

“CULTIVOS Y ALIMENTOS TRANSGÉNICOS: UNA VISIÓN DE CONJUNTO”

Jesús Hernando Velasco

Doctor Ingeniero Agrónomo, Gerente Territorial del Catastro de León, Ramiro Valbuena n.º 2, 24002, León, España

RESUMEN

Se pasa revista a la Ingeniería Genética como herramienta de manipulación de genes y el papel de los cultivos y alimentos transgénicos.

Igualmente, se analizan temas controvertidos de los organismos genéticamente manipulados (OGM) en lo que atañe a la seguridad alimentaria, los riesgos para la salud humana y el medio ambiente, las cuestiones éticas y morales, el poder y los beneficios de la biotecnología, la regulación de los organismos genéticamente manipulados, las posturas de Estados Unidos y de Europa, el etiquetado de los alimentos transgénicos, la Ingeniería Genética y el tercer mundo y las Perspectivas de futuro.

Palabras Clave: Ingeniería Genética, Cultivos y Alimentos transgénicos, Organismos genéticamente manipulados, Seguridad alimentaria, Riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Etiquetado.

SUMMARY

TRANSGENIC FOODSTUFFS AND CROPS

The role of the genetic engineering tool and the genetically modified crops and food is carefully described. Analysis is also made on the main topics dealing with modified genetically organism such as food safety, risks to human health, ecological risks, some ethical and moral issues, the lucrative art of patenting, regulation of genetically modified organism and food products in the USA and in Europe, the consuming question of labeling, impacts on the third world and prospects for genetically modified food.

Key Words: Genetic Engineering, Genetically Modified Crops and Food, Genetic Engineering Organism, Food Safety, Risks in human beings, Ecological Risks, Labeling of Modified Food.

Introducción

En la evolución del ser humano desde la condición de trashumante y nómada a la de estante hace diez mil años durante el transcurso de la revolución neolítica, desempeñó un papel fundamental la domesticación de animales y vegetales para adaptarlas a sus

necesidades y abandonar su papel de recolector de alimentos y cazador.

Desde los inicios de la actividad social del hombre, la vida en comunidad fue posible porque aprendió a manipular las plantas y a practicar con ellas la selección artificial. Si tomamos como ejemplo las tres grandes especies vegetales, trigo, arroz y maíz, vemos como detrás de

su domesticación se halla la cultura y el progreso de tres importantes razas humanas, la blanca, la amarilla y la india, respectivamente.

El descubrimiento de que algunas plantas de trigo no rompían el raquis antes de la maduración como un medio para diseminar las semillas, permitió la selección de plantas que podrían trillarse y recoger el grano maduro. La siembra de estas semillas introdujo el cultivo del trigo, la domesticación de esta especie y el sedentarismo de las poblaciones humanas.

Durante siglos, el hombre sin ser conocedor de los mecanismos de la herencia, ha estado efectuando una selección sistemática de caracteres vegetales y animales deseables para satisfacer las crecientes necesidades alimenticias de una población en continuo aumento.

El aumento de alimentos disponibles puede obtenerse de varias maneras, entre las que pueden mencionarse:

- Aumento de la superficie cultivada: poniendo más tierra en cultivo.
- Mejora del rendimiento: más cosecha por unidad de superficie.
- Mejora de la resistencia a plagas, enfermedades, accidentes y malas hierbas.
- Mejora de la tolerancia a condiciones ambientales adversas: sequía, frío, salinidad, acidez de suelos, humedad y calor.
- Mejora de la calidad de los alimentos: maduración, contenido en proteínas, aditivos, equilibrio de aminoácidos, calidad harinopañadera y contenido en vitaminas. (SOCIEDAD ESPAÑOLA DE BIOTECNOLOGÍA, 2000).

Las revoluciones agrícolas

Si entendemos por revoluciones los hitos en que la humanidad experimenta cambios

cuantitativos y cualitativos, el sector agrario aparece como protagonista y receptor de al menos ocho revoluciones, a saber:

- *La Revolución Neolítica*: que al domesticar plantas y animales y manejar los microorganismos en beneficio propio posibilitó los primeros asentamientos humanos hace diez mil años y la producción de cultivos y alimentos transformados para alimentar a una población creciente.

- *La Revolución Mecánica*: que a mediados del siglo pasado con el desarrollo de maquinaria de laboreo y recolección, permitió extender el cultivo a enormes superficies hasta entonces yermas y de imposible cultivo.

- *La Revolución Agroquímica*: basada en el desarrollo de fertilizantes minerales y fitosanitarios con que nutrir y curar a las especies cultivadas y lograr mayores producciones.

- *La Revolución Biológica*: empieza con el conocimiento de las bases zootécnicas, botánicas y fisiológicas en animales domésticos y plantas cultivadas y su aplicación a la mejora de ganado selecto y práctica de hibridaciones y selección de cultivares en plantas hortícolas y ornamentales, fundamentalmente, cuyo mejor exponente son los trabajos de selección ganadera en Inglaterra y los de selección vegetal de Villmorin en Francia.

- *La Revolución Genética*: mediante la utilización de los conocimientos de la genética mendeliana y de los principios de la selección natural de las especies, se desarrolló durante la primera mitad del siglo veinte con hitos tan marcados como el logro de los maíces híbridos, los cruces industriales en ganadería y la mejora de multitud de variedades y cultivares de las principales plantas utilizadas en la alimentación humana.

- *La Revolución Verde*: cuyo mayor exponente fue el desarrollo de trigos y arroz de

talla semienana, de alto rendimiento y respuesta a altas dosis de fertilizantes y agua de riego que fueron un revulsivo en las décadas de los sesenta y setenta del siglo veinte para solucionar el problema del hambre en países como México, India, Pakistán, Bangladesh y China (HANSON *et al.*, 1982).

- *La Revolución Biotecnológica*: con el descubrimiento en 1953 de la doble hélice de ADN como estructura básica del gen por Watson y Crick, y el subsiguiente desarrollo de la biología molecular, se inicia a principios de la década de los ochenta del siglo pasado la era de la genética molecular, de las transformaciones de los seres vivos, de los organismos genéticamente manipulados y de lo que hoy se conoce como la Ingeniería Genética (GARCÍA OLMEDO, 1998).

- *La Revolución Agroindustrial*: coetánea con las dos anteriores y cuya principal característica es la transformación de los alimentos primarios en productos alimentarios de elaboración más y más compleja tendente a satisfacer las exigencias de los consumidores como colectivo imperante en la estructura social de la sociedad posindustrial avanzada.

Cuantas actuaciones ha efectuado el hombre sobre el medio natural han supuesto modificaciones sustanciales a las cuales tanto hombre como naturaleza han demostrado una gran capacidad de adaptación mutua.

Es hoy en día cuando empieza a cuestionarse la agricultura industrializada como alteradora del orden natural de las cosas, cuando empieza a cuestionarse el progreso científico aplicado a la agricultura y a la alimentación, cuando se reclama una vuelta a la agricultura tradicional con el concepto de agricultura ecológica o biológica, por parte de los más radicales, y aparecen conceptos como agricultura sostenible, agricultura respetuosa con el medio ambiente y agricultura integrada, por parte de los más moderados.

Esta polémica que surge en nuestro tiempo tiene algunos rasgos novedosos. A saber: una sociedad avanzada y opulenta frente a un tercer mundo deprimido, hambriento y empobrecido, un poder de la ciencia agraria para acelerar los cambios como nunca anteriormente, una pérdida de control de los poderes públicos sobre la investigación científica en beneficio de la iniciativa privada, una concentración creciente del conocimiento científico y tecnológico en manos de unos pocos, una sobreabundancia de producción agraria a nivel mundial con un desigual reparto, un creciente poderío del mercado como instrumento corrector de desigualdades, un mayor poder de las multinacionales y una sociedad de la información omnipresente y todopoderosa con poderes cada vez más concentrados. (LAPPE y BAILEY, 1999).

Junto a todo lo anterior surge una nueva anatomía del poder de tal manera que la organización social tradicional pierde su esencia para dar paso a una nueva correlación de poderes y contrapoderes que podemos denominar como la de las seis ce: la comunicación, el conocimiento, el consumo, el comercio, el conservacionismo y la ciencia.

La ingeniería genética y la biotecnología

La Ingeniería Genética es la herramienta que posibilita la manipulación de organismos vivos utilizando la información genética y la manifestación de los genes en caracteres definidos en el ser vivo, dando origen a los organismos genéticamente modificados (en lo sucesivo OGM), que producen más, que soportan mejor adversidades naturales y enfermedades, que tienen mejores cualidades organolépticas y nutritivas y pueden ser mejor transformados y comercializados por la industria agroalimentaria.

Comienza el informe de la NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (2000), con una aseveración que nos va a permitir centrar nuestros razonamientos: *"La biotecnología moderna beneficia enormemente la cantidad y la calidad de los alimentos, la salud y bienestar del hombre y de los animales y la calidad del medio ambiente que disfrutamos. A pesar de todo, una mala información y malentendidos sobre la biotecnología en los medios de comunicación hace difícil para los consumidores disponer de opiniones versadas y documentadas"*.

Para poder estructurar el debate en torno a esta afirmación nada mejor que conocer lo que hasta ahora nos ha ofrecido la Biotecnología Tradicional y lo que la moderna Ciencia Agraria nos ofrece y puede ofrecer.

La biotecnología tradicional nos ha proporcionado casi todos nuestros alimentos, desde maíz a carne de ternera, en los tiempos modernos, pasando por el pan y el vino, en los tiempos antiguos. Como ya hemos mencionado, es en la década de los setenta del siglo pasado cuando la moderna biotecnología (modificaciones genéticas, ingeniería genética, ADN o ARN recombinante y transferencia de genes, entre otras) empieza a darnos fármacos con fines médicos como la insulina humana. Posteriormente, la misma tecnología se aplica a la mejora de la agricultura y a la producción de alimentos (PEDAUYÉ *et al.*, 2000).

La modificación genética es un acontecimiento natural y muchos de nuestros alimentos tradicionales son producto de mutaciones espontáneas o recombinaciones genéticas. En la naturaleza están continuamente ocurriendo mutaciones génicas y moviéndose los genes de una especie a otra.

Con la biotecnología lo que hace el ser humano es acelerar y dirigir los cambios genéticos en beneficio propio de una mane-

ra ordenada, rápida y acorde a sus necesidades (PRAKASH, 2000).

Nada mejor para centrar el tema que hacer una recopilación de lo que las técnicas de Ingeniería Genética han generado hasta la fecha:

A) Cultivos con nuevas técnicas de manejo:

- Resistencia a herbicidas, permitiendo a los agricultores usar menos productos químicos para obtener cultivos limpios de malas hierbas (soja RR resistente al herbicida glifosato).

- Resistencia a insectos, para combatir plagas que se alimentan de los cultivos agrícolas y son inocuas a los insectos que no son plaga (maíz Bt resistente al taladro).

- Resistencia a enfermedades producidas por hongos para limitar las pérdidas por ataques criptogámicos (patata resistente al mildiu).

- Mayor tolerancia a condiciones ambientales adversas (fresas con más aguante a las heladas y tomates que crecen en suelos con alta salinidad).

- Resistencia combinada a varias epizootias (maíces de segunda generación con genes para resistencia al herbicida total glifosato y al insecto causante del taladro).

B) Nuevos productos orientados al consumidor:

- Productos hortícolas que mantienen su aptitud para el consumo durante mas tiempo (tomate de maduración comercial retardada) (*El País*, 2001).

- Plantas ornamentales modificadas (claves de colores alterados y más longevos).

- Alimentos con mejor valor nutritivo (arroz con más contenido en hierro y en

beta- carotenos como precursores de la vitamina A y soja con mayor contenido en los aminoácidos esenciales lisina y triptófano) (*El País*, 2001).

- Alimentos con más bajo contenido calórico y de mayor calidad dietética con gran demanda de consumo (patata con alto contenido en fructosa para bebidas ligeras).

- Aceites de semilla para dietas más equilibradas (soja con menor contenido en grasas saturadas).

- Productos transformados de amplio consumo y con menor toxicidad (tabaco sin nicotina y sin nitrosaminas) (*El Norte de Castilla*, 1999).

C) Nuevos productos orientados a la ganadería y pesquería:

- Fármacos y vacunas desarrolladas para mejorar la sanidad animal y aplicados a través de los piensos.

- Utilización de animales domésticos como reactores para producir fármacos y vacunas contra enfermedades humanas en su leche.

- Peces de crecimiento rápido para acuarios.

- Salmones tolerantes a alto contenido en sal de las aguas durante el desove con lo que no necesitan moverse para desovar en ríos y corrientes de aguas dulces.

D) Productos para un mejor desarrollo sostenible:

- Biomateriales como plásticos biodegradables elaborados de almidón vegetal (patatas genéticamente modificado).

- Plantas genéticamente modificadas para producir combustible para automoción (girasol para biodiesel).

- Algodón y lino modificados para incrementar la calidad y perdurabilidad.

- Textiles y fibras para uso en tintorería y menos contaminantes.

- Bacterias genéticamente modificadas que incorporan genes para limpiar suelos contaminados por metales pesados (*El País*, 1993).

- Microorganismos genéticamente manipulados para degradar con más eficacia los residuos urbanos e industriales y las aguas residuales, y lograr un medio ambiente urbano y rural menos contaminado y más limpio (*El País*, 2000).

Se dirá que todo esto es lo que lleva haciendo el ser humano desde que existe y de una manera muy marcada desde mediados del siglo veinte.

No es así, la ingeniería genética es una herramienta potente de manipular genes y caracteres que se caracteriza por su determinismo, dirigismo y por la capacidad de actuar salvando las barreras entre especies.

Hasta el advenimiento de esta herramienta a mediados de los ochenta del siglo veinte, los mejoradores utilizaban la variabilidad natural existente, hacían cruzamientos artificiales entre plantas portadoras de caracteres complementarios que no estuvieran separadas por barreras de especiación para que la descendencia fuera fértil y durante ocho a diez años seleccionaban la descendencia hasta encontrar la planta poseedora de los caracteres deseados.

La selección de nuevas plantas y variedades mejoradas mediante la mejora genética tradicional se fundamentaba en el manejo de una gran cantidad de descendencia, durante muchos años y confiando en la aleatoriedad de las recombinaciones genéticas hasta lograr las variedades deseadas.

Se trata de evaluar si con la nueva herramienta de la Ingeniería Genética estamos obteniendo plantas más productivas, mejor adaptadas al medio, resistentes a plagas, enfermedades y malas hierbas y de calidad nutritiva, que riesgos asumen los consumidores y el medio ambiente, como se beneficia la humanidad, si se aumenta la producción de alimentos para los países depauperados y si ayuda a corregir el hambre en el mundo.

A mi entender, el debate debe de centrarse en los siguientes apartados:

- Caracteres genéticamente modificados.
- Seguridad alimentaria.
- Riesgos para la salud humana.
- Riesgos para el medio ambiente.
- Cuestiones éticas y morales.
- Poder y beneficios de la biotecnología.
- La regulación de los OGM.
- Las posturas de Estados Unidos y Europa.
- El etiquetado de los alimentos transgénicos y el derecho a la información.
- La ingeniería genética y el tercer mundo
- Perspectivas de los OGM.

Caracteres genéticamente modificados

Los caracteres que podemos modificar por medios genéticos son de dos clases. Por una parte, los que afectan a la producción y rendimiento de los cultivos son cuantitativos y regulados por muchos genes. Por otra parte, los que determinan mejoras de resistencias a plagas, enfermedades y malas hierbas, tolerancia a condiciones adversas de suelo y clima y mejoras de calidad, son de

carácter cualitativo y regulados por uno o pocos genes.

Son precisamente estos últimos en los que la moderna ingeniería genética se ha centrado y partiendo de variedades de alto potencial genético de rendimiento, obtenidas mediante métodos tradicionales de mejora genética, ha introducido aquellos genes de origen foráneo que confieren resistencia a insectos y resistencia a herbicidas, fundamentalmente. El origen del gen donante puede ser tan exótico como el gen Bt extraído de la bacteria del suelo *Bacillus thuringiensis* y productor de una toxina de poder insecticida para el taladro del maíz.

En teoría, podrían modificarse todos los caracteres que quisiéramos una vez se conozca la existencia de fuentes de variabilidad. Ahora bien, si el carácter está determinado por muchos genes y estos se hallan insertos en diferentes cromosomas o en diferentes partes del mismo cromosoma la manipulación es más difícil por la ausencia de especificidad.

Por ello, las modernas variedades de cultivos transgénicos se basan en variedades de alto rendimiento, obtenidas por métodos convencionales de mejora genética, a las que se introduce un gen que codifica una enzima, toxina o cualquier otro agente que confiere las cualidades de cultivo deseadas desde el punto de vista comercial.

Los grandes avances de la revolución verde de los años setenta del siglo veinte se basaron en la ruptura de los techos de la productividad potencial y cabe pensar en las inmensas posibilidades que ofrece la ingeniería genética para romper esos techos de productividad mediante la mejora en la eficiencia de la fotosíntesis, el desarrollo de plantas con ciclo de carbono más eficiente y la transferencia de la capacidad de fijar

nitrógeno atmosférico a cultivos que no sean leguminosas grano o forrajeras.

Seguridad alimentaria

Nuestros tiempos vienen marcados por la preocupación creciente acerca de la salud de los consumidores y la protección del medio ambiente, principios rectores de todas las políticas económicas sectoriales y que conducen al amplio concepto de seguridad alimentaria en la producción y consumo de alimentos.

Los parámetros de seguridad alimentaria en los países del llamado tercer mundo son la presencia de alimento suficiente en cantidad para la ingesta humana, en tanto que en los países desarrollados una vez cubiertas las necesidades alimenticias en cantidad suficiente, la calidad y naturalidad de lo que consumimos pasa a ser de primordial importancia.

Si la técnica de manipulación genética es limpia y dirigida, cabría preguntarse el porqué de la mala prensa de los cultivos transgénicos. Qué duda cabe que la preocupación por la calidad de los alimentos que consumimos es una constante de nuestros días, y en los últimos años, acontecimientos como el uso de hormonas somatropinas para estimular la producción de leche en vacuno, el tratamiento farmacológico indiscriminado de animales productores de carne y leche, el uso de dioxinas en la alimentación de pollos, el caso de la encefalopatía espongiiforme bovina o mal de las vacas locas, la epizootia de fiebre aftosa en ganado vacuno y la presencia de benzopirrenos en el aceite de orujo, entre otros, han generado inquietud y alarma social a la cual no han escapado los cultivos transgénicos.

No es sólo la inadecuada explicación sobre los OGM sino la desconfianza generada a los consumidores por los escándalos

alimentarios y sus consecuencias imprevistas, junto con el temor al creciente poder de la ciencia, el auge de las minorías antiglobalización y el poder del ecologismo como ideología, las causas a considerar en toda la problemática en que se han visto envueltos los cultivos y los alimentos transgénicos en los últimos seis o siete años. La ciencia no es infalible, y actualmente muchos han perdido la fe en la capacidad de los científicos para prever las consecuencias de sus logros.

En todo caso la humanidad precisa una cantidad creciente de alimentos con una menor cantidad de suelo para producirlos y es preciso preservar reservas y zonas naturales del cultivo. Sirva como botón de muestra la deforestación de los bosques de las selvas amazónicas para producir alimentos y el efecto sobre el cambio climático, así como el avance implacable de la desertización y la degradación ambiental de inmensas áreas del planeta que son inadecuadas para el cultivo agrícola (*El País*, 2000).

Las primeras proclamas contra el envenenamiento de la naturaleza con residuos de plaguicidas (CARSON, 1964) no podían imaginar que sensibilizarían de tal manera a la sociedad industrial como para dar origen a los poderosos movimientos actuales a favor de la protección de la naturaleza y del medio ambiente. Con los cultivos transgénicos, en la medida en que poseen resistencia a insectos y malas hierbas, estamos añadiendo menos productos agroquímicos y contaminamos menos los suelos, las aguas subterráneas y los alimentos que consumimos.

La seguridad alimentaria exige que cada día con menos superficie cultivada y un uso más racional de los insumos agrícolas, agua y fertilizantes, seamos capaces de alimentar a una población creciente y destinar suelo para otros usos: plantaciones forestales, refugios de vida salvaje, conservación de formas ancestrales de vida, ocio, turismo, urbaniza-

ción, conservación de animales, plantas y ecosistemas en peligro de extinción en parques naturales y reservas de la biosfera (OECD, 2000).

Si a pesar de todo, si en el tercer mundo, con una natalidad creciente y ausencia de recursos naturales de calidad, tuviera que ponerse más tierra en cultivo para alimentar a la población, el suelo agrícola adicional sería de mala calidad y haría falta diseñar cultivos adaptados a condiciones agroclimáticas desfavorables. Siempre será preferible cultivar más intensivamente los valles y suelos más fértiles con tecnología genética puntera y dejar los suelos más empobrecidos sin cultivar, con lo que ello conlleva de preservarlos de fenómenos de erosión y deterioro creciente con las prácticas de cultivo agrícola (BORLAUG, 1999).

Riesgos para la salud humana

La ideología en contra de los cultivos transgénicos se ha alimentado de los peligros que estos entrañan para la salud humana como generadoras de alergias y resistencia a antibióticos (RIECHMAN, 2000).

Si bien es cierto que los primeros productos transgénicos utilizaban marcadores antibióticos para su detección, no es menos cierto que hoy en día están en marcha desarrollos científicos para utilizar otros marcadores que no sean antibióticos y evitar así que al pasar al tracto digestivo humano y animal pudieran devenir en una pérdida de capacidad de responder a los antibióticos en casos de graves infecciones, algo que, dicho sea de paso, ocurre periódicamente, por el uso repetido de los mismos y es preciso desarrollar cada vez nuevos antibióticos a medida que se genera resistencia a los existentes.

Asimismo, si bien es cierto que el desarrollo inicial de soja con mayor contenido en el aminoácido metionina mediante la inserción de un gen de la nuez de Brasil, introdujo simultáneamente genes que producían alergia en el ser humano, no es menos cierto que el avance científico actual permite efectuar la misma alteración génica sin introducir factores alergénicos (WAL, 2001).

Estos dos acontecimientos fueron abandonados por los ecologistas y elementos antisistema para desacreditar a los cultivos y alimentos transgénicos ante el consumidor y hará falta tiempo y campañas de información y divulgación rigurosas para invertir esta tendencia (PASTOR, 1999).

Riesgos para el medio ambiente

Entre los riesgos ecológicos asociados a la liberación intencionada de organismos genéticamente manipulados en el medio ambiente, se alude con excesiva frecuencia a la pérdida de biodiversidad y su correlato de erosión genética, a la posibilidad de conversión de cultivos transgénicos en malas hierbas, a la posibilidad de intercambio de genes entre plantas cultivadas y especies emparentadas y el aumento de la resistencia de las malas hierbas a los herbicidas, y al desequilibrio que el cultivo de plantas con resistencia a plagas de insectos puede ocasionar en las poblaciones de insectos parásitos que se alimentan de los insectos plaga.

La pérdida de biodiversidad ha sido una constante desde que el hombre actúa como agricultor y ganadero y es sabido que la base genética de las especies cultivadas se estrecha. La solución no está en cultivar variedades antiguas y poco productivas sino en la prospección, recogida, evaluación, multiplicación y conservación de los cultivares y

ecotipos en peligro de extinción en bancos de germoplasma y en reservas naturales.

La posibilidad de conversión del cultivo transgénico en mala hierba es una realidad, pues al tener resistencia a herbicidas puede ser un cultivo más agresivo, aunque los mecanismos de control y gestión integrada de cultivos mediante escarda mecánica y pastoreo juegan un papel importante para minimizar este efecto.

La posibilidad de intercambio de genes de la especie cultivada a otras silvestres es posible en el caso de especies alógamas que precisan de polinización cruzada y suelta de polen, pero para ello se precisa la existencia de los parientes silvestres de la especie cultivada en sus cercanías, algo que es difícil de imaginar en el caso del maíz y su pariente silvestre *Teosinte* en el caso de las siembras comerciales modernas. Bien es verdad que algún riesgo existe en el caso del cultivo de la colza por la gran abundancia de especies silvestres emparentadas del género *Brassica*. No obstante, en ambos casos la práctica de cultivo debe establecer distancias mínimas para minimizar estos efectos y el riesgo de contaminación genética es mínimo por el escaso tiempo que dura la polinización.

La resistencia a los herbicidas es un hecho preocupante para todos los sectores implicados. Especialmente para las empresas de fitosanitarios, ya que las resistencias suelen ser cruzadas (a los productos de una misma familia) e incluso múltiples (a productos con diferente modo de acción) por lo que se invalidan nuevos descubrimientos que, además, son cada vez más costosos.

La naturaleza está en un permanente ejercicio de búsqueda del equilibrio biológico y los seres vivos interaccionan para generar nuevas situaciones de consenso natural allí donde éste aparenta haberse deteriorado. Cambios en pautas de parasitismo y depredación son normales y será difícil achacar a

los cultivos transgénicos alguna incidencia en estas tendencias naturales, de imposible evaluación en el corto plazo y para las cuales la plasticidad que muestra la naturaleza y el medio ambiente está verificada.

Cuestiones éticas y morales

Las aplicaciones de la manipulación genética a la producción de alimentos ha dado lugar a preocupaciones que pueden clasificarse en tres grupos: preocupaciones éticas sobre la transferencia de determinados genes, si la modificación genética aumenta el sufrimiento de los animales y si es moralmente aceptable la apropiación de la vida.

Tres áreas de posible preocupación ética son: la transferencia de genes humanos a animales usados como alimento, la transferencia de genes desde animales está prohibida para ciertos animales destinados al sacrificio y consumo en determinados grupos religiosos y, por último, la transferencia de genes animales a plantas cultivadas lo que podría ser inaceptable para pautas alimenticias vegetarianas.

La producción de plantas transgénicas genera menos rechazo ético que en el caso de animales transgénicos.

La manipulación genética de animales no cabe pensar que añada mayores inquietudes éticas a las ya existentes, pues la mejora genética animal tradicional ya ha proporcionado grandes mejoras en producción de alimentos que son contraproducentes para el bienestar animal.

Las preocupaciones sobre el bienestar de los animales deberían dirigirse a las condiciones de manejo animal en general, en lugar de centrarse en las modificaciones genéticas que ofrece las técnicas de manipulación de genes. Ejemplo de ello lo tenemos en el uso de hormonas de creci-

miento rápido y hormonas de desarrollo que vienen utilizándose desde hace años para estimular la producción de leche y aumentar la eficacia de la conversión de pienso a carne.

Poder y beneficios de la biotecnología

Un alegato con fuerza entre la opinión pública y los medios de comunicación es el creciente poder de influencia de las empresas biotecnológicas y el hecho de que la mayoría de las aplicaciones comerciales de los cultivos transgénicos se dirigen a introducir resistencia a herbicidas de la propia marca, con lo que la semilla y el herbicida forman un paquete tecnológico integrado en manos de la misma compañía biotecnológica.

Con ser esto cierto no deja de ser una interpretación parcial, sesgada y de fuerte contenido ideológico. Los planteamientos en contra de este acúmulo de conocimiento y aplicabilidad de la ciencia viene de grupos antisistema y de ideólogos contrarios a la mundialización de la economía (*El País*, 2000).

Que una empresa cuando efectúa cuantiosas inversiones en investigación y desarrollo pueda tener reconocidos sus derechos a patentar las obtenciones vegetales es algo que forma parte del derecho desde tiempo inmemorial. Los derechos de propiedad intelectual abarcan el desarrollo de variedades mejoradas genéticamente que sean distintas, uniformes y estables. No obstante, las leyes internacionales excluyen de patentar los procesos biológicos esenciales y los genes en estado natural y, asimismo, reconocen los derechos de los agricultores a ser partícipes del progreso científico en los siguientes términos: “los campesinos han contribuido de una manera notable a la conservación de los recursos genéticos y ello debe ser recompensado de la misma manera que los derechos de obtenciones vegetales. Los derechos de los campesinos abarcan a la tierra y su tenencia así como el derecho a guardar e intercambiar semilla” (SMITH, 2000).

Para efectuar un enfoque más racional es preciso manejar algunas cifras que aparecen resumidas en los cuadros adjuntos (SMITH, 2000):

Cuadro 1: Ventas de semillas transgénicas en millones de dólares (año 1997)
Table 1: Transgenic seed sales in millions of dollars (year 1997)

Empresa	Sede	Cifra	Cuota
Du Pont / Pioneer	EE.UU.	1.800	24,23
Monsanto	EE.UU.	1.800	24,23
Novartis	Suiza	928	12,49
Limagrain	Francia	686	9,23
Advanta	Ru, Holanda	437	5,88
Agribiotech. Inc.	EE.UU.	425	5,72
Pulsar / Seminis / Elm	México	375	5,05
Sakata	Japón	349	4,70
KWS AG	Alemania	329	4,43
Takii	Japón	300	4,04
10	8	7.429	100,00

Cuadro 2: Costes y rendimientos de semillas transgénicas y convencionales
Table 2: Costs and benefits of traditional and transgenic seeds

Concepto	Cultivo	Transgénicas-Convencionales	
	Transgénico	Mínimo	Máximo
Coste semillas (Euros / ha)	soja	13,50	15,00
	maíz	3,00	35,00
	colza	11,00	25,00
Control malas hiervas (Euros / ha)	soja	-33,00	-35,00
	maíz	6,00	6,00
	colza	-8,00	-54,00
Rendimientos (%)	soja	-12,00	4,00
	maíz	3,00	9,00
	colza	-11,00	-79,00

Como puede observarse, las ventas de semillas transgénicas en el año 1997 ascendieron a la cantidad de 7.429 millones de dólares, en poder de diez empresas de ocho países distintos y con un 60 por ciento de la cuota en manos de las tres grandes Du Pont / Pioneer, Monsanto y Novartis, que asimismo son abanderadas en la comercialización de herbicidas para el cultivo.

Esta tendencia hacia la concentración no es nueva, pues es una realidad desde mediados del siglo veinte que tal vez se haya acrecentado en los últimos años por el hecho de que la biotecnología cotiza en bolsa, produce dividendos y genera un volumen ingente de investigación y desarrollo tecnológico en semillas genéticamente mejoradas y nuevos productos químicos para la protección de los cultivos.

Para los tres principales cultivos modificados por medio de ingeniería genética: soja, maíz y colza, los beneficios para el agricultor son evidentes en términos de aumento de los rendimientos y más bajo

costo de lucha contra las malas hierbas de los cultivos. Con todo, el costo de la semilla transgénica es superior a la obtenida por métodos convencionales de mejora genética.

Recientes estimaciones de los beneficios potenciales de la biotecnología agraria, permiten vaticinar que las principales aplicaciones de la biotecnología vegetal presentan indudables ventajas económicas, estimándose que el valor añadido de las nuevas variedades genéticamente modificadas se reparte, según innovaciones, entre agricultores (de un 75,0 a un 51,3%), inventores (entre un 7,0 y un 27,2%), empresa de semillas (desde un 7,2 a un 3,0%) y consumidores (entre un 8,3% y un 4%).

En Estados Unidos la utilización de maíz Bt ha producido en las áreas con mayores niveles de infestación de taladro un beneficio para el agricultor de entre 10.250 y 20.500 pesetas por hectárea.

En España y para el caso del algodón Bt, se ha estimado un incremento de renta

agraria por hectárea de 53.806 pesetas. En otros cultivos, se ha estimado una ganancia para el productor de 4.480 pesetas por hectárea.

La introducción de los nuevos productos de la biotecnología agraria puede llevar en los próximos cinco a ocho años a una mejora de la productividad o del valor añadido agrario español próxima al 5%, con un ahorro para los consumidores de 124.076 millones de pesetas y una mejora de la balanza comercial agraria de 14.123 millones de pesetas (GARCÍA OLMEDO *et al.* 2001).

La regulación de los OGM

Por una parte, están aquellos que consideran la manipulación genética en agricultura como una extensión de las técnicas tradicionales de mejora genética y como tal, su tratamiento ya está regulado con la normativa existente.

Por otra parte, están los que consideran que la manipulación genética es básicamente diferente de las técnicas usadas con anterioridad y sugieren que debería ser tratada de una manera diferente con procedimientos adicionales de evaluación de riesgos y regulaciones más estrictas.

La postura del legislador ha sido ajustar la manipulación genética dentro de la legislación existente en la medida de lo posible.

No obstante, el problema se plantea en muchos países en desarrollo, que carecen de una regulación efectiva para la manipulación genética y esta carencia podría ser explotada por las empresas multinacionales para comercializar alimentos genéticamente modificados que, por alguna razón, están sujetos a restricciones legales en los países industrializados.

El principal cuerpo legislativo regulador de los organismos genéticamente modificados lo tenemos por una parte en Estados Unidos y por otra en la Unión Europea.

Las posturas de Estados Unidos y Europa

Los principios que inspiran los ordenamientos jurídicos sobre organismos genéticamente modificados de Estados Unidos y de la Unión Europea basculan en torno a dos figuras contrapuestas. Estados Unidos sería el país del análisis de riesgos, mientras que la Unión Europea defiende el principio de precaución.

En Estados Unidos un OGM se comercializa sin más, en tanto no se demuestre que entraña riesgos, mientras que en la Unión Europea es preciso demostrar que el OGM no entraña riesgos antes de autorizar su comercialización (BUSCH, 2001).

Detrás de estas dos posturas antagónicas se esconde el hecho de que en Europa, al contrario que en los Estados Unidos, las empresas de biotecnología financiadas mediante capital - riesgo son raras, son pocas las industrias químicas que han invertido las sumas de sus homólogas norteamericanas y prácticamente ningún agricultor europeo se ha lanzado al cultivo de los OGM. En el año 2002, en España ya hay numerosas hectáreas sembradas de maíz Bt.

En Estados Unidos, las vastas redes que unen a industrias químicas y agricultores en torno al cultivo de los OGM tienen mucho que perder si llegaran a prohibirse. En Europa, por el contrario, estas redes son débiles y, en el mejor de los casos, en fase de proyecto. Los europeos, con poderosos movimientos ecologistas y de consumidores, han puesto

en contra las redes que reagrupan a agricultores, consumidores, gastrónomos y protectores de la cultura local y pretenden de forma clara la prohibición de los OGM en Europa.

El resultado es la moratoria existente en la Unión Europea sobre la experimentación

y el comercio con OGM, con lo que ello conlleva para la primera potencia agroalimentaria del mundo de perder el tren del progreso científico en un sector tan estratégico como las semillas genéticamente modificadas.

Cuadro 3: OGM aprobados en EE.UU.
Table 3: GMO ongoing in the USA

Cultivo	Mejora Primaria	Caracteres	Empresa
Algodón	malas hierbas e insectos	2	Calgene
	malas hierbas	1	Du Pont
	malas hierbas	1	Monsanto
	malas hierbas	1	Calgene
Calabacín	enfermedades	1	Seminis
	enfermedades	1	Asgrow
Colza	digestibilidad como pienso	1	Basf
	malas hierbas / rendimiento	2	Agrevo
	malas hierbas	1	Agrevo
	malas hierbas	1	Agrevo
	rendimiento	1	PGS
	aceite laurato	1	Calgene
	malas hierbas	1	Rhone-Poulenc
	malas hierbas	1	Monsanto
	maduración retardada	1	Agritope
Cantalupa	rendimiento	1	Bejo / Zaden
Escarola	adaptacion al suelo	1	U. de Saskatchewan
Maíz	malas hierbas e insectos	2	Agrevo
	malas hierbas	1	Monsanto
	rendimiento	1	Pioner / Hi-bred
	insectos	1	Dekalb / Genetics
	malas hierbas	1	Dekalb / Genetics
	insectos	1	Monsanto
	insectos	1	Monsanto
	malas hierbas e insectos	2	Monsanto
	insectos	1	Northrup / King
	rendimiento	1	Agrevo
	malas hierbas	1	Agrevo
	insectos	1	Ciba-Geigy
Papaya	enfermedades	1	U. Hawaii / U. Cornell
Patata	insectos y enfermedades	2	Monsanto
	insectos y enfermedaes	2	Monsanto
	insectos	1	Monsanto
	insectos	1	Monsanto

Cuadro 3: OGM aprobados en EE.UU. (Continuación)

Remolacha	malas hierbas	1	Agrevo
Azucarera	malas hierbas	1	Monsanto / Novartis
Soja	malas hierbas	1	Agrevo
	contenido aceite	1	Monsanto
	malas hierbas	1	Monsanto
Tomate	insectos	1	Monsanto
	maduración retardada	1	Agritope
	maduración retardada	1	Calgene
	maduración mejorada	1	Dna Plant Tech
	maduración mejorada	1	Monsanto
	reblandecimiento demorado	1	Zeneca
Total	12 cultivos / 11 mejoras	45 (6 2ª gen.)	19 empresas

Cuadro 4: OGM aprobados en la UE

Table 4: GMO ongoing in the EU

Cultivo	Mejora Primaria	Caracteres	Empresa
Achicoria	androesterilidad	1	Bejo
Colza	malas hierbas	1	Agroevo (pdte)
Maíz	insectos	1	Novartis
	insectos	1	Mycogen
	insectos	1	Pioneer (pdte)
	insectos	1	Monsanto (pdte)
	malas hierbas / insectos	2	Monsanto (pdte)
	malas hierbas	1	Agroevo (pdte)
	malas hierbas	1	Ragt (pdte)
Melón	Virus	1	Limagrain (pdte)
Oleaginosas	malas hierbas / híbrido	2	Agroevo (PGS)
Patata	almidón	1	Avebe (pdte)
	almidón	1	Amylogene (pdte)
Remolacha az.	malas hierbas	1	DLF (pdte)
Soja	malas hierbas	1	Monsanto
Tabaco	malas hierbas	1	Seita
Tomate	maduración retardada	1	Calgene (pdte)
	maduración retardada	1	Zeneca (pdte)
Total	10 cultivos / 7 mejoras	18 (2 2ª gen.)	14 empresas

Como se observa en los cuadros anteriores (ACSH, 2000 y GARCÍA OLMEDO, 1999) sobre el estado de los OGM, en Estados Uni-

dos están aprobados 12 cultivos que afectan a 11 mejoras con 45 caracteres genéticamente incorporados, 6 de los cuales son de segun-

da generación al existir en el mismo cultivo dos caracteres al mismo tiempo y las patentes pertenecen a 19 empresas.

Por el contrario, en la Unión Europea los OGM aprobados afectan a 10 cultivos con 7 mejoras y 18 caracteres, de los cuales 2 son de segunda generación, perteneciendo las patentes a 14 empresas biotecnológicas. Como puede observarse en el cuadro n.º 4, de los 18 carac-

teres tan solo 4 están aprobados y los otros 14 están pendientes de aprobación, lo cual corrobora lo afirmado sobre el atraso de Europa sobre los Estados Unidos en la investigación, aprobación y comercialización de OGM.

En los cuadros que aparecen a continuación (CLIVE, 2001) se recogen estadísticas básicas y actuales del cultivo a escala comercial de plantas transgénicas.

Cuadro 5: Cultivo comercial de plantas transgénicas (año 2000)
Table 5: Transgenic plants field corps (year 2000)

Cultivo	Superficie (has)	Cuota (%)
Soja	25.800.000	58,37
Maíz	10.300.000	23,30
Algodón	5.300.000	11,99
Colza	2.800.000	6,33
Total	44.200.000	100,00

Cuadro 6: Distribución de los cultivos transgénicos por países (año 2000)
Table 6: Main countries with transgenics crops (year 2000)

País	Superficie (has)	Cuota (%)
EE.UU.	30.300.000	68,55
Argentina	10.000.000	22,62
Canadá	3.000.000	6,79
China	500.000	1,13
Otros	400.000	0,90
Total	44.200.000	100,00

Cuadro 7: Caracteres presentes de los cultivos transgénicos (año 2000)
Table 7: Factors availables in the transgenics crops (year 2000)

Transgen	Superficie (has)	Cuota (%)
Resistencia a herbicidas	32.708.000	74,00
Resistencia a insectos	8.398.000	19,00
Los dos juntos	3.094.000	7,00
Total	44.200.000	100,00

Se cultivan un total de 44.200.000 hectáreas, siendo la soja el principal cultivo con un 58,37% de esa superficie, seguido por el maíz con un 23,30%, el algodón con un 11,99% y la colza con un 6,33% de la superficie cultivada de transgénicos.

El reparto por países de las 44.200.000 hectáreas cultivadas lo encabeza Estados Unidos con un 68,55% de la superficie, seguido por Argentina con un 22,62% y Canadá con un 6,79%. Como puede observarse países exportadores de productos agrarios para los cuales los cultivos genéticamente modificados forman parte de su estrategia exportadora. Dos países no exportadores han realizado una reciente proclama de adhesión al cultivo de plantas transgénicas: China y México.

La superficie cultivada de 44.200.000 hectáreas de cultivos transgénicos se distribuye entre un 74,00% para resistencia a herbicidas, un 19,00% para resistencia a insectos y el resto son cultivos que portan ambos caracteres.

A la vista de estas cifras resalta el papel de tecnología integrada a base de semilla y producto fitosanitario que han adoptado las multinacionales del sector. En el otro lado de la balanza podemos apuntar el efecto beneficioso que para la contaminación y el medio ambiente tiene el menor uso de productos químicos en la agricultura con productos biotecnológicos.

El etiquetado de los alimentos transgénicos y el derecho a la información

Los temas de controversia son la demanda de las organizaciones de consumidores de etiquetado obligatorio para los alimentos

transgénicos, el derecho irrenunciable y fundamental de los consumidores a elegir y la dificultad que entraña el distinguir en caso de mezcla de productos los OGM de los que no lo son, como es el caso de partidas comercializadas de haba de soja que contienen esta semilla procedente de cultivos transgénicos y de cultivos no transgénicos (*El País*, 2001).

En el caso de los alimentos rige el llamado Principio de Equivalencia Sustancial que afirma que los alimentos elaborados usando ingredientes no modificados y modificados genéticamente son iguales (RAMON, 1999).

El etiquetado es una bandera entre los sectores más dinámicos en contra la manipulación genética en Europa, hasta el extremo de que la Unión Europea tiene legislación propia para el etiquetado obligatorio.

La obligatoriedad del etiquetado de los alimentos que contienen OGM es interpretada por Estados Unidos como una barrera comercial para lo cual se ampara en las reglas de la Organización Mundial del Comercio (OMC) en el sentido de que en las relaciones de libre comercio se requiere que el país importador muestre evidencia de que el producto es perjudicial y no que el país exportador pruebe que el producto es seguro.

En todo caso la polémica está servida y el etiquetado obligatorio que proclama la Unión Europea puede desencadenar una guerra comercial con los Estados Unidos al considerar este que tal práctica es una barrera comercial a sus exportaciones de productos agrícolas a Europa, fundamentalmente soja y maíz.

A mayor abundamiento la industria agroalimentaria teme que el consumidor reaccione de una manera parecida a como lo hizo en los años sesenta y setenta del siglo pasado en contra de la conservación de alimentos utilizando radiaciones ionizantes. Si esa respuesta se diera, el consumidor reac-

cionaría rechazando los alimentos etiquetados como genéticamente manipulados.

A pesar de todo, debe hacerse una diferenciación entre los alimentos que han sido genéticamente manipulados o contienen OGM, de aquellos otros productos alimenticios que son producidos mediante procedimientos de manipulación genética. Aunque las frutas y hortalizas modificadas para una vida comercial más larga, sabor o composición, son claramente OGM, y son candidatos a ser etiquetados como tales, la mayoría de los productos alimenticios genéticamente manipulados son alimentos transformados. En este supuesto, los genes foráneos se destruyen durante la transformación, y los productos acabados son en muchos casos idénticos a los productos elaborados a partir de material no modificado genéticamente.

El derecho a elegir y a ser informado de lo que consume es un derecho de fuerte arraigo en Europa, donde una sociedad de consumo altamente concienciada exige explicaciones y demanda a los poderes públicos información de alta calidad y fiabilidad, siendo este el reto al que se enfrentan las administraciones públicas europeas de convencer, explicar y difundir todo lo posible los conocimientos científicos sobre OGM para lavar la mala imagen que una minoría muy activa e influyente ha inculcado en el subconsciente del consumidor europeo.

La ingeniería genética y el tercer mundo

Las aplicaciones de la agricultura basada en OGM tendrá un número de impactos en el tercer mundo. Algunos serán parecidos a los de los países industrializados y así, los consumidores estarán preocupados por los potenciales riesgos para su salud y por el

etiquetado de los alimentos genéticamente modificados.

Aunque los cultivos transgénicos han sido desarrollados en los países industrializados, se proclama que ayudarán a la satisfacción de las necesidades alimenticias del tercer mundo, aunque esta proclama, al decir de los críticos, parece ignorar la complejidad de factores políticos y sociales que contribuyen al hambre en esos países.

Con frecuencia se argumenta en términos poco rigurosos que los cultivos transgénicos en el tercer mundo ocasionarán: una pérdida de recursos genéticos y una disminución de la biodiversidad, una mayor dependencia de agroquímicos, la desaparición de la sostenibilidad de sus sistemas agrarios, una pérdida de seguridad alimentaria, y que la introducción de los cultivos transgénicos en los países del tercer mundo acentuarán los problemas del hambre pues las mejoras transgénicas potenciarán una agricultura de exportación en detrimento de la producción de alimentos para las necesidades del país (RODRÍGUEZ NAVARRO *et al.* 1999).

A mi entender el problema del acceso de las países del tercer mundo a las ventajas que la ingeniería genética presenta para solventar el hambre y la falta de desarrollo, no es otro que la carencia de infraestructura de investigación capaz de transferir con rigor y mínimo impacto ambiental la moderna tecnología genética.

En la segunda mitad del siglo veinte la revolución verde fue capaz de modificar los sistemas agrarios del tercer mundo y contribuir al desarrollo y la superación del hambre en países como México, India, Pakistán y Bangladesh, con éxitos tan notables como México e India que pasaron a autoabastecerse de cereales y se convirtieron en países exportadores de cereales con lo que consiguieron divisas con que hacer frente a la importación

de maquinaria industrial y a la modernización de sus estructuras económicas.

Podría pensarse que los organismos internacionales de investigación agrupados en torno al CGIAR y que desempeñaron el papel crucial de la revolución verde mediante las técnicas de mejora genética convencional, pudieran abanderar en el siglo veintiuno la investigación en programas de biotecnología agraria adaptada a las necesidades del tercer mundo.

Parte de la ayuda de los países desarrollados al tercer mundo debiera canalizarse a través de fondos de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología hacia los centros internacionales como el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) con sede en México, el IRRI (Instituto Internacional para la Investigación sobre el Arroz) con sede en Filipinas, el CIP (Centro Internacional de la Patata) con sede en Perú, CIAT (Centro Internacional sobre Agricultura Tropical) con sede en Colombia, e ICARDA (Centro Internacional para la Investigación en Zonas Áridas) con sede en Siria.

Estos centros internacionales, con amplia experiencia en investigación agraria al servicio del desarrollo son capaces de utilizar las modernas herramientas de la biotecnología agraria para mejorar los cultivos que alimentan al tercer mundo: trigo, maíz, sorgo, mijo, arroz, leguminosas de grano para consumo humano y alimentación animal, pastos y forrajes y cultivos tropicales.

Tres supuestos avalan esta hipótesis de planificación a favor de los organismos internacionales de investigación.

De una parte, los productos desarrollados mediante manipulación genética raramente son utilizables de una manera inmediata con fines comerciales y de cultivo por lo que en bastantes ocasiones deben de utilizarse las

herramientas de mejora genética convencional hasta conseguir un producto que sea apto para el cultivo.

Por otra parte, la inmensa mayoría de los cultivos que sirven a la alimentación del tercer mundo no son objetivo hoy en día de las multinacionales de semillas y agroquímicos, por lo que la investigación de los centros internacionales es complementaria y nunca competitiva con las empresas privadas de biotecnología.

En tercer lugar podemos razonar que las empresas biotecnológicas deben mejorar su imagen ante los sectores sociales del mundo desarrollado, y nada mejor para ello que contribuir con la cesión de parte de sus patentes genéticas al desarrollo y bienestar del tercer mundo. Así lo empiezan a entender las empresas de ingeniería genética, y resulta esperanzadora la noticia de que AstraZeneca ha cedido al IRRI su patente de arroz dorado y rico en provitamina A para que este instituto lo incorpore a las variedades comerciales de arroz cultivadas en el sudeste asiático, y poder así paliar el problema de ceguera infantil que afecta a unos 500.000 niños cada año en esos países.

Perspectivas de los OGM

A la realidad actual y contrastada de que los consumidores están aumentando su rechazo hacia los alimentos genéticamente modificados contribuyen factores añadidos como la sensación de que los receptores de los beneficios de las prácticas de manipulación genética no son los que ellos desearían (NOTTINGHAM, 1998).

A continuación se exponen razonadamente algunos de los argumentos de los

consumidores y grupos de presión críticos hacia los OGM.

Una moderna compañía multinacional involucrada en el desarrollo de OGM es típicamente una amalgama de empresa agroquímica, empresa de semillas, empresa transformadora de alimentos y empresa que desarrolla productos farmacéuticos y veterinarios.

El principal beneficio del desarrollo de cultivos transgénicos está en la venta de la semilla y productos fitosanitarios asociados, herbicidas fundamentalmente. Incluso si se aplican menos herbicidas a los cultivos transgénicos, como algunas compañías multinacionales proclaman, los vínculos contractuales aseguran que los agricultores solamente utilizarán agroquímicos aprobados por la compañía para sus cultivos manipulados genéticamente.

Los críticos de los OGM siguen argumentando que los agricultores deberían a corto y medio plazo obtener mayor beneficio de los cultivos transgénicos debido a los mayores beneficios esperados como consecuencia de costos de cultivo menores derivados de menores problemas con plagas, enfermedades y malas hierbas.

Los agricultores que siembran semillas transgénicas pierden el control de sus cosechas por cuanto las empresas que les suministran semilla transgénica les dictan los insumos y nombre comercial de insecticida, fungicida o herbicida a aplicar, junto con las técnicas de cultivo apropiadas: dosis de abonado, densidad de siembra, riegos y técnicas de recolección.

Las compañías transformadoras de alimentos se benefician de una abundante oferta de materia prima adaptada a sus necesidades.

Las cadenas comerciales de distribución alimentaria también se benefician de productos hortofrutícolas de maduración retar-

dada y escalonada que conservan por más tiempo sus cualidades organolépticas, con reducciones en las pérdidas por deterioro y la introducción de la tecnología de manipulación genética no abarata los productos alimenticios.

Visto hasta aquí los argumentos de los consumidores, cabe deducir que los mismos pueden superar su resistencia a esta tecnología cuando consideren que esta satisfaga necesidades insatisfechas.

El consumidor siente que los alimentos producidos hasta la fecha mediante manipulación genética ya existen en abundancia y son de alta calidad sin necesidad de modificarlos genéticamente, a lo cual cabe añadir que incluso en el supuesto de que se le demuestre que los riesgos de los OGM son insignificantes, ello no es suficiente para asegurar que la tecnología sea aceptada sin más.

Conviene recordar al efecto que a pesar de que una amplia gama de grupos de expertos concluyeron que los alimentos irradiados eran seguros para su consumo, fueron rechazados por los consumidores.

La batalla para convencer de las bondades de los OGM se libra en el terreno de las mentes y de los corazones.

Un problema de capital importancia para la industria biotecnológica es que la información que proporciona no es creída por un gran número de consumidores. Los consumidores se sienten a menudo desesperanzados ante los cambios bruscos en la oferta de alimentos, particularmente cuando no entienden las razones para estos cambios y no ven manera de hacer efectivas sus sospechas. Ello nos lleva a sugerir que una posible vía de superar el rechazo hacia la biotecnología sería que la industria biotecnológica y los departamentos de la administración consulten a las organizaciones representativas de

consumidores sobre las propuestas de regulación de la ingeniería genética y la biotecnología. Una toma de decisiones participativa puede conducir a un menor antagonismo de la gente hacia la biotecnología.

Hoy por hoy, en la batalla por las mentes y los corazones, los grupos ecologistas y otros colectivos preocupados por la ingeniería genética parecen estar ganando los primeros asaltos, hasta el punto de que los departamentos de relaciones públicas de las multinacionales del sector han iniciado campañas para promocionar los alimentos genéticamente modificados a través del primer acontecimiento de esta naturaleza que tuvo lugar en junio de 1997 organizado por EuropaBio, una asociación de compañías líderes a nivel mundial en alimentación, biotecnología y manipulación genética, entre las que se encuentran Monsanto, Novartis, AgrEvo, Rhône – Poulenc, Nestlé y Unilever. En la actualidad, y después de algunas fusiones: AgrEvo y Rhône – Poulenc han dado lugar a Aventis que fusionada con Bayer ha dado

como resultado Bayer Cropscience. Por otra parte Novartis y Zeneca fusionadas han dado como producto Syngenta.

La creciente oposición a los alimentos genéticamente modificados puede ser interpretada como una preocupación de mayor alcance acerca de las prácticas agrarias y los métodos de producción de alimentos.

Añádase a todo lo anterior que muchos consumidores y grupos ecologistas están preocupados por el creciente poder de influencia política de las multinacionales que unido a los acuerdos sobre liberalización de los intercambios comerciales y su influencia dentro de la Organización Mundial del Comercio (OMC), les da un protagonismo decisivo en la toma de decisiones que afectan a la agricultura y a la alimentación.

A pesar de todo, en los cuadros y figura que aparecen a continuación (*El País*, 1997 y 2000, SMITH, 2000), se dibuja la realidad actual de los OGM a nivel mundial y en España.

Cuadro 8: Superficie cultivada de transgénicos en has (año 2000)
Table 8: Cultivated acreage on a world scale of transgenics in has (year 2000)

Cultivo	Superficie total	Superficie transgénicos	Cuota (%)
Soja	72.000.000	25.800.000	35,83
Maíz	140.000.000	10.300.000	7,36
Algodón	34.000.000	5.300.000	15,59
Colza	25.000.000	2.800.000	11,00
Total	271.000.000	44.200.000	16,31

FIGURA 1: EVOLUCION DEL CULTIVO DE TRANSGENICOS

FIGURE 1: EVOLUTION OF THE ACREAGE CULTIVATED WITH TRANSGENIC CROPS

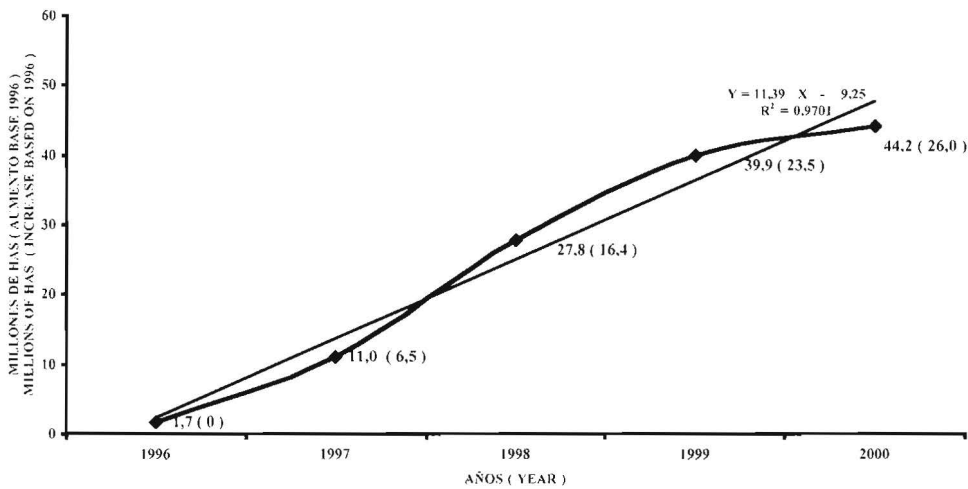


Figura 1: Evolución del cultivo de transgénicos.
Figure 1: Evolutios of the acreage cultivated with transgenics crops.

Cuadro 9: Los españoles y la ciencia
Table 9: The science from the spanish point of view

Opinion / Question	Porcentaje / Per cent
La biotecnología es peligrosa para las personas	40,2
La biotecnología es peligrosa para el medio ambiente	37,6
No consumiría patatas de más calidad con genes de maíz	58,6
Entre 10 y 20 años la clonación humana será posible	72,1
Le parece negativo la clonación de animales	65,3
Las autoridades deben impedir la investigación clónica	73,4
La ciencia y la tecnología traerán bastante riesgo	49,3

Cuadro 10: La ingeniería genética vista por los españoles
Table 10: The spanish view of the genetic manipulation

Uso para los siguientes propósitos / aim of manipulation	Puntos (points) 0 -10
Cultivos más resistentes a heladas y plagas	3,2
Conseguir ganado que engorde más rápidamente	2,2
Conseguir bacterias que limpien las mareas negras	2,4
Conseguir peces de mayor tamaño para el consumo	7,3

Cuadro 10: La ingeniería genética vista por los españoles (continuación)

Conseguir que las vacas produzcan más leche	3,1
Diagnosticar las enfermedades hereditarias de las personas	8,0
Nuevos tratamientos médicos	8,0

Opinion / question	Porcentaje / per cent
No usar ingeniería genética en la producción de alimentos	49,9
Usar ingeniería genética en la producción de alimentos	25,0
Etiquetado obligatorio del alimento transgénico	91,7
El medio ambiente peligra más que las personas con los OGM	52,9
Los alimentos GM van contra la naturaleza	75,0
Los alimentos GM asustan y no son necesarios en absoluto	68,0

La superficie total cultivada en el mundo de soja, maíz, algodón y colza asciende a 271.000.000 hectáreas de las cuales 44.200.000 están sembradas con variedades transgénicas, lo que representa un 16,31% de la superficie total. Son significativas las superficies de cultivo transgénico de soja (35,83%), algodón (15,59%), colza (11,00%) y maíz (7,36%).

La evolución de la superficie cultivada de transgénicos ha sido meteórica, pues en 1996 se cultivaban 1.700.000 hectáreas para pasara 44.200.000 de hectáreas en el año 2000, lo que da una tasa de incremento de superficie cultivada en cuatro años de 26,0, equivalente a una tasa anual acumulativa de 6,50. La línea de tendencia del aumento de la superficie cultivada de variedades transgénicas se aproxima a una recta con un coeficiente de determinación de 0,9701.

Los dos últimos cuadros recogen las encuestas disponibles hasta la fecha en España sobre percepción y opinión sobre ciencia e ingeniería genética, donde en sintonía con las argumentaciones anteriores se manifiesta rechazo a las innovaciones biotecnológicas y a los alimentos transgénicos.

En la encuesta “ Los Españoles y la Ciencia “ que periódicamente elabora el panel del Centro de Investigaciones Sociológicas, más de la mitad de los españoles manifiestan temores y recelos hacía los avances científicos con manifestaciones como: no consumirían patatas si supieran que tienen genes de maíz aunque la calidad fuera mayor (58,6%), están seguros de que en 10 o 20 años la clonación humana será posible (72,1%), les parece negativo la clonación de animales (65,3%) y las autoridades deberían impedir la investigación clónica (73,4%). Digno de resaltar es asimismo el 49,3% que piensan que la ciencia y la tecnología traerán bastante riesgo.

En la encuesta “La ingeniería genética vista por los españoles”, las mejores puntuaciones de uso, por encima de cinco, lo reciben “Diagnosticar las enfermedades hereditarias de las personas” y “Nuevos tratamientos médicos” con 8 puntos, lo cual denota que los españoles perciben ventajas de la ingeniería genética en medicina.

Por el contrario, la opinión sobre la ingeniería genética aplicada a la agricultura y alimentación es claramente desfavorable. Así, el 91,7% es partidario de etiquetado obligatorio para los alimentos transgénicos, el 75,0% opina que los alimentos genéticamente modificados van contra la leyes de la naturaleza, el 68,0% opinan que los alimentos genéticamente modificados asustan y, lo que es más sintomático, no son necesarios en absoluto, un 52,9% piensa que con los organismos genéticamente modificados peligra más el medio ambiente que las personas y, finalmente, un 49,9% son partidarios de no usar la ingeniería genética en la producción de alimentos frente a un 25,0% que si lo son. Las pautas de esta encuesta son las propias de la sociedad europea. A saber: abundancia de alimentos producidos por medios convencionales, derecho a estar informados de los alimentos que compran y consumen, preocupación por la protección del medio ambiente y negación de la utilidad de la ingeniería genética para la producción de alimentos.

Conclusiones

Los organismos genéticamente modificados mediante Ingeniería Genética se han utilizado para producir medicinas y vacunas y para producir cultivos y alimentos transgénicos en los países industrializados por parte de empresas multinacionales.

Así como la manipulación genética con fines médicos está bastante aceptada, no ocurre lo mismo con los cultivos y alimentos transgénicos obtenidos (WEKSLER, 2000).

En los países desarrollados y de una manera notoria en Europa una fuerte corriente antisistema con alianzas estratégicas de consumidores y grupos ecologistas ha gene-

rado ante la opinión pública una mala imagen de los alimentos genéticamente modificados y a pesar del escaso valor científico de sus argumentaciones han logrado estructurar una imagen de riesgo para el medio ambiente y la salud de los consumidores.

A pesar de todo, las ventajas de los cultivos y alimentos transgénicos son evidentes al permitir una agricultura más respetuosa con el medio ambiente mediante una menor aplicación de plaguicidas, generan seguridad en los abastecimientos alimentarios y pueden ser una solución a los problemas de hambre, desertización y degradación ambiental del tercer mundo en la medida en que se dote de protagonismo a los organismos internacionales de investigación agrupados en el CGIAR y patrocinados por los países industrializados y las instituciones financieras internacionales.

Los cultivos transgénicos actualmente en fase comercial son soja, maíz, algodón y colza de los que se cultivan 44.200.000 hectáreas en Estados Unidos, Argentina, Canadá y China, con una tasa acumulativa de incremento anual desde 1997 hasta el 2000 de 6,5.

La posición de Estados Unidos es preeminente frente a la Unión Europea donde las cautelas fundamentadas en la aplicación del principio de precaución están ocasionando un notable retraso en la investigación genética y en el cultivo comercial de productos modificados genéticamente.

Si bien cabe vaticinar para el futuro una creciente importancia del cultivo de plantas transgénicas por sus beneficios económicos para el agricultor, por la necesidad de producir más alimentos para la humanidad, y por la necesidad de retirar del cultivo suelo agrícola de mala calidad para destinarlo a usos conservacionistas, no puede decirse lo mismo de los alimentos elaborados con productos genéticamente modificados donde la pujanza de los consumidores y la salvaguarda de su derecho

a la información y a elegir hacen imprescindible el etiquetado obligatorio de los alimentos transgénicos con lo que ello puede conllevar de rechazo hacia el consumo de productos transformados utilizando materias primas genéticamente manipuladas. Las administraciones públicas tienen que desempeñar un papel clave en la mejora de la imagen del alimento transgénico mediante adecuadas campañas de divulgación y educación.

Bibliografía

- AMERICAN COUNCIL ON SCIENCE AND HEALTH (ACSH), 2000. Biotechnology and Food. Report. 42 pp. Nueva York.
- BORLAUG N., 1999. Los ecologistas extremistas impiden erradicar el hambre. *El País*, domingo 24 de octubre, Madrid.
- BUSCH L., 2001. Los americanos y la comunidad europea. *Mundo Científico* n.º 222. 29-34, Madrid.
- CARSON R.L., 1964. Primavera silenciosa. Luis de Caralt, 344 pp. Barcelona.
- CLIVE J., 2001. Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2000. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications n.º 21, 7 pp. Ithaca.
- EL NORTE DE CASTILLA, 1999. Buen Tabaco. La Ingeniería Genética sobre las plantas permite obtener vacunas o limpiar suelos contaminados. domingo 30 de mayo, Valladolid.
- GARCÍA OLMEDO F., 1998. La tercera revolución verde. Plantas con luz propia. *Temas de Debate*. 209 pp. Madrid.
- GARCÍA OLMEDO F., 1999. Ingeniería Genética: La tercera revolución verde, en *Biología y Tecnología*, Editorial Agrícola Española S.A., 123-137, Madrid.
- GARCÍA OLMEDO F., SANZ-MAGALLÓN F., MARÍN PALMA, E., 2001. La agricultura española ante los retos de la biotecnología. Instituto de Estudios Económicos. 275 pp. Madrid.
- HANSON H., BORLAUG N.E., ANDERSON R.G., 1982. *Wheat in the third world*. Westview Press, 174 pp. Denver.
- LAPPE M., BAILEY B., 1999. *Against the Grain. The Genetic Transformation of Global Agriculture*. Earthscan Publications, 163 pp. Londres.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 2000. Transgenic plants and world agriculture. Report, 23 pp. Washington.
- NOTTINGHAM S., 1998. *Eat your Genes*. Zed Books Limited, 212 pp. Londres.
- OECD, 2000. Safety of novel foods and feeds. Report of the Task Force, 72 pp. París.
- EL PAÍS, 1993. Genética contra la contaminación. miércoles 30 de junio, Madrid.
- EL PAÍS, 1997. La mayoría de los españoles cree que la ingeniería genética es muy peligrosa, sábado 1 de noviembre, Madrid.
- EL PAÍS, 2000a. Norman Borlaug, padre de la revolución verde: La oposición ecologista a los transgénicos es elitista y conservadora, sábado 12 de febrero, Madrid.
- EL PAÍS, 2000b. El rechazo del consumidor frena la expansión de los cultivos transgénicos en España, 17 de abril, Madrid.
- EL PAÍS, 2000c. Una bacteria con un gen de ratón limpia el cadmio en suelos contaminados, 31 de mayo, Madrid.
- EL PAÍS, 2001a. Los científicos ponen a punto un arroz con vitamina A para prevenir la ceguera. Un invento con un largo camino por recorrer. sábado 2 de junio, 24. Madrid.
- EL PAÍS, 2001b. La UE propone etiquetar todos los transgénicos de la cadena alimentaria, jueves 26 de julio, 22. Madrid.
- EL PAÍS, 2001c. Diseñado un tomate transgénico capaz de crecer en suelo salinizado, martes 31 de julio, 21. Madrid.
- PASTOR X., 1999. La Ingeniería Genética incrementará el hambre. *El País*, lunes 1 de noviembre, Madrid.
- PEDAUYÉ RUIZ J., FERRO RODRÍGUEZ, A., PEDAUYÉ RUIZ, V., 2000. *Alimentos transgénicos. La nueva revolución verde*, Mc Graw Hill, 155 pp. Madrid.
- PRAKASH C.S., 2000. Scientist in support of Agricultural Biotechnology, 2 pp. Nueva Delhi.

- RAMÓN D., 1999. Los genes que comemos. Algar Editorial. 158 pp. Alcira.
- RIECHMAN J., 2000. Cultivos y Alimentos Transgénicos, Los libros de la catarata, 221 pp. Madrid.
- RODRÍGUEZ NAVARRO A., GARCÍA OLMEDO, F., SUMPISI VIÑAS, J.M.^a, 1999. En defensa de Norman Borlaug, El País, jueves 25 de noviembre, Madrid.
- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE BIOTECNOLOGÍA, 2000. La biotecnología aplicada a la agricultura. Mundi Prensa, 255 pp. Madrid.
- SMITH N., 2000. Seeds of opportunity: an assessment of the benefits, safety and oversight of plant genomics and agricultural biotechnology. Report of US House of Representatives, 84 pp. Washington.
- WAL J.M., 2001. OGM y alergias: ¿constatar o predecir? Mundo Científico n.º 222, 74-77, Madrid.
- WEKSLER M., 2000. GM Foods: opportunities to improve human health. OECD Conference on GM foods, 6 pp. Edimburgh.
- (Aceptado para publicación el 7 de agosto de 2002).