

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**INSTITUTO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS AMBIENTALES**



**MÁSTER EN MEDIO AMBIENTE:  
DIMENSIONES HUMANAS Y SOCIOECONÓMICAS**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER  
CURSO 2016-2017**

## **Seguridad alimentaria y alimentos transgénicos**

Kitiara Luque Polo

Septiembre 2017

Tutora: María Dolores Marrodán

## **Agradecimientos**

Después de un año de experiencias y conocer gente nueva, con este trabajo doy por finalizada esta nueva etapa de mi vida. Su realización ha supuesto un gran esfuerzo, pero finalmente ha merecido la pena, espero que todos aquellos que lo lean reflexionen sobre la cuestión de la que trata, al igual que me ha hecho reflexionar a mí.

Antes de comenzar con la lectura, me gustaría agradecer en primer lugar a mis compañeros de clase, por haber compartido tantos momentos, también a mi tutora, Lola, que ha sido espectacular, tanto como profesora, como a la hora de guiarme y ayudarme a elaborar este trabajo y por último, pero no por ello menos importantes, a mi familia y pareja que me han apoyado en todo.

Gracias

## **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. En este trabajo se pretende investigar sobre si los transgénicos u organismo modificados genéticamente, 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, como la medicina, el medio ambiente, 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

## **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 work is to investigate whether

transgenic or genetically modified organisms can be the solution to guarantee the Food Security. For this, the advantages of these products are analyzed in different areas, such as medicine, environment, 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 an instrument that, properly regulated and used, it can contribute to reducing food insecurity, present and future.

**Key words:** transgenic foods, food security, overpopulation

## Índice

1.Introducción	Pág.7
2.Seguridad alimentaria	Pág.9
3.Como aumentar la producción alimentaria	Pág.12
4.Consecuencias medioambientales y sanitarias del aumento de la producción alimentaria	Pág.15
5.Alimentos transgénicos	Pág.19
6.Hipótesis y objetivos	Pág.23
7.Metodología	Pág.23
8.Resultados	Pág.24
8.1.Beneficios y ventajas de los transgénicos	Pág.24
8.1.1.Aplicaciones en medicina	Pág.24
8.1.2.Aplicaciones en medio ambiente	Pág.26
8.1.3. Aplicaciones en la producción de alimentos	Pág.27
8.2.Riesgos y desventajas de los alimentos transgénicos	Pág.35
8.2.1. Riesgos para la salud	Pág.35
8.2.2.Riesgos para el medio ambiente	Pág.37
8.2.3.Riesgos socioeconómicos	Pág.39
9.Regulación de los transgénicos	Pág.42
10.Conclusiones	Pág.51
11.Bibliografía	Pág.53

*¿Qué clase de ciencia es ésta, capaz de poner un hombre en la luna pero incapaz de poner un pedazo de pan en la mesa de cada ser humano?*

*-A lo mejor el problema no está en la ciencia, sino en quienes deciden como emplearla- Sugerí*

*Carlos Ruiz Zafón, Marina*

## 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. La introducción de las vacunas y el uso de antibióticos permitieron controlar las epidemias y reducir significativamente la mortalidad por enfermedades transmisibles (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 de 35 a 71,4 años en promedio. 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).

Obviamente, estas cifras globales no muestran los grandes desequilibrios que subsisten entre áreas geográficas, países, grupos humanos y sectores socioeconómicos. Sin embargo, sí reflejan el preocupante crecimiento que ha experimentado la población mundial en su conjunto. Según los reportes de Naciones Unidas (2015) la tasa anual de crecimiento está disminuyendo en todas las regiones y de hecho, en Europa el crecimiento es ya negativo, como puede observarse en la Figura 1. Sin embargo, a pesar de la tendencia a un crecimiento cada vez más lento, las previsiones de dicho organismo son que a finales del presente siglo la Tierra supere los 11.000 millones de habitantes (Tabla 1).

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.

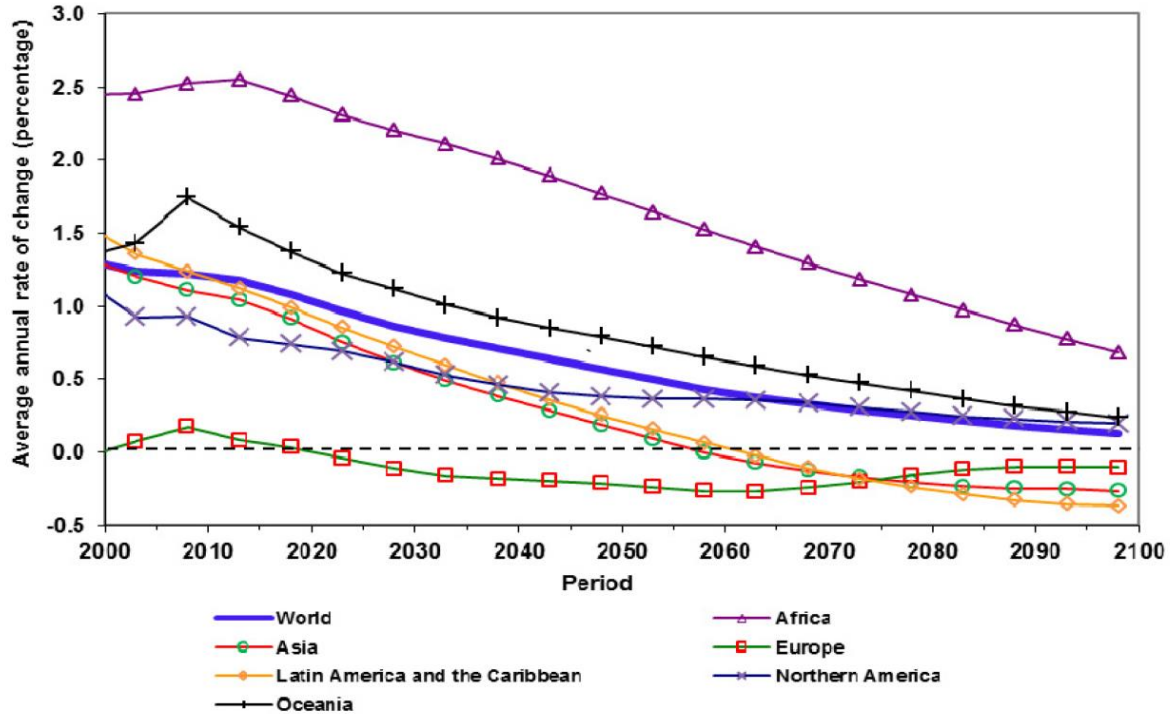


Figura 1. Tasa de Crecimiento anual por regiones geográficas según las proyecciones demográficas de Naciones Unidas (2015)

Tabla 1.

*Aumento estimado de la población mundial entre 2015 y 2100*

Área geográfica	2015	2030	2050	2100
Mundo	7349	8501	9725	11213
África	1186	1679	2478	4387
Asia	4393	4923	5267	4387
Europa	738	734	707	647
América Latina y Caribe	634	721	784	721
Norte América	358	396	433	500
Oceanía	39	47	57	71

Fuente: Naciones Unidas (2015)

Otros factores se añaden al problema de la superpoblación, el cambio climático, el deterioro del medio ambiente y el agotamiento de los recursos también derivado del rápido incremento poblacional, 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). La disminución del sector primario de agricultura debido al abandono de zonas rurales por motivos relacionados con desastres naturales, conflictos armados, migraciones y otras causas, hacen necesario plantear nuevas soluciones que garanticen la seguridad alimentaria a todas las poblaciones del planeta. 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 trabajo, 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). Este concepto se desarrolla a partir de cuatro indicadores (disponibilidad de alimentos, acceso, estabilidad y utilización de los alimentos) cada uno de los cuales puede evaluarse mediante unos indicadores objetivos (Marrodán 2016)

La FAO, desde 1943 es el organismo encargado de supervisar el estado de la seguridad alimentaria a nivel mundial ya que entre sus principales objetivos se encuentra la erradicación del hambre, la inseguridad alimentaria y la malnutrición. 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 y tal como se puede apreciar en la Tabla 2, 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. La prevalencia de la inseguridad alimentaria alcanza cifras del 41,3% en África central y del 31,5% y 23, % en las regiones oriental y subsahariana de dicho continente. Aunque en cifras absolutas el problema de la subalimentación en Oceanía no es relevante, llama la atención que en términos de prevalencia que afecta al 14,2% de la población. Ello se debe a la dependencia en la importación de productos alimenticios en las pequeñas islas que constituyen buena parte de esta región, así como a los desastres naturales que las han asolado en los últimos tiempos. En Asia, la prevalencia global es del 12,1%, estando la región meridional por encima del promedio del continente (FAO, FIDA, PMA, 2015).

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) que en su apartado 1C tenía como meta disminuir el hambre a la mitad. De hecho, sólo 72 de los 129 países lo han conseguido y como se reporta en la Figura 2, un buen número de países no sólo no progresan en la buena dirección sino que están estancados o en un proceso de deterioro. El mapa, elaborado con datos de la FAO, muestra los grandes desequilibrios entre regiones y continentes poniendo nuevamente de manifiesto la mayor situación precaria de África. Las causas que explican tal situación, tienen que ver aspectos tales como con la volatilidad de los productos básicos, el incremento de los precios de los alimentos y la energía, la recesión económica y el aumento del desempleo. Pero también con los fenómenos climatológicos extremos y los desastres naturales que en los últimos años se han incrementado. Todo ello, junto a los conflictos armados y la inestabilidad política han generado graves crisis humanitarias que han frenado el progreso hacia la consecución de los objetivos planteados por Naciones Unidas a comienzos del siglo XXI (Naciones Unidas 2015).

Tabla 2. Prevalencia de la subalimentación en el Mundo, según el informe sobre el estado de la inseguridad alimentaria en el mundo (FAO, FIDA, PMA, 2015).

	Número (millones) de personas subalimentadas y prevalencia (%) de la subalimentación									
	1990-92		2000-02		2005-07		2010-12		2014-16*	
	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%
<b>TODO EL MUNDO</b>	<b>1.010,6</b>	<b>18,6</b>	<b>929,6</b>	<b>14,9</b>	<b>942,3</b>	<b>14,3</b>	<b>820,7</b>	<b>11,8</b>	<b>794,6</b>	<b>10,9</b>
<b>REGIONES DESARROLLADAS</b>	<b>20,0</b>	<b>&lt; 5,0</b>	<b>21,2</b>	<b>&lt; 5,0</b>	<b>15,4</b>	<b>&lt; 5,0</b>	<b>15,7</b>	<b>&lt; 5,0</b>	<b>14,7</b>	<b>&lt; 5,0</b>
<b>REGIONES EN DESARROLLO</b>	<b>990,7</b>	<b>23,3</b>	<b>908,4</b>	<b>18,2</b>	<b>926,9</b>	<b>17,3</b>	<b>805,0</b>	<b>14,1</b>	<b>779,9</b>	<b>12,9</b>
<b>África</b>	<b>181,7</b>	<b>27,6</b>	<b>210,2</b>	<b>25,4</b>	<b>213,0</b>	<b>22,7</b>	<b>218,5</b>	<b>20,7</b>	<b>232,5</b>	<b>20,0</b>
África septentrional	6,0	< 5,0	6,6	< 5,0	7,0	< 5,0	5,1	< 5,0	4,3	< 5,0
África subsahariana	175,7	33,2	203,6	30,0	206,0	26,5	205,7	24,1	220,0	23,2
África austral	3,1	7,2	3,7	7,1	3,5	6,2	3,6	6,1	3,2	5,2
África central	24,2	33,5	42,4	44,2	47,7	43,0	53,0	41,5	58,9	41,3
África occidental	44,6	24,2	35,9	15,0	32,3	11,8	30,4	9,7	33,7	9,6
África oriental	103,9	47,2	121,6	43,1	122,5	37,8	118,7	33,7	124,2	31,5
<b>América Latina y el Caribe</b>	<b>66,1</b>	<b>14,7</b>	<b>60,4</b>	<b>11,4</b>	<b>47,1</b>	<b>8,4</b>	<b>38,3</b>	<b>6,4</b>	<b>34,3</b>	<b>5,5</b>
América Latina	58,0	13,9	52,1	10,5	38,8	7,3	31,0	5,5	26,8	< 5,0
América central	12,6	10,7	11,8	8,3	11,6	7,6	11,3	6,9	11,4	6,6
América del Sur	45,4	15,1	40,3	11,4	27,2	7,2	n.s.	< 5,0	n.s.	< 5,0
Caribe	8,1	27,0	8,2	24,4	8,3	23,5	7,3	19,8	7,5	19,8
<b>Asia</b>	<b>741,9</b>	<b>23,6</b>	<b>636,5</b>	<b>17,6</b>	<b>665,5</b>	<b>17,3</b>	<b>546,9</b>	<b>13,5</b>	<b>511,7</b>	<b>12,1</b>
Asia meridional	291,2	23,9	272,3	18,5	319,1	20,1	274,2	16,1	281,4	15,7
Asia occidental	8,2	6,4	14,0	8,6	17,2	9,3	18,4	8,8	18,9	8,4
Asia oriental	295,4	23,2	221,7	16,0	217,6	15,2	174,7	11,8	145,1	9,6
Asia sudoriental	137,5	30,6	117,6	22,3	103,2	18,3	72,5	12,1	60,5	9,6
Cáucaso y Asia central	9,6	14,1	10,9	15,3	8,4	11,3	7,1	8,9	5,8	7,0
<b>Oceanía</b>	<b>1,0</b>	<b>15,7</b>	<b>1,3</b>	<b>16,5</b>	<b>1,3</b>	<b>15,4</b>	<b>1,3</b>	<b>13,5</b>	<b>1,4</b>	<b>14,2</b>

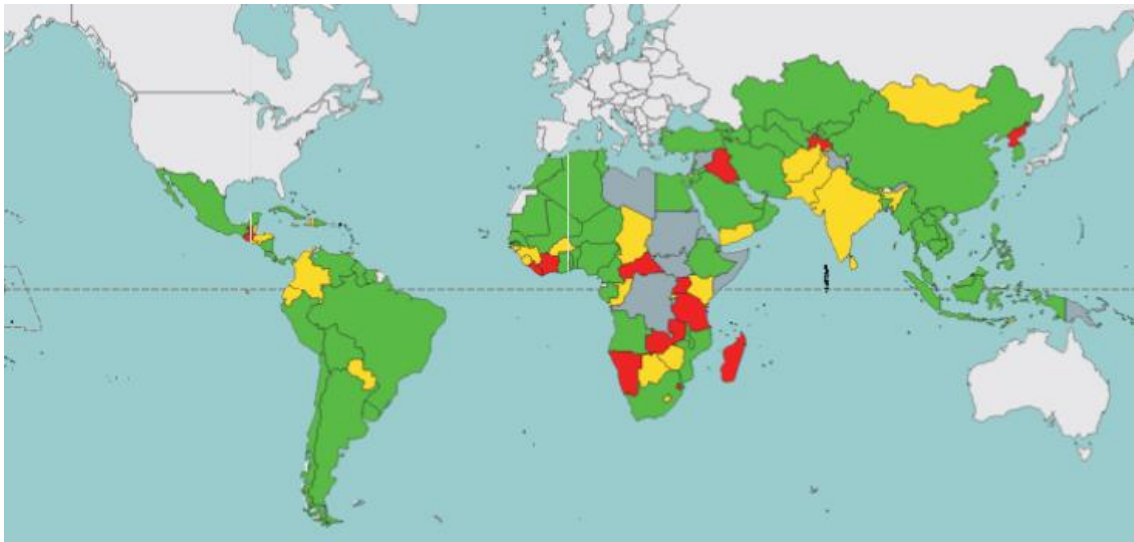


Figura 2. Nivel de consecución de la meta 1C (reducción del hambre a la mitad) de los ODM. En verde: meta 1C alcanzada. En amarillo: meta 1C no alcanzada con progreso lento. En rojo: meta 1C no alcanzada sin progreso o en proceso de deterioro. En gris: valores inexistentes. En blanco: sin evaluar. Fuente: FAO (2015).

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 son siempre el sector más vulnerable de la población. Esta circunstancia, es una de las primeras causas de muerte en los países subdesarrollados y afecta aproximadamente a 150 millones de niños y niñas la mayoría de los cuales viven en África y Asia (Marrodán & Cabañas, 2015). Respecto a los niños menores de 5 años, se calcula que aquellos que tienen un peso por debajo de lo normal se han reducido casi a la mitad entre 1990 y 2014 (FAO, 2014). A pesar de ello, más de 90 millones de niños, seguirían teniendo bajo peso. La desnutrición crónica o retardo en el crecimiento afectaba a 161 millones de niños menores de 5 años en todo el mundo, con el riesgo de menor desarrollo cognitivo y físico que ello supone.

La falta de alimentos y el déficit de nutrientes, vitaminas y minerales, tienen negativas consecuencias a corto y largo plazo; son responsables de muertes prematuras en madres y lactantes, pero en los niños que sobreviven, provocan no solo retraso en el crecimiento físico, sino también en el desarrollo cerebral, impidiendo que los menores 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. Como 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 esa fecha, la demanda de cereal destinado tanto al consumo humano como animal será de unos 3.000 millones de toneladas al año, frente a los 2.100 millones actuales. Informes posteriores del 2013 señalan que para poder satisfacer la creciente

demanda de alimentos en la frontera temporal de la mitad del presente siglo, sería necesario producir 1 billón de toneladas de cereal y 200 millones de toneladas de carne más anualmente. 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, 48 millones de Km<sup>2</sup>, o lo que es lo mismo, el 37,5% de tierra<sup>1</sup> está ocupada por tierras agrícolas. Estas engloban aquellas áreas dedicadas al cultivo permanente, pradera permanente, cultivos temporales, prados temporales, tierras cultivadas ya sean comerciales o domésticos, y las tierras en barbecho (Banco Mundial, 2014). Para aumentar la producción de alimentos, la primera de las opciones que se podrían plantear es la de aumentar la superficie dedicada a la obtención de los mismos, tanto la destinada a cultivos como a pastos para el ganado. 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. Tal incremento se produciría principalmente en los países en vías de desarrollo, con unas 120 millones de hectáreas más dedicadas al cultivo. Por el contrario, en zonas desarrolladas, se prevé un retroceso de la superficie agraria, de aproximadamente 50 millones de hectáreas, debido fundamentalmente al abandono del mundo rural, pues se estima que el 70% de la población sea urbana dentro de 30 años (FAO, 2009).

Aunque a día de hoy todavía existen tierras disponibles para aumentar la producción alimentaria, no es esta la mejor solución desde el punto de vista ambiental. En primer lugar, 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. Pero además, estas tierras -potencialmente transformables a un alto costo medioambiental- se sitúan en su mayor parte en América Latina y África, donde la carencia de infraestructuras o las condiciones climáticas podrían dificultar los procesos de producción alimentaria.

---

<sup>1</sup>Referido al total de superficie de tierra, se excluyen las masas de agua

- 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 en el que la tierra se deja en barbecho, es decir, el tiempo en el que un terreno se deja sin sembrar para que recupere la materia orgánica, la humedad y nutrientes del suelo de manera natural. Acortando este periodo, se cosecharían alimentos con mayor periodicidad obteniendo una mayor cantidad en un mismo periodo de tiempo. Sin embargo, con este procedimiento, se corre el riesgo de disminuir la fertilidad del suelo y por ende, tener que aumentar el uso de fertilizantes químicos. Otro inconveniente y hecho a considerar, es que las zonas de barbecho ofrecen hábitats y refugio a múltiples especies como insectos polinizadores y algunas aves amenazadas (Carricondo, 2013).

- Incremento del rendimiento

La última alternativa para aumentar la producción de alimentos, 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 opción puede representar menores daños al entorno, puesto que es capaz de incrementar la producción total, sin tener que aumentar la superficie de tierra cultivable ni la intensidad con la que se cultiva. Esta estrategia es posible gracias al gran desarrollo de la tecnología agrícola que ha permitido la disminución de enfermedades y plagas que en el pasado ocasionaban grandes pérdidas reduciendo las cosechas. Pero también, las nuevas herramientas biotecnológicas, han permitido crear variedades agrícolas, de cereales u otras plantas, 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 por lo que se refiere a la conservación de los recursos naturales, 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. Aunque la reducción de la cubierta vegetal no se ha producido por igual en todas las partes del globo, en la región tropical la pérdida anual neta es de 7 millones de hectáreas, y el incremento de la superficie agrícola es de 6 millones de hectáreas. Sin embargo en Europa y América del norte ocurre justo lo contrario, ha aumentado la superficie forestal debido a la reducción de la presión sobre los bosques como resultado del crecimiento económico, el descenso de la población rural o la mejora de la productividad agrícola, junto a la ejecución de políticas eficaces destinadas a ampliar la superficie forestal. (FAO, 2016)

Pero además, el aumento de las explotaciones de ganado extensivo en países en desarrollo 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, donde el 79,5% de la superficie fue deforestada para la creación de pastos destinados al ganado. Según la misma fuente, entre los años 1996 y 2006, se destruyeron 10 millones de hectáreas de selva, para dedicarlas a la cría ganadera.

La deforestación tiene varias consecuencias, en primer lugar supone pérdida de los hábitats de múltiples especies, ya que selvas y bosques son lugares de extrema biodiversidad zoológica y botánica, estimándose que aproximadamente un 70% de los animales y plantas conocidos viven en estas zonas (National Geographic 2010). Además la arboleda desempeña la función de captura de CO<sub>2</sub>, por lo que una reducción de la misma, significaría un aumento de los gases de efecto invernadero. Asimismo la cubierta vegetal ayuda a que el agua de lluvia se filtre al subsuelo, de manera que sin esta cubierta 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. Se considera que existen problemas de disponibilidad de agua a causa de la agricultura, cuando se utilizan más del 40% de los recursos hídricos renovables para el regadío, puesto que a este nivel existen conflictos de uso entre los diferentes sectores de abastecimientos (FAO. 2002). A comienzos del siglo XXI varios países como Libia y Arabia Saudita habían sobrepasado este límite, pero los pronósticos son nefastos para un futuro próximo ya que 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.

Aunque la falta de agua no suponga un gran problema a nivel mundial, si lo supone a escala local, debido a la desigual distribución de los recursos hídricos. Según las proyecciones del citado informe del Banco Mundial (2016) el mundo enfrentará un déficit del 40 % entre la demanda proyectada y el suministro de agua disponible a fines de 2030, y será necesario incrementar la extracción del agua en un 15% en el 2050 para alimentar a los más de 9000 millones de personas que poblarán el planeta en esa fecha.

- 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, tal y como se puede ver en la Figura 3, se 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.

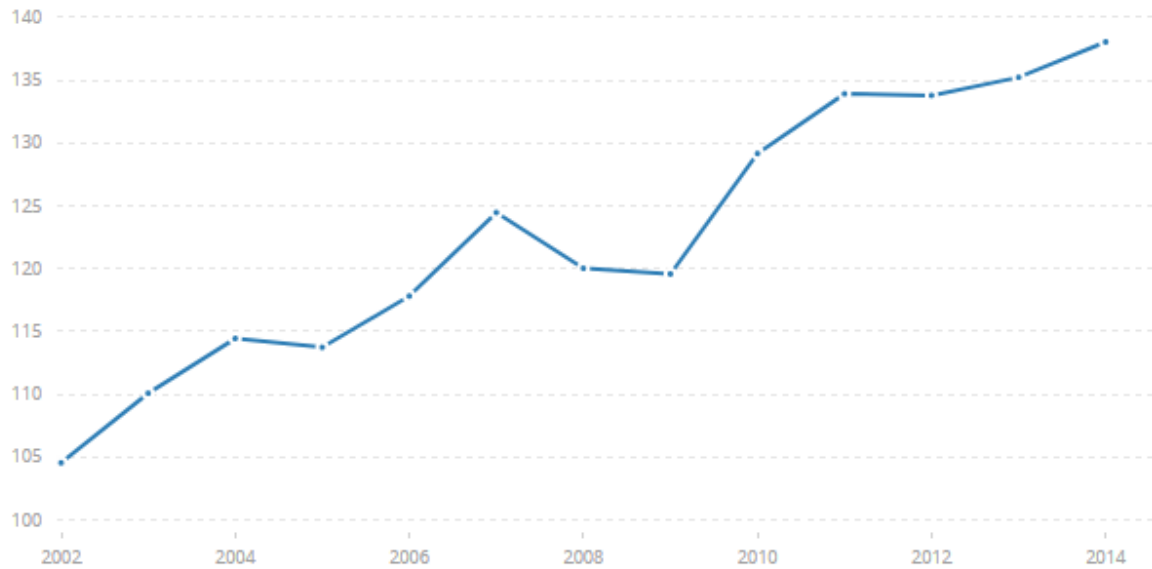


Figura 3. Consumo de fertilizantes en Kg, a nivel mundial, por hectárea de tierra cultivada. Fuente Banco mundial (2014).

Los nitratos y fosfatos son sustancias necesarios para el desarrollo de las plantas, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros microorganismos que finalmente mueren por la falta oxígeno y de luz para realizar la fotosíntesis, se pudren y generan malos olores. Este fenómeno conocido como eutrofización, es el efecto principal de la contaminación hídrica por fertilizantes.

El nitrógeno es el encargado de formar las proteínas y la clorofila de las plantas, puede aparecer en los fertilizantes en forma de nitrato, amónico o ureico. Este elemento, tiene un índice de asimilación por el suelo muy bajo, ya que del total de nitrógeno que se incorpora al terreno, algo más del 50% se elimina por lixiviado es decir, por el lavado de los suelos con el agua (BioFabrica, 2014). Este nitrógeno llega a los acuíferos o aguas subterráneas, ríos y finalmente al mar, llegando a produciendo importantes niveles de contaminación. De acuerdo a lo reportado por el panel para la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) se espera que para el año 2030 la contaminación por nitrógeno en zonas costera aumente entre un 10 y un 20%.

En ausencia de contaminación, las aguas superficiales no contienen más de 10 mg/l de nitratos, y 1 mg/l de nitritos, pero en acuíferos contaminados se han llegado a observar concentraciones superiores a los 50 mg/l. que pueden tener efectos negativos para la salud. En este sentido, está bien documentada la asociación de elevado consumo de nitratos con la metahemoglobinemia, patología que reduce la afinidad por el oxígeno, y provoca cianosis y dificultad respiratoria que puede ser especialmente grave en lactantes y mujeres embarazadas. También se asocia el consumo de agua con exceso de nitritos o nitratos con el desarrollo de algunos tipos de cáncer en humanos, particularmente cuando los nitritos se combinan con otras sustancias como las aminas y amidas (Jakszym, 2006; Antón y Lizano, 2015; Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades 2015). El fósforo por su parte, sirve para que las raíces de las plantas se desarrollen más fuertes, pero 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)

- Contaminación por plaguicidas

Los plaguicidas o pesticidas, entre los que se encuentran entre otros, los productos organoclorados y organofosforados, son en su gran mayoría compuestos con un proceso de biotransformación muy lenta y con efectos acumulativos en el organismo. Aunque su uso está regulado y controlado (Weimberg 2009, OMS 2010) la reciente revisión efectuada por del Puerto Rodríguez et al (2014) ha puesto de relieve el negativo impacto que estas sustancias han tenido sobre el ecosistema y los indeseables efectos sobre la salud humana. Desde el punto de vista medioambiental su uso ha contribuido a la generación de organismos resistentes, a la degradación de la flora y la fauna y a la contaminación de los acuíferos. Desde la perspectiva sanitaria, son muchos los trabajos que han encontrado fuertes asociaciones entre el uso de algunos de estos productos con intoxicaciones, efectos teratogénicos y enfermedades neoplásicas (Ferrer 2003; Tobón-Marulanda et al. 2010; Ortiz et al. 2012) así como con patologías neurodegenerativas (GreenPeace, 2015)

## 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 tanto en el presente, cómo en escenarios futuros. 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, los primeros agricultores guardaban para la siguiente siembra las mejores semillas (Sánchez Martín, 2008). La técnica de selección positiva (escoger los aquellos mutantes que por azar presentaban características más favorables para el consumo) ha sido utilizada desde tiempos inmemoriales. Así se seleccionaron, por ejemplo las primeras patatas comestibles, variedades mutantes menos amargas que la variedad original y con cantidad inapreciable de toxina. También las coles, las coliflores o los brócolis actuales son mutantes “homeóticos” (mutantes en genes que controlan el desarrollo) de plantas ancestrales ya desaparecidas (López Fandiño & Medina Méndez 2009).

Otra práctica habitual ha sido favorecer los cruzamientos entre individuos para obtener híbridos con las características deseadas como más resistencia a las enfermedades, valor nutritivo o sabor más agradable. 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. Sin embargo, hay muchos ejemplos que ilustran su uso a través de la historia; en el ámbito animal, las vacas lecheras o las gallinas ponedoras de huevos actuales son el resultado de cruces selectivos a lo largo de generaciones. En el contexto de la agricultura, las variedades de trigo con cuya harina se producen el pan o las pastas son resultado de hibridación entre mutantes previamente seleccionados. El triticale, cereal empleado en la alimentación del ganado, que presenta

ocho parejas de cromosomas, es el resultado de una hibridación entre un trigo hexaploide y un centeno diploide y fue generado por técnicas de mejora genética en 1931 (Ramón, 1999).

Hasta comienzos del siglo XIX, tras las publicaciones de Darwin y sus leyes de la herencia, no se acuñó el término “gen” y hace solo medio siglo los estudios de Franklin, Watson y Crick 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, aislar genes y transferirlos de un genoma a otro. Es en 1977 cuando surge la primera compañía de Ingeniería Genética Genentech (GeneticEngineeringTech, Inc) fundada por Robert A. Swanson y Herbert W. Boyer. Esta empresa aun en funcionamiento, se dedica a la producción de fármacos, pero muchas otras empezaron a implantar los métodos de ingeniería genética en el ámbito de la alimentación, como es el caso de Monsanto, quizá la empresa más famosa y que ha generado más polémica en el sector (Robin 2008).

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, ya sea planta, animal o cualquier tipo de microorganismo, 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.

El salto tecnológico es grande, porque la ingeniería genética trabaja de forma dirigida para conseguir mejorar las propiedades del OGM. Si se trata de un alimento, la finalidad puede ser producir proteínas de interés industrial, conseguir resistencia a plagas, mejorar la calidad nutricional, conferir tolerancia a heladas y sequías etc. La ingeniería genética – frente a las técnicas convencionales como la selección y la hibridación- permite superar las limitaciones del cruce sexual, favoreciendo el “salto de especie” y acorta sensiblemente el tiempo necesario para obtener el producto final (López Fandiño y Medina Méndez 2009).

En el año 1983 se creó la primera planta transgénica en un laboratorio europeo, un tabaco resistente al antibiótico canamicina. Desde entonces, la progresión de estos cultivos ha ido en aumento. En 1992 ya se habían plantado algunas superficies de tabaco transgénico en China y 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 Pacheco & Salcedo González, 2015). Años después, como se representa en la Figura 4, los cultivos transgénicos aumentaron muy rápidamente y se extendieron a otras variedades como la soja, el maíz, o el algodón entre otros. 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, las cuales han generado un beneficio de 150 mil millones de dólares US\$, ayudando a reducir la pobreza en algunas zonas del mundo (ISAAA, 2016). De acuerdo a datos suministrados por el mismo informe, el 50% de los cultivos transgénicos se ubican en América Latina, Asia y África. 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, Brasil y Argentina estaban en segundo y tercer puesto respectivamente, seguidos por India y Canadá con 11,6 millones de hectáreas cada uno.

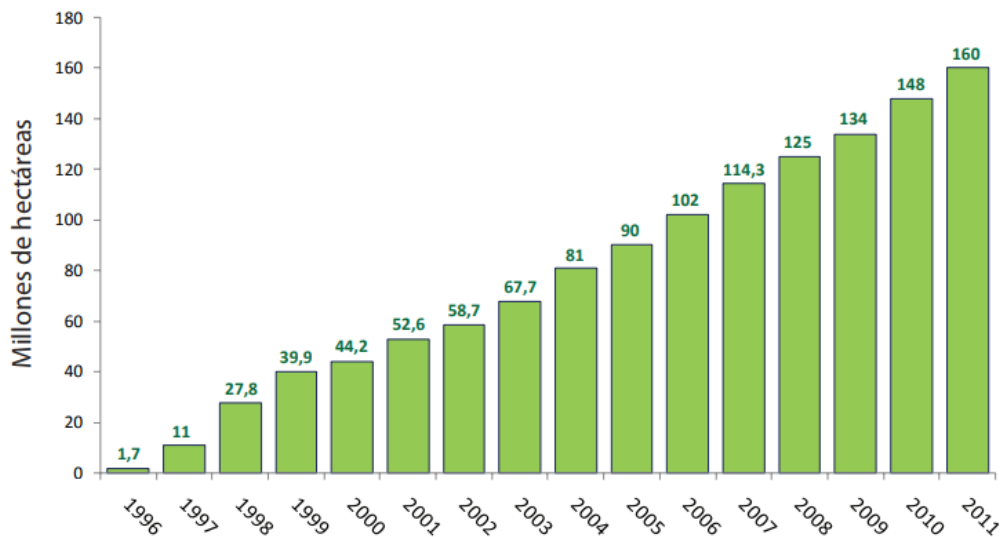


Figura 4: Evolución de superficie de cultivos de transgénicos a nivel mundial en Hectáreas.

Fuente: Chile Bio, 2015

Hoy en día, existen tres tipos fundamentales de organismos transgénicos: plantas, animales y microorganismos que tienen una aplicación en diversas áreas, sobre todo en la industria farmacéutica y alimentaria (Rodríguez Ferri et al, 2003).

- Las plantas transgénicas: vegetales cuyo genoma ha sido modificado con diversas finalidades: hacerlas más útiles alimentariamente, descontaminar suelos, con utilidad como biocombustibles, expresara determinadas en proteínas etc.
- Animales transgénicos: modificados genéticamente con múltiples finalidades como incrementar la producción de leche o carne, aumentar su velocidad de crecimiento, usarlos potencialmente como donantes de órganos para humanos etc.
- Microorganismos transgénicos: entre los que se encuentran levaduras o bacterias que han modificadas para producir algún producto de interés o eliminar inconvenientes de tipo industrial.

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.

## **6. Hipótesis y objetivos**

Una vez analizado el estado actual de la seguridad alimentaria en el mundo, así como las estrategias destinadas a paliar su efecto, incrementando la producción de alimentos se plantea en la siguiente hipótesis: “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 dar respuesta a la hipótesis planteada, se traza el siguiente objetivo general

- Determinar si los organismos genéticamente modificados son la solución para eliminar el problema de la inseguridad alimentaria

A la luz de este objetivo general, se derivan los siguientes objetivos específicos:

- Analizar cuáles son las ventajas de los alimentos genéticamente modificados, frente a los tradicionales
- Analizar cuáles son los riesgos tanto para el medio ambiente como para la salud de la siembra, uso y consumo de los alimentos transgénicos
- Analizar como la legislación regula el uso, liberación y comercialización de los OGM

## **7. Metodología**

El presente trabajo es de revisión y actualización, por lo que se han consultado diversas fuentes: artículos científicos, documentos divulgativos y páginas web correspondientes a instituciones nacionales e internacionales, organismos no gubernamentales y sociedades científicas. La información se ha buscado a través de los servidores de bibliotecas universitarias y buscadores especializados como Pubmed, Redalyc, Dialnet y Google Scholar.

## **8. Resultados**

### **8.1. 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. Aunque este apartado se centrará en aquellos usos relacionados con la producción de alimentos, también se relacionarán otras funciones que pueden suponer mejoras en la salud, la calidad de vida o el medio ambiente. Por último, se repasarán algunos casos en los que el uso de organismos genéticamente modificados puede solucionar problemas concretos de alimentación en los países en vías de desarrollo.

#### **8.1.1. Aplicaciones en medicina**

Los OGM tienen múltiples funciones dentro de esta rama de la ciencia. Aunque la biotecnología no es una técnica novedosa, puesto que tradicionalmente se han usado cultivos de células eucariotas y procariotas para obtener biomedicamentos, la transgénesis ha supuesto una gran alternativa, más eficaz y económica, lo que los hace más accesibles a la población (Molina Muñoz, 2008).

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).

Pero no solo se usan microorganismos a la hora de producir biomedicamentos. 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. Así mismo, en leche de ovejas transgénicas, se ha conseguido expresar la alfa-antitripsina, (utilizada para el tratamiento del enfisema pulmonar y de la fibrosis quística) y los factores de coagulación VIII y IX, empleados en tratamiento de la hemofilia A y B. En la misma línea, leche de conejos transgénicos se está utilizando para la producción de calcitonina, destinada a pacientes con osteoporosis e hipercalcemia. Por último en la leche

de vacas transgénicas se están sintetizando anticuerpos policlonales humanos y lactoferrina, proteínas de alto valor biomédico (Cavagnari, 2010).

También se está trabajando con otros animales transgénicos como el cerdo, para conseguir trasplantes de órganos entre animales y personas. La modificación genética de los primeros, podría conseguir evitar la respuesta inmunitaria que activa el rechazo del nuevo órgano en los pacientes (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. Las ventajas de las plantas modificadas genéticamente residen en que se puede producir gran cantidad del medicamento a bajo coste. Algunos ejemplos de estos medicamentos obtenidos mediante plantas transgénicas son el fármaco experimental contra el ébola denominado Zmappy producido en una planta de tabaco transgénica (Renato, 2014), o la manipulación genética de la planta *Artemisia annua*, con la que se ha conseguido hacer crecer plantas con mucha más cantidad de artemisinina, la cual se usa en la producción del fármaco contra la malaria (Agro-Bio, 2017). Actualmente se sigue trabajando en esta línea de investigación, y logrando grandes avances. Por ejemplo, los investigadores del consorcio Pharma-Planta han creado maíz transgénico capaz de sintetizar la molécula 2G12, uno de los anticuerpos más eficaces contra el VIH. La molécula presente en las semillas de este vegetal podría llegar a zonas de África, donde los medios para tratar esta enfermedad son muy limitados (Castillo, 2012).

Como se ha indicado, se usan organismos transgénicos para la obtención de anticuerpos en la fabricación de vacunas, pero otra aplicación sobre la que se está investigando es la de la creación de vacunas comestibles a partir vegetales transgénicos (frutas y hortalizas) productores de la proteína recombinante en cuestión. Para ello es necesario transferir un gen del agente infeccioso, para que la planta lo fabrique en sus hojas, frutos etc. Al consumir estos elementos, el organismo quedara inmunizado frente a ese patógeno y podrá defenderse de la infección (ArgenBio, 2007; Molina Muñoz, 2008).

Esté avance podría suponer una revolución socio sanitaria sobre todo en los países en desarrollo, donde no siempre existen infraestructuras, materiales y personal cualificado para administrar vacunas convencionales.

En este contexto, se está trabajando en una variedad de patata transgénica que contiene el gen de la subunidad B de la toxina del cólera, por lo que es capaz de inmunizar contra esta enfermedad a la población, simplemente consumiéndola, puesto que a vacuna es el propio tubérculo. Evita así los problemas de la necesidad de tener un lugar de almacenaje frío, en países con recursos limitados (Molina Muñoz, 2008).

### **8.1.2. 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. La fitorremediación, es una técnica que consiste en utilizar la capacidad de las plantas para absorber, asimilar y metabolizar ciertas sustancias, con el fin de descontaminar los suelos mediante procesos naturales (Universidad de Málaga, 2014).

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. Con este propósito, se ha elegido el *Populus ssp* o chopo, especie idónea por su rápido crecimiento y su gran extensión radicular, que además se adapta a con un amplio rango de condiciones climáticas, lo que la hace adecuada para plantarse en lugares muy diferentes. Mediante técnicas transgénicas ha sido posible expresar una encima procedente del chopo, la deshidrogenasa PoSDR1 capaz de degradar los bifenilospoliclorados, en bacterias como la *Escherichiacoli* y las *Pseudomonas* así como en *Arabidopsisthaliana* una planta crucífera de amplia distribución (Campos del Pozo 2010; Orozco 2016).

También se han generado plantas transgénicas de *Arabidopsisthaliana* con el gen codificante de un inhibidor de tripsina tipo Kunitz (PdKTI3), asociado a tolerancia a exceso de cobre presente en los álamos (*Populus deltoides*) (Andrade y Andrea 2015). La Tesis de Sánchez García de la Torre (2015), centrada en las aplicaciones de los vegetales

transgénicos en la descontaminación por metales pesados, revisa y actualiza las aplicaciones de los OGM en el ámbito de la fitorremediación.

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).

Aunque la idea de los plásticos biodegradables no es novedosa, tradicionalmente se usaban bacterias para conseguir este material, lo que suponía grandes inversiones económicas y de tiempo. Con la ingeniería genética, se pueden simplificar estos procesos, transfiriendo los genes de esas bacterias a distintas plantas, para que produzcan bioplástico en sus tejidos, en grandes cantidades. Además, se ha constatado que esta alteración no afecta al normal desarrollo de la planta. Por otra parte, este tipo de plástico puede ser biodegradado por la acción de microorganismos y eliminados más rápidamente del medio. Esto supone múltiples ventajas, entre otras, poder cubrir grandes extensiones de cultivos sin necesidad de retirar posteriormente la cubierta. También se pueden fabricar macetas que se pueden enterrar, pañales biodegradables o puntos de sutura que no sea necesario retirar, etc. (ArgenBio, 2007).

### **8.1.3. 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. Como ya se ha comentado, se han creado diversos animales transgénicos destinados al denominado en inglés “*molecular pharming*”, es decir la producción de sustancias utilizadas como fármacos, sobre todo a partir de compuestos expresados en la leche. Del mismo modo, se usan microorganismos transgénicos para fabricación de piensos que supongan una ventaja a la industria ganadera.. Por ejemplo algunos organismos modificados se utilizan para mejorar la digestión; existen bacterias recombinantes que producen enzimas y hormonas que mejoran la digestión y el aprovechamiento de los nutrientes (FAO, 2010), también se usan levaduras modificadas, las cuales reducen la

concentración de oxígeno en el rumen lo que estimula el crecimiento de bacterias anaeróbicas celulíticas produciendo mejoras en la producción de leche y ganancia de peso (Rivera & Gómez Bravo, 2017).

En el ámbito de la sanidad animal, también se utilizan las vacunas de origen transgénico, puesto que presentan ventajas frente a las tradicionales, por su especificidad, estabilidad e inocuidad. Aunque la realidad es que su uso es aun restringido, sobretodo en países en vías de desarrollo (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. Esta hormona altera la expresión del gen de los transportes de glucosa de la glándula mamaria, musculo y grasa, y facilita el transvase de glucosa hasta la glándula mamaria, incrementado la producción láctea.

Existe una gran controversia respecto a esta técnica, debido a los posibles efectos adversos para la salud que puede tener la leche procedente de las vacas tratadas, por ello en múltiples países del mundo está prohibida su venta y consumición, no así en EEUU (Ecologistas en acción, 1998).

Aunque no es ganadería, sino pesca, otro animal modificado genéticamente sobre el que una empresa norteamericana, AquaBounty Technologies ha estado investigando, es el salmón AquAdvantage. Este pez se ha incorporado el gen del crecimiento del salmón Chinook del Pacífico, lo que provoca que alcance un tamaño mayor al del salmón normal, pero además en la mitad de tiempo (Garro Mongue, 2015).

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. Tanto la resistencia a los herbicidas como a determinadas plagas de insectos parece depender de un único gen y eso ha hecho relativamente fácil el desarrollo de estos OMG, entre los cuales se encuentran los cereales Bt, denominación que se aplica a las plantas resistentes al ataque de insectos al expresar un gen proveniente de la bacteria *Bacillusthuringiensis*. De hecho, esta bacteria que se encuentra naturalmente en el suelo, genera unas proteínas que son tóxicas para algunos insectos como los coleópteros y lepidópteros, llamadas Cry. Gracias a la ingeniería genética, el gen responsable de su síntesis ha sido introducido en plantas que expresan dicha proteína en sus tejidos, son las denominadas Bt. Cuando alguna larva se alimenta de los tejidos de estos cultivos, muere debido a la toxicidad de las proteínas, que sin embargo no afectan a otros seres vivos, cómo pájaros, mamíferos, ni por supuesto al hombre (Chile Bio, 2015).

Gracias a este avance, el maíz o el trigo Bt, 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, T, 2008). Como se indicó en apartados anteriores, los insecticidas y plaguicidas están compuestos por sustancias químicas de gran persistencia en el medio, altamente contaminantes y con importantes efectos para la salud de las personas (GreenPeace, 2015).

La ventaja de los vegetales genéticamente modificados, frente al empleo de plaguicidas, Bt queda bien ilustrada en un estudio realizado en Argentina, sobre cultivos de algodón, en el cual se comparaba el uso de insecticida en algodón genéticamente modificado y algodón tradicional, llegando a la conclusión de que el uso de químicos se reducía en un 50% en los cultivos transgénicos.

Otro 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. Además las propiedades organolépticas y nutricionales de este maíz transgénico son las

mismas que las de un maíz convencional, por lo que su uso no afecta a los consumidores finales (Ramón& Calvo, 2001).

La maleza es otro factor que hace que disminuya el rendimiento de los cultivos. Para eliminar este problema es necesario aplicar herbicidas, que pueden afectar también a los cultivos. Las plantas transgénicas resistentes al glifosato (un herbicida de amplio espectro), han supuesto un gran beneficio, al poder tratar la plantación transgénica con este herbicida de baja toxicidad sobre mamíferos y rápidamente degradable por la micro biota del suelo, eliminando sólo las malas hierbas (Ramón Vidal, 2004).

Según la empresa de semillas transgénicas Monsanto, en el año 1998 la variedad de soja RoundupReady (RR) tuvo un rendimiento medio de 37,5 hectolitros, un 10% más que la soja tradicional (Larrión, 2013). Este incremento se debía a su resistencia al glifosato, el mejor control de las malas hierbas había conseguido que el cultivo de soja modificada fuera más productiva, y por tanto más rentable. En el trabajo de González Torralba (2012) se analiza en detalle el tema de la resistencia a los herbicidas glifosato, desde el punto de vista molecular y agronómico y se detallan las ventajas de su utilización.

Al igual que pueden crearse plantas resistentes a plagas, es posible obtener mediante técnicas biotecnológicas, cultivos resistentes a virus, introduciendo en su genoma los genes que codifican la cubierta de los virus; de esa forma, podrán expresar la proteína, lo que les confiere inmunidad frente a algunos virus, que podrían acabar con toda la plantación. (Sánchez Martín, 2008).

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, mencionado anteriormente en ese trabajo Este fruto tiene limitada la capacidad de producir poligalacturonasa, la enzima encargada del ablandamiento del fruto. Como consecuencia de esta modificación el tomate retrasa su ablandamiento y puede almacenarse durante

mucho más tiempo sin que se produzcan cambios en su color o sabor (Chile Bio, 2015). Esto supone importantes beneficios tanto para los consumidores, los cuales podrán almacenar este alimento durante más tiempo y sin necesidad de refrigeración, como ocurre en muchos países en vías de desarrollo. Pero también presenta beneficios para los agricultores, los que aumentan a vida comercial del producto

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. Para ello se han tomado genes de algunos seres vivos muy adaptados a condiciones de estrés ambiental, como pueden ser las arqueobacterias, aunque también se han usado genes de animales y plantas (Sánchez 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 *Water Efficient Maize for Africa* y es una variedad de maíz transgénico capaz de tolerar sequías y plagas de insectos. En una región en la cual existen grandes problemas de subalimentación, 300 millones de personas dependen del maíz como alimento principal, pero las condiciones climáticas dificultan el cultivo; en los últimos 10 años, tres cuartas partes de las peores sequías del mundo han tenido lugar en África. Además, la falta de agua hace que este tipo de siembra se vuelva muy susceptible a las plagas, y la falta de recursos imposibilita combatirlas. Por este motivo surge en 2008 el proyecto "Maíz Eficiente en el uso de Agua para África" iniciativa que nace de una asociación público-privada, liderada por la African Agricultural Technology Foundation (AATF) y financiada por la Fundación Howard G. Buffett, la

Fundación Bill y Melinda Gates y la USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional).

Dicho proyecto empezó con el objetivo de incrementar la seguridad alimentaria en el África subsahariana a través del desarrollo e implementación de maíz transgénico WEMA. 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. Además los agricultores pueden vender el excedente para aumentar los ingresos de sus familias, y así mejorar su calidad de vida (Monsanto, s.f.).

Otra modificación significativa para mejorar la seguridad alimentaria en las zonas más necesitadas es la adaptación a suelos ácidos y/o con alto contenido en aluminio. Se estima que el 50% de los terrenos cultivables disponibles en el planeta sufren este problema en sus suelos, que se encuentran situados sobre todo en América Latina y África subsahariana (dos de las zonas con problemas de subalimentación). Gracias a la ingeniería genética un equipo de ingenieros de la universidad norteamericana de Cornell del Embrapa Maize and Sorghum Research Center, de Brasil, entre otros, lograron identificar un gen de los sorgos que introducido a otras especies sirve para incrementar la tolerancia a la acidez del terreno, incrementado notablemente la producción (Castro Perea, 2007).

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, por ejemplo el trigo salvaje tiene una producción de 0,9 toneladas por hectárea, mientras que la del trigo semienano (transgénico) es de 1,5 toneladas por hectárea.

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, puesto que como se ha comentado anteriormente en este trabajo, la seguridad alimentaria no es solo disponer de alimentos suficientes, sino que estos sean seguros y nutritivos. Un ejemplo, en este contexto es el arroz dorado (golden rice) rico en beta-caroteno, un precursor de la vitamina A, gracias a dos genes añadidos provenientes del narciso y del trigo. 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 y no tienen acceso a otros alimentos ricos en esta vitamina como el hígado o las zanahorias. En el año 2005, se creó la variedad Golden Rice 2 que incrementa en 23 veces más la producción de beta caroteno del arroz dorado original se estima que con 300 gramos, se cubrirían los requerimientos diarios de vitamina A (OMS, 2005).

Otra modificación que se ha llevado a cabo con el arroz, es el arroz transgénico rico en hierro. Dicho alimento de manera natural tiene un bajo contenido de este elemento, por lo que las dietas basadas principalmente en arroz pueden dar lugar a anemias. Gracias a la ingeniería genética se ha añadido al arroz una proteína transportadora de hierro procedente de la soja, de este modo, cada grano puede contener hasta el doble de hierro que el arroz convencional (OMS, 2005).

Incluso se está desarrollando vacas genéticamente modificadas, las cuales pueden dar leche “hipoalérgica”. Existe un importante sector de la población que no puede tomar leche, ya sea por intolerancia a la lactosa, o a alguna de sus proteínas (Prats, 2012). Gracias a esta solución, no sería necesario tratar la leche con técnicas y productos químicos para que pudieran tomarla, sino que saldría directamente de la vaca, lista para el consumo.

Esto puede suponer la diferencia en la alimentación de las familias de países en vías de desarrollo, puesto que los alimentos específicos hipoalérgicos suelen tener un coste extra y no son accesibles para todos. En cambio muchas familias de estas regiones que tienen ganado, podrán beneficiarse de este tipo de leche si tienen un miembro de la unidad familiar con esta intolerancia. La leche es un alimento rico en proteínas que puede ayudar a mantener una mejor alimentación.

Podrían citarse multitud de estudios más, donde se intenta mejorar ciertos alimentos utilizando técnicas de ingeniería genética como una piña de color rosa que tiene licopeno, un compuesto antioxidante y potencialmente anticancerígena, tomates morados con altos niveles de antocianinas, compuestos que según estudios, reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares y el cáncer, aceites de soja, canola y girasol modificados para que tengan menos grasas saturadas y más ácidos grasos Omega 3, etc. (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. La celiaquía es una intolerancia que afecta aproximadamente al 1% de la población mundial y a unas 450.000 personas en España (Federación de asociaciones de celíacos en España, s.f.). Las tesis doctorales de Gil Humanes (2011) y Ozuna (2016), dirigidas por el Profesor Francisco Barros, se orientan en también en esta línea: conseguir cultivar una nueva variedad de trigo sin gluten, que posibilita la fabricación de pan con el mismo sabor que el original. En opinión de Izaskun Martín Cabrejas, responsable de seguridad alimentaria de la Federación de Asociaciones de Celíacos, esto sería un gran avance, puesto que en su opinión, el pan sin gluten que se comercializa, a pesar de su elevado precio es de peor calidad y con menor valor nutricional que el pan de trigo (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. El aumento de los rendimientos, y la protección frente a plagas hace que se obtenga una mayor producción de alimento al final de la cosecha, lo que permite abastecer a un mayor número de personas, e incluso obtener más beneficios económicos a los pequeños agricultores por la venta del excedente. Todo ello sin necesidad de aumentar la superficie de tierra deforestada para el cultivo. Pero además la protección frente a plagas de algunos cultivos modificados genéticamente genera un importante ahorro para las explotaciones agrícolas, ya que se verá reducido la cantidad de plaguicidas que deben usar, lo que supone también una mejora en la calidad del medio ambiente, puesto que se evita en mayor medida la contaminación por nitrógeno.

Si tenemos en cuenta que gran parte de la población subalimentada se encuentra en África, las adaptaciones a la sequía de los transgénicos pueden suponer una diferencia notable a la hora de que estas poblaciones cultiven sus propios alimentos y no tengan que depender de las importaciones exteriores. Además en lugares donde la variedad de alimentos es reducida, las mejoras nutricionales en productos de dieta básicos como por ejemplo el

arroz, ayuda a combatir importantes síntomas de desnutrición, como puede ser la avitaminosis. 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).

## **8. 2.Riesgos y desventajas de los alimentos transgénicos**

Los alimentos transgénicos tienen su origen en los cruzamientos y selecciones que realizaban de manera tradicional tanto los agricultores como los ganaderos y es inevitable afirmar que este tipo de tecnología ha logrado grandes avances de cara a la sociedad, tanto en la producción de alimentos, como en el tratamiento de algunas enfermedades. Aun así 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.

### **8.2.1. 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) Estos grupos y algunos consumidores ven aun con recelo los métodos biotecnológicos y el consumo de alimentos transgénicos, fundamentándose en algunas consideraciones relacionadas con su posible generación de alergias y toxicidad.

En relación con el primer punto, cabe indicar que 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).

Otro caso que suscitó cierta alarma fue el del maíz transgénico Starlink, cuyo consumo generó reacciones alérgicas en un parte de los consumidores de tortillas elaboradas con este cereal, tal como se reporta en las investigaciones publicadas por Bucchini y Goldman (2002) y Bernstein et al. (2003). En principio, esta variedad se vendió a los agricultores para que destinar la producción a pienso para animales, si bien por desconocimiento o mala voluntad parte de la cosecha se destinó al consumo humano hasta que la EPA (Administración de Alimentos y Fármacos y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos) tomó cartas en el asunto se encargó de eliminar el maíz StarLink de la cadena de venta alimentaria.

Estos hechos, aunque en un principio parecen ser aislado, no son descartables, y puede considerarse un riesgo potencial de los alimentos transgénico el generar alergias causadas por los genes provenientes de otras especies.

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 toxicas 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 *CriticalReviews in Toxicology* se hace una amplia revisión del tema proponiendo una serie de limitaciones y recomendaciones que garanticen la seguridad de los consumidores.

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 confirmando resistencia, lo que dificultaría el tratamiento de las enfermedades infecciosas. Sin embargo, no existe evidencia que estos

genes de resistencia puedan pasar desde los OGM al tracto digestivo. Además, esta metodología es cada vez menos utilizada (Reyes & Rozowsky 2003).

Por otra parte, aunque no suponga un problema para la salud, si es importante tener en consideración ciertos planteamientos éticos en relación con el consumo de transgénicos. Por ejemplo, que supone para un vegano alimentarse de un hipotético vegetal que hubiera sido modificado con genes procedentes de una especie animal? una carne de cordero que contuviera un gen procedente del cerdo sería aceptado por una persona de religión musulmana? En cualquier caso. El posible conflicto se resolvería simplemente informando con claridad al consumidor a través del etiquetado para que pudiera decidir si consumirlo o no, con pleno conocimiento de causa.

### **8.2.2. Riesgos para el medio ambiente**

Estos riesgos son más difíciles de evaluar, puesto que no se conoce cuales 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. En este apartado se repasarán algunos de los potenciales riesgos de los OGM para el medio ambiente y la biodiversidad

En primer lugar, se expondrá el caso de la transferencia de genes de OGM a variedades comunes. 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 de manera natural mediante la polinización por aves, viento o insectos, confiriendo así a los nuevos cultivos las propiedades previamente modificadas (FAO, 2001). Esto puede suponer una especial amenaza para otras explotaciones agrícolas cercanas, o para áreas protegidas donde existen variedades autóctonas de gran valor.

Como se reporta en el informe publicado en 2009 por NABU (una de las más antiguas y amplias asociaciones de defensa del medio ambiente en Alemania), los pólenes de la canola y el maíz, por ejemplo, se dispersan con el viento o los insectos a grandes distancias, transportando también sus propiedades de resistencia a los herbicidas y a los insectos y transmitiéndolas a plantas de la misma especie. Así, en Canadá se estima que se ha producido una contaminación del 5% en cultivos de canola tradicionales que se situaban adyacentes a cultivos genéticamente modificados. Es importante tener en cuenta el derecho

de los agricultores a decidir usar o no transgénicos, por lo que la transferencia de genes dificulta este hecho.

La pérdida de biodiversidad suele estar asociada al cultivo de transgénicos por diferentes causas; en primer lugar debido a, como se comentaba anteriormente, el cruzamiento de genes que si bien es un proceso natural, puede darse el caso de que acabe desapareciendo la especie tradicional debido a este flujo genético. En segundo lugar debido a la extensión cada vez mayor de los OGM; en muchos países se está eliminando la vegetación autóctona para ser sustituida por cultivos modificados, por ejemplo en Argentina, Brasil y Paraguay los bosques son deforestados para el monocultivo de soja resistente al glifosfato (NABU, 2009). Y por último debido a la competición entre especies. Es posible que las especies transgénicas que presentan un aumento en su tasa de crecimiento, como puede ser el caso de algunos peces, aumenten sus pautas de alimentación y puedan acabar con otras especies, incluso con su homóloga común al ser desplazada del territorio (FAO, 2001)

También pueden producirse efectos dañinos sobre los insectos. Existen variedades de plantas transgénicas que son resistentes a plagas gracias a unas sustancias que ellas mismas producen sin necesidad de añadir plaguicidas. Pero esto puede tener un efecto adverso sobre otras poblaciones de insectos distintas a aquellas contra las que protegen. Un ejemplo de esto es el caso de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*), lepidóptero migratorio que se alimenta de *Asclepias* (plantas herbáceas perennes) y que es el más conocido en América del Norte. Se han realizado varios estudios donde se ha observado que el polen del maíz Bt resulta tóxico para las larvas de esta mariposa. Este polen, llega en muchas ocasiones, transportado por el viento, a variedades de *Asclepias*, causando una mayor mortalidad en el insecto cuando se alimenta de estas, que de plantas libres de este polen. Es importante señalar, que los insecticidas convencionales que se usan contra las plagas, también resultan tóxicos para la mariposa monarca y otras especies silvestres (FAO 2001).

### 8.2.3. Riesgos socioeconómicos

Además de los riesgos para la salud o sobre el medio ambiente que pueden generar los transgénicos, 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. La dependencia de las grandes empresas y corporaciones del sector agroalimentario que controlan las patentes de alimentos transgénicos y la dedicación masiva de terrenos a este tipo de cultivos, puede suponer un riesgo socioeconómico y un atentado para la soberanía alimentaria en determinados casos y países.

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. Son muy pocas las empresas que controlan este sector, pero aun así se han hecho merecedoras de fuertes críticas. El caso más llamativo es el de Monsanto, multinacional estadounidense productora de agroquímicos y productos biotecnológicos destinados a la agricultura, número uno en producción y patentes de semillas transgénicas (controla el 26% de la producción) (Rivas, 2014), recientemente fue comprada por Bayer, perdiendo la independencia que disfrutaba desde su fundación a primeros del siglo XX. La unión con Bayer ha consolidado un monopolio, al que se añaden unas pocas compañías como la suiza Syngenta, y otras menores como Dow, Pioneer y Basf. Este puñado de corporaciones controlan el mercado y en consecuencia marcan los precios (León Vega 2014). Si estos precios son elevados, se excluye de facto a los agricultores con menos recursos.

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 tradicionalmente para usarlas en la próxima cosecha, 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. Según informa Greenpeace (2009), todos los años Monsanto demanda a cientos de agricultores por guardar sus propias semillas, consiguiendo indemnizaciones para la compañía por más de 21 millones de dólares. Esta cifra aún podría ser más elevada ya que se estima que en acuerdos extra judiciales, la multinacional podría haber obtenido alrededor de 160 millones de dólares, en concepto de acuerdos con agricultores.

Pero para asegurarse la compra de nuevas semillas, estas empresas agrónomas han llegado a desarrollar la Tecnologías de Restricción del Uso Genético (GURT por sus siglas en inglés), este método desarrolla semillas que se pueden plantar, dan grano, pero se vuelven estériles una vez cosechadas, de este modo obligan a los agricultores a comprar semillas para cada siembra. Este tipo de semillas fue condenado por inmoral, y existe una moratoria en Naciones Unidas contra este tipo de técnica (Primavesi, 2014).

Pero además Monsanto no solo controla la venta de semillas, sino que para obtener más beneficios vende a los mismos agricultores otros productos necesarios para la producción alimentaria, así Monsanto es la quinta empresa agroquímica mundial y controla el 7% del mercado de insecticidas, herbicidas, fungidas, etc. Este es el caso del herbicida RoundupReady, fabricado a base de glifosato, el más vendido desde 1975, que se aplica a las semillas de la misma empresa, las cuales han sido modificadas para tolerar dicho químico (Rivas, 2014).

Un ejemplo de cómo afecta este control por parte de las empresas en los cultivos de transgénicos lo tenemos en la India, donde los costes de producción del algodón transgénico duplican a los del ecológico. Esto ha provocado que los agricultores se endeuden hasta límites tremendos especulándose por parte de algunos medios que esta haya sido la causa del gran número de suicidios de agricultores (aproximadamente 200.000) que según datos del propio Gobierno de la India, tuvieron lugar entre 1997 y

2008, en las regiones rurales en que se establecieron cultivos de algodón Bt (GreenPeace, 2010).

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 no al consumo humano sino 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), Si bien este país se ha convertido en uno de los primeros productores y exportadores mundiales de dicho cereal, tal situación supuso una importante crisis agrícola a consecuencia de la deforestación de amplios territorios, el desplazamiento de campesinos y trabajadores y la pérdida de alimentos para consumo local. La extensión de los cultivos transgénicos, en este caso no contribuyó a garantizar la seguridad alimentaria en la zona, donde la mitad de la población se encuentra por debajo del umbral de la pobreza, puesto que la superficie destinada a cultivos destinados al abastecimiento local queda reducida (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 (menos de 200 hectáreas) (Primavesi, 2014). Tal situación agravó el problema del hambre entre los sectores más desfavorecidos. En resumen, el uso de transgénicos puede poner en peligro la soberanía alimentaria, concepto que fue llevado a debate a la Cumbre Mundial de la Alimentación en 1996 y definido en los siguientes términos:

*"La Soberanía Alimentaria es el derecho de los pueblos, comunidades y países a definir sus propias políticas agrícolas, pastoriles, laborales, de pesca, alimentarias y agrarias que sean ecológica, social, económica y culturalmente apropiadas a sus circunstancias exclusivas. Esto incluye el derecho real a la alimentación y a la producción de alimentos, lo que significa que todos los pueblos tienen el derecho de tener alimentos y recursos para la producción de alimentos seguros, nutritivos y culturalmente apropiados, así como la capacidad de mantenerse a sí mismos y a sus sociedades". ("Soberanía alimentaria: un derecho para todos", Declaración política del Foro de ONG/OSC para la Soberanía Alimentaria. Roma, junio de 2002).*

En opinión de algunos autores que se han ocupado de analizar el impacto de la extensión de los cultivos transgénicos de soja y maíz en países como México o Ecuador, la agricultura campesina que no cuenta con los recursos suficientes para competir con las semillas transgénicas y el modelo agroindustrial. Este modelo, lleva a una pérdida de la diversidad de los cultivos autóctonos, afecta a la agricultura familiar y de las comunidades y está en las antípodas de asegurar la soberanía alimentaria, habiendo generado gran conflictividad social sobre todo por aspectos como el acceso a la tierra y a los recursos productivos (Chaparro Giraldo 2011; León Vega 2014)

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.

## **9. Regulación de los transgénicos**

Debido a la diversidad de opiniones en cuanto a los beneficios o riesgos que suponen los transgénicos, y dado que no existe un consenso a nivel mundial sobre el uso de estos, 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, no existe el mismo grado de protección, siendo por ejemplo Europa mucho más restrictiva que EEUU o América Latina.

Se expondrá a continuación el estado en que se encuentra actualmente la regulación de los alimentos transgénicos a nivel internacional, europeo y español. 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. Su principal objetivo y así lo recoge el artículo 1 es *“De conformidad con el enfoque de precaución que figura en el Principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, el objetivo del presente Protocolo es contribuir a garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización seguras de los organismos vivos modificados resultantes de la biotecnología moderna que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana, y centrándose concretamente en los movimientos transfronterizos”* (Naciones Unidas, 2000. *Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología*)

Este convenio está ratificado por 163 estados, entre los que no se encuentra EE.UU, y como anuncia en su objetivo, fija normas básicas generales sobre el uso OMG para garantizar la protección de la salud, y el cuidado del medio ambiente (Ayllon Díaz González, 2012).

-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). Aunque este convenio se firmó el 25 de junio de 1998, no fue hasta la segunda conferencia de las partes el 27 de mayo de 2005 en Almaty, cuando aparece la temática de los transgénicos. Ese mismo año 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". Contenido que anteriormente quedaba ajeno al control público (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 en vigor el 26 de marzo de 1975 (Pérez & Escauriaza, s.f.)

La biotecnología es una herramienta capaz de crear armas biológicas, por ello es necesario que los organismos modificados genéticamente pasen unos controles necesarios para comprobar que dichas alteraciones no constituyen un riesgo para la salud.

-A nivel internacional también es interesante tener en cuenta la normativa del *Codex Alimentarius*, este código, es un punto de referencia a nivel internacional tanto para consumidores, productores, elaboradores, organismos oficiales, etc. La comisión encargada de este proyecto está formada de manera conjunta por la FAO y la OMS, y lleva funcionando desde 1963, aunque la primera publicación se realizó en 1999. El objetivo del Codex es garantizar alimentos inocuos y de calidad para todas las personas en cualquier lugar y garantizar prácticas equitativas en el comercio de alimentos. Para ello la comisión elabora normas, prácticas, directrices y recomendaciones a seguir sobre alimentos. Algunos de los temas que tratan son la biotecnología, los plaguicidas, los aditivos etc. (FAO & OMS, 2016). En su página web (<http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-home/es/>) se puede descargar el Codex sobre alimentos obtenidos mediante técnicas biotecnológicas elaborado en 2009, donde aparecen los principios y directrices a seguir sobre cómo evaluar la inocuidad de estos alimentos.

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 organismos 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 OGM y la trazabilidad de los alimentos y piensos producidos a partir de estos [Reglamento (CE) 1830/2003] (García Vidal, 2015).

El objetivo de la legislación europea, y así viene recogido en el artículo 4.1 de la Directiva 2001/18/CE especifica que *“Los Estados miembros garantizarán, de conformidad con el principio de cautela, la adopción de todas las medidas adecuadas para evitar los efectos negativos en la salud humana y en el medio ambiente que pudieren resultar de la liberación intencional o de la comercialización de OMG. La liberación intencional en el medio ambiente o la comercialización de OMG podrá realizarse únicamente de conformidad con las Partes B o C, respectivamente”* (Directiva 2001/18/CE).

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. Pero existe el riesgo de que el material transgénico afecte involuntariamente a los cultivos vecinos, esto puede suceder por mezclar accidentalmente semillas, utilizar el mismo material de siembra para cultivos diferentes o por polinización cruzada (lo cual es la causa más común). Tratando de poner solución a este problema la Directiva (UE) 2015/412 establece en el artículo 1 bis: *«a partir del 3 de abril de 2017 los Estados miembros en los que se cultiven OMG adoptarán medidas adecuadas en las zonas fronterizas de su territorio con el fin de evitar una posible contaminación transfronteriza a los Estados miembros vecinos en los que esté prohibido el cultivo de esos OMG, a menos que dichas medidas sean innecesarias debido a unas condiciones geográficas específicas. Dichas medidas se comunicarán a la Comisión.»*(Directiva (UE) 2015/412).

Esta directiva también permite que sean los estados miembros los que decidan si quieren comercializar OGM ya autorizados (García Vidal, 2015).

De acuerdo con la normativa comunitaria se establecen 4 principios básicos que los estados miembros deben seguir a la hora de regular los OGM

- Principio de prevención: Es necesario planificar correctamente las actuaciones con transgénicos de tal modo que se eviten, o si no es posible se minimicen, las consecuencias negativas
- Principio de cautela: Si no se puede descartar la posibilidad de que existan consecuencias negativas de la actuación con transgénicos, lo adecuado es no llevar a cabo dicha actuación
- Principio del caso por caso: Cada actuación relacionada con transgénicos debe analizarse de manera independiente, tratando por separado cada etapa del proceso (investigación, cultivo, uso en especies, comercialización etc.)
- Principio de paso a paso: La autorización para el uso y la comercialización de transgénicos debe hacerse siguiendo diferentes etapas consecutivas y jerarquizadas, en el orden previsto (Ayllon Díaz González, 2012)

Basándose en estos principios, y puesto que actualmente es difícil garantizar al 100% la inocuidad de los transgénicos, muchos estados miembros han decidido no usar los OGM en sus territorios. En el 2016, 17 países habían prohibido en su legislación los cultivos transgénicos, y de los 11 restantes, solo se cultivan este tipo de alimentos en 5 de ellos, pero solo en uno, España, se cultiva de manera significativa (107.749 hectáreas), seguido muy de lejos de Portugal (8.017 hectáreas), República Checa (997 hectáreas), Eslovenia (104 hectáreas) y Rumania (3hectáreas) (GreenPeace, 2016).

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 OGM 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 OGM o bien, se ha producido a partir de OGM 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)

También es obligatorio que cada vez que un producto derivado de OMG se comercializa se debe transmitir al comprador la información sobre el OMG a partir del cual ha sido producido, y conservar esta información durante 5 años. Para ello la Comisión Europea asigna a cada OGM un código que debe acompañar en toda la producción y distribución del producto (Art. 4 y 5 del Reglamento 1830/2003)(Ecologistas en acción, 2005)

En cuanto a la trazabilidad, en el reglamento 1829/03 se modifica el umbral de presencia accidental o inevitable de OGM para el etiquetado, pasando de un 1% a 0,9% (por ingrediente,) y a 0,5% para OGM que no hayan completado el proceso de autorización pero que dispongan de una evaluación de riesgo favorable, por un plazo de 3 años. Por encima de estos umbrales es necesario señalar en su etiqueta que contienen de algún modo OGM (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 2004).

Pero estos reglamentos presentan algunas excepciones: no es necesario etiquetar productos derivados de animales que hayan sido alimentados con piensos de origen transgénico o productos elaborados a partir de enzimas o fermentos modificados genéticamente (Ecologistas en acción, 2005)

Todo ello tiene como finalidad garantizar el derecho a los consumidores a poder elegir que quieren consumir, por lo que es necesario informar sobre los OGM. De diferente manera ocurre en los EEUU, donde no se obliga a informar del etiquetado de los transgénicos, puesto que se considera que si los OGM no se diferencian de sus homólogos ni en valor nutricional, composición o inocuidad, el etiquetado es innecesario. (FAO, 2001)

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, y así lo recoge la exposición de motivos de la misma ley.

En el artículo 1 aparece recogido el objetivo principal de esta ley, de la siguiente forma:

*Esta ley tiene por objeto el establecimiento del régimen jurídico aplicable a las actividades de utilización confinada, liberación voluntaria de organismos modificados genéticamente y comercialización de estos organismos o de productos que los contengan, con el fin de evitar los eventuales riesgos o reducir los posibles daños que de estas actividades pudieran derivarse para la salud humana o el medio ambiente (Ley 9/2003).*

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.)

En la legislación española, y tal y como lo refleja el título de esta ley, se regulan 3 actividades diferentes relacionadas con los transgénicos, y cada una de ellas tiene diferentes requisitos, aunque las 3 tienen normas comunes.

- La utilización confinada de OMG, entendida como la actuación relacionada con los OMG en las que dicho organismo no está en contacto con el medio ambiente o la población. Esta actividad se regula en los arts. 5 y ss. de la Ley 9/2003 y arts. 11 y ss. del Real Decreto 178/2004. Puesto que se trata de actividades que normalmente tiene lugar en laboratorios, el principal objetivo es evitar el riesgo de la liberación de estos organismos, por lo que deben existir ciertas normas para el confinamiento.

- Liberación en el medio de OGM, en este caso, no son necesarias las medidas de confinamiento, puesto que se estima que el OGM no representa ningún riesgo. (Se excluye de este apartado la liberación con fines comerciales.) La regulación de la liberación voluntaria de OMG se encuentra contenida en los arts. 11 y 12 de la Ley 9/2003, y los arts. 22 y ss. del Real Decreto 178/2004. Para llevarse a cabo la liberación es necesario una autorización por parte de la administración, esta puede proceder de las CC.AA o de al Consejo Interministerial de OMG, del MAGRAMA, dependiendo cual sea la finalidad de dicha actividad. Esta solicitud debe ir siempre acompañada de un estudio técnico descriptivo de la actividad y de una evaluación de los riesgos para la salud humana y para el medio ambiente.
- La comercialización de OMG, entendida como cualquier entrega a terceros de transgénicos o de productos que los contengan. (compra-venta, importación, exportación y donación). Esta actividad se regula en los arts. 13 y ss. de la Ley 9/2003 y en los arts. 30 y ss. del Real Decreto 178/2004. Siempre es necesaria una autorización para la comercialización, si la finalidad es el consumo humano o pienso para la alimentación animal, debe seguir las pautas establecidas en el Reglamento (CE) nº 1829/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de septiembre de 2003. La administración general del estado debe elaborar un informe de evaluación indicando si es o no favorable la comercialización, este informe es remitido a la Comisión Europea, que lo enviará a los Estados Miembros para que ellos puedan formular objeciones. En caso que así sucediera, será la Comisión quien debe decidir si se puede o no comercializar este transgénico (Ayllon Díaz González, J. M., 2012)

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.).

Siendo Aragón, Extremadura y Cataluña las Comunidad Autónomas donde más OGM se cultivan en España. Justo al contrario que otras como Canarias, Asturias, Cantabria o el País Vasco, donde las autonomías han preferido no introducir los transgénicos en su agricultura (GreenPeace, 2016).

## 10. 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, ya que los organismos transgénicos pueden crearse en condiciones confinadas, pequeñas granjas o zonas de mayor superficie. 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 que pretendan implantarse en zonas de selva, de bosque o destinadas a la producción de especies autóctonas.

Dicho esto, hay que señalar que los problemas asociados a la implantación de los transgénicos son fundamentalmente económicos. No se derivan de la tecnología en sí misma, sino del 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 el 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.

## 11. 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. Nitrato y Nitrito. Disponible: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs204.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs204.pdf)
- Agro-Bio. (2017). Plantas genéticamente modificadas podrían ayudar en la lucha contra la malaria. Disponible: <http://www.agrobio.org/salud/plantas-geneticamente-modificadas-podrian-ayudar-la-lucha-la-malaria/>
- 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.
- Andrade S, Andrea C. (2015) Generación de plantas transgénicas de Arabidopsisthaliana con el gen codificante de un inhibidor de tripsina tipo Kunitz (PdKTI3), asociado a tolerancia a exceso de cobre en álamos. Universidad de Talca, Chile.
- Antón, A., Lizaso, J. (2015). *Nitritos, Nitratos y Nitrosaminas*. Disponible: [http://www.proyectopandora.es/wp-content/uploads/Bibliografia/13181019\\_nitritos\\_nitratos.pdf](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&note=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). Consumo de fertilizantes (kilogramos por hectárea de tierras cultivables). Disponible: <https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.CON.FERT.ZS>
- 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. *CriticalReviews in Toxicology*, 43(2): 1-24.

- Bernstein, J.A. Bernstein I. L., Bucchini, L., Lynn R., Goldman, Robert G. Hamilton, Lehrer, S., Rubin, C., Sampson H. (2003). Clinical and Laboratory Investigation of Allergy to Genetically Modified Foods. *EnvironHealthPerspect.* 111(8): 1114–1121
- BioFabrica. (2014). Fertilizantes químicos, usos y consecuencias en la agricultura y a la salud. Disponible: <http://www.biofabrica.com.mx/blog/?tag=agricultura>
- Bucchini, L., Goldman, L. R. (2002). Starlink Corn: A Risk Analysis. *EnvironHealthPerspect.* 2002;110(1): 5-13
- Campos del Pozo, V.M. (2010) Fitorremediación de contaminantes persistentes: una aproximación biotecnología utilizando Chopo (*Populus spp.*) como sistema de modelo. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid
- Carricondo, A. (2013). El valor de un descanso necesario. *El Ecologista N°78*. Disponible: <http://www.ecologistasenaccion.org/article26524.html>
- Castillo Pacheco, D.E., Salcedo González, 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.
- Castillo, J. (2012). Plantas transgénicas, ¿Medicinas del futuro? Disponible: <https://www.drosophila.es/blog/2012/11/26/plantas-transgenicas-medicinas-del-futuro/>
- Castro Perea, O. (2007). Identificado un gen que permitirá cultivar los suelos ácidos. Disponible: [http://www.tendencias21.net/Identificado-un-gen-que-permitira-cultivar-los-suelos-acidos\\_a1728.html](http://www.tendencias21.net/Identificado-un-gen-que-permitira-cultivar-los-suelos-acidos_a1728.html)
- Cavagnari, B. M. (2010). Animales transgénicos: usos y limitaciones en la medicina del siglo XXI. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 108(4): 343-349.
- Chaparro Giraldo, A. (2011). Cultivos transgénicos, entre los riesgos biológicos y los beneficios ambientales y económicos. *Acta Biológica Colombiana*, 16(3): 231-252
- 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](http://www.mediterranea.org/cae/aarhus_convenio.htm)
- Del puerto Rodríguez, M. A., Suárez Tamayo, S., Palacio Estrada, D. E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el medio ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3):372-387

- 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 en lo que respecta a la posibilidad de que los Estados miembros restrinjan o prohíban el cultivo de organismos modificados genéticamente (OMG) en su territorio.
- Directiva N° 2001/18/CE del parlamento europeo y del consejo de 12 de marzo de 2001 sobre la liberación intencional en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente y por la que se deroga la Directiva 90/220/CEE del Consejo.
- Ecologistas en acción. (1998). Hormonas de crecimiento bovino. Disponible: <http://www.ecologistasenaccion.org/article16771.html>
- Ecologistas en acción. (2005) Legislación sobre OGMs. Disponible: <http://www.ecologistasenaccion.org/article3178.html>
- Ecologistas en acción. (2005). Riesgos de los cultivos transgénicos. Disponible: <http://www.ecologistasenaccion.org/article3176.html>
- FAO, FIDA, & PMA. (2015). El Estado de la Inseguridad Alimentaria en el Mundo, 2015. Cumplimiento de las metas internacionales del hambre para 2015: balance de los progresos desiguales. Disponible: <http://www.fao.org/3/a-i4646s.pdf>
- FAO, OMS. (2016). Codex Alimentarius. Disponible: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/es/>
- FAO. (1996). Cumbre Mundial sobre la alimentación. Disponible: [http://www.fao.org/wfs/index\\_es.htm](http://www.fao.org/wfs/index_es.htm)
- FAO. (2001). Los organismos modificados genéticamente, los consumidores, la inocuidad de los alimentos y el medio ambiente. Disponible: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/x9602s/x9602s00.pdf>
- FAO. (2002). Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Disponible: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y3557S/>
- FAO. (2009). La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. Disponible: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues\\_papers/Issues\\_papers\\_SP/La\\_agricultura\\_mundial.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf)
- FAO. (2010, Julio). Las biotecnologías ganaderas en los países en desarrollo. Disponible: <http://www.fao.org/biotech/sectoral-overviews/biotech-livestock/es/>
- FAO. (2013). Afrontar la escasez de agua, Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. Disponible: <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>
- FAO. (2014). Las madres y los niños son la clave para una mejor nutrición mundial. Disponible: <http://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/265349/>

- FAO. (2015). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015 (Mapa ODM). Disponible: <http://www.fao.org/hunger/es/>
- FAO. (2015). Evaluación de los recursos forestales mundiales. Disponible: <http://www.fao.org/3/a-i4808s.pdf>
- FAO. (2016). El estado de los bosques del mundo (Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra). Disponible: <http://www.fao.org/3/a-i5588s.pdf>
- Federación de Asociaciones de Celiacos en España. (s.f.). ¿Qué es la enfermedad celiaca? Disponible: <http://www.celiacos.org/enfermedad-celiaca/preguntas-frecuentes.html>
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por plaguicidas. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 26(1): 155-171
- Fundación CODEPSA. (2015). El hambre: su medida y consecuencias. Disponible: <http://www.codespa.org/blog/2015/02/03/el-hambre-su-medida-y-consecuencias/>
- García Vidal, A. (2015). *Directiva-UE-2015-412 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de marzo de 2015*. Disponible: <https://blog.uclm.es/cesco/files/2015/04/Directiva-UE-2015-412-del-Parlamento-Europeo-y-del-Consejo-de-11-de-marzo-de-2015.pdf>
- Garro Monge, G. (2015) Uso de biotecnología modifica salmón para que crezca en la mitad del tiempo convencional. *Revista Alimentaria. Cámara Costarricense de la Industria Alimentaria*. Edición 141.
- Gil Humanes, J. (2011) Obtención de líneas de trigo con bajo contenido en epitopos responsables de la enfermedad celiaca mediante ARN de interferencia. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba.
- Gonzales Torralba F. (2012) Aspectos agronómicos, biológicos y moleculares de biotipos resistentes al herbicida glifosato. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. .
- Greenpeace. (2009). Impacto de la ganadería en la Amazonia. Disponible: <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/impacto-de-la-ganader-a-en-la-2.pdf>
- Greenpeace. (2009). Impactos sociales y económicos de los transgénicos. Disponible: <http://stopogm.net/sites/stopogm.net/files/socioeconomia.pdf>
- Greenpeace. (2010). Efectos socio económicos y agrarios. Disponible: <http://www.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en/Transgenicos/Transgenicos/Problemas-de-los-transgenicos/Efectos-socio-economicos-y-agrarios-de-los-transgenicos/>

- Greenpeace.(2015). *Plaguicidas y nuestra salud*. Disponible:  
[http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/2015/Report/agricultura/Plaguicidas\\_Y%20Nuestra\\_Salud\\_ResumenCastellano.pdf](http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/2015/Report/agricultura/Plaguicidas_Y%20Nuestra_Salud_ResumenCastellano.pdf)
- Greenpeace. (2016) Los cultivos transgénicos tienen los días contados en la UE. Disponible: <http://www.greenpeace.org/espana/es/Blog/los-cultivos-transgnicos-tienen-los-das-conta/blog/55694/>
- Jakszym, P. (2006) Nitrosaminas y riesgo de cáncer gástrico. Tesis Doctoral, Instituto Catalán de Oncología, Universidad Pompeu Fabra.
- Larrión, J. (2013). Erradicar el hambre con biotecnología. Promesas, inquietudes y nuevos desafíos en un mundo globalizado. *Aposta Revista de Ciencias Sociales*; 1- 35
- León Vega, X. A. (2014) Transgénicos, agroindustria y soberanía alimentaria. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 16: 29-53.
- 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. España
- 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 (Derogada), España
- López Fandiño R, Medina Méndez I. La alimentación en el siglo XXI. Colección Divulgación. Consejo Superior de Investigaciones Científicas 2009.
- Marrodán, M. D. (2016). Como medir la Seguridad Alimentaria: Escalas de Percepción e Indicadores objetivos. En: *Mejorando la Salud de los Más Jóvenes: de la Obesidad a la Sostenibilidad*. J. R. Martínez Álvarez y A. Villarino Martín (eds.) Punto Didot, Madrid.
- Marrodán, M. D., Cabañas, M. D. (2015). La Antropometría en la Evaluación Nutricional de Poblaciones en Situaciones de Emergencia. *Jornadas sobre Antropometría y Cooperación*. Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación. Disponible <http://www.nutricion.org/img/files/FUENFRIA%202015-%20Marrodan.pdf>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Disponible: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (s.f.). Legislación europea. Disponible: [http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/legislacion-general/legislacion\\_europea.aspx](http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/legislacion-general/legislacion_europea.aspx)

- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (s.f.). Legislación internacional. Disponible: [http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/legislacion-general/Legislacion\\_internacional.aspx](http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/legislacion-general/Legislacion_internacional.aspx)
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (s.f.). Legislación española. Disponible: [http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/legislacion-general/Legislacion\\_espaniola.aspx](http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/legislacion-general/Legislacion_espaniola.aspx)
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2004). Guía de aplicación de las exigencias de etiquetado y trazabilidad de alimentos y piensos modificados genéticamente. Disponible: [http://www.fiab.es/es/zonadescargas/da/GUIA\\_OGMs.pdf](http://www.fiab.es/es/zonadescargas/da/GUIA_OGMs.pdf)
- Miralles, D. J. (2013). Estrategias para aumentar la producción de alimentos. *Ciencia Hoy*, 23 (134) : 29-33
- Molina Muñoz, I. A. (2008). Vacunas transgénicas. Disponible: <http://www2.uned.es/experto-biotecnologia-alimentos/TrabajosSelecc/IsabelMolina.pdf>
- Monsanto. (s.f.). Programa de Maíz Eficiente en el uso de Agua para África (WEMA). Disponible: <http://www.monsantoglobal.com/global/ar/nuestros-compromisos/pages/nl-nov2014-programa-maiz-eficiente.aspx>
- Morales, C. (2001). Las nuevas fronteras tecnológicas: promesas, desafíos y amenazas de los transgénicos. Red de Reestructuración y Competitividad. División de Desarrollo Productivo y Empresarial. CEPAL. Santiago de Chile.
- NABU.(2009). Cultivos transgénicos y biodiversidad. Impacto mundial de los cultivos modificados genéticamente. Degmair, J y Ober S. (ed). NABU-Bundesverband. Alemania.
- Naciones Unidas. (2000). Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología. Disponible: <http://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/cartagena-protocol-es.pdf>
- Naciones Unidas. (2015). Población. Disponible: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>
- Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo del Milenio (Informe 2015). Disponible: [http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015\\_spanish.pdf](http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015_spanish.pdf)
- Naciones Unidas. (2016). Alimentación. Disponible: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/food/index.html>

-NationalGeographic. (2010). Deforestación. Disponible:

<http://www.nationalgeographic.es/node/27631>

-Nordlee, J.A, Taylor SL, Townsend JA, Thomas LA, Bush RK. (1996). Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *N Engl J Med*; 334 (11): 688-692.

-OMS (Organización Mundial de la Salud). (2005). Biotecnología moderna de los alimentos, salud y desarrollo humano: estudio basado en evidencias. Disponible:

[http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/biotech\\_sp.pdf](http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/biotech_sp.pdf)

-OMS (Organización Mundial de la Salud). (2010). Código internacional de conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas (Directrices para el registro de plaguicidas). Disponible:

[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/70602/1/WHO\\_HTM\\_NTD\\_WHOPEPES\\_2010.7\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/70602/1/WHO_HTM_NTD_WHOPEPES_2010.7_spa.pdf)

-OMS (Organización Mundial de la Salud). (2016). La esperanza de vida ha aumentado en 5 años desde el año 2000, pero persisten las desigualdades sanitarias. Disponible: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/health-inequalities-persist/es/>

-OMS (Organización Mundial de la Salud). (s.f.). Nutrición. Disponible:

<http://www.who.int/nutrition/challenges/es/>

-Orozco Gutiérrez, G. (2016) Respuestas transcripcional de *Populus* bifenilopoliclorados: Aspectos aplicados a la fitoremediación. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

-Ortiz, I., AvilaChavez, M. A., Torres, L. G. (2013). Plaguicidas en México: usos, riesgos y marco regulatorio. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 4(1): 26-46.

-Ozuna Serafini, C.V. (2016) Caracterización de nuevas variantes de prolaminas en triticéneas: potencial para la selección de variedades no tóxicas para celíacos. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba.

-Pérez Colomé, J. (2016) ¿Pueden los transgénicos salvar el planeta? *El País*. Disponible: <http://elpaissemanal.elpais.com/documentos/transgenicos/>

-Pérez, R., Escauriaza, R. (s.f.) Divulgación Convención para la prohibición de las Armas Biológicas: una herramienta para la seguridad internacional. Disponible:

[http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/Divulgacion\\_CABT\\_tcm7-234493.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/Divulgacion_CABT_tcm7-234493.pdf)

- Prats, J. (2012) Una vaca modificada genéticamente produce leche hipoalergénica. *El País*. Disponible: [https://elpais.com/sociedad/2012/10/02/actualidad/1349174134\\_902151.html](https://elpais.com/sociedad/2012/10/02/actualidad/1349174134_902151.html)
- Primavesi, A. M. (2014). Porqué los cultivos transgénicos son una amenaza a los campesinos, la soberanía alimentaria, la salud y la biodiversidad en el planeta. Disponible: <https://www.alainet.org/es/active/76040>
- Ramón D. Los genes que comemos. Ed. Algar Madrid. 1999
- Ramón Vidal, D. (2004). Nuevas aplicaciones de la genética en la alimentación: los alimentos transgénicos. *Alimentación, Nutrición y Salud*, 11(1): 1-5.
- Ramón, D., Calvo, M.D (2001). Debate en torno a la comercialización de los alimentos transgénicos. *Arbor*, 168(661): 171-186.
- 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 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente.
- Reglamento (CE) nº 1829/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de septiembre de 2003, relativo a la trazabilidad y al etiquetado de organismos modificados genéticamente y a la trazabilidad de los alimentos y piensos producidos a partir de éstos, y por el que se modifica la Directiva 2001/18/CE
- Reglamento 1830/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2003, relativo a la trazabilidad y al etiquetado de OGM 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
- Renato, M. (2014). Medicinas producidas en plantas. Disponible: <http://www.investigacionyciencia.es/blogs/medicina-y-biologia/53/posts/medicinas-producidas-en-plantas-12474>
- Reyes MS, Rozowski NJ. (2003) *Alimentos Transgénicos*. *Revista Chilena de Nutrición*, 30 (1): 21-26.
- Rivas, E. (2014). Monsanto, la semilla del diablo. Disponible: <https://esthervivas.com/2014/05/29/monsanto-la-semilla-del-diablo/>
- Rivera, R., Gómez Bravo, C. (2017). Aplicaciones de la Biotecnología para promover el desarrollo ganadero. Disponible: <http://www.actualidadganadera.com/articulos/aplicaciones-de-la-biotecnologia-para-promover-el-desarrollo-ganadero.html>

- Robin, MM. (2008). El mundo según Monsanto: De la dioxina a los OGM. Una multinacional que les desea lo mejor. Ed. Península
- Rodríguez Ferri, E. F., Zumalacárregu Rodríguez, J. M., Otero Carballeira, A., Calleja Suarez, A., de La Fuente Crespo, L. F. (2003). Los alimentos transgénicos y los organismos manipulados genéticamente. Facultad de Veterinaria. Universidad de León. CajaEspaña, Obra Social.
- Royal Society of Canadá (2001). Elements of Precaution.Recommendations for the Regulation of Food Biotechnology in Canada. An Expert Panel Report on the Future of Food Biotechnology. 14-19. Disponible: <https://rsc-src.ca/en/expert-panels/rsc-reports/elements-precaution-recommendations-for-regulation-food-biotechnology-in>
- Sánchez García de la Torre V. (2015) Tolerancia al estrés por cadmio y mercurio en Medicagospp: Análisis de los mecanismos implicados y potencial aplicación en fitorremediación. Tesis Doctoral Universidad Autónoma de Madrid. Madrid
- Sánchez Martín, T. (2008). *Plantas Transgénicas* (Biotecnología y alimentación). Diponible:<http://www2.uned.es/experto-biotecnologia-alimentos/TrabajosSelecc/TrinidadSanchez.pdf>
- Servicio Internacional de Adquisición de Aplicaciones de Agrobiotecnología. (2016). Entre 1996 y 2015 se sembraron dos mil millones de hectáreas con cultivos transgénicos o modificados genéticamente. Disponible: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/51/pressrelease/pdf/B51-PressRelease-Spanish.pdf>
- Servicio Internacional de Adquisición de Aplicaciones de Agrobiotecnología. (2015). Los cultivos transgénicos muestran un crecimiento constante; beneficios obtenidos en 2014; la superficie sembrada en todo el mundo aumentó en 6 millones de hectáreas.Disponible: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/49/pressrelease/pdf/B49-PressRelease-Spanish.pdf>
- Soberanía alimentaria: un derecho para todos, Declaración política del Foro de ONG/OSC para la Soberanía Alimentaria. Roma, junio de 2002.Disponible: [https://vsf.org.es/sites/default/files/docs/que-es-la-soberania-alimentaria\\_.pdf](https://vsf.org.es/sites/default/files/docs/que-es-la-soberania-alimentaria_.pdf)
- Tobón Marulanda, F. A., Lopez Giraldo, L. A., Paniagua Suárez, R. A. (2010). Contaminación del agua por plaguicidas en un área de Antioquia. *Salud Pública*, 12(2): 303-307.

-Universidad de Málaga. (2014). Árboles transgénicos idóneos para fitoremediación o aprovechamiento de biomasa. Disponible:<http://umapatent.uma.es/es/patent/arboles-transgenicos-idoneos-para-fitorremedibaf/>

-Vilches, A, Gil Pérez, D., Toscano, J.C., Macías, O. (2009). Agotamiento y destrucción de los recursos naturales. Década por una Educación para la Sostenibilidad. Disponible: <http://www.oei.es/historico/decada/accion23.htm>

-Weimberg, J. (2009). Guía para las ONG sobre los plaguicidas peligrosos y el SAICM. Marco de acción para protegerla salud humana y el medio ambiente de los plaguicidas peligrosos. International Pops Elimination Network. Disponible:[http://www.ipen.org/sites/default/files/documents/ngo\\_guide\\_hazpest\\_saicm-es.pdf](http://www.ipen.org/sites/default/files/documents/ngo_guide_hazpest_saicm-es.pdf)

**FIN**