



Los Organismos Modificados Genéticamente (OMG) Necesidad y perspectivas

Genetically modified organisms (GMO)- Needs and perspectives

Nicolás Jouve de la Barreda

Departamento de Biología Celular y Genética, Universidad de Alcalá, Campus, 28871-Alcalá de Henares (Madrid), España. Email: nicolas.jouve@uah.es

Resumen

En este artículo se presenta la realidad sobre la tecnología de la «transgénesis», que a pesar de su apariencia novedosa no es más que una extensión del mejoramiento genético tradicional restringida a la transferencia de un solo gen (o secuencia de ADN). La novedad es el salto de la barrera de intercambio genético entre la especie donante del transgén y la receptora, que se realiza mediante técnicas de biología molecular al no poder realizarse por reproducción natural. Se destacan las importantes aplicaciones de los OMG en bacterias, animales y plantas. Se describen someramente los métodos. Se ponderan los enormes beneficios de estos organismos en las vertientes de la alimentación, sanitaria y ambiental y la conveniencia de su utilización como lo demuestra en incremento incesante de su utilización y producción a escala mundial en los países desarrollados en los últimos años.

Palabras clave: ADN, organismos modificados genéticamente, OMG, transgénesis,

Abstract

In this article the reality is presented on the technology of the «transgenesis» that in spite of their novel appearance is not more than an extension of the traditional genetic improvement restricted to the transfer of a single gene (or DNA sequence). The newness is the jump over the barrier of genetic interchange of the «transgene» between the donor species and the receiving one, which is made by means of techniques of molecular Biology when not being able to be made by natural reproduction. The important applications of the GMO in bacteria, animals and plants are standing out. The methods are described briefly. The enormous benefits of these organisms in the slopes of the feeding, environmental and health and the convenience of their use are weighed as it demonstrates in incessant increase of their use and production on world-wide scale in the countries developed in the last years.

Key words: DNA, genetically modified organisms, GMO, transgenesis.

Introducción

Al final de la primera década del siglo XXI, la agricultura mundial y la sociedad en general sigue sumida en un áspero debate sobre el cultivo y la utilización de los organismos modificados genéticamente (OMG). En este debate, se entremezclan algunos datos científicos, normalmente malentendidos, con intereses económicos, factores ideológico-políticos, manifestaciones ecologistas y argumentos éticos, todo lo cual anima las discusiones en tertulias, salas de juntas, campañas políticas y medios de comunicación. En casi todos los foros de debate se aprecia un cierto desconcierto y sobre todo desconocimiento sobre el auténtico significado y origen de los OMG y los beneficios que aportan a la sociedad en los aspectos alimentario, sanitario y ambiental.

Trataremos de explicar de forma lo más concisa y clara posible todos estos aspectos.

De acuerdo con el Convenio sobre la diversidad biológica (CDB) de Río de Janeiro de 1992 se define la Biotecnología como «*toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos*». La modificación genética de un ser vivo constituye una parcela muy especial de la Biotecnología ya que supone la manipulación de la información genética del propio organismo sobre el que se ejerce, con el fin de dotarle constitutivamente de unas propiedades de las que carecía y que además sean heredables, con el fin de obtener mejores productos o bienes derivados.

La terminología «modificación genética» ó «manipulación genética» es equivalente a la llamada «ingeniería genética», que compendia una serie de técnicas derivadas de los conocimientos de la Genética Molecular, relacionadas con el aislamiento y manejo de los genes u otras secuencias de ácidos nucleicos. De lo que se trata es de la transferencia de genes de una especie a otra de forma artificial, con el fin de conseguir la transformación genética del organismo receptor, para la adquisición de un rasgo del que carece, la anulación de algún carácter negativo ó la sobreexpresión de un carácter para el que es deficitario. Se trata por tanto de obtener organismos nuevos ó de «diseño» con genes procedentes de otras especies, saltando las barreras reproductivas que impedirían el intercambio genético de forma natural. Al organismo modificado de esta forma se le denomina «transgénico» y a los productos derivados se les aplica igualmente el apelativo de transgénicos. Debe tenerse en cuenta desde el principio que el gen modificador actúa en el organismo vivo (bacteria, planta ó animal) confiriéndole la propiedad deseada (una resistencia a un factor de desarrollo adverso, la síntesis de una proteína determinada, etc.). Sin embargo, una vez que de estos organismos se separa y se procesa un producto derivado, un alimento ó un fármaco, la cepa o el organismo transgénico del que se partió queda atrás y el ADN que lo modificaba, en caso de permanecer en el subproducto que interesa obtener, se limita a la condición de una molécula inactiva e irreversiblemente inerte, sin más destino que su degradación metabólica como toda forma de ADN que forma parte de la alimentación habitual ó cualquier tipo de medicamento.

¿Qué es un OMG?

De acuerdo con lo anterior, los OMG son los organismos vivos (plantas, animales o bacterias) que han sido genéticamente «manipulados» mediante la inserción de un gen extraño a su genoma. La cuestión que nos interesa conocer es ¿cómo se obtiene un OMG? Pues bien, el procedimiento básico que se ideó fue el de transformar genéticamente el organismo «receptor» mediante la introducción en su genoma de un gen adecuado procedente de otro organismo, al que podríamos llamar «donante». Se trata de incorporar al genoma receptor un gen

extraño (ó región de ADN), para aumentar la manifestación de un carácter ó dotar al organismo receptor de una cualidad de que carecía. Vaya por delante la idea de que estas modificaciones son menos importantes a nivel cuantitativo (un simple gen entre miles) que a nivel cualitativo, dependiente de la trascendencia de la nueva función que adquiere el organismo receptor.

Para obtener un OMG, primero hay que extraer el ADN del organismo donante, cortarlo en fragmentos que contengan el gen o pieza de ADN de interés, e insertarlo en una molécula que se replique autónomamente (por ejemplo un plásmido bacteriano). Una vez clonado el gen de interés en un microorganismo (bacterias o levaduras), es preciso incorporarlo a una pieza de ADN que sea capaz de transportarlo hasta el genoma receptor. Al ADN canalizador o transportador se le denomina vector. Los vectores son sistemas que ayudan en el proceso de transferencia de un gen exógeno a la célula, facilitando la entrada y disponibilidad intracelular del mismo, de tal modo que este pueda funcionar correctamente. El vector con el gen de interés insertado se utiliza a modo de vehículo para su traslado al genoma donde será finalmente integrado. Otro elemento a tener en cuenta es el de dotar al transgén insertado en el vector de un promotor de expresión, es decir una región de ADN «aguas arriba» del gen que actúe de regulador de la expresión. De esta forma la construcción que ha de insertarse en el genoma receptor portará no solo el gen sino una región de ADN que permita la expresión del mismo en las condiciones y bajo los estímulos adecuados. Uno de los aspectos que más investigación ha requerido es precisamente el de la búsqueda de vectores y promotores adecuados para la incorporación y expresión controlada del ADN en el genoma receptor.

Hoy existen transgénicos en muchos organismos. Las técnicas de obtención y los fines que se persiguen pueden ser diferentes en microorganismos (bacterias), plantas o animales.

¿Para qué sirven los OMG?

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se trata de que los organismos transgénicos adquieran alguna capacidad nueva de la que carecían antes de la incorporación a su genoma

del gen responsable. Si el organismo ha sido transformado adecuadamente, el gen insertado en el genoma de las células receptoras podrá transcribirse y producir ARNm, que si funciona adecuadamente conducirá a la producción de las proteínas codificadas en el citoplasma de las células receptoras. En bacterias la principal finalidad está relacionada con la producción de proteínas de interés farmacológico, industrial ó ambiental. De este modo, las bacterias transgénicas pueden utilizarse como auténticas factorías para la síntesis de proteínas de valor farmacológico, pero también pueden ser útiles para otros fines relacionados con la alimentación ó el ambiente, como vemos en la Tabla 1.

- La producción microbiana de agentes terapéuticos (hormona del crecimiento humana, insulina humana, factor de coagulación, eritropoyetina, etc.),
- la producción microbiana de vacunas (atenuación de la virulencia de microorganismos causantes de la difteria, paperas, sarampión, viruela, etc.) e inmunoglobulinas (proteínas anticuerpo contra antígenos específicos).
- la síntesis de productos de interés comercial (vitamina-C, aminoácidos, antibióticos, etc.),
- la bioremediación de suelos contaminados (herbicidas, pesticidas, disolventes, freones, etc.),
- la utilización de biopolímeros vegetales para obtención de productos de interés (enzimas que degradan almidón, lignocelulosa, etc.),
- la modificación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal (fijadoras de nitrógeno), la mejora de la seguridad e higiene de los alimentos (bacterias del ácido láctico productoras de inhibidores del crecimiento de otras bacterias).

Tabla 1. Principales aplicaciones de las bacterias modificadas genéticamente

La transgénesis tiene un gran potencial en la cría de animales de granja, con fines de mejorar la calidad de la carne o la leche, la resistencia a enfermedades, etc. Pero al igual que en el caso de las bacterias, la transgénesis animal está adquiriendo un potencial importante en la vertiente de la industria farmacéutica. En este caso se utilizan los animales transgénicos como bio-reactores para la producción de proteínas en su sangre, o en la leche, que pueden ser utilizados como fármacos. Una aplicación que

encierra cierto interés es la de la modificación genética de animales con genes humanos (proceso denominado «humanización») para su utilización en xeno-transplantes. Se trata de un campo no exento de cierto riesgo pero que trata de satisfacer la escasez de órganos para trasplantes. Los riesgos de rechazo y de transmisión de zoonosis son campos que requieren una atención muy especial y años de investigación antes de pasar a los ensayos clínicos. La modificación genética de animales de experimentación, como cobayas, ratones, ratas, etc., ayudan a la investigación de nuevas terapias o fármacos, en un campo de la biotecnología genética que corre en paralelo con la transgénesis y que genéricamente recibe el nombre de «terapia genética». De este modo, se utilizan los llamados ratones «knockout», que son ratones transgénicos que tienen anulado (noqueado) algún gen determinado, con el fin de estudiar sus efectos en el fenotipo. Esto es muy interesante como método de experimentación en biomedicina.

La ingeniería genética para la obtención de plantas transgénicas, persigue la transformación de plantas o variedades cultivadas mediante la incorporación del gen o genes correctores de las carencias que tuvieran, con el fin de que la modificación constitucional las haga más dependientes de sí misma e independientes de los agentes externos. Las plantas transgénicas suelen obedecer a uno de los siguientes objetivos: a) reducir los costos de producción para los agricultores, mediante la introducción de genes que permitan el aumento de la tolerancia a los factores climáticos adversos ó de resistencia a plagas y enfermedades debidas a virus, bacterias u hongos; ó b) incrementar la calidad del producto, mediante un mejoramiento de algún componente relacionado con el contenido nutricional o las características de procesamiento o almacenamiento del cultivo. Al hacerse independientes del medio, las plantas transgénicas requieren menos fertilizantes, pesticidas y otros productos químicos fitosanitarios, muchas veces muy agresivos y contaminantes para el medio ambiente. Desde el punto de vista de la modificación genética, es evidente que la mejora vegetal por ingeniería genética es más directa y restringida que la que se produce por los tradicionales métodos de cruzamiento y selección. Desde el punto de vista del agricultor una

variedad transgénica requiere menos cuidados y reduce la tarifa de los productos fitosanitarios.

La transformación de plantas por ingeniería genética puede perseguir también nuevos beneficios no ensayados o imposibles de abordar mediante la mejora genética tradicional. En la Tabla 2 se resumen las principales aplicaciones y objetivos de la transgénesis en plantas.

Para la obtención de las plantas transgénicas el primer método que se ensayó con éxito fue el de la «agro-infección», consistente en la utilización de un sistema natural. Se trata de la transferencia de ADN utilizando como vector un plásmido bacteriano (un anillo de ADN) aprovechando la relación de simbiosis entre una bacteria del suelo, llamada *Agrobacterium tumefaciens* y numerosas especies de plantas a las que infecta. Esta bacteria es en realidad un patógeno vegetal que causa la enfermedad que se conoce como «agallas en corona», debida a la transferencia de parte del plásmido de la

bacteria a las células vegetales a las que infecta (Chilton, 1977).

Como método de obtención del transgénico, la infección se realiza *in vitro*, sobre trocitos de tejidos de la planta a tratar, que después se depositan en un medio nutritivo, como los que se utilizan para cultivar cepas de bacterias y hongos en laboratorio, para la regeneración de plántulas. Las bacterias se añaden *in vitro* para infectar las células de la raíz de las plantas. El ADN que se desea introducir se introduce previamente en el ADN del plásmido, llamado pTi. La idea es canalizar el gen a introducir en la planta insertándolo previamente en el segmento T del plásmido que finalmente se transferirá al genoma vegetal. De este modo, se trata de regenerar plantas adultas que hayan incorporado el segmento T con el ADN foráneo modificador. Normalmente, la estabilidad de la expresión de la mayoría de los genes que se han introducido por medio del plásmido pTi de *A. tumefaciens* es excelente.

Aplicaciones	Objetivos
Mejora de plagas y malas hierbas	Tolerancia a herbicidas Resistencia a Insectos Resistencia a micosis Resistencia a bacteriosis Resistencia a virosis Resistencia a heladas
Mejora de características agronómicas	Mejora de la tolerancia al estrés hídrico Mejora de la tolerancia a la salinidad Resistencia a metales pesados Mejora de morfología con fines ornamentales Obtención de formas androestériles
Mejora de la calidad	Semillas con contenido en lisina y metionina Mejora de la calidad de proteínas Forraje rico en aminoácidos sulfurados Retraso del envejecimiento de las flores
Mejora de la calidad post-cosecha	Retraso de la maduración del fruto Aumento de riqueza en sólidos en frutos Aumento de riqueza en almidón Aumento en cantidad de azúcares Aceites Almidón Caucho Celulosa
Síntesis de productos de interés industrial	Ceras Plásticos Enzimas Fármacos Anticuerpos
Mejora de la influencia planta-ambiente	Detoxificación de suelos contaminados Incremento de la eficiencia fotosintética

Tabla 2.- Principales aplicaciones de las transgénesis en plantas cultivadas

El método de agro-infección ha servido para transformar bastantes especies vegetales dicotiledóneas con una gran diversidad de genes de interés. Sin embargo, plantea ciertas dificultades de aplicación en especies de grupos tan importantes como las monocotiledóneas, entre las que se encuentran las especies cultivadas de mayor interés, como los cereales: el maíz, el trigo y el arroz. Este es uno de los motivos por el que los científicos intentaron desarrollar otras técnicas para la obtención de formas transgénicas en estas especies.

La necesidad de ampliar la gama de especies vegetales susceptibles de mejora por métodos biotecnológicos, impulsó el desarrollo de otro procedimiento que con el tiempo ha adquirido una gran importancia. Se trata del bombardeo de las células a transformar con microproyectiles cubiertos de ADN, o como más genéricamente se le denomina «biolística» ó «biobalística» La idea se inspiró en unas técnicas desarrolladas por fitopatólogos y virólogos de plantas, que durante décadas habían utilizado un método de disparo para facilitar la penetración de partículas virales y probar la resistencia de sus variedades a estos agentes patógenos. En 1987, el investigador John Sanford de la Universidad de Cornell (USA) diseñó un «cañón de ADN» como medio para transportar ácidos nucleicos, anticuerpos u otras sustancias al interior de las células vivas. Este aparato se utiliza para acelerar unos microproyectiles de un metal pesado, de 1 a 4 ? m de diámetro, a cuya pared se adhiere el ADN que se desea introducir. Las partículas se lanzan a gran velocidad con el fin de atravesar las paredes y membranas de las células vegetales que se desean transformar.

Hoy las plantas transgénicas son una realidad en muy diversas especies cultivadas. Estas variedades poseen mecanismos constitutivos de defensa, resistencia o adaptación propios, es decir desde el interior de la planta, mucho más eficaces y limpios para el aprovechamiento de las cosechas contra las malas hierbas, insectos, hongos, bacterias o nemátodos, que los tradicionales agentes fitosanitarios. En contraste con los riesgos que se les atribuyen, estas plantas permiten rebajar o eliminar la aplicación de herbicidas o pesticidas tan peligrosos como los derivados órgano-fosforados, que

dejan residuos contaminantes y aunque la semilla comercial es más cara se produce un ahorro considerable en la factura de los pesticidas.

Las perspectivas y las prevenciones acerca de los OMGs

La obtención de los organismos transgénicos es consecuencia de dos hechos: la acumulación de conocimientos en Genética y Biología Molecular, impulsores de las aplicaciones biotecnológicas, y los problemas de índole social, como el hambre, la pérdida de las cosechas por plagas y enfermedades y todas las consecuencias derivadas de una agricultura agresiva para el medio ambiente y las pequeñas comunidades de agricultores. Esta era la situación a finales de los años ochenta del siglo pasado, que no ha cesado hasta el momento.

Quienes animan los debates sobre la conveniencia o inconveniencia de los organismos transgénicos no deben ignorar la realidad del exceso de agentes fitosanitarios con efectos muy nocivos para el ambiente y la salud que se venían aplicando desde la implantación de la agricultura de la «revolución verde». Las nuevas variedades de aquella necesaria y oportuna explosión de una agricultura altamente productiva conllevaba la deforestación de amplias zonas del planeta, el aumento de la necesidad de recursos hídricos y el abuso de los productos fitosanitarios. Llegado a este extremo se habían de obtener plantas más productivas y resistentes en menos y peor suelo, con recursos acuíferos mermados, salinizados o contaminados por fertilizantes y pesticidas. Ésta situación fue la que impulsó la búsqueda de nuevas tecnologías a principios de los ochenta, que cristalizaría en lo que se ha dado en llamar la “agricultura sostenible”, en la que irrumpe con fuerza la tecnología de la transgénesis. Básicamente, se trataba de sustituir el monocultivo por la rotación y diversificación de los cultivos, los pesticidas, herbicidas y otros agentes fitosanitarios por sistemas de control integral de plagas u otros métodos más biológicos de defensa. Se trataba además de reducir los productos químicos y fertilizantes inorgánicos, incrementar el uso de materia orgánica, residuos animales, y microorganismos fijadores de nitrógeno, etc. Nada mejor, para ello que dotar a las propias

plantas de recursos naturales constitutivos, eximiendo al agricultor la necesidad de proporcionar medios externos para eliminar los agentes limitantes de la producción. De esta forma, el marco socio-económico en el que surgiría la biotecnología aplicada a la modificación genética es un tanto contradictorio. La idea inicial de los científicos en cuanto a los animales y plantas transgénicas, es la de proporcionar un material biológico, capaz de dar respuestas concretas a problemas concretos. Había que mantener la producción de variedades super-productivas haciéndolas menos dependientes de los tratamientos químicos.

De este modo, en el caso de las plantas cultivadas se trata de blindar la producción con genes de defensa frente a los enemigos naturales, o introducir genes de utilidad en la alimentación o en la industria farmacológica. Se trata de obtener más y mejores alimentos al tiempo que se disminuye la contaminación ambiental. Independientemente de esto, voces tan autorizadas como las Naciones Unidas a través de la FAO, proclamaban que al final del siglo XX no había escasez de alimentos en el mundo y que la producción mundial de alimentos per capita nunca fue superior a la de dicho momento. El problema real de hambre, que afecta a unos 855 millones de seres humanos, no se debe tanto a la producción de alimentos como a su distribución en las áreas del planeta más pobres y desabastecidas. No existe por tanto un problema de carácter técnico, ya que los científicos ofrecen variedades cada vez mejores y más productivas, sino político. Mientras la población global aumentada en más del 70 por ciento, el consumo de alimentos es hoy casi el 20 por ciento más alto que hace tan solo tres décadas. En países en vías de desarrollo, a pesar de la duplicación de la población se ha reducido a la mitad la proporción de la población que vive en un estado crónico de desnutrición. La FAO prevé que este progreso seguirá aunque predice que en 2015 todavía podría haber aproximadamente 580 millones de personas sufriendo desnutrición crónica en el mundo.

Decía Norman Borlaug en 1970, con ocasión de la recepción de su merecido Premio Nobel de la Paz, por su enorme contribución a la «revolución verde», que «los más grandes males que acechan a nuestro planeta son la

ignorancia y la opresión, y no la ciencia, la tecnología o la industria, cuyos instrumentos, cuando se manejan adecuadamente, son herramientas indispensables para salvar la sobrepoblación, el hambre y las enfermedades mundiales». A este respecto opinaba también el Prof. Enrique Sánchez-Monge, introductor del Mejoramiento Vegetal en España y autor de un excelente tratado sobre Fitogenética en su discurso de investidura como Doctor Honoris Causa por la Universidad de Castilla La Mancha. Decía D. Enrique que «la lucha del mejorador o manipulador incluye también, como sé por propia experiencia, la lucha contra la burocracia, muy bien definida en los Blasillos del gran humorista Forges como la Técnica de encontrar un problema para cada solución».

De forma sorprendente, los organismos modificados genéticamente, fruto de una investigación aplicada tendente a solucionar los problemas de producción y calidad de alimentos y atender la obtención de nuevos fármacos para una población en progresivo aumento, se sitúan en un contexto político e ideológico enrarecido. La oposición por determinados sectores políticos y movimientos ecologistas al uso de los organismos transgénicos se centra paradójicamente en unos infundados riesgos de su impacto ambiental y en absurdos peligros alimenticios, aunque también se han esgrimido varias razones para el rechazo que se pueden sistematizar en cinco categorías: éticas, de seguridad, económicas, tecnológicas e ideológicas de carácter ecologista. La realidad es que las plantas transgénicas ofrecen una agricultura más rentable y menos agresiva frente al ambiente que la agricultura tradicional.

El ISAAA (Servicio Internacional para la Adquisición de Usos Agro-biotecnológicos) es una organización sin fines de lucro que entrega los beneficios de nuevas biotecnologías agrícolas a los países pobres en vías de desarrollo. Según esta organización más de una quinta parte de la superficie de cultivo mundial de soja, maíz, algodón y colza es biotecnológica. Casi 6 millones de agricultores de 16 países decidieron plantar cosechas de este tipo en 2002, una subida muy notable respecto a los 5 millones de agricultores de 13 países registrados en 2001. Más de tres cuartas partes de estos agricultores pertenecen a países en vías de

desarrollo. Según Clive James, presidente y fundador del ISAAA «esta elevada tasa de adopción es un sólido voto de confianza hacia las cosechas biotecnológicas, lo que refleja la necesidad de la tecnología por parte de los agricultores y su grado de satisfacción»... «Son numerosos los casos en los que los agricultores opinan que la biotecnología ofrece la única solución viable para proteger las cosechas de plagas devastadoras, desde una perspectiva económica». En los últimos años se ha producido un progresivo incremento en el cultivo de las plantas transgénicas en el mundo, pasando de un millón de hectáreas fundamentalmente en los EE.UU., en 1995, a los cerca de 100 millones de hectáreas en 2005, de los que la mayor extensión corresponde a los EE.UU. y el resto repartido en 21 países, principalmente en Argentina y Canadá.

La realidad es que la transgénesis no es muy diferente a otros tipos de manipulación genética tradicionalmente utilizados para obtener organismos con características útiles. El llamado «mejoramiento genético tradicional», ó «fitomejoramiento» también conlleva la transferencia de genes entre organismos. La diferencia estriba en que la transgénesis supone el salto de las barreras taxonómicas. Esto permite transferir genes no sólo entre organismos más o menos estrechamente emparentados como se hace a veces en el fitomejoramiento tradicional (por ejemplo, mediante el cruzamiento entre una gramínea silvestre y el trigo, ó el arroz) sino también entre organismos filogenéticamente alejados (por ejemplo, cuando se introduce el gen *Bt* de la bacteria *Bacillus turingiensis* a una planta de maíz, para otorgar la resistencia a la plaga del «taladro» provocada por el insecto *Ostrinia nubilalis*). En el mejoramiento

tradicional, existen barreras reproductivas que imponen límites a la recombinación genética y, en consecuencia, o no se da el cruzamiento o la progenie es estéril. Con la tecnología de la transgénesis es posible saltar estos límites y llevar genes de una especie a otra por mucha distancia evolutiva que exista entre ellas. Por ello, la única restricción lógica que debe ser ponderada y considerada para limitar los cultivos de plantas transgénicas es la de evitar la coexistencia, en la proximidad del lugar en que se cultivan, con especies silvestres próximas evolutivamente, con las que ocasionalmente se pudiera producir un cruzamiento interespecífico y un escape del transgén a la naturaleza. Muy remotamente ello podría acarrear la incorporación del gen a las plantas silvestres y dotarlas de las mismas propiedades que aportase en la cultivada. Las plantas silvestres que adquiriesen genes de resistencia a insectos, herbicidas, etc. se podrían convertir en supermalezas y provocar problemas de desequilibrio ecológico de difícil solución. Debido a esto, cada caso, cada especie, cada nueva variedad, cada lugar, puede plantear una problemática distinta, dando lugar a la implantación de medidas preventivas y a la necesidad de existencia de comités de expertos en genética y voces autorizadas que estudien y en su caso autoricen o impongan ciertas limitaciones a los nuevos cultivos. Pero éstas en ningún caso deben atender razones ideológicas ó de otra índole.

La prohibición genérica de los OMG es arbitraria porque la mayoría de los alimentos que ha consumido la humanidad durante siglos han sido modificados genéticamente por mutación accidental, cruzamiento ó selección sin más consecuencias que su contribución al bienestar humano y de nuestro propio mantenimiento.

Bibliografía

- Borlaug, N. 1970. Nobel Lecture: The Green Revolution, Peace, and Humanity. Nobel Peace Prize
- Chilton, M.D., Drummond, M.H., Merio, D.J. y col. 1977. Stable incorporation of plasmid DNA into higher plant cells: the molecular basis of crown gall tumorigenesis. En: *Cell* 11: 263–271.
- Clive J. 2005. Situación global de los cultivos transgénicos/GM comercializados. ISAAA. No. 34 – 2005.
- García Olmedo, F. 1998. *La tercera Revolución Verde*. Editorial Debate, Madrid.
- El Convenio sobre la diversidad biológica (CDB) Conferencia de las Naciones Unidas sobre El Medio Ambiente y Desarrollo (Rio de Janeiro, 3 a 14 de junio de 1992)
- FAO report *Agriculture: Towards 2015/30*. (Julio 2000).
- Jouve, N. 2004. *Biología, Vida y Sociedad*. Ed. Antonio Machado, Madrid.
- Jouve, N. 2008. *Explorando los genes. Del big-bang a la nueva Biología* Ediciones Encuentro. Madrid
- Roberts, E. 1989 *The Public and Biotechnology*, Dublin: European Foundation.

- Sanford, J.C., Klein, T.M., Wolf, E.D., Allen, N. 1987. Delivery of substances into cells and tissues using a particle bombardment process. En: *J. Part. Sci. Tech.* 5:27-37.
- Sánchez-Monge, E. (1999). Manipulación Genética. Discurso del Nombramiento como Doctor Honoris Causa por la Universidad de Castilla La Mancha (Albacete)
- Sasson, A. 1998. Plant Biotechnology Derived Products: Market Value Estimates and Public Acceptance, Kluwer Academic Publisher, Unesco, Dordrech.
- Sasson, A. 2005. Medical biotechnology: achievements, prospects and perceptions. United Nations University Press, New York.