riesgo de generación de nuevos patógenos. El uso de plantas resistentes a patógenos o a plagas (sean transgénicas o no), así como el uso de cualquier producto fitosanitario (insecticidas químicos o productos naturales, antibióticos, fungicidas, etc.) puede favorecer la selección de variantes patogénicas o de plagas que sean capaces de superar la barrera de resistencia o el efecto del tratamiento. De este modo, la resistencia introducida en la planta puede volverse ineficaz al cabo del tiempo. Por otra parte, la aparición de nuevos patógenos o plagas más resistentes, no implica necesariamente que estos nuevos organismos sean más peligrosos que los anteriores, salvo en el hecho de que tendremos que utilizar diferentes métodos y plantas con nuevas resistencias para combatirlos. Los ingenieros agrónomos que desarrollan nuevas variedades y tratamientos saben que las resistencias y los fitosanitarios no son de uso indefinido y constantemente se están investigando nuevas fuentes de resistencia y desarrollando nuevos tratamientos.







¿Los cultivos transgénicos causan alergia a los agricultores?

UNA PLANTA TRANSGÉNICA no debe causar más alergia a los agricultores, o a cualquier otra persona, que la que pueda producir la planta original de la que procede. La introducción de un nuevo gen o genes en una planta, mediante hibridación o mediante ingeniería genética, no supone necesariamente que la nueva planta tenga que producir alergia. De hecho, una planta transgénica generada mediante ingeniería genética tiene menos probabilidades de producir alergia que una nueva planta producida por métodos convencionales de hibridación, ya que el número de proteínas nuevas producidas como consecuencia de esta modificación genética es mucho menor. Además las nuevas plantas transgénicas son evaluadas por los Comités de Bioseguridad, en tanto que las nuevas plantas no transgénicas no lo son. Los agricultores siempre han cultivado nuevas plantas a lo largo de la historia y la aparición de alergias no ha supuesto un problema.

Una planta transgénica tiene menos probabilidades de producir alergia que una planta producida por hibridación

¿Los cultivos transgénicos causan alergia a los consumidores?

SI EL CONSUMIDOR NO ES ALÉRGICO a los productos o derivados de una planta no transgénica es altamente improbable que sea alérgico a los productos o derivados de la misma planta modificada genéticamente. En muchos casos el consumidor sólo utiliza derivados de la planta transgénica, como el aceite o el azúcar, cuya composición es idéntica a los derivados producidos a partir de la planta no transgénica. Por otro lado, hay que insistir en que la modificación genética implica la adición o modificación de un reducido número de genes que están perfectamente identificados y caracterizados y sus posibles efectos alergénicos pueden ser fácilmente evaluados por los Comités de Bioseguridad. Hay más garantías en el consumo de una nueva planta transgénica que en el uso de cualquier otra nueva planta no transgénica que podamos consumir por primera vez. Debido a la globalización del comercio mundial cada vez disponemos de más plantas para la alimentación que proceden de lugares muy diversos del planeta y no se han documentado problemas de alergias dignos de mención en poblaciones de consumidores no acostumbradas a un nuevo producto.



¿Pueden las plantas transgénicas transferir sus genes a los animales y a las personas que los consumen?

CUANDO EL HOMBRE Y LOS ANIMALES se alimentan de productos naturales comen millones de genes de microorganismos, plantas y animales y ello no implica que estos genes se incorporen a nuestro genoma. Debido a la complejidad de las células de nuestro organismo la posibilidad de que los genes procedentes de un alimento se transfieran al genoma es nula. Esto es válido tanto para los miles de genes de la planta no transgénica como para el nuevo gen o genes introducidos por ingeniería genética en una planta transgénica.

¿Pueden crear resistencia a antibióticos los alimentos transgénicos?

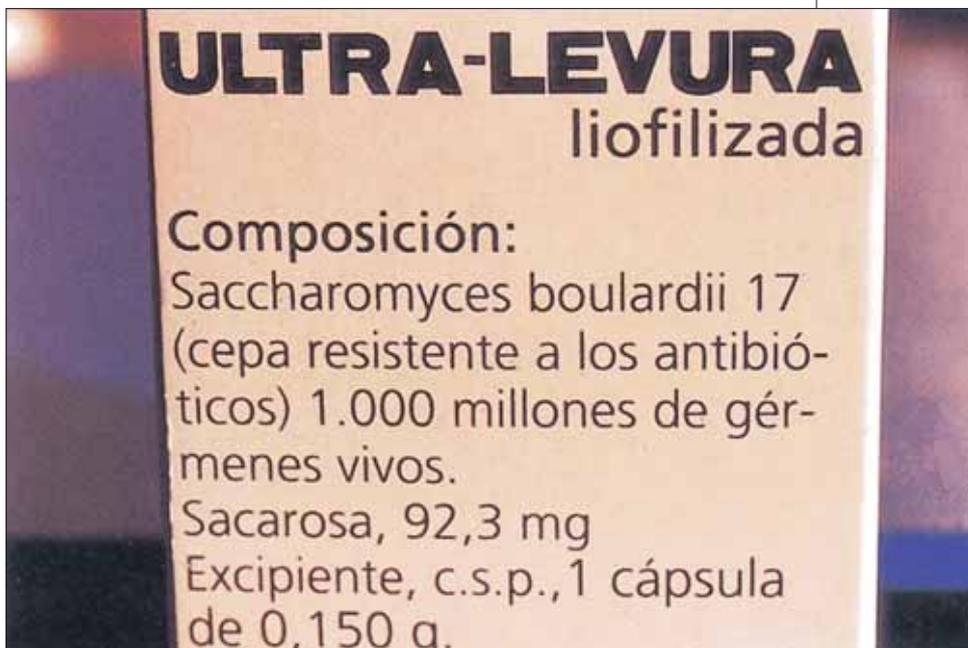
COMO SE COMENTÓ al principio, en la producción de algunas plantas transgénicas se han utilizado genes que confieren resistencia a antibióticos como la kanamicina para seleccionar las células vegetales y las plantas que han incorporado el transgén. El posible uso de estas plantas resistentes a antibióticos en la alimentación ha planteado la cuestión de que este gen de resistencia pueda ser transferido a las poblaciones de bacterias que conviven con nosotros en nuestro sistema digestivo. Sin embargo, la probabilidad de que esto ocurra es infinitamente pequeña porque requeriría que tengan lugar en el estómago e intestino una serie de sucesos altamente improbables, para que el gen de resistencia no se degrade

junto con el resto de la comida consumida y para que se incorpore en una bacteria que lo pueda expresar correctamente.

De todas formas, conviene saber que los genes de resistencia a antibióticos están ampliamente distribuidos en la naturaleza y así, por ejemplo, se ha calculado que un individuo sano en un ambiente sano ingiere diariamente 1.200.000 bacterias silvestres resistentes a kanamicina.

Por ello, sería mucho más probable que los genes de resistencia de estas bacterias silvestres pasaran a las bacterias de nuestro sistema digestivo o a otras bacterias del medio ambiente que lo hagan los genes de la planta transgénica. Aunque, como se ha indicado, no existe ningún motivo fundado para sospechar que el uso de genes de resistencia a antibióticos en las plantas transgénicas sea un riesgo sanitario, en la actualidad existen múltiples métodos de selección alternativos que están relegando el uso de los genes de resistencia a antibióticos. En atención al consumidor, resulta deseable exigir que los desarrollos que se produzcan a partir de ahora hagan uso de estas nuevas tecnologías.

Los genes de resistencia a antibióticos están ampliamente distribuidos en la naturaleza



ULTRA-LEVURA
liofilizada

Composición:
Saccharomyces boulardii 17
(cepa resistente a los antibióticos) 1.000 millones de gérmenes vivos.
Sacarosa, 92,3 mg
Excipiente, c.s.p., 1 cápsula de 0,150 g.

¿Cuál es la importancia de los cultivos transgénicos en el mundo?

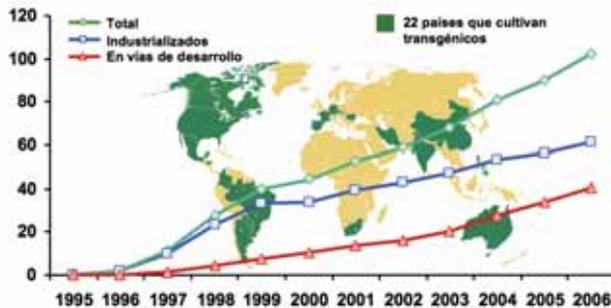
SEGÚN EL ISAAA, instituto especializado en el seguimiento del uso de organismos modificados genéticamente (OMGs), en el año 2006 el cultivo de plantas transgénicas aumentó en un 13%, unos 12 millones de hectáreas, respecto a 2005. En la actualidad, el área de OMGs cultivados alcanza los 102 millones de hectáreas.

Los países que cultivan más hectáreas con OMGs son Estados Unidos (54,6 millones), Argentina (18 millones), Brasil, Canadá y la India. A mayor distancia se encuentra Europa, donde destaca Rumanía, con 115.000 hectáreas, España, con 53.667 hectáreas, Francia, con 5.000, y en menor medida, República Checa, Portugal, Alemania y Eslovaquia.

Los cultivos transgénicos que más se siembran son la soja, maíz, algodón y colza. Entre las modificaciones genéticas más utilizadas por los agricultores, destacan los OMGs tolerantes a herbicidas y los resistentes a insectos.

En el año 2006 el cultivo de plantas transgénicas aumentó en un 13% respecto a 2005

ÁREA GLOBAL DE CULTIVOS BIOTECNOLÓGICOS
Millones de hectáreas (1996 a 2006)



Incremento del 13%, 12 millones de hectáreas, entre 2005 y 2006

Fuente: Clive James, 2006.



¿Quién aprueba si puede cultivarse una nueva variedad de planta transgénica?

EL CULTIVO DE UNA NUEVA variedad de planta transgénica en nuestro país requiere la aprobación independiente de la modificación genética que se pretende realizar y de la planta transgénica que incorpora esa modificación genética. La autorización de la modificación genética se realiza de acuerdo con la Directiva 2001/18 y/o el Reglamento 1829/2003 de la UE, tras evaluación científica positiva por el panel científico de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, incorporada al derecho español a través de la Ley 9/2003 y el Real Decreto 178/2004. En la UE la autorización se aprueba por mayoría cualificada mediante una Comisión en la que están representados los estados miembros, a propuesta de los Organismos Nacionales competentes. En España, el órgano competente es el Consejo Interministerial de Organismos Modificados Genéticamente que está formado por los representantes de los Ministerios que tienen competencias sobre esta Ley y aprueba o deniega las propuestas que le somete la Comisión Nacional de Bioseguridad, compuesta por expertos científicos y representantes de los distintos ámbitos sociales. Estos órganos colegiados están adscritos al Ministerio de Medio Ambiente.

Una vez que una modificación genética específica está autorizada en la UE, las nuevas variedades transgénicas que contengan estas modificaciones genéticas sólo pueden cultivarse en aquellos países en los que sean autorizadas por los Organismos competentes. En nuestro país esta autorización la realiza el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación a través de su inclusión en el Registro Nacional de Variedades Comerciales de Plantas, mediante un procedimiento similar al que se necesita para cualquier nueva variedad comercial obtenida por métodos tradicionales, regulado por la Ley 11/1971, el Decreto 3767/1972 y la Orden de 23 de marzo de 1998 por la que se modifica el Reglamento General del Registro de Variedades. La Comisión de Biovigilancia que depende del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación tiene entre sus fines el seguimiento de los cultivos transgénicos. Por otro lado, la Agencia Española de Seguridad Alimentaria (AES) que depende del Ministerio de Sanidad y Consumo y su equivalente europeo, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) también tienen competencias de vigilancia en materia de seguridad alimentaria.

La autorización de un OMG en la UE se decide por mayoría cualificada de los estados miembros

las plantas transgénicas en la sociedad



¿Cuales son los trámites para que se autorice una nueva modificación genética?

LAS SOLICITUDES DE AUTORIZACIÓN de una nueva modificación genética en un cultivo se pueden tramitar a través de cualquiera de los Estados miembros de la UE, siguiendo el formato descrito en la Directiva 2001/18 de la UE. En España estas solicitudes se presentan en el Ministerio de Medio Ambiente, donde se ha centralizado el procedimiento. Las propuestas deben contener toda la información que se especifica en la Directiva 2001/18 que en España desarrollan la Ley 9/2003 y el Real Decreto 178/2004, que entre otros, incluye los datos obtenidos en ensayos de campo en diferentes países, que demuestren que el cultivo de la planta transgénica propuesta no representa ningún riesgo para la salud humana o para el medio ambiente.

La Comisión Nacional de Bioseguridad estudia el expediente y propone su aprobación o su denegación al Consejo Interministerial de OMGs o devuelve el expediente solicitando la modificación de las condiciones propuestas. Una vez obtenido el visto bueno en España, el expediente es remitido a la Comisión Europea para comenzar el procedimiento comunitario, en el que el resto de los países miembros deberán dar su opinión y votar a favor o en contra de la comercialización de esa modificación genética. La decisión de aprobar o rechazar la propuesta se toma por mayoría cualificada en el Consejo de la UE.

La autorización para el consumo humano o animal de un cultivo transgénico requiere que la solicitud supere los requisitos establecidos por las autoridades sanitarias en los Reglamentos 258/97, 1829/2003 y 1830/2003. La Agencia Española de Seguridad Alimentaria (AESA) y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) tienen competencias para velar por la seguridad del consumo.

¿Cuales son los trámites para que se autorice el cultivo de una nueva variedad de planta transgénica?

UNA VEZ APROBADA la comercialización en la Unión Europea de una planta modificada genéticamente, el cultivo en España de cualquier variedad derivada de esa planta transgénica requiere su inscripción en el Registro Nacional de Variedades Comerciales de Plantas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Para ello, mediante los trabajos de campo y laboratorio pertinentes realizados oficialmente o bajo control oficial, ha de comprobarse que las nuevas variedades son distintas de las que han estado o están inscritas en dicho Registro, son estables y poseen suficiente homogeneidad. Además cuando se trate de cultivos agrícolas extensivos, ha de comprobarse, a través de una amplia red de ensayos de campo distribuidos en las zonas más relevantes, y los necesarios de laboratorio, también realizados

El Registro de Variedades debe comprobar que las nuevas semillas poseen suficiente valor agronómico

oficialmente o bajo control oficial, que las nuevas variedades poseen suficiente valor agronómico o de utilización. Es decir, mayor rendimiento, mejor calidad de los productos obtenidos de su cultivo y mejor comportamiento ante plagas, enfermedades o accidentes climatológicos.

Todos estos trabajos consisten en experimentos comparativos de la nueva variedad con otras variedades ya registradas que se utilizan, o como colección de referencia o como testigos. En el caso de las variedades transgénicas, además debe realizarse una evaluación para prevenir posibles daños a la salud o al medio ambiente, así como en el ámbito del Reglamento de nuevos alimentos e ingredientes alimentarios y previos a su autorización, y el cumplimiento de un plan de seguimiento y prevención tras su inclusión en el Registro.

Finalmente, tras la inscripción de las nuevas variedades en el Registro de Variedades Comerciales de Plantas español y siguiendo el procedimiento comunitario establecido, éstas pasan a incluirse en los Catálogos Comunes de Variedades de Plantas Agrícolas y de Plantas Hortícolas de la Unión Europea, que permite la libre comercialización de semillas de la nueva variedad, es decir, se autoriza su cultivo en todo el ámbito de la Unión Europea.



¿Qué modificaciones genéticas en plantas están aprobadas en Europa?

COMO HEMOS VISTO el cultivo de variedades de plantas transgénicas requiere por una parte la aprobación de la modificación genética al nivel europeo y posteriormente el registro independiente de cada una de las variedades portadora de una modificación genética.

Las modificaciones genéticas en plantas aprobadas para su comercialización en la UE son las siguientes:

OMG (uso)	EMPRESA	CARACTERÍSTICA	AÑO
Tabaco (cultivo)	Seita	Tolerancia a bromoxinil	1994
Semillas de colza (producción de semilla)	Plant Genetic Systems	Tolerancia a glufosinato	1996
Soja (A 5403) (importación y procesado)	Monsanto	Tolerancia a glifosato	1996
Achicoria (cultivo)	Bejo Zaden	Androesterilidad/ tolerancia glufosinato	1996

OMG (uso)	EMPRESA	CARACTERÍSTICA	AÑO
Maíz CG-176 (todos)	Ciba-Geigy	Resistencia a taladros	1997
Colza MS1xRF1 (cultivo limitado a producción de semillas)	Plant Genetic Systems	Tolerancia a glufosinato	1997
Colzas MS1xRF2 (cultivo limitado a producción de semillas)	Plant Genetic Systems	Tolerancia a glufosinato	1997
Claveles (cultivo y ornamentación)	Florigene	Cambio de color	1998
Colzas TOPAS 19/2 (importación y procesado)	AgrEvo	Tolerancia a glufosinato	1998
Maíz T-25 (todos)	AgrEvo	Tolerancia a glufosinato	1998
Maíz MON810 (todos)	Monsanto	Resistencia a taladros	1998
Maíz Bt-11 (importación y procesado)	Northrup King	Resistencia a taladros/ tolerancia a glufosinato	1998
Claveles (cultivo y ornamentación)	Florigene/ Europe B.V.	Longevidad	1998
Claveles (cultivo y ornamentación)	Florigene/ Europe B.V.	Cambio de color	1998
Maíz NK603 (importación y procesado)	Monsanto	Tolerancia a glifosato	2004
Maíz MON863 (importación y procesado)	Monsanto	Resistencia a coleópteros	2005
Colza GT73 (importación y procesado)	Monsanto	Tolerancia a glifosato	2005
Maíz 1507 (importación y procesado)	Pioneer/Mycogen	Resistencia a lepidópteros/ tolerancia glufosinato	2005
Maíz MON863xMON810	Monsanto	Resistencia a coleópteros y taladros	2006

¿Que plantas transgénicas se cultivan en España?

EN ESPAÑA a finales de 2006 había 51 variedades híbridas de maíz autorizadas para su cultivo e inscritas en el Registro de Variedades Comerciales de Plantas, derivadas todas por mejora genética clásica del evento OGM MON 810. Estas variedades contienen una modificación genética que, mediante la expresión de

la toxina Bt de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, confiere resistencia a la larva del taladro del maíz. Estos cultivos ocupan actualmente en España una superficie de alrededor de 55.000 hectáreas, representando aproximadamente un 15 % del total del maíz cultivado en España. La relación de variedades de plantas OGM comercializadas se renueva con fre-

cuencia igual que ocurre con los híbridos convencionales y para su aprobación, es preciso que cada variedad haya sido publicada en el Boletín Oficial del Estado o en el Diario Oficial de la Unión Europea. La lista de las nuevas variedades de cultivos resistentes a plagas o tolerantes a herbicidas derivadas de modificaciones genéticas pendientes de autorización por la Unión Europea puede consultarse en la página web de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, www.efsa.europa.eu).



Gusano del taladro atacando la mazorca de maíz

¿Qué ganan las empresas de semillas?

LAS EMPRESAS QUE VENDEN semillas de variedades transgénicas, como cualquier otro tipo de empresa, y de acuerdo con su propia razón de ser, persiguen obtener sus beneficios ofreciendo mejores productos al agricultor que sus competidores. Las empresas que producen semillas de variedades transgénicas proceden, en gran parte, del sector agroquímico tradicional y en consecuencia sus primeros desarrollos se basan en el conocimiento previo del mercado y en la utilización de instrumentos o productos que explotaban con anterioridad. De ahí que, entre los primeros productos, se hayan producido plantas transgénicas resistentes a plagas o a herbicidas que, en algunos casos, son producidos por la propia empresa. El desarrollo de nuevas variedades vegetales tanto mediante métodos tradicionales como mediante ingeniería genética, está destinado fundamentalmente a conseguir mayores rendimientos, mejor calidad de las producciones o mayor resistencia a plagas, enfermedades o accidentes climatológicos. Por tanto, el primer beneficiario es el agricultor, base fundamental de la producción agroalimentaria, para permitir que su actividad sea rentable. También es beneficiario, aunque no sea tan evidente, el consumidor, que dispondrá de productos en cantidad suficiente, de mejor calidad y a precios más razonables. En el mercado agroalimentario existen muchos intermediarios con diversos intereses y las plantas transgénicas serán económicamente rentables para las empresas de semillas en la medida que beneficien a alguno(s) de los eslabones de la cadena sin perjudicar a los otros.

El desarrollo de nuevas variedades vegetales está destinado a conseguir mejor calidad de las producciones

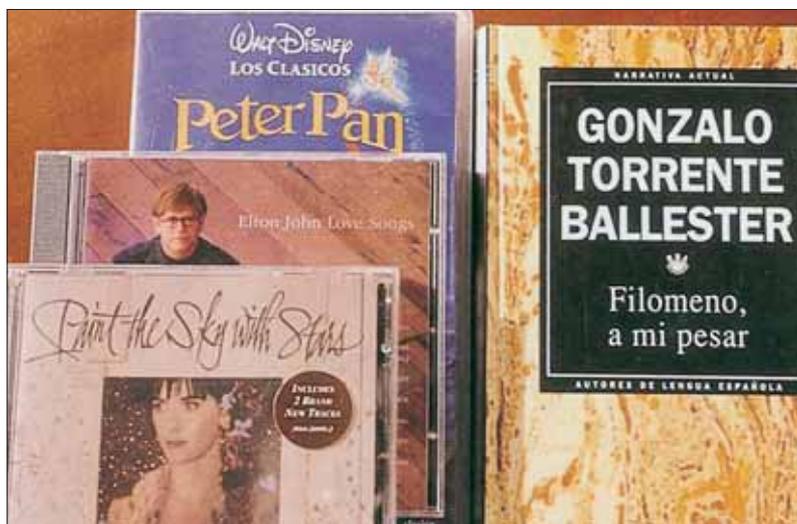


¿Pueden las plantas transgénicas contribuir a aumentar la injusta distribución de riqueza?

PARECE EXAGERADO ATRIBUIR de forma genérica a las plantas transgénicas una responsabilidad en la injusta distribución de la riqueza. Como ocurre con cualquier tecnología la responsabilidad radicará en los usos, aplicaciones e intenciones que se le den. La intencionalidad reside en el ser humano y no en la tecnología.

Es verdad que las plantas transgénicas comercializadas hasta el momento están diseñadas para su cultivo en los países desarrollados donde se puede pagar el coste invertido en su investigación y desarrollo. Se ha creado así una sensación de monopolio que parece aumentar el desequilibrio entre los países ricos y pobres. Los países pobres no pueden asumir la implantación y desarrollo de esta tecnología por las grandes inversiones necesarias en recursos humanos y materiales, por lo que se deben apoyar investigaciones encaminadas a la obtención de plantas transgénicas que mejoren las propiedades nutritivas de alimentos básicos para muchos países en vías de desarrollo y que no podrían pagar el coste de la investigación. De hecho, existen instituciones públicas o semi-públicas y organismos internacionales que están apoyando estas investigaciones y ya existen cultivos transgénicos de mandioca o de arroz que han sido desarrollados con este objetivo. Desgraciadamente, no se debe olvidar que la solución del problema del hambre en el mundo, no sólo requiere respuestas científicas sino también políticas. Con una política adecuada, las plantas transgénicas pueden rendir beneficios privados y públicos y ser también un instrumento que contribuya al reparto equilibrado de los recursos del planeta.





¿Es lícito patentar una modificación genética?

LA LEY PERMITE PATENTAR la invención que supone una nueva modificación genética que confiere una característica de interés a un cultivo. Los derechos de propiedad intelectual constituyen una forma legal específica de propiedad que protege los productos derivados de la creatividad de los seres humanos y que incluyen una serie de instrumentos como son las patentes, los derechos de autor, las marcas, el secreto comercial y los derechos de los obtentores de variedades vegetales. En lo que respecta a las variedades vegetales, tanto en el seno de la Unión Europea como en España, no se aplica el sistema de patentes, por lo que la protección de las obtenciones vegetales se realiza aplicando una legislación específica, similar a aquella, pero con matices diferenciales claros. Este carácter diferencial se basa en las especiales características de las obtenciones vegetales respecto a las invenciones industriales, como son, por ejemplo, la realización de exámenes técnicos de campo y de laboratorio o las limitaciones a los derechos de los obtentores en beneficio de los agricultores. Tanto las patentes como la protección de las obtenciones vegetales se conceden por

La propiedad intelectual es una forma legal de proteger los derechos derivados de la creatividad humana

tiempo limitado, pudiéndose establecer licencias obligatorias por interés público, para evitar monopolios o desabastecimiento que puedan perjudicar a la colectividad. Asimismo, está establecido un sistema para la concesión de licencias obligatorias por dependencia cuando no hay acuerdo entre titulares de patentes de una invención biotecnológica y obtenedores de variedades vegetales, en aquellos casos en que unos u otros necesitan utilizar para el desarrollo de su descubrimiento material patentado o protegido. Estas circunstancias garantizan la amplia utilización de las invenciones, en beneficio del interés público, sin menoscabar los legítimos derechos de los titulares.

El marco legal que protege las invenciones sobre modificaciones genéticas y variedades vegetales transgénicas está determinado por el Convenio de Diversidad Biológica, la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV del nombre en inglés, París, 1961, revisado en Ginebra los años 1972, 1978 y 1991) y la Directiva Europea de 1998 sobre Armonización de Patentes sobre Invenciones Biotecnológicas. Resulta paradójico que quienes se oponen a las plantas transgénicas, al considerar que los procedimientos de obtención de plantas transgénicas son procedimientos “no naturales” y por lo tanto resultado de la acción inventiva del hombre, están dando argumentos a favor de sus patentes.

¿Es ético patentar una modificación genética?

LA DISCUSIÓN EN EL ÁMBITO ético sobre patentes en ingeniería genética es difícil y compleja. Por una parte, la protección de las invenciones mediante patentes estimula la innovación y la comunicación y es el motor del crecimiento industrial en los países desarrollados. Por otra parte, este hecho ha generado en algunas ocasiones cuestiones éticas acerca de la legalidad de patentar información biológica o acerca de los efectos que la protección de la propiedad industrial puede tener en los países en vías de desarrollo. Con respecto a la primera cuestión la normativa vigente no permite

La normativa vigente no permite patentar seres vivos, sino la modificación derivada de la invención

patentar el ser vivo sino la modificación específica que es consecuencia de la innovación y susceptible de ser protegida. Con respecto a la segunda cuestión, es muy importante elaborar estrategias que garanticen el acceso a esta nueva tecnología a los países en vías de desarrollo. El progreso en este campo puede derivarse de la actividad de Centros de Investigación financiados con fondos públicos internacionales que generan una tecnología y plantas transgénicas no protegidas, pero también de convenios y acuerdos que puedan establecerse con empresas y centros de investigación privada.



GLOSARIO

ADN Ácido desoxirribonucleico, es el nombre de la molécula química de la que están compuestos los genes.

ALERGIA La alergia es una reacción inmunológica ante una sustancia o sustancias que se denominan alérgenos, que forma parte de productos, naturales o no, con los que conviven los humanos y los animales.

BIODIVERSIDAD Variedad de la flora y de la fauna en la naturaleza. También se utiliza para describir la variedad de individuos distintos dentro de una especie.

CRUZAMIENTO Transferencia de polen de una flor de una planta a la flor de otra planta de tal manera que se produce la fertilización y se generan semillas.

ESPECIE Conjunto de organismos con características similares que pueden cruzarse entre ellos.

FUNGICIDA Sustancia que mata a los hongos.

GEN Unidad biológica de la herencia que es responsable de la aparición de un determinado carácter, sea físico, bioquímico o de comportamiento y que transmite la información hereditaria de generación en generación.

GENOMA Conjunto de genes de un organismo.

HERBICIDA Sustancia química que mata las malas hierbas.

HIBRIDACIÓN Proceso por el que de forma natural o de manera dirigida por el hombre se cruzan dos plantas. En general el proceso consiste en la recolección del polen de las flores de la planta que actúa como padre y la polinización con él de las flores de la planta que actúa como madre.

HÍBRIDO Individuo que resulta del cruzamiento entre dos especies o dos variedades de una misma especie.

INSECTO BENEFICIOSO Insecto que se alimenta de los insectos que destruyen los cultivos y que por lo tanto ayuda a controlar las plagas.

MEJORA GENÉTICA Procedimiento por el que se generan y se seleccionan individuos más productivos y de mejor calidad de una especie.

NÚCLEO Región central de la célula en la que se encuentra el material genético (ADN) que constituye el genoma, separado por una membrana del resto de la célula.

OBTENTOR Persona física o jurídica que desarrolla una nueva variedad.

PATÓGENO Microorganismo que provoca una enfermedad.

Han colaborado:

PLAGUICIDA Nombre genérico que se aplica a los herbicidas, insecticidas, fungicidas y cualquier otro compuesto químico con utilidad en la eliminación de plagas.

RESISTENCIA Característica de un organismo por la cual es capaz de protegerse a sí mismo de los efectos de un organismo patógeno, de una plaga o de una sustancia particular.

TALADROS DEL MAÍZ Insectos lepidópteros que en la fase de larva taladran el tallo del maíz reduciendo el rendimiento potencial de la planta.

TOLERANCIA A HERBICIDAS Característica de una planta que le permite crecer en presencia de herbicidas específicos.

TOXINA Veneno que suele tener una procedencia biológica.

TRANSGEN Gen introducido en un genoma mediante ingeniería genética

VARIEDAD Grupo de individuos de una misma especie que reúne características que permite reconocerlos como grupo pero que no son lo suficientemente distintos como para considerarlos otra especie. Por ejemplo, en el pimiento la variedad Piquillo es distinta de la variedad Americana.

Armando Albert
Centro de
Información y
Documentación,
Consejo Superior
de Investigaciones
Científicas (CSIC)
Madrid

Pere Arús
IRTA
Barcelona

Elisa Barahona
Ministerio de
Medio Ambiente
Madrid

José María García
Baudín
Subdirección
general de
Investigación y
Tecnología, INIA
Madrid

José Pío Beltrán
Instituto de
Biología Molecular
y Celular de
Plantas, CSIC
Valencia

Mariano Cambra
Instituto
Valenciano de
Investigaciones
Agrarias
Valencia

Pedro Castañera
Centro de
Investigaciones
Biológicas, CSIC
Madrid

M^a Cristina Chueca
Subdirección
general de
Investigación y
Tecnología, INIA
Madrid

Jesús Cuartero
Finca "La Mayora",
CSIC
Málaga

José Ignacio
Cubero
Escuela Técnica
Superior de
Ingenieros
Agrónomos
Universidad de
Córdoba

Carmen Fenoll
Facultad de
Biología
Universidad
Autónoma de
Madrid

Martín Fernández
de Gorostiza
Oficina Española
de Variedades
Vegetales
Madrid

Juan Antonio
García
Centro Nacional de
Biotecnología, CSIC
Madrid

Fernando García-
Arenal
Escuela Técnica
Superior de
Ingenieros
Agrónomos,
Universidad
Politécnica de
Madrid

Juan Jordano
Instituto de
Recursos Naturales,
CSIC
Sevilla

Manuel Mancha
Instituto de la
Grasa, CSIC
Sevilla

Emilio Muñoz
Unidad de Políticas
Comparadas,
CSIC
Madrid

Félix Ortego
Centro de
Investigaciones
Biológicas, CSIC
Madrid

Rafael Pérez Mellado
Centro Nacional de
Biotecnología, CSIC
Madrid

Pere Puigdomenech
Instituto de
Biología Molecular
de Barcelona, CSIC
Barcelona

Daniel Ramón
Instituto de
Agroquímica y
Tecnología de
Alimentos, CSIC,
Valencia

Eduardo Rodríguez
Bejarano
Facultad de Biología
Universidad de
Málaga

Emilio Rodríguez
Cerezo
Centro Nacional de
Biotecnología, CSIC
Madrid

José Sánchez
Serrano
Centro Nacional de
Biotecnología, CSIC
Madrid

Victoriano Valpuesta
Facultad de Biología
Universidad de
Málaga

Lucía Roda
Comisión Nacional
de Bioseguridad.
Ministerio de
Medio Ambiente

Varias imágenes
han sido cedidas
por UK Food and
Drink Federation
foodfuture
programme

Patrocinado por:

antama

Biotecnología en pocas palabras

Plantas transgénicas

EDITADO POR:

 sebiot
(Sociedad Española
de Biotecnología)

COMITÉ EDITORIAL:

Ignacio Casal, Ingenasa

J. Luis García López, Centro
de Investigaciones
Biológicas, CSIC

J. Manuel Guisán, Instituto
de Catálisis y
Petroquímica, CSIC

J. Miguel Martínez Zapater,
INIA y Centro Nacional de
Biotecnología, CSIC.