

TRANSGÉNICOS

Una visión crítica frente al reduccionismo

Salvador Arijó Andrade

CONCEPTOS

¿Qué es la Biotecnología?

Convenio de Diversidad Biológica (1992):

Toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos

- Siglo XIX: Pasteur descubre que los *fermentos* son microorganismos
- Mediados del siglo XX: Watson y Crick definen la estructura del ADN
- 1973: Primera transferencia génica artificial entre microorganismos de especies diferentes
- Años 80: Se consigue unir un gen de una bacteria a una petunia. Nace la primera planta transgénica

CONCEPTOS

USO DE LA BIOTECNOLOGÍA

- Producción de alimentos: queso, yogurt
- Producción de bebidas: vino, cerveza
- Depuración de aguas residuales
- Eliminación de residuos orgánicos: RSU, lactosueros, etc.
- Lixiviación de metales pesados en extracciones mineras
- Biorremediación: lucha contra las mareas negras y descontaminación de suelos
- Insecticidas naturales
- Producción de biocombustibles: bioetanol, biogás
- Producción de biopolímeros (plásticos): PHB, Xantano
- Uso de probióticos
- Fabricación de medicamentos
- Investigación
- Cultivos transgénicos

¿Qué es la Ingeniería Genética?

Tecnología que permite la manipulación del material genético de los organismos para obtener un determinado beneficio científico o productivo

Genera organismos manipulados genéticamente (OMG)

- Sobre-expresión de un gen
- Supresión de genes
- Mutaciones génicas
- Transgénicos

CLONACIÓN

Técnica para la obtención de individuos genéticamente idénticos (Clones)

¿Qué son los Transgénicos?

- Organismos manipulados genéticamente que incorporan genes de otras especies, dándoles **características diferenciales** respecto al organismo original
- Sus descendientes heredan este mismo gen del mismo modo que los propios

¿Para qué se utilizan?

- Investigación
- Industria farmacéutica
- Industria de producción de bienes de consumo
- Agricultura
- Ganadería y acuicultura

¿Dónde se cultivan?

- Laboratorios
- Reactores industriales
- Campos y granjas de investigación
- Campos agrícolas

¿Cómo se fabrica un transgénico?

- Aislamiento o fabricación del gen que se quiere transferir
- Adición de un gen marcador (gen de resistencia a antibióticos, gen de fluorescencia...)
- Transferencia del gen a células aisladas
 - Virus
 - Microinyección
 - Fusión de liposomas
 - Electropolación
 - Cañón de partículas
 - En plantas: Transferencia por *Agrobacterium (Rhizobium)*
- Selección de las células transgénicas (células marcadas)
- En plantas: cultivo “in vitro” de las células seleccionadas
- Obtención de individuos transgénicos

Modo de producción

Dentro de fermentadores

- Las células se mantienen dentro de los reactores y no interaccionan con el exterior
- Sólo se extrae el producto final

En el Medio Ambiente

- Supone la liberación del organismo en el medio ambiente
- Cultivo de plantas
- Acuicultura y ganadería

Cultivo de plantas transgénicas

Características

- Plantas transformadas genéticamente
- Adquirieren propiedades nuevas para la especie
- Cultivadas en terrenos agrícolas

Usos potenciales

- Producción de fármacos y vacunas
- Control de enfermedades virales (resistencia viral)
- Resistencia a plagas de artrópodos
- Resistencia a herbicidas
- Tolerancia al estrés ambiental: temperaturas, sequías, falta de nutrientes, salinidad, pH del suelo
- Mejora de la calidad nutritiva: proteínas, minerales, vitaminas
- Aumento del rendimiento de producción

Algunos beneficios potenciales de los cultivos transgénicos

Mejora de las condiciones de cultivo

Cultivos resistentes a la sequía, a suelos pobres o salinos

Cultivos resistentes a las heladas

Reducción del uso de plaguicidas

Disminución de los costes de producción

Reducción del uso de herbicidas

Obtención de productos agrícolas mejorados

Café con mejor sabor

Sojas con mayor proporción de proteínas

Bananas con capacidad de albergar vacunas

Girasol con mejor composición de ácidos grasos

Patatas más dulces y con menor capacidad de adsorción de aceite

Uvas sin pepitas

Fresas que tardan en madurar

Arroz con beta caroteno (precursor de la vitamina A)

Mejora de la calidad de vida y disminución del hambre en el mundo

Cultivos Transgénicos

Especies transgénicas más cultivadas

- ✓ Soja
- ✓ Maíz
- ✓ Algodón
- ✓ Colza
- ✓ Tabaco
- ✓ Otros: arroz, remolacha, patata, trigo

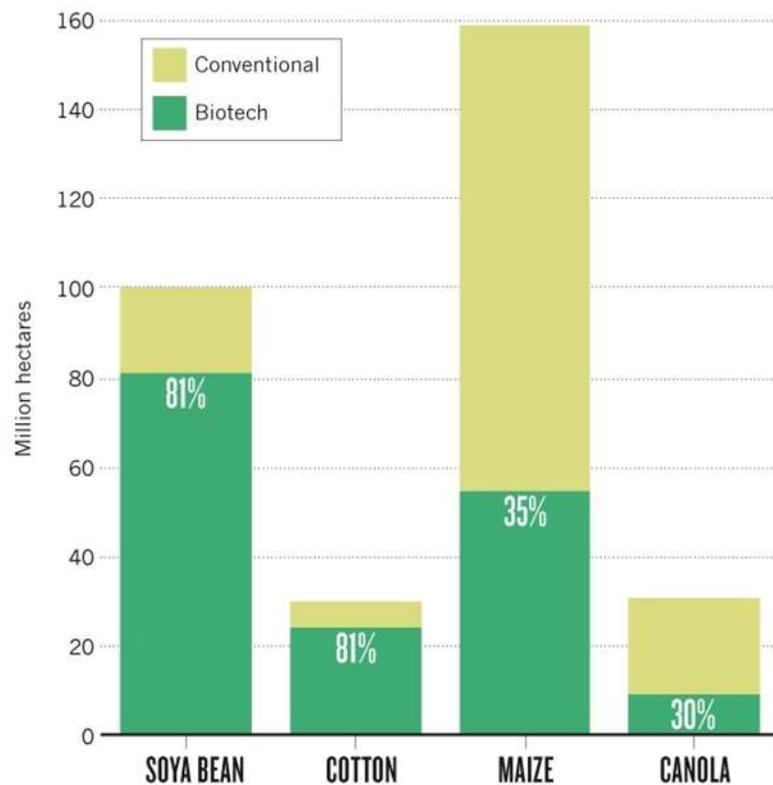
Cultivos Transgénicos

Tipos de transgénicos más cultivados

- ✓ Resistencia a herbicida (Glifosato, Monsanto)
- ✓ Incorporación de la toxina Bt (procedente de *Bacillus thuringensis*)
- ✓ Resistencia a herbicida + toxina Bt

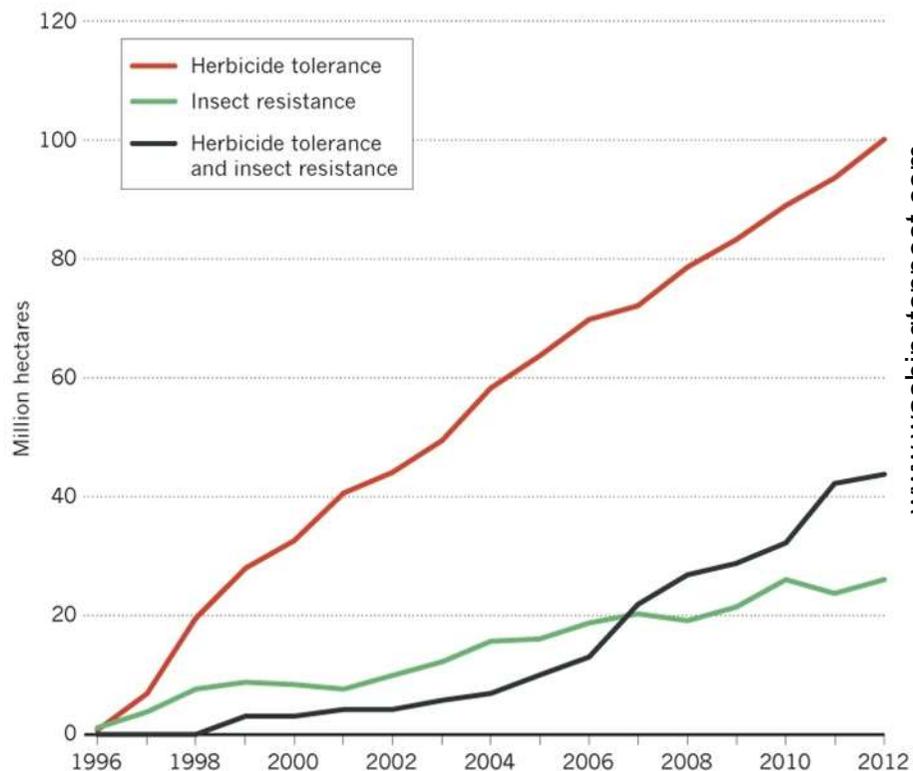
Popular crops

GM soya bean, maize (corn), cotton and canola crops accounted for nearly all GM crops grown in 2012.



Popular traits

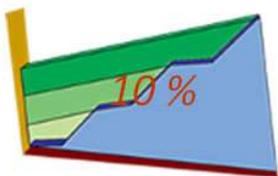
Of some 30 traits that are currently engineered into plants for commercial use, the most popular are those that confer herbicide tolerance, insect resistance or both 'stacked' traits.



Los cultivos transgénicos en el mundo en 2010



Incremento sobre 2009



Fuente: Clive James, 2010.

■ 29 países que han adoptado cultivos transgénicos en 2010

En 2010, la superficie agrobiotecnológica mundial alcanzó las 148 millones de hectáreas, lo que supone un incremento del 10 % con respecto a 2009, equivalente a 14 millones de hectáreas.

Países megaprodutores

(50.000 hectáreas o más)

Millones ha

Estados Unidos	66,8
Brasil*	25,4
Argentina*	22,9
India*	9,4
Canadá	8,8
China*	3,5
Paraguay*	2,6
Pakistán*	2,4
Sudáfrica*	2,2
Uruguay*	1,1
Bolivia*	0,9
Australia	0,7
Filipinas*	0,5
Myanmar*	0,3
Burkina Faso*	0,3
España	0,1
México*	0,1

Menos de 50.000 hectáreas

Colombia*	República Checa	Costa Rica*
Chile*	Polonia	Rumanía
Honduras*	Egipto*	Suecia
Portugal	Eslovaquia	Alemania

* Países en desarrollo

Cultivos Transgénicos

Cultivo de transgénicos autorizados en Europa

Especie	Algodón	Soja	Remolacha azucarera	Colza	Maíz	Total	% Total
Nº eventos	8	7	1	3	29	48	100,00
Características							
Tolerancia a herbicidas (TH)	3	5	1	2	3	14	29,17
<i>Glifosato</i>	2	2	1	1	2	8	16,67
<i>Glufosinato de amonio</i>	1	2	0	1	1	5	10,41
<i>Inhibidores de acetolactato sintetasa (ALS)+Glifosato</i>	0	1	0	0	0	1	2,09
Resistencia a insectos (RI)	2	1	0	0	3	6	12,50
<i>Cry</i>	2	1	0	0	2	5	10,41
<i>VIP3Aa20</i>	0	0	0	0	1	1	2,09
Tolerancia a herbicidas + Resistencia insectos	3	1	0	0	18	22	45,83
<i>Glifosato+Cry</i>	2	1	0	0	6	9	18,75
<i>Glufosinato+Cry</i>	1	0	0	0	5	6	12,50
<i>Glifosato+Glufosinato de amonio+Cry</i>	0	0	0	0	7	7	14,58
TH (Glufosinato) + Inducción de polen no viable y esterilidad masculina	0	0	0	1	0	1	2,09
Resistencia a insectos (Cry) + Selección marcadores	0	0	0	0	3	3	6,25
RI (Cry)+TH(glifosato) + Selección marcadores	0	0	0	0	2	2	4,16

Tabla 3. Eventos autorizados en la UE. Elaboración propia a partir de Base Datos de Comisión Europea (2014).

Fuente: PALT

Cultivo de transgénicos en Andalucía

Año 2014 (ha)	
Provincia	Superficie maíz MON810
Almería	2,35
Cádiz	2.322,94
Córdoba	2.074,71
Granada	553,82
Huelva	0
Jaén	94,12
Málaga	447,65
Sevilla	5.196,53
Andalucía	10.692,12

Tabla 2. Estimación de la superficie total de variedades OMG cultivadas en España. Fuente: MAGRAMA (2014)⁴⁰.

¿A favor o en contra de los transgénicos?

Hechos a tener en cuenta

1. Hay que evitar caer en un *reduccionismo cientifista*
2. No es posible generalizar. Las propiedades de cada transgénico depende del gen o genes transferidos
3. Un gen no siempre equivale a una proteína. Ningún gen funciona aisladamente, sino dentro de una red genética extremadamente compleja
 - Estudios de proteómica
 - Metabolómica
4. Hay que distinguir entre transgénicos de laboratorio y transgénicos liberados
 - Investigación*
 - Producción de medicamentos y productos en reactores*
 - Liberación de transgénicos: **cultivos agrícolas, ingeniería ambiental**

* *Si se realizan con los controles y seguridad adecuados, no generan ningún tipo de problema ambiental o de salud*

Ámbitos de análisis sobre la idoneidad de los cultivos transgénicos

- Efectos potenciales sobre el medio ambiente
- Efectos potenciales sobre la salud del consumidor
- Efectos socio-económicos

EFECTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

- ✓ Un 10 % de las introducciones de **especies exóticas** han tenido un efecto negativo grave sobre el entorno. Lección histórica: conejo en Australia, diente de león en España
- ✓ En algunos casos los transgénicos pueden considerarse como especies o variedades exóticas
- ✓ Un gen podría dar una ventaja adaptativa a una planta transgénica, propiciando su expansión en el ecosistema
- ✓ El efecto de un transgénico puede ir más allá de sus propiedades biológicas, influyendo sobre el medio que lo cobija

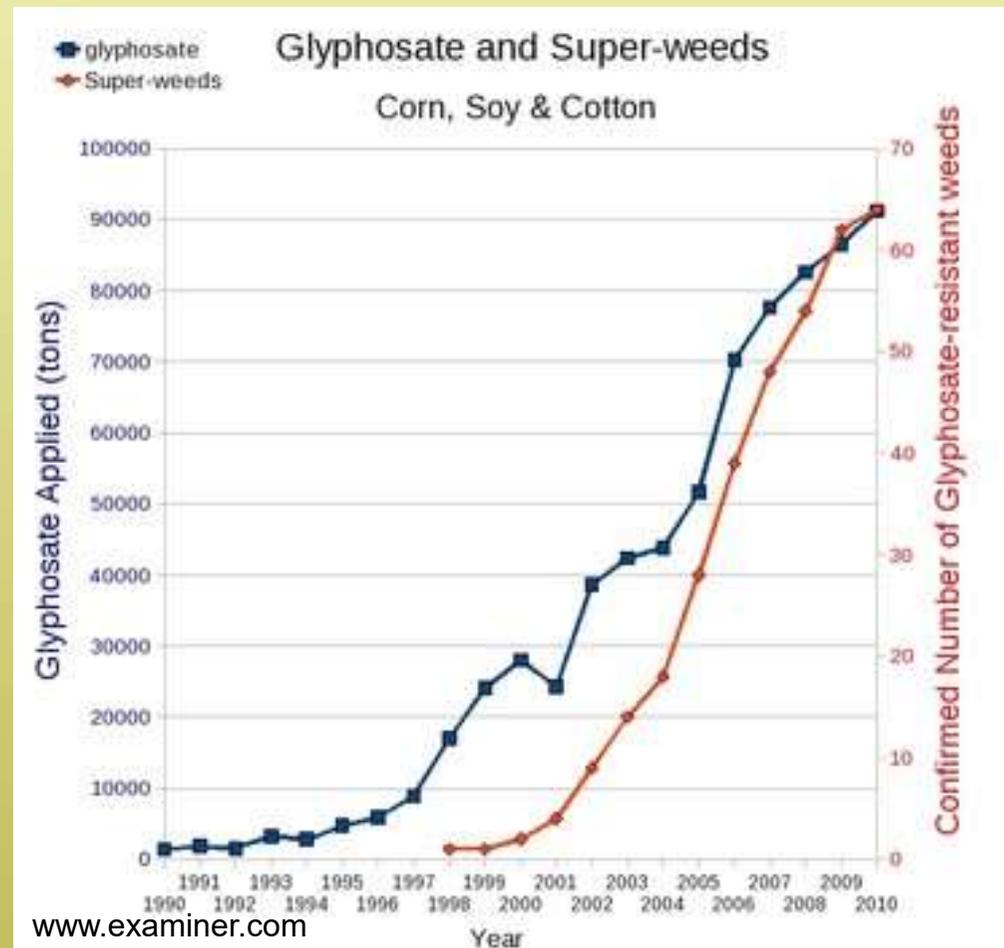
Contaminación genética

- ✓ Polinización: hibridaciones entre plantas tradicionales y transgénicas
- ✓ Transferencia horizontal: planta-bacteria-planta
 - Transferencia a especies silvestres y “malas hierbas”
 - Transferencia a otros cultivos
 - En el caso de *Agrobacterium*, la posible transferencia quedaría circunscrita a la parte de la planta infectada, sin que pasasen los genes a la descendencia
 - Demostrado en laboratorio pero sin datos en el campo (Ma et al., 2011)
- ✓ Transferencia de genes de resistencia a antibióticos
 - Solo en caso de utilizar estos genes como marcadores
 - Probabilidad muy baja

EFFECTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Transgénicos resistentes a herbicidas

- Aumento del uso de herbicidas (glifosato)
 - Contaminación de suelos y acuíferos
 - Efecto tóxico en las poblaciones
- Aparición de “malas hierbas” resistentes a herbicidas: *Amaranthus*, *Conyza*, *Digitaria*, *Lolium*



EFECTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Transgénicos productores de toxina BT (plaguicida)

- Presión selectiva continua sobre las plagas
- Disminuye el tiempo de aparición de plagas resistentes a los plaguicidas
- Desaparición de poblaciones de insectos fitófagos (orugas de mariposas)
- El consumo de plaguicida disminuye porque la planta lo fabrica. En realidad en el medio hay más plaguicida que antes (aunque este sea *ecológico*)

Toxina BT (Cry)

- Fabricada por *Bacillus thuringiensis* en la fase de esporulación de la bacteria
- Los insectos fitófagos mueren al ingerirla
- La toxina es inocua para otros animales
- La toxina Bt se utiliza en agricultura ecológica

EFECTO SOBRE LA SALUD

- ✓ Transferencia de genes de resistencia a los antibióticos a bacterias patógenas
 - Solo en caso de utilizar estos genes como marcadores
 - Probabilidad muy baja
- ✓ Aparición de alergias
 - Los transgénicos pueden expresar antígenos distintos a las variedades tradicionales
 - La probabilidad de sufrir alergia es la misma que cuando se prueba un alimento nuevo
 - Necesidad de **etiquetar** los productos que contienen plantas transgénicas, indicando el tipo de transgénico utilizado

Efecto tóxico

- ✓ Aparición de efectos tóxicos agudos o crónicos por ingestión
 - No detectado en el ganado
 - No detectado efecto tóxico agudo
 - No existen datos sobre efecto tóxico crónico en humanos
 - **Vendomois et al., 2009 (*International Journal of Biological Sciences*):** Efecto tóxico del maíz transgénico sobre ratones (estudio realizado con los datos crudos suministrados por Monsanto por orden judicial).
- ✓ Efecto tóxico indirecto provocado por el uso de **glifosato** (herbicida) en cultivos transgénicos resistentes
 - Las leguminosas tratadas con glifosato aumentan los niveles de estrógenos
 - **Seralini et al., 2012 (*Food and Chemical Toxicology*):** efecto tóxico crónico en ratones (El glifosato actuó como disruptor hormonal en hembras, y aumento la incidencia de cáncer en ambos sexos)
 - **Nancy et al. 2014 (*Journal of Organic Systems*):** alta correlación entre el uso de glifosato y múltiples enfermedades (derrames cerebrales, diabetes, hipertensión, obesidad, autismo, cáncer de tiroides, etc.). Sin embargo una **correlación** no implica necesariamente una **relación causa-efecto**
 - Clasificado por la IARC (OMS) en el grupo 2A como **probablemente cancerígeno**

EFECTO SOBRE LA SALUD

Vacunas en plantas transgénicas

- Adecuadas para la administración oral
- ¿Cómo distinguir entre plantas “inmunitarias” y las de uso estrictamente alimentario?
- Posibles reacciones alérgicas

El arroz dorado

Arroz transgénico que produce caroteno (provitamina A)

- ✓ “Para ingerir 500 μg serían necesarios 3,75 kg de arroz enriquecido (9 kg de arroz cocinado). La misma cantidad de vitamina A se consigue comiendo 200 g de arroz normal, 100 g de zanahorias y 100 g de mango” (Greenpeace)
- ✓ El arroz dorado no es más que un lavado de imagen social de los transgénicos

Patata Amflora

- Patata manipulada genéticamente para la producción de amilopectina
- Diseñada para usos industriales por BASF
- La patata tiene un genes marcadores de resistencia a antibióticos
- Su cultivo en Europa está paralizado (presión social)
- Existen en el mercado patatas no modificadas genéticamente que tienen la misma composición de amilopectinas

Nicolia et al., 2013: artículo de revisión del efecto de los cultivos transgénicos (CT)

- Nicolia, Manzo, Veronesi, Rosellini (2013). An overview of the last 10 years of genetically engineered crop safety research. *Critical Reviews in Biotechnology*
- El estudio revisa algunas de las 1783 publicaciones realizadas durante los últimos 10 años en torno a los transgénicos
- Los autores concluyen que no se detectaron efectos negativos significativos relacionados con el uso de plantas transgénicas

Algunos efectos negativos encontrados

- Impacto de plantas-Bt sobre artrópodos que no producen plagas
- Aparición de especies resistentes a la toxina Bt y a los herbicidas
- Hibridación de transgénicos con especies salvajes
- Transferencia de genes de resistencia a herbicidas a especies salvajes (colza)

Objeciones al estudio

- Considera efectos positivos de los transgénicos al comparar su uso con la agricultura industrial, pero no lo compara con la ecológica
- Reconoce efectos negativos sobre la fauna y flora por el uso de plantas Bt o por el uso de herbicidas, pero lo considera normal en una agricultura convencional
- Apenas hay artículos que observen efectos tóxicos de los CT. Sin embargo reconoce que la mayoría de los ensayos de toxicidad son realizados por las propias empresas comercializadoras
- Algunos estudios pueden ser sesgados (**cherry-picking**) : financiados por las empresas, cláusula de confidencialidad
- Hace comentarios valorativos para minimizar los efectos negativos, algo que no debería hacerse en una publicación científica
- No tiene en cuenta los potenciales efectos socio-económicos

EFECTOS SOCIO-ECONÓMICOS

- ✓ Patentes sobre seres vivos
 - Países desarrollados: 97% de las patentes
 - Países pobres: 90% de los recursos genéticos mundiales
 - Las patentes prohíben la recolección de semillas para sembrar
 - A los 20 años las patentes expiran. A los 20 años esas patentes pueden no ser útiles: **aparición de plagas resistentes**
- ✓ Solo 5 multinacionales acaparan el mercado mundial de semillas transgénicas

Monsanto	80%
Aventis	7%
Syngenta (antes Novartis)	5%
BASF	5%
DuPont	3%
- ✓ Mayor dependencia de los agricultores frente a las agroquímicas:
 - Syngenta, Bayer, BASF, Dow, Monsanto y DuPont
 - Dependencia semillas-herbicidas de la misma empresa
 - Estas empresas producen el 76% de los agroquímicos y el 60% de las semillas comerciales

EFFECTOS SOCIO-ECONÓMICOS

Empresas con transgénicos autorizados en Europa

Cultivo	Algodón	Soja	Remolacha azucarera	Colza	Maíz	Total	% Total
Nº eventos	8	7	1	3	29	48	100,00
Monsanto	5	4	0	1	12	22	45,83
Bayer	2	2	0	2	1	7	14,58
Dow Sciences	1	0	0	0	0	1	2,09
Pioneer	0	1	0	0	3	4	8,33
Syngenta	0	0	0	0	8	8	16,67
Monsanto y KWS SAAT	0	0	1	0	0	1	2,09
Pioneer y Dow Sciences	0	0	0	0	3	3	6,25
Monsanto y Dow Sciences	0	0	0	0	2	2	4,16

Tabla 4. Empresas propietarias de los eventos autorizados en la UE. Elaboración propia a partir de Base Datos de Comisión Europea (2014).

Fuente: PALT

EFECTOS SOCIO-ECONÓMICOS

- ✓ Desaparición de cultivos tradicionales de zonas concretas
- ✓ Aumento de monocultivos
- ✓ Pérdida de diversidad de cultivos
- ✓ Descenso de la productividad (en algunos casos)
 - Inestabilidad genética del tabaco en primera generación (64-92%)
 - Cultivo de algodón en Burkina Faso (FAO)
- ✓ Contaminación de los productos ecológicos con híbridos transgénicos
- ✓ **Pérdida de soberanía alimentaria**

EN RESUMEN:

- ✓ La Biotecnología abarca procesos más allá de la manipulación genética y los transgénicos
- ✓ La utilización de células transgénicas confinadas en reactores no tiene por qué generar problemas ambientales
- ✓ No se puede tratar genéricamente a los transgénicos. Cada transgénico tiene unas propiedades y unos efectos (negativos o positivos) potenciales dependiendo de los genes transferidos
- ✓ El estudio de los potenciales efectos negativos de los CT debe ir mucho más allá del laboratorio, ya que las variables directas o indirectas son muy elevadas
- ✓ La liberación al medio ambiente de OMG puede tener efectos imprevistos y no deseados sobre los ecosistemas, por lo que atendiendo al **principio de precaución** es mejor no liberarlos
- ✓ La ingestión directa de los OMG cultivados hasta ahora no parece tener efecto sobre la salud, aunque existen variables asociadas que se deben tener en cuenta
- ✓ El cultivo de plantas transgénicas se está realizando por **intereses netamente comerciales**. Los supuestos beneficios ambientales o sociales no se han cumplido

¿Realmente son necesarios los cultivos transgénicos?