

Biotecnología y producción animal

MARÍA DOLORES CARRO. MARÍA JOSÉ RANILLA. DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL I. UNIVERSIDAD DE LEÓN.

El término "biotecnología" aparece constantemente, no sólo en artículos científicos, sino también en todos los medios de comunicación, pero, ¿a qué hace referencia realmente este término? El Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española lo define como el "empleo de células vivas para la obtención y mejora de productos útiles, como los alimentos y los medicamentos", así como el "estudio científico de estos métodos y sus aplicaciones".

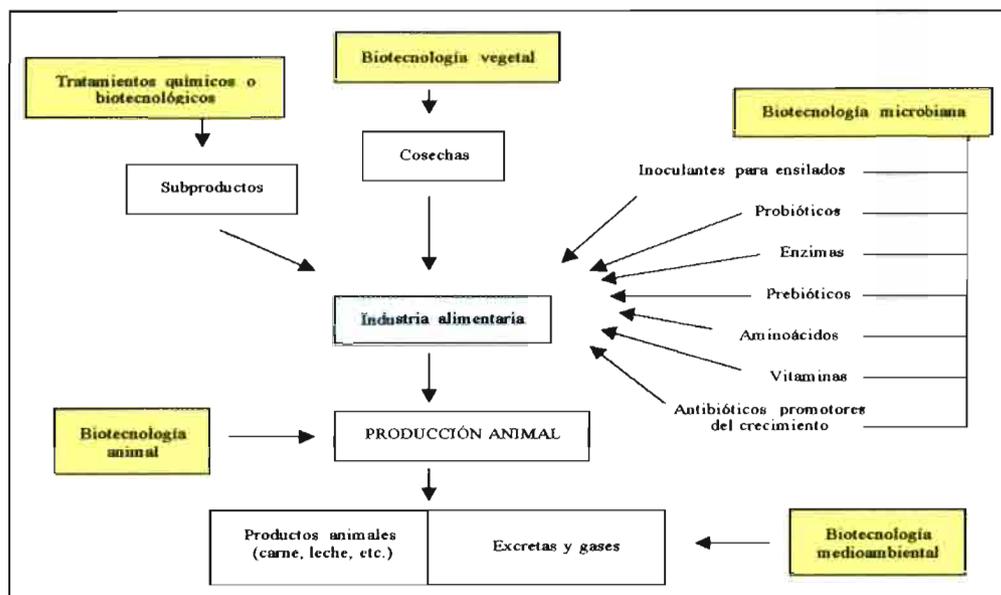


Fig. 1.- Algunas aplicaciones de la biotecnología a la producción animal (modificado de Perry, 1995).

En los últimos años se han puesto en práctica tantas aplicaciones de la biotecnología a diversos campos que se habla ya de una "revolución biotecnológica", que podría tener unas repercusiones comparables, o incluso mayores, que las producidas por la revolución industrial.

La denominada "revolución biotecnológica" está creando nuevas expectativas relacionadas con el cuidado y mejora de la salud humana y animal, la protección del medio ambiente, las producciones agroganadera e industrial, y con la producción de energía.

Algunos ejemplos de las posibles aplicaciones de la biotecnología en estos campos son la producción más barata y abundante de medicamentos, la adaptación de medicamentos o terapias a las necesidades individuales mediante el uso de la información genética, la modificación de plantas o cosechas para hacerlas resistentes a la sequía o a determinadas enfermedades, la limpieza "biológica" de lugares contaminados, la producción de "energía limpia" a través de fermentaciones industriales, etc.

La aplicación de diferentes procesos biotecnológicos puede tener también

importantes repercusiones sobre la producción animal, ya que permite incrementar la productividad de los animales a través de mejoras en los procesos reproductivos, en los procesos de crecimiento y lactación, en la nutrición y utilización de los alimentos, en la salud y bienestar de los animales, etc.

Todos estos cambios pueden conducir a la obtención de productos animales más seguros y de mayor calidad, así como a la reducción de los desechos y excretas animales, de tal forma que se reduzca la contaminación medioambiental.

Dado que las posibles aplicaciones de la biotecnología en el campo de la producción animal son muy numerosas, en este trabajo se tratarán únicamente los aspectos más relevantes de las principales aplicaciones que tiene en el campo de la alimentación animal.

Aplicaciones de la biotecnología a la alimentación animal

Las posibles aplicaciones de la biotecnología en la producción animal son muy numerosas y, tal como puede observarse en la **Figura 1**, están a su vez relacionadas con la utilización de técnicas biotecnológicas

cas en diversos campos.

Así, pueden destacarse las aplicaciones que tiene la biotecnología vegetal, los pretratamientos biotecnológicos de los alimentos, y la aplicación de técnicas de biotecnología microbiana, animal y medioambiental.

De una forma esquemática, las principales aplicaciones de la biotecnología en el campo de la industria alimentaria pueden agruparse en tres apartados:

- Mejora de la producción, conservación y valor nutritivo de los alimentos mediante técnicas de biotecnología vegetal. En este apartado no deben olvidarse los subproductos, a los que se somete a tratamientos biotecnológicos para mejorar su valor nutritivo.
- Mejora de la utilización de los alimentos y de la eficiencia de producción de los animales mediante el uso de aditivos.
- Mejora de los procesos digestivos mediante la manipulación genética de la flora gastrointestinal.

En referencia al primer grupo, hay que señalar que la investigación sobre la selección de las semillas vegetales se ha centrado tradicionalmente en mejorar las características agronómicas de las cosechas,

como pueden ser la cantidad producida, la resistencia a enfermedades, herbicidas o incluso la sequía, y las características deseables en aquellos vegetales destinados al consumo humano.

Por el contrario, el interés por mejorar el valor nutritivo de los vegetales destinados al consumo animal es más reciente. Tal y como puede observarse en el **cuadro I**, las posibles aplicaciones de la biotecnología vegetal para mejorar el valor nutritivo de los alimentos animales son muy numerosas.

La mayoría de estas aplicaciones se basan en la utilización de técnicas de ingeniería genética, 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 (SEBIOT, 2000).

Los mayores avances producidos en este campo hasta el momento se centran en el maíz, la soja, la colza y el algodón. En el caso del maíz se han desarrollado numerosas variedades en las que se han modificado algunas de sus características, como pueden ser: aumento de su contenido en lípidos (mayor valor energético), en proteína bruta o en lisina y metionina; disminución de su contenido en toxinas; aumento de la relación amilopectina:amilosa (mejora la digestibilidad del almidón); tolerancia a determinados herbicidas, resistencia a hongos y aflatoxinas, etc.

En cuanto a la soja, se han logrado mejoras en cuatro campos principales:

- Aumento de su contenido proteico y/o de su composición en aminoácidos esenciales.
- Reducción o eliminación de factores antinutritivos.
- Cambios en el perfil de su fracción lipídica.
- Desarrollo de variedades resistentes a enfermedades, herbicidas e insectos.

Los cultivos de plantas modificadas genéticamente han aumentado espectacularmente en los últimos años: desde 1998 se ha duplicado a nivel mundial la superficie sembrada con estos cultivos, alcanzando aproximadamente 50 millones de hectáreas en 2001 (CCE, 2002), de las cuales en Europa se localizan únicamente 12.000 hectáreas.

Por ejemplo, en 1999 los cultivos agronómicos modificados genéticamente representaron el 50% de la soja y el 33% del maíz cultivados en Estados Unidos, el 62% de la colza cultivada en Canadá y el 90% de la soja cultivada en Argentina (SEBIOT, 2000).

Un punto fundamental en la utilización de estos alimentos para el consumo animal es comprobar, antes de introducirlos

como ingredientes en las raciones, que no tengan efectos perjudiciales sobre los microorganismos gastrointestinales ni sobre el metabolismo general del animal. A este respecto, en los últimos años han comenzado a realizarse estudios en los que se compara el rendimiento productivo de los animales que reciben alimentos transgénicos con el de aquellos que reciben los mismos alimentos que no han sufrido ninguna modificación genética. (**Cuadro I**).

El segundo grupo de aplicaciones de la biotecnología en el campo de la industria alimentaria lo constituyen los aditivos, a cuyo desarrollo ha contribuido decisivamente la biotecnología.

Los aditivos ayudan a mejorar la efi-

ciencia de la producción) y la calidad del producto obtenido, así como minimizar la contaminación ambiental producida por estos procesos (uso de agentes químicos, acumulación de materiales de desecho, etc.).

En cuanto a los aminoácidos, de los cuatro permitidos en la Unión Europea para su uso en alimentación animal como aditivos, la L-lisina, la L-treonina y el L-triptófano pueden ser producidos por fermentaciones microbianas de diferentes sustratos (p.e., melazas de remolacha o de caña de azúcar, hidrolizados de almidón de maíz u otros cereales, etc.).

La producción de DL-metionina se lleva a cabo preferentemente mediante síntesis química, ya que este proceso presenta un coste reducido, y además los animales pueden convertir el isómero D en L-metionina, la única forma utilizable para la síntesis proteica en el organismo animal (Bercovici y Fuller, 1995).

Los aminoácidos producidos por los microorganismos mediante procesos de fermentación son idénticos a los que se encuentran en los animales y las plantas, por lo que se pueden utilizar en la alimentación animal con una gran eficiencia.

La aplicación de técnicas genéticas a los microorganismos implicados en la producción de estos aminoácidos ha permitido en los últimos años incrementar su eficiencia de producción, así como introducir nuevas especies de microorganismos en estos procesos industriales (p.e., *Escherichia coli* para producir L-treonina).

Bajo el término "probiótico" se incluyen una serie de cultivos vivos de una o varias especies microbianas, que cuando son administrados como aditivos a los animales provocan efectos beneficiosos en los mismos mediante modificaciones en la población microbiana de su tracto digestivo.

La mayoría de las bacterias que se utilizan como probióticos en los animales de granja pertenecen a las especies *Lactobacillus*, *Enterococcus* y *Bacillus*, aunque también se utilizan levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y hongos (*Aspergillus oryzae*).

En un sentido estricto, el uso de estos microorganismos no representaría una aplicación de la biotecnología a la alimentación animal, ya que estos cultivos no se utilizan para producir ninguna sustancia que vaya a ser utilizada posteriormente. Sin embargo, y dado que en numerosos estudios se ha constatado que la administración de probióticos a los animales produce mejoras en el estado higiénico-sanitario de los animales y en sus rendimientos productivos, su utilización como aditivos alimentarios sí encajaría en la definición de biotecnología.

CUADRO I. Posibles aplicaciones de la biotecnología vegetal para mejorar los alimentos animales.

- Aumento de la concentración en determinados nutrientes y reducción del contenido en factores antinutritivos en los alimentos.
- Producción de vegetales designados específicamente para cubrir las necesidades de los animales sometidos a una producción determinada.
- Mejora de las características que afectan al procesado de los alimentos.
- Control de los ritmos de fermentación ruminal de las proteínas y los carbohidratos que componen los alimentos.
- Incorporación a los alimentos de vacunas (producidas en plantas transgénicas) para proteger a los animales de enfermedades infecciosas o de anticuerpos específicos frente a determinadas enfermedades gastrointestinales.
- Incorporación a los alimentos de hormonas y/o prebióticos.
- Tratamiento de subproductos de procesos industriales para mejorar su valor nutritivo.

ciencia de la producción animal, tanto en sistemas de producción intensivos como extensivos, y entre ellos destacan las vitaminas, aminoácidos, probióticos, prebióticos, enzimas y antibióticos.

Actualmente se producen varias vitaminas mediante procesos de fermentación, durante los cuales son sintetizadas por diferentes microorganismos; entre ellas se pueden citar la vitamina B12, la riboflavina (B2), la biotina y la vitamina C, aunque las tres últimas también pueden producirse mediante procesos químicos.

Las investigaciones en este campo se centran en reemplazar los procesos químicos de síntesis por técnicas biotecnológicas, de tal forma que se consiga mejorar la eficiencia de producción (los microorganismos pueden modificarse genéticamente para aumentar su capacidad de

Los prebióticos son una serie de compuestos que no pueden ser digeridos por las enzimas producidas por los animales, y que cuando son ingeridos mejoran el estado sanitario de los animales y sus rendimientos productivos. Estas sustancias estimulan el crecimiento y/o la actividad de determinados microorganismos beneficiosos del tracto digestivo, y además pueden impedir la adhesión de microorganismos gastrointestinales patógenos.

Los prebióticos más utilizados son los oligosacáridos, que alcanzan el tracto posterior sin ser digeridos, y allí son fermentados por las bacterias intestinales. Con una cuidada selección de los oligosacáridos se puede favorecer el crecimiento de las bacterias beneficiosas e impedir la proliferación de bacterias perjudiciales.

Algunos de los oligosacáridos que se emplean en la alimentación animal son extraídos directamente de plantas que los contienen en elevadas cantidades (p.e., cebolla, espárrago), pero otros muchos son obtenidos mediante hidrólisis controlada de determinados polímeros vegetales utilizando enzimas producidas por microorganismos (p.e., *Aspergillus spp.*, *Streptococcus spp.*), o son sintetizados a partir de monosacáridos mediante enzimas microbianas (p.e., *Aspergillus niger*, *Aureobasidium pullulans*; Monsan and Paul, 1995).

Las enzimas utilizadas como aditivos en la alimentación animal catalizan reacciones degradativas mediante las cuales los alimentos son digeridos hasta sus componentes químicos. La amplia mayoría de estas enzimas son producidas por procesos fermentativos, en los que se utilizan principalmente cuatro especies bacterianas (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum* y *Streptococcus faecium*) y tres especies fúngicas (*Aspergillus oryzae*, *Trichoderma reesei* y *Saccharomyces cerevisiae*; Muirhead, 1996).

Las enzimas se utilizan como aditivos con diferentes fines, como son eliminar factores antinutritivos de los alimentos, aumentar la digestibilidad de los nutrientes contenidos en los mismos, complementar la actividad de las enzimas endógenas de los animales, e incluso reducir la excreción de ciertos compuestos (p.e., fósforo y nitrógeno) que contaminan el medio ambiente (Bedford, 2000).

Los antibióticos promotores del crecimiento son unos de los aditivos más utilizados en la alimentación animal, ya que provocan modificaciones de los procesos digestivos y metabólicos de los animales, modificaciones que se traducen en aumentos de la eficiencia de utilización de los alimentos y en mejoras significativas de los rendimientos productivos.

Estos antibióticos también producen

modificaciones en el tracto digestivo, que suelen ir acompañadas de cambios en la composición de la flora digestiva (disminución de agentes patógenos), reducciones en el ritmo de tránsito de la digesta, aumentos en la absorción de algunos nutrientes (p.e. vitaminas) y reducciones en la producción de amoníaco, aminas tóxicas y a-toxinas.

En resumen, la utilización de estos aditivos reduce la incidencia de enfermedades en el ganado, mejora la digestión y utilización de los alimentos, y reduce la cantidad de gases y excretas producidos por los animales. Todo ello se traduce en beneficios, tanto para el consumidor, a través de una reducción del precio de los productos animales, como para el medio ambiente.

Los antibióticos utilizados como aditivos en la alimentación animal son producidos mediante fermentaciones industriales, en las que cepas de microorganismos (p.e., *Aspergillus spp.*, *Streptococcus spp.*) seleccionados (o incluso modificados genéticamente) por su alta capacidad de producción son cultivados en tanques de fermentación en un medio idóneo y en condiciones óptimas para su crecimiento. Posteriormente, el antibiótico es separado del medio de cultivo utilizando diferentes métodos (filtración, precipitación, etc.).

Existen también antibióticos que pueden ser sintetizados químicamente o que pueden ser obtenidos mediante modificaciones químicas de sustancias naturales, pero éstos suelen utilizarse con fines terapéuticos. Aunque actualmente existen cuatro antibióticos promotores del crecimiento que pueden usarse como aditivos en la alimentación animal, la Unión Europea ha anunciado prohibir su empleo a partir de enero de 2006.

En resumen, la biotecnología microbiana no sólo ha contribuido en gran manera al desarrollo de los aditivos que se utilizan en la alimentación animal, sino que en la actualidad la mayoría de ellos se producen mediante técnicas biotecnológicas. En este punto no hay que olvidar a los inoculantes que se añaden a los ensilados (ácidos orgánicos e inorgánicos, enzimas, cultivos bacterianos, ...) para mejorar su fermentación, y así obtener un producto final de mayor calidad.

El tercer grupo de aplicaciones de la biotecnología a la alimentación animal lo constituye la posibilidad de optimizar los procesos digestivos mediante la manipulación genética de la flora gastrointestinal de los animales.

Aunque estas técnicas abrirían todo un mundo de posibilidades (p.e., microorganismos beneficiosos que impidiesen la colonización del tracto digestivo por agen-

tes patógenos, microorganismos ruminales capaces de digerir las paredes celulares vegetales a un pH bajo, etc.), la legislación europea vigente y las reticencias de la opinión pública a su empleo hacen que su utilización a corto plazo no parezca viable.

La postura del consumidor frente a la biotecnología

La aceptación por el consumidor de las aplicaciones biotecnológicas a la producción animal es difícil, y en general es mayor la oposición que la registrada en otras áreas, como son la producción de cosechas, horticultura, o incluso, la microbiología.

Según Bonneau y Laarveld (1999), los motivos que causan la reticencia de los consumidores ante algunas de las aplicaciones biotecnológicas están relacionados con los siguientes aspectos:

- Posible riesgo en cuanto a la seguridad alimentaria y medioambiental.
- Cuestiones relacionadas con el bienestar animal y motivos éticos, ya que los animales son seres más cercanos a los humanos que las plantas, y por ello su manipulación genética presenta una mayor oposición.
- Cuestiones económicas, ¿a quién beneficia realmente la biotecnología, al consumidor o sólo a los productores y/o a las industrias zootécnicas?
- El impacto socio-económico de la biotecnología: preocupación sobre el efecto que pueden tener los rápidos cambios tecnológicos sobre las granjas y la estructura rural.

Los dos primeros aspectos (la seguridad alimentaria y el bienestar animal) surgen en los consumidores de países desarrollados, aunque el grado de aceptación de estas técnicas por la opinión pública es variable según el país considerado (Hoban, 1997).

Así, se ha observado que los consumidores estadounidenses aceptan mucho mejor estas innovaciones que los europeos. De hecho, en una encuesta reciente en la que se preguntaba a los consumidores norteamericanos si durante los últimos meses habían cambiado alguno de sus hábitos alimenticios en relación a los alimentos modificados genéticamente, únicamente un 5% respondió afirmativamente.

Por el contrario, ante la pregunta de si les preocupaba el posible consumo de alimentos modificados genéticamente, la mayoría de los encuestados en la Unión Europea respondió que sí; Dinamarca, Grecia, Suecia y Francia fueron los países en los que los consumidores se mostraron más preocupados, mientras que Holanda,

Rumalata

El almidón en la dieta
ya no es un problema

*La alternativa al uso
de antibióticos ionóforos*



NOREL & NATURE

Pol. Ind. Can Coll • C/ Industria, 1 • 08185 LLIÇÀ DE VALL (Barcelona) SPAIN • Tel. +34 93 843 91 28 • Fax +34 93 843 60 32
nature@naturesa.com • www.norel.net



NATURE

Reino Unido y Luxemburgo resultaron los que mejor aceptaban esta posibilidad (Eurobarometer 52.1, 2000).

La mayor reticencia de los consumidores europeos puede ser parcialmente debida a las crisis alimentarias que han sufrido en los últimos años; estas crisis (la Encefalopatía Espongiforme Bovina, la contaminación por dioxinas en Bélgica, la utilización de aditivos antibióticos prohibidos, etc.) han sensibilizado a la opinión pública, que se muestra reticente a cualquier innovación que pueda poner en peligro la seguridad de los alimentos de origen animal.

En los últimos años se ha ido creando en estos consumidores una desconfianza general hacia la seguridad de los alimentos, y la globalización del comercio únicamente hace que aumente la preocupación por este tema. El consumidor desea alimentos que sean "naturales y seguros", y para ello cualquier modificación de sus procesos de obtención debe ser, además de legal, completamente aceptada por la opinión pública y los medios de comunicación.

En este sentido, los medios de comunicación y las decisiones políticas juegan un gran papel en la aceptación que puede tener cualquier nueva tecnología. Por ello, desde numerosos sectores se señala la urgente necesidad de información y educación a los consumidores sobre la biotecnología y sus aplicaciones.

De hecho, en uno de sus informes sobre los usos de la biotecnología, la Unión Europea señala que "es de vital importancia apoyar la información y el diálogo, para ayudar a los ciudadanos en general y a las partes interesadas a comprender y apreciar mejor estas complejas cuestiones y desarrollar métodos y criterios para evaluar los beneficios y los inconvenientes o los riesgos, incluida la distribución de las repercusiones en los diferentes sectores de la sociedad" (CEE, 2002).

Por otra parte, hay que señalar que la biotecnología puede tener grandes aplicaciones en los países en vías de desarrollo, en los cuales los consumidores están más preocupados por la obtención de alimentos que por la forma en la que éstos han sido producidos.

Sin embargo, hay que señalar la reticencia de los gobiernos de algunos de estos países (p.e., Zambia, Zimbawe, ...), que han rechazado recientemente el envío de maíz procedente de Estados Unidos debido a que se trataba de un producto modificado genéticamente. Por otra parte, no hay que olvidar que hasta el momento la biotecnología ha sido desarrollada "por y para los países desarrollados", y es difícil

imaginar que las grandes multinacionales que invierten grandes sumas de dinero en estas tecnologías se muevan por un interés diferente del económico.

Otro de los motivos por los que la biotecnología causa rechazo en los consumidores es el económico. Prácticamente todos los beneficios obtenidos mediante el



uso de estas técnicas se centran en las multinacionales que poseen la tecnología y en los productores, mientras que el consumidor no percibe que le reporten ninguna ventaja.

Probablemente, si con estas técnicas se logra la producción de alimentos más sanos y seguros (p.e., alimentos con un menor contenido en colesterol, con un perfil de ácidos grasos más saludable, o que contengan determinados nutrientes beneficiosos para la salud), se pueda vencer la reticencia de los consumidores. Además, no hay que olvidar que muchos consumidores opinan que las compañías no tienen control sobre lo que ellas mismas están creando, y que la seguridad de muchas de las técnicas biotecnológicas no está suficientemente probada.

Por otra parte, la utilización que algunas multinacionales hacen de la biotecnología contribuye a su rechazo por la opinión pública. Por ejemplo, las semillas "terminador o suicidas" desarrolladas por Monsanto hacen que los agricultores que las empleen dependan continuamente de esta empresa para su utilización.

Aspectos legales y perspectivas de futuro

Las posibilidades futuras de la biotecnología son tales que algunos autores han señalado que la imaginación de los científicos es el factor más limitante de las aplicaciones biotecnológicas.

Evidentemente, las técnicas de ingeniería genética constituyen una herramienta que abre todo un mundo de posibilidades futuras: no hay más que pensar en la producción de animales modificados genéticamente (animales con una mayor capacidad de producir carne, leche o huevos, animales que produzcan alimentos con determinadas características –menor grasas saturadas, más aminoácidos esenciales, etc.–, animales resistentes a enfermedades...).

Sin embargo, la oposición de la opinión pública, junto con algunos problemas técnicos (la modificación genética de los animales vertebrados es más difícil que la de las plantas), frenan actualmente el posible desarrollo de estos productos.

En cuanto a los aspectos legales de la biotecnología, la Unión Europea tiene una de las legislaciones más estrictas a este respecto, y no parece que pueda volverse más flexible en un futuro próximo.

Esta legislación no autoriza en ningún caso la utilización de microorganismos modificados genéticamente como aditivos en la alimentación animal. Si está permitido el uso de estos microorganismos para producir sustancias que se emplearán posteriormente en la alimentación (p.e., enzimas, antibióticos, aminoácidos, etc.), pero estos microorganismos deben sufrir una rigurosa evaluación sobre la seguridad de su empleo antes de su autorización.

En lo que se refiere a los alimentos y piensos modificados genéticamente, para poder ser autorizados por la Unión Europea deben cumplir varios requisitos: no deben representar ningún riesgo para la salud humana o animal, ni para el medio ambiente; no deben inducir a error al consumidor o usuario; su valor nutritivo no debe ser diferente del de los alimentos o piensos a los que estén destinados a sustituir; y en el caso de los piensos, no deben perjudicar al consumidor a través de modificaciones de las características de los productos animales.

Actualmente, se encuentran aprobadas varias modificaciones genéticas de plantas (maíz, soja y colza, entre otras), y en cuanto a la importación de cultivos, sólo se permite la importación de aquellos que presenten únicamente las modificaciones genéticas aprobadas en la Unión Europea.

Además, la Comisión de la Unión Europea ha previsto en su legislación un umbral del 1% para que sea obligatorio el etiquetado de alimentos y piensos cuando presenten materiales vegetales modificados genéticamente. ■