



Seguridad alimentaria y alimentos transgénicos

Kitiara Luque Polo¹

Recibido: 11 de septiembre del 2017/ Enviado a evaluar: 12 de septiembre del 2017/ Aceptado: 6 de noviembre del 2017

Resumen. Una de las cuestiones de mayor preocupación a nivel mundial es la superpoblación del planeta. En los últimos años la población ha crecido de manera exponencial y se espera que en un futuro el número de personas que habitan el planeta siga aumentando. Esta situación supone una amenaza a la hora de garantizar la seguridad alimentaria; según organismos oficiales, será necesario incrementar la producción de alimentos al menos en un 50% para el año 2050. Para conseguirlo existen diversas posibilidades, aumentar la superficie dedicada a los cultivos, aumentar su intensidad o aumentar el rendimiento de los mismos. Este artículo pretende investigar sobre si los transgénicos pueden ser la solución a la hora de garantizar la seguridad alimentaria. Para ello se analizan las ventajas que tienen estos productos en diferentes ámbitos, pero sobre todo en agricultura y ganadería. Sin embargo, existe un fuerte rechazo hacia estos alimentos por varias causas. Entre ellas, su posible riesgo para la salud, la pérdida de biodiversidad y sobre todo, el monopolio las de grandes empresas que controlan el sector agrario. Una vez analizadas diversas fuentes de información y la legislación existente en torno a los organismos genéticamente modificados, se llega a la conclusión de que estos no son buenos o malos en sí mismos, sino que la ingeniería genética es un instrumento, que correctamente regulado y usado, puede contribuir a reducir la inseguridad alimentaria presente y futura

Palabras clave: Alimentos transgénicos; seguridad alimentaria; superpoblación.

[en] Food security and transgenic foods

Abstract. One of the issues of greatest concern at the global level is the overpopulation of the planet. In recent years the population has grown exponentially and it is expected that in future the number of people inhabiting the planet will continue to increase. This situation poses a threat to food security; according to official agencies, it will be necessary to increase food production by at least 50% by 2050. To achieve this there are several possibilities: increase the area devoted to crops, increase their intensity or increase yield. The objective of this article is to investigate whether transgenic can be the solution to guarantee the Food Security. For this, the advantages of these products are analyzed in different areas, but especially in agriculture and livestock. However, there is a strong rejection of these foods for several reasons. These include the potential risk to health, loss of biodiversity and, above all, the monopoly of large companies that control the agricultural sector. After analyzing various sources of information and existing legislation on genetically modified organisms, it is concluded that genetically modified organisms are not good or bad in themselves; genetic engineering is

¹ Universidad de Alcalá (España).
E-mail: kitiara.luque@gmail.com

an instrument that, properly regulated and used, it can contribute to reducing food insecurity, present and future.

Key words: Transgenic foods, food security, overpopulation.

[fr] Sécurité alimentaire et aliments transgéniques

Résumé. L'un des problèmes les plus préoccupants dans le monde est la surpopulation de la planète. Au cours des dernières années, la population a augmenté de façon exponentielle et on s'attend à ce qu'à l'avenir, le nombre de personnes vivant sur la planète continuera d'augmenter. Cette situation constitue une menace lorsqu'il s'agit de garantir la sécurité alimentaire; Selon les organismes officiels, il faudra augmenter la production alimentaire d'au moins 50% d'ici 2050. Pour y parvenir, il existe plusieurs possibilités, augmenter la superficie consacrée aux cultures, augmenter leur intensité ou augmenter leur rendement. Cet article vise à déterminer si la transgénèse peut être la solution pour garantir la sécurité alimentaire. À cette fin, les avantages de ces produits dans différents domaines, mais surtout dans l'agriculture et l'élevage, sont analysés. Cependant, il existe un fort rejet de ces aliments pour plusieurs raisons. Parmi eux, son risque potentiel pour la santé, la perte de biodiversité et surtout, le monopole des grandes entreprises qui contrôlent le secteur agricole. Après avoir analysé diverses sources d'information et la législation existante sur les organismes génétiquement modifiés, nous concluons que ceux-ci ne sont pas bons ou mauvais en eux-mêmes, mais que le génie génétique est un instrument correctement réglementé et utilisé, peut aider à réduire l'insécurité alimentaire actuelle et future

Mots clés: aliments transgéniques; sécurité alimentaire; surpopulation

Cómo citar. Luque Polo, K. (2017): Seguridad alimentaria y alimentos transgénicos. *Observatorio Medioambiental*, 20, 59-75.

Sumario. 1. Introducción. 2. Seguridad alimentaria. 3. Cómo aumentar la producción alimentaria. 4. Consecuencias medioambientales y sanitarios del aumento de la producción alimentaria. 5. Alimentos transgénicos. 6. Beneficios y ventajas de los transgénicos. 7. Riesgos y desventajas de los alimentos transgénicos. 8. Regulación de los transgénicos. 9. Conclusiones. 10. Bibliografía.

1. Introducción

En el debate de la economía global y el desarrollo sostenible una de las cuestiones de mayor preocupación ha sido y continúa siendo la superpoblación del planeta. A partir de la revolución industrial el número de habitantes se ha ido incrementando exponencialmente, pasando de los 1000 millones en torno al año 1800 hasta los 6000 millones a comienzo del siglo XXI y llegando a los 7400 millones en el año 2016. El crecimiento poblacional ha sido particularmente importante desde comienzos del siglo XX en consonancia con los avances tecnológicos y las mejoras higiénico-sanitarias. (Naciones Unidas, 2015). También disminuyó la mortalidad materna, perinatal e infantil y aumentó la esperanza de vida que se ha duplicado entre el siglo XIX y la actualidad pasando. Cabe señalar que de acuerdo a los informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sólo en lo que va de siglo, la esperanza de vida ha aumentado un promedio de 5 años. (OMS, 2016).

La situación descrita, supone una importante amenaza a la hora de garantizar la seguridad alimentaria a toda la población. Según Naciones Unidas (2016) sería necesario aumentar en más del 50% la producción de alimentos a nivel mundial, para

poder abastecer a los más de 9000 millones de personas que se supone que habiten en la Tierra para el año 2050 (Naciones Unidas, 2016). Además se espera que este crecimiento tenga lugar sobre todo, en los países que actualmente consideramos en desarrollo y que se localizan en Asia y África.

Otros factores se añaden al problema de la superpoblación, el cambio climático, el deterioro del medio ambiente y el agotamiento de los recursos, dificultan en gran medida la obtención de alimentos para satisfacer las demandas mundiales. Según cifras correspondientes al último informe de la Organización para la Agricultura y Alimentación de Naciones Unidas (FAO), el Programa Mundial de Alimentos (PMA) y el Fondo Internacional para la Agricultura y el Desarrollo (FIDA), a día de hoy existen casi 800 millones de personas subalimentadas, o lo que es lo mismo, con una ingesta promedio inferior a las 2100 calorías (FAO, FIDA, PMA, 2015).

En este marco, los alimentos transgénicos pueden ser una posible alternativa; sin embargo, todo lo relacionado con su uso supone un gran debate social. Este es el tema que se analizará en el presente artículo, repasando las evidencias sobre el uso de los mismos en relación con el medio ambiente, la salud y el potencial de estas variaciones genéticas frente a los alimentos convencionales. Para ello, es conveniente conocer el concepto de seguridad alimentaria y sobre todo, cual es el estado actual de esta cuestión.

2. Seguridad alimentaria

Se entiende como seguridad alimentaria, una situación que se da cuando todas las personas cuando todas las personas en todo momento tienen acceso físico o económico a alimentos nutritivos, inocuos y suficientes para satisfacer las necesidades dietéticas y de su preferencia para una vida activa y saludable (FAO, 1996).

La FAO, desde 1943 es el organismo encargado de supervisar el estado de la seguridad alimentaria a nivel mundial, dicha organización publica periódicamente informes al respecto sobre “El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo” también conocidos como informes SOFI por sus siglas en inglés, State of Food Insecurity. De acuerdo al último informe SOFI publicado en 2015, la prevalencia de la subalimentación en el mundo se ha reducido del 18,6% en 1990 al 10,9% estimado para el periodo de 2014- 2016. Sin embargo, aun 795 millones de personas (una de cada nueve) pasa hambre, siendo las regiones de África, y Asia las más afectadas.

A pesar de la reducción del hambre a nivel global, no se han alcanzado los objetivos de desarrollo del milenio que se establecieron en el año 2000 (Naciones Unidas, 2015), de hecho, sólo 72 de los 129 países lo han conseguido.

La subalimentación conduce a la malnutrición, tanto por carencia de calorías como de macro y micronutrientes. Uno de los indicadores utilizados para medir con objetividad la inseguridad alimentaria es la proporción de desnutrición en menores de

5 años que afecta aproximadamente a 150 millones de niños y niñas la mayoría de los cuales viven en África y Asia (Marrodán & Cabañas, 2015).

La falta de alimento, tienen negativas consecuencias a corto y largo plazo; son responsables de muertes prematuras en madres y lactantes, pero en los niños que sobreviven, provocan retraso en el crecimiento físico, y en el desarrollo cerebral, impidiendo que alcancen una buena capacidad de aprendizaje. Esta circunstancia repercutirá en las posibilidades de formación y desempeño de su trabajo en edad adulta y es obvio que si afecta a una mayoría de la población, será un limitante para el desarrollo económico y social de la comunidad en su conjunto (OMS, s.f)

3. Cómo aumentar la producción alimentaria

Para reducir la inseguridad alimentaria en el mundo es necesario incrementar la producción de alimentos y garantizar el abastecimiento de la población presente y futura. Según las proyecciones de la FAO (2009) se estimó que sería necesario aumentar en un 70% la producción alimentaria para llegar a satisfacer las necesidades poblacionales en el año 2050.

Para ello, pueden implementarse tres estrategias: aumentar la superficie agrícola, incrementar la intensidad de los cultivos, o mejorar el rendimiento (FAO 2013).

- Aumento de la superficie cultivable

Según los últimos datos del banco mundial el 37,5% de tierra² está ocupada por tierras agrícolas. (Banco Mundial, 2014). Para aumentar la producción de alimentos, se podría aumentar la superficie dedicada a la obtención de los mismos. Esto ha venido sucediendo a lo largo de la historia y de hecho la FAO (2009) espera que la superficie ocupada por tierras agrarias siga aumentando hasta alcanzar 70 millones de hectáreas en el año 2050. Aunque a día de hoy todavía existen tierras disponibles, no es esta la mejor solución desde el punto de vista ambiental. Una gran parte de esa tierra disponible se encuentra en zonas boscosas o selváticas, o bien en espacios naturales protegidos. Para convertirlos en zonas de cultivo sería necesario deforestar dichos terrenos, lo que supone un fuerte impacto para el medio ambiente y la pérdida de servicios ecosistémicos.

- Aumento de la intensidad de los cultivos

Esto quiere decir incrementar la frecuencia a la que se cosechan los cultivos en una misma superficie. Para ello, una posibilidad es reducir el tiempo de barbecho. Así se cosecharían alimentos con mayor periodicidad obteniendo una mayor cantidad en un mismo periodo de tiempo. Sin embargo, se corre el riesgo de disminuir la fertilidad del suelo y por ende, tener que aumentar el uso de fertilizantes químicos.

² Referido al total de superficie de tierra, se excluyen las masas de agua

Otro inconveniente, es que las zonas de barbecho ofrecen hábitats y refugio a múltiples especies (Carricondo, 2013).

- Incremento del rendimiento

La última alternativa, es la de incrementar el rendimiento de los cultivos. Esta ha sido la opción más usada desde los años 70, siendo el responsable del 78% del incremento productivo entre 1961 y 1999. (FAO, 2002). Esta estrategia, mas sostenible con el entorno, es posible gracias al gran desarrollo de la tecnología agrícola, pero también, las nuevas herramientas biotecnológicas, han permitido crear variedades agrícolas, capaces de modificar determinadas características de su fisiología haciendo aumentar el rendimiento. En opinión de algunos expertos, la biotecnología constituye una vía capaz de optimizar la superficie de cultivo, sin producir el agotamiento de la misma y limitado en lo posible los daños medioambientales (Miralles 2013).

4. Consecuencias medioambientales y sanitarias del aumento de la producción alimentaria

Según el informe elaborado por los expertos del panel para la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005) el planeta se encuentra en un punto crítico, ya que 15 de los 24 servicios ecosistémicos examinados, estaban degradándose o empleándose de manera insostenible en la fecha de su publicación. Si se intensifica la producción de alimentos, es muy probable que esta situación empeore, puesto que sería necesario aumentar el uso tierras cultivadas, agua y fertilizantes. Todo ello presenta un riesgo medioambiental y sanitario asociado a la deforestación, la escasez hídrica y la contaminación por fertilizantes (nitratos, fosfatos) y plaguicidas.

- Deforestación

Según la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FAO 2015), la superficie forestal mundial se redujo en 129 millones de hectáreas entre 1990 y 2015. Según las estimaciones de dicho organismo, la agricultura fue la responsable de aproximadamente el 80% del terreno deforestado en todo el mundo. Pero además, el aumento de las explotaciones de ganado extensivo hace que se incremente la erosión y la deforestación, llegando a causar la desertización del medio. La ganadería es una de las principales causas de la deforestación a nivel mundial, y según datos aportados por Greenpeace (2009), esta actividad es la responsable en gran medida de la degradación del Amazonas.

La deforestación tiene varias consecuencias: pérdida de los hábitats de múltiples especies, pérdida de la función de captura de CO₂, lo que significaría un aumento de los gases de efecto invernadero, y aumentaría la escorrentía superficial, lo que supone un mayor riesgo de inundaciones.

- Escasez hídrica

El agua es un elemento fundamental para la producción de alimentos, por lo que sus necesidades se incrementan en paralelo a la demanda alimentaria. La FAO (2103) estima que actualmente la agricultura es el factor responsable del 70% de las extracciones de agua dulce y de más del 90% de su uso consuntivo, y según informa el Banco Mundial (2016) en 2025, cerca de 1800 millones de personas vivirán en países o regiones donde la escasez de agua será total.

- Contaminación por fertilizantes: nitratos y fosfatos

El aumento de las cosechas suele llevar asociado un incremento del uso de plaguicidas, pesticidas, fertilizantes y otras sustancias químicas que contaminan los suelos (FAO. 2002). Estas sustancias están compuestas en su mayoría por fósforo, nitrógeno y potasio, compuestos que en niveles adecuados, no causan problemas sobre el medio. Sin embargo, en los últimos años, ha aumentado considerablemente el uso de los fertilizantes químicos, lo que puede tener importantes efectos adversos, tanto sobre el medio ambiente, como para la salud de las personas.

Los nitratos y fosfatos son en cantidad excesiva inducen el fenómeno conocido como eutrofización, que es el efecto principal de la contaminación hídrica por fertilizantes, esta contaminación afecta también a los acuíferos y zonas costeras.

El consumo de agua contaminada por nitratos está asociado con la metahemoglobinemia, patología que reduce la afinidad por el oxígeno, y provoca cianosis y dificultad respiratoria. También se asocia con el desarrollo de algunos tipos de cáncer en humanos. (Jakszym, 2006; Antón y Lizano, 2015; Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades 2015).

El fósforo en exceso también puede representar un riesgo sanitario, los fosfatos se asocian con la proliferación de cianobacterias, las cuales pueden producir toxinas que afectan al sistema nervioso de los seres humanos, dando lugar a enfermedades similares al alzhéimer. (BioFabrica, 2014).

Los plaguicidas o pesticidas, entre los que se encuentran entre otros, los productos organoclorados y organofosforados, causan, desde el punto de vista medioambiental degradación de la flora y la fauna y a la contaminación de los acuíferos, y desde la perspectiva sanitaria, se asocia a intoxicaciones, efectos teratogénicos y enfermedades neoplásicas (Ferrer 2003; Tobón-Marulanda et al. 2010; Ortiz et al. 2012)

5. Alimentos transgénicos

Como se ha expuesto, las estrategias desarrolladas para incrementar la producción alimentaria tienen una serie de inconvenientes a nivel medioambiental y cierto impacto negativo sobre la salud de las personas. Aun así no debemos olvidar que la población mundial sigue creciendo y que presenta una serie de requerimientos nutricionales que se deben satisfacer, por lo que es preciso desarrollar nuevas alternativas que consigan garantizar la seguridad alimentaria. Es en este marco, donde

la biotecnología y en concreto el diseño de productos transgénicos surge como una posible alternativa.

A lo largo de la historia, la humanidad ha utilizado, aun sin saberlo en muchas ocasiones, diferentes técnicas genéticas para mejorar la producción y el rendimiento de las plantas y animales comestibles. Desde la aparición de la agricultura, se han seleccionado aquellas plantas que por sus características proporcionaban mayores rendimientos. (Sánchez Martín, 2008).

Otra práctica habitual ha sido favorecer los cruzamientos entre individuos para obtener híbridos con las características deseadas. El problema que limitaba esta técnica era la incompatibilidad sexual entre las especies progenitoras cuando existe mucha separación genética, puesto que es muy complicado obtener descendencia.

Gracias a los estudios de Franklin, Watson y Crick que permitieron empezar a conocer la estructura del ADN y el funcionamiento del código genético. En los últimos 30 años, han surgido las técnicas de ingeniería genética que permiten manipular el ADN.

Como se ha indicado, la ingeniería genética hace posible la manipulación directa de los genes, lo que permite acabar con las limitaciones anteriores causadas por la divergencia entre especies. Gracias a esta tecnología es posible traspasar material genético de una especie a otra, dando lugar a los denominados transgénicos. Un transgénico u OGM (organismo genéticamente modificado) es un organismo, ya sea planta, animal, hongo o bacteria, cuyo genoma ha sido modificado por introducción artificial de genes exógenos de otra especie en los que los transgenes están presentes en todas sus células y se transmiten de forma correcta a la descendencia.

En 1994 se comienza a comercializar con el Tomate FlavrSavr, una variedad con mejor sabor y mayor duración, creada por la empresa Calgene (hoy integrada en Monsanto) (Morales, 2001, Castillo Pachecho & Salcedo Gonzalez, 2015). Años después, los cultivos transgénicos aumentaron muy rápidamente y se extendieron a otras variedades. Actualmente, el informe del Servicio Internacional de Adquisición de Aplicaciones de Agrobiotecnología (ISAAA) afirma que desde 1996 se han sembrado 2000 millones de hectáreas con cultivo transgénicos en todo el mundo (ISAAA, 2016). En una publicación anterior (ISAA 2015) se cita que Estados Unidos, con 73,1 millones de hectáreas, ocupa el primer lugar en el ranking de cultivos transgénicos.

Cabe señalar que si bien los transgénicos se han desarrollado con el fin de aportar numerosos beneficios no están exentos de polémica. Aparecen como herramientas capaces de combatir la inseguridad alimentaria mejorando las técnicas tradicionalmente usadas en el sector agrario y ganadero, haciéndolas más sostenibles con el medio ambiente. Sin embargo, su uso ha sido, y sigue siendo un tema de debate entre los distintos sectores de la sociedad. Se cuestiona si pueden tener efectos negativos sobre la salud y el medio ambiente, existen ciertas razones éticas que están aun insuficientemente consideradas y, por último se especula acerca de los intereses de las grandes compañías que controlan las patentes de los alimentos transgénicos.

En este artículo se plantea la hipótesis de que los alimentos transgénicos pueden contribuir a la solucionar los problemas de inseguridad alimentaria presente y futura, de forma ambientalmente sostenible y segura para la salud. Para tratar de dar respuesta a esta cuestión, se van a analizar las ventajas y desventajas en diferentes ámbitos de los organismos modificados genéticamente.

6. Beneficios y ventajas de los transgénicos

Para comenzar se va a analizar cuáles son las funciones que un organismo genéticamente modificado puede tener y que ventajas le confiere la modificación genética frente a los organismos tradicionales:

▪ Aplicaciones en medicina

Es posible utilizar a modo de fármacos algunas proteínas provenientes de organismos transgénicos (proteínas recombinantes) para tratar distintas enfermedades: Por ejemplo, la diabetes es tratada con insulina humana obtenida a partir de bacterias transgénicas lo que permite reducir los costes y hacer el tratamiento más asequible y accesible para la población con menos recursos (Chile Bio, 2015). También se emplean animales de granja, por ejemplo, la leche de cabras transgénicas es capaz de producir el activador tisular del plasminógeno, utilizado para tratar la trombosis (Cavagnari, 2010). Del mismo modo las plantas transgénicas pueden usarse para crear proteínas farmacéuticas, sobre todo anticuerpos destinados al tratamiento de infecciones o proteínas para elaborar vacunas contra virus y bacterias patógenas. Otra aplicación sobre la que se está investigando es la de la creación de vacunas comestibles a partir de vegetales transgénicos, este avance podría suponer una revolución socio sanitaria (ArgenBio, 2007; Molina Muñoz, 2008).

▪ Aplicaciones en medio ambiente

La ingeniería genética también se usa en la protección del medio ambiente y existen diversos ejemplos que ilustran de cómo los OGM participan en la conservación de los recursos naturales. Se han desarrollado vegetales modificados genéticamente con mayor capacidad de asimilación de metabolitos contaminantes mediante la alteración de genes implicados en su asimilación o en su degradación. Otra aplicación de los transgénicos en el marco medioambiental es la creación de plásticos biodegradables. Científicos de la Universidad Nacional de Colombia están trabajando con una variable de tabaco transgénico que puede expresar en sus tejidos un material denominado polihidroxialcanoato (PHA), muy similar al plástico sintético derivado del petróleo (Agencia iberoamericana para la difusión de la ciencia y la tecnología, 2017).

▪ Aplicaciones en la producción de alimentos

En cuanto al uso que más nos interesa en el presente trabajo, la producción de alimentos, cabe señalar que el uso de la biotecnología en los últimos años ha servido para aportar mayor eficacia y mejores resultados a procesos que se hacían de manera natural anteriormente. En ganadería, por ejemplo algunos organismos modificados se utilizan para mejorar la digestión, en el ámbito de la sanidad animal, también se

utilizan las vacunas de origen transgénico, puesto que presentan ventajas frente a las tradicionales (FAO, 2010), Pero quizás el caso más conocido de uso de transgénicos en la ganadería, es el de la hormona del crecimiento. Esta hormona la producen las vacas de manera natural, pero con la ingeniería genética se ha creado la hormona recombinante de crecimiento bovino, que está especialmente ideada para que estos animales produzcan entre un 10 y un 20 % más de leche, que la que producirían de manera natural.

La agricultura, quizás es el sector donde los transgénicos tienen funciones más variadas, pero en líneas generales, el objetivo que se persigue es mejorar la producción agrícola, siempre de una manera más sostenible; utilizando menos cantidad de tierras y técnicas más respetuosas con el medio ambiente, a la par que se reducen los costes de producción, y se solucionan problemas de adaptación (ChileBio, 2015). Unos de los primeros productos que se han comercializado, han sido los vegetales comestibles resistentes al tratamiento con herbicidas o resistentes a las plagas y se les considera como la primera generación de transgénicos. Gracias a este avance estos alimentos, son capaces de sobrevivir a una plaga, pero además presenta otras ventajas ya que se reduce la cantidad de insecticida con el que es necesario tratar a los cultivos, reduciendo así el impacto ambiental y los gastos económicos (Sánchez Martín, 2008). Un ejemplo conocido de este tipo de organismos transgénicos, es el del maíz resistente al ataque del taladro, una variedad de gusano que afecta a dicha planta y produce enormes pérdidas anuales. Con esta nueva variedad los cultivos están protegidos frente a esta plaga, evitando pérdidas a los agricultores, y asegurándose así la producción de este alimento (Ramón & Calvo, 2001). Otra de las aplicaciones de los OMG es la maduración retardada. Este proceso natural es inducido por una hormona vegetal, que hace que el fruto cambie en su color, sabor y aroma. La biotecnología ha conseguido modificar los vegetales con el fin de retardar la maduración, y así prolongar el tiempo en el que mantienen sus propiedades, mediante la neutralización del gen encargado de producir esa hormona. De este modo es posible que la fruta se conserve durante más tiempo, alargando la vida útil y reduciendo así la pérdida de alimentos. Un ejemplo de esta mejora es el del tomate FlavrSav (Chile Bio, 2015). Un ámbito de gran aplicabilidad de los OMG es la resistencia de los cultivos a condiciones extremas. Los terrenos con alta viabilidad y potencial de cultivo son relativamente escasos en el mundo, ya sea por las características del terreno, la falta de agua o las condiciones climáticas. Estos factores ponen en peligro la producción alimentaria, ya que los cultivos en muchas ocasiones no sobreviven a estas adversidades. Gracias a la ingeniería genética se han desarrollado plantas transgénicas capaces de adaptarse a ciertas zonas de condiciones extremas: alta salinidad, sequía, suelos ácidos, temperaturas extremas o suelos con metales pesados (Sanchez Martín, 2008). Este tipo de adaptación de las plantas a entornos poco adecuados para los cultivos puede ser crucial, sobre todo teniendo en cuenta los efectos del cambio climático sobre el medio, y el agotamiento de los recursos naturales lo que provoca un aumento de la desertización, de escasez hídrica y de la erosión (Viches et al, 2009). Un claro ejemplo de cómo los transgénicos pueden

ayudar a garantizar seguridad alimentaria en los países en vías de desarrollo, es el programa que se lleva a cabo en África con el maíz WEMA. Su nombre proviene de sus siglas en inglés Wáter Efficient Maizefor África y es una variedad de maíz transgénico capaz de tolerar sequías y plagas de insectos. Se estima que gracias a ello, se producen 2 millones de toneladas extra de este alimento, cantidad suficiente para alimentar entre 14 y 21 millones de personas (Monsanto, s.f.).

Debido al reto que supone dar de comer a toda la población mundial, intentando preservar el medio ambiente, se han creado variedades de plantas transgénicas con mayores rendimientos que las tradicionales. Según el informe ISAAA (2015) los cultivos transgénicos pueden aumentar en un 22% el rendimiento de los cultivos tradicionales.

En relación con la producción de alimentaria, otra de las posibilidades de los OGM son las mejoras de la calidad nutricional. Este desarrollo es muy importante cuando hablamos de seguridad alimentaria. Un ejemplo, en este contexto es el arroz dorado (golden rice) rico en beta-caroteno, un precursor de la vitamina A, esta vitamina ayuda a prevenir enfermedades y a evitar la ceguera. En países subdesarrollados, la falta de vitamina A es un problema de salud pública que afecta a 250 millones de personas, y que causa en muchos casos mortalidad infantil (Pérez Colomé, 2016)(FAO, 2001). Gracias a este tipo de arroz enriquecido, se podría combatir algunos problemas de desnutrición, sobre todo en poblaciones donde la dieta es incompleta y deficiente. Otros ejemplos son el arroz rico en hierro, leche “hipoalergénica”, aceites con menos grasas saturadas, etc. (Prats, 2012.; Chile Bio, 2015). Un importante avance en alimentación debido a la transgénesis es el que se está llevando a cabo a través el Proyecto TRIGOCEL en el que se integran investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y de las universidades de Sevilla y Córdoba. En dicho proyecto se trabaja en el desarrollo de trigo sin gluten, destinado al consumo de los celíacos (Pérez Colomé, 2016). Tras este repaso a la información expuesta, se puede deducir que los alimentos transgénicos pueden suponer grandes ventajas de cara al futuro, tanto en la labor de reducir el hambre en el mundo, como en la protección del medio ambiente. Los colectivos científicos y sociales a favor de la biotecnología, sostienen que los cultivos transgénicos son una herramienta muy eficiente y poderosa para ayudar a combatir las insuficiencias alimentarias. También afirman que estos nuevos alimentos son mucho más rentables, nutritivos y resistentes que los elaborados a través de las técnicas habituales de selección y cruzamiento genético (Larrión, 2013).

7. Riesgos y desventajas de los alimentos transgénicos

Desde sus inicios, y a día de hoy, existen detractores cuestionan los beneficios que pueden suponer los OMG para garantizar la seguridad alimentaria en todo el mundo y diversas voces en su contra, argumentan que suponen un riesgo para la salud y el medio ambiente. A continuación se analizan diferentes riesgos que pueden causar los transgénicos en diferentes ámbitos.

- Riesgos para la salud

Ciertos grupos ecologistas afirman que la manipulación de los genes de un organismo está rodeada de grandes incertidumbres por la multitud de efectos imprevistos que pueda tener el hecho de potenciar, silenciar o alterar las proteínas, o cambiar sus vías metabólicas (Ecologistas en acción, 2005).

La transferencia de genes puede traspasar alérgenos generando alergias en los individuos que consuman el OMG. Este fue el caso de una variedad de soja transgénica a la que se le había añadido un gen de la nuez del Brasil encargado de producir de metionina, con el fin de aumentar el contenido en nutrientes en el cereal. Los estudios epidemiológicos, demostraron que el consumo de esta soja transgénica podía generar una reacción alérgica en los individuos sensibles a los frutos secos, motivo por el que el nuevo alimento no salió al mercado (Nordlee et al. 1996)(FAO, 2001)

Otra situación que puede incrementar el riesgo de los alimentos transgénicos se relaciona con su posible toxicidad. Es conocido que algunas plantas de manera natural presentan en sus tejidos sustancias tóxicas como mecanismos de defensa; al provocar una alteración del material genético de estos organismos podría aumentarse la producción de esas toxinas, o la expresión de las mismas en lugares en los que anteriormente no se encontraban. Esta reflexión ya la hicieron desde el Panel de Expertos de Canadá para el futuro de la alimentación y la Biotecnología en el año 2001 y en el más reciente trabajo de Bartholomaeus et al (2013) publicado en la revista *Critical Reviews in Toxicology*. La resistencia a antibióticos ha sido también argumentada para rechazar el empleo de los OGM en alimentación. En muchos de estos productos, se utilizan genes de resistencia a antibióticos como marcadores y se postula que al ser ingeridos estos al consumir el alimento transgénico, pasen al humano confiriendo resistencia, lo que dificultaría el tratamiento de las enfermedades infecciosas.

- Riesgos para el medio ambiente

Estos riesgos son más difíciles de evaluar, puesto que no se conoce cuáles pueden ser a largo plazo los efectos de la liberación de transgénicos sobre el medio ambiente, ni se dispone de métodos eficaces para su análisis.

Existe el riesgo de que se produzca una transferencia del material genético desde las especies transgénicas hasta otras poblaciones que no lo sean, este flujo genético se produce mediante la polinización por aves, viento o insectos, confiriendo así a los nuevos cultivos las propiedades previamente modificadas (FAO, 2001).

La pérdida de biodiversidad también suele estar asociada al cultivo de transgénicos por diversos motivos: los cruzamientos de genes, la sustitución de la vegetación autóctona por cultivos modificados (NABU, 2009), debido a la competición entre especies, o por efectos dañinos sobre los insectos, esto es el caso de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*), que se alimenta de *Asclepias* (plantas herbáceas perennes), se han realizado varios estudios donde se ha observado que el polen del maíz Bt resulta tóxico para las larvas de esta mariposa (FAO 2001).

- Riesgos socioeconómicos

Es importante conocer cómo afecta su uso a la población en general, tanto a nivel social, como económico, sobre todo teniendo en cuenta que el tema que nos interesa tratar, el de la inseguridad alimentaria, tiene una importante componente económica y política.

El desarrollo de los OGM está prácticamente limitado a grandes empresas y multinacionales, debido principalmente a los altos costes que supone el desarrollo de un producto transgénico y a los largos procesos que se necesitan para ponerlos en el mercado (Pérez Colomé, 2016). Esto hace que quede en manos del sector privado el control total de estos nuevos alimentos, lo que supone que los agricultores tengan una importante dependencia de las empresas biotecnológicas para desarrollar su actividad. (Rivas, 2014). Otra problemática asociada a los transgénicos se debe a que las multinacionales como Bayer-Monsanto cuentan con el derecho de propiedad sobre plantas y animales modificados, es decir tienen las biopatentes, por lo que cobran una cantidad de dinero cada vez que se usa o se comercializa uno de estos organismos (Rivas, 2014).

Esto se traduce en que los agricultores deben pagar para comprar las semillas y no pueden guardarlas de un año para otro como se ha hecho, sino que deben volver a comprarlas anualmente a estas grandes empresas. En zonas donde existe un gran número de personas subalimentadas, los recursos económicos son generalmente escasos. Si una pequeña explotación agrícola debe pagar por las semillas, que antes tenía de manera gratuita, le será más complicado salir del círculo de la pobreza, y tener acceso a una alimentación completa.

En muchos países en desarrollo sobre todo de América latina se dedican amplias extensiones de terreno al cultivo de transgénicos como la soja o el algodón, destinados a la fabricación de piensos para el ganado o de biodiesel. En Argentina por ejemplo, en el año 2006, la mitad de los cultivos se dedicaba a la soja (Aizen et al, 2009), tal situación supuso una importante crisis agrícola (GreenPeace, 2010).

La introducción de los transgénicos en países subdesarrollados está dejando a pequeños agricultores fuera del mercado y según estimaciones, en Argentina entre 1998 y 2002 desaparecieron 87.000 explotaciones, de los cuales 75.293 eran consideradas pequeñas (Primavesi, 2014) agravando así el problema del hambre.

Como se puede deducir de lo expuesto en este apartado, existen riesgos del uso de los transgénicos que no se pueden obviar a la hora de decidir si este tipo de alimentos pueden presentar la solución a la hora de garantizar la seguridad alimentaria. Es necesario tener en cuenta todas las variables para poder determinar si los beneficios que pueden tener los organismos modificados genéticamente superan, o no, las desventajas. Tratando de minimizar los posibles efectos adversos de los transgénicos sobre el medio ambiente, la salud y la economía se desarrolla en todo el mundo un amplio abanico de legislación para controlar como se deben gestionar el uso de estos alimentos, y cuáles son las pautas que se deben seguir para que puedan ser comercializados.

8. Regulación de los transgénicos

Debido a la diversidad de opiniones en cuanto a los beneficios o riesgos que suponen los transgénicos, la legislación y la regulación de estos organismos es diferente en distintas regiones del mundo. Aunque en líneas generales el conjunto de leyes, directivas y convenios está encaminado a proteger a la sociedad de los posibles efectos adversos de los alimentos modificados,

A nivel internacional existen varios tratados en relación con los alimentos transgénicos (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, s.f.):

- El protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, el cual trata sobre el transporte, etiquetado y el uso de organismos modificados genéticamente. Entró en vigor el 11 de septiembre de 2003, y es parte del Convenio sobre Diversidad Biológica.

- Convenio de Aarhus sobre acceso a la información, participación pública en la toma de decisiones gubernamentales en materias que afecten al medio ambiente local, nacional o transfronterizo y acceso a la justicia en temas medioambientales de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE). En el 2005 en Almaty, se introdujo una enmienda al Convenio relativa a la "Participación Pública en las Decisiones sobre la Liberación Intencionada al Medio Ambiente y la Introducción en el Mercado de Organismos Modificados Genéticamente (Ecologistas en acción, 2005)(Convenio de Aarhus, 1998).

- Convención para la Prohibición de las Armas Biológicas (CABT) tiene como fin prohibir y evitar que los agentes biológicos puedan ser utilizados como armas de destrucción masiva contra seres humanos, animales o plantas. Esta convención fue firmada el 10 de abril de 1972 y entró el vigor el 26 de marzo de 1975 (Pérez, R., Escauriaza, R., s.f.)

- A nivel internacional también es interesante tener en cuenta la normativa del Codex Alimentarius, este código creado por la FAO y la OMS tiene como objetivo es garantizar alimentos inocuos y de calidad para todas las personas en cualquier lugar y garantizar prácticas equitativas en el comercio de alimentos. (FAO & OMS, 2016).

En el caso de la Unión Europea, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente, fue a principios de los años 90, cuando empezó a desarrollarse la primera legislación sobre los transgénicos. Actualmente encontramos dos directivas que controlan los organismos genéticamente modificados; por un lado la Directiva (UE) 2015/412 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de marzo de 2015, por la que se modifica la Directiva 2001/18/CE, sobre la liberación intencional en el medio ambiente de organismo modificados genéticamente y la Directiva 2009/41/CE por la que se modifica la directiva 90/219/CEE y sus modificaciones posteriores, sobre la utilización confinada de microorganismos modificados genéticamente (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente., s.f.).

Estas directivas se basan en el principio de subsidiariedad de los estados miembros, supervisión, información y vigilancia. Además, se desarrollan mediante 3 reglamentos; reglamentos sobre el movimiento transfronterizo de OMG [Reglamento (CE) 1946/2003]; sobre alimentos y piensos modificados genéticamente [Reglamento (CE) 1829/2003] y sobre trazabilidad y el etiquetado de OMG y la trazabilidad de los alimentos y piensos producidos a partir de estos [Reglamento (CE) 1830/2003] (García Vidal, 2015) La legislación europea permite la coexistencia de cultivos transgénicos y no transgénicos o tradicionales en las tierras de sus estados miembros, dejándoles a cada uno de estos la posibilidad de decidir si prohibirlos o no dentro de su territorio.

Los reglamentos más importantes de cara a los consumidores finales son el Reglamento 1830/2003 del Parlamento europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2003, relativo a la trazabilidad y al etiquetado de OMG y a la trazabilidad de los alimentos y piensos producidos a partir de estos, y por el que se modifica la Directiva 2001/18/CE y el Reglamento 1829/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2003, sobre alimentos y piensos modificados genéticamente. Estos reglamentos obligan a las empresas a informar a la población, de que dicho alimento, o bien contiene o está compuesto por OMG o bien, se ha producido a partir de OMG o contienen ingredientes producidos a partir de estos organismos, incluso aunque el producto final no contenga trazas de ADN o proteínas transgénicas. Esta información debe aparecer en la etiqueta de forma clara y con letra grande. (Art. 13 y 25 Reglamento 1829/2003) (Ecologistas en acción, 2005)

A nivel nacional, en un primer momento se aprobó la ley La Ley 15/1994, de 3 de junio, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente, la cual transpone al ordenamiento jurídico español las directivas comunitarias 90/219/CEE, de 23 de abril de 1990, relativa a la utilización confinada de microorganismos modificados genéticamente, y 90/220/CEE, de 23 de abril de 1990, sobre la liberación intencional en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente.

Pero debido a las múltiples modificaciones que ha sufrido la legislación europea, en España se deroga la Ley 15/1994, de 3 de junio y esta es sustituida por la la Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente.

Han sido incorporados en el Real Decreto 178/2004, de 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento General para el Desarrollo y Ejecución De la Ley 9/2003

Para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003 se aprueba el Real Decreto 191/2013, de 15 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 178/2004, de 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2009, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente

Dicho Reglamento desarrolla los requisitos y procedimientos para la realización de actividades relacionadas con los OGM, las normas sobre información, vigilancia y control de estas actividades, las responsabilidades, infracciones y sanciones y por último la división de competencias (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente., s.f.)

Las comunidades autónomas tienen competencias en materia de organismos modificados genéticamente para la concesión de ciertas autorizaciones sobre utilización confinada y liberación voluntaria de organismos modificados genéticamente con fines de investigación y desarrollo y cualquier que no incluya la comercialización y sobre la vigilancia, el control, y las sanciones. Todo ello siempre que no interfiera con competencias estatales

Las CCAA tienen la posibilidad de crear su propia legislación que regule los ámbitos mencionados anteriormente (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente., s.f.).

9. Conclusiones

Aunque el riesgo cero no existe, los alimentos transgénicos podrían contribuir a paliar la inseguridad alimentaria en el mundo sin comprometer el medioambiente o la salud de las personas. A nivel sanitario, las evidencias científicas apuntan a que el consumo de alimentos transgénicos no implica mayores riesgos que el correspondiente a los alimentos tradicionales ya que antes de ponerlos en el mercado se someten a un elevado número de comprobaciones, en relación a su carga alérgica o toxicidad. Además, un etiquetado preciso, eliminaría los posibles inconvenientes en este contexto. En el otro platillo de la balanza, la capacidad de mejorar el valor inmunológico y nutricional, así como las características organolépticas o la durabilidad, son argumentos a favor de los alimentos genéticamente modificados.

Los problemas derivados del riesgo medioambiental son mucho más complejos, en cualquier caso, la implantación de grandes zonas de cultivo destinadas a la producción masiva de vegetales transgénicos, tiene un riesgo que es aplicable a cualquier otro tipo de monocultivo convencional que requiera de grandes extensiones y que por lo tanto, pueda contribuir a la deforestación, la pérdida de biodiversidad o al desplazamiento de las variedades locales. Evidentemente, antes de poner en marcha un cultivo transgénico, sería necesario evaluar detalladamente su posible impacto medioambiental, al igual que debe hacerse en el caso de cultivos convencionales.

Dicho esto, hay que señalar que los problemas asociados a la implantación de los transgénicos son fundamentalmente económicos, debido al control oligopólico que las grandes multinacionales ejercen con exclusiva finalidad de generar grandes beneficios, aumentando el capital sin ninguna preocupación de tipo ético o moral. La hegemonía de las grandes corporaciones agroalimentarias que controlan las biopatentes es capaz de manipular a los gobiernos y minar la soberanía alimentaria de las poblaciones. Los alimentos transgénicos no son buenos o malos en sí mismos. La ingeniería genética es

un instrumento tecnológico, derivado del conocimiento científico, que hoy por hoy es utilizado por cada sector de la sociedad para su propio beneficio. Es necesario, por tanto un riguroso control que desde los gobiernos y la sociedad civil, evite los abusos del modelo económico propio de la globalización y promueva un uso solidario de los alimentos transgénicos. Si bien en problema del hambre en el mundo depende fundamentalmente del desequilibrio en el reparto de alimentos, no cabe duda de que el buen uso de los transgénicos contribuiría a reducir la inseguridad alimentaria presente y futura.

10. Bibliografía

- Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología. (2017). Tabaco transgénico producirá plástico biodegradable.
Disponible:<http://dicyt.hoplite.es/noticias/tabaco-transgenico-producira-plastico-biodegradable>
- Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades. (2015). Resumen de salud pública. Nitrito y Nitrito.
Disponible:https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs204.pdf
- Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., Dono, M. (2009). Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina. *Ecología Austral*, 19(1): 45-54.
- Antón, A., Lizaso, J. (2015). Nitritos, Nitratos y Nitrosaminas.
Disponible:http://www.proyectopandora.es/wp-content/uploads/Bibliografia/13181019_nitritos_nitratos.pdf
- ArgenBio. (2007). La Biotecnología en nuestra vida cotidiana y en un mundo que crece y cambia. La biotecnología y los plásticos degradables.
Disponible: <http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades¬e=405>
- Ayllon Díaz González, J. M. (2012). Tratamiento de los transgénicos en la legislación española. Disponible: <http://huespedes.cica.es/gimadus/24/03.html>
- Banco Mundial. (2014). Tierras agrícolas (% del área de tierra).
Disponible: <https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.AGRI.ZS?type=shaded&view=map>
- Banco Mundial. (2016). Agua.
Disponible: <http://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>
- Bartholomeaus, A., Parrot, W., Bondy, G., Walker, K. (2013). The use of whole food animal studies in the safety assessment of genetically modified crops: Limitations and recommendations. *Critical Reviews in Toxicology*, 43(2): 1-24.
- BioFabrica. (2014). Fertilizantes químicos, usos y consecuencias en la agricultura y a la salud.
Disponible:<http://www.biofabrica.com.mx/blog/?tag=agricultura>
- Carricondo, A. (2013). El valor de un descanso necesario. *El Ecologista* N°78. Disponible:
- Castillo Pachecho, D.E., Salcedo Gonzalez, Q. (2015) Desarrollo de una aplicación móvil para detectar los alimentos libres de transgénicos. Trabajo Diploma de Especialización en Diseño Opción Nuevas Tecnologías. Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco.

- Cavagnari, B. M. (2010). Animales transgénicos: usos y limitaciones en la medicina del siglo XXI. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 108(4): 343-349.
- Chile Bio. (2015). Manual de consulta sobre cultivos transgénicos.
Disponible: <http://www.chilebio.cl/wp-content/uploads/2015/09/ARCHIVADOR.pdf>
- Convenio de Aarhus (1998): Convención sobre el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en asuntos ambientales
Disponible: http://www.mediterranea.org/cae/aarhus_convenio.htm.