

## Los organismos genéticamente modificados o transgénicos

### ¿Qué son los organismos genéticamente modificados (OGM) o transgénicos?

Un organismo genéticamente modificado (OGM) es aquella planta, animal, hongo o bacteria a la que se le ha agregado por ingeniería genética uno o unos pocos genes con el fin de producir proteínas de interés industrial o bien mejorar ciertos rasgos, como la resistencia a plagas, la calidad nutricional, la tolerancia a heladas, entre otras características.

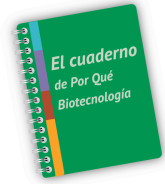
Aunque comúnmente el término más nombrado es “alimento transgénico” para referirse a aquel que proviene de cultivos vegetales modificados genéticamente, es importante recalcar que también se emplean enzimas y aditivos obtenidos de microorganismos transgénicos en la elaboración y procesamiento de muchos de los alimentos que ingerimos.

### Los cultivos transgénicos

Una de las principales aplicaciones de la ingeniería genética en la actualidad es incorporar nuevos genes a las plantas con el fin de mejorar los cultivos. El empleo de la ingeniería genética o *transgénesis* en el mejoramiento vegetal es lo que se denomina *agrobiotecnología* o *biotecnología vegetal*. Sus objetivos consisten en aumentar la productividad de los cultivos contribuyendo a una agricultura sustentable, que utiliza los recursos respetando al medio ambiente y pensando en las generaciones futuras. También la agrobiotecnología se propone mejorar los alimentos que derivan de los cultivos vegetales, eliminando sustancias tóxicas o alergénicas, modificando la proporción de sus componentes para lograr alimentos más saludables o aumentando su contenido nutricional. Otra aplicación de la biotecnología vegetal es el empleo de las plantas como biorreactores o fábricas para la producción de medicamentos, anticuerpos, vacunas, biopolímeros y biocombustibles.

### Los animales transgénicos

Un animal transgénico es un animal genéticamente modificado, que tiene un gen o grupo de genes que no le pertenecen con el fin de producir algo de interés. El genoma de los animales se puede modificar:



- Insertando genes de la misma especie o de una especie diferente (por ejemplo para que una vaca produzca en su leche la hormona de crecimiento humana).
- Alterando ciertos genes presentes en el animal de manera que esta modificación se transmita a la descendencia. En general esta estrategia se emplea para conocer la función de ese gen.

Los ratones fueron los primeros animales transgénicos que se obtuvieron en la década del '80, paralelamente con el advenimiento de la ingeniería genética. El primer ratón transgénico, publicado en la revista científica *Nature* en 1982, produce la hormona de crecimiento de rata por lo cual se ve bastante más grande que el ratón que no la tiene. El ratón transgénico produce mucha más hormona de crecimiento que el ratón salvaje. Este experimento constituyó una revolución porque mostraba que un gen de una especie puede introducirse en otra especie diferente, integrarse al genoma y expresarse.

Los ratones transgénicos se utilizan fundamentalmente:

- Como herramientas de laboratorio para estudiar los genes, su función y cómo se regula su expresión, si se cambia el lugar o el tiempo de expresión de ese gen.
- Como modelos de enfermedades para el desarrollo de drogas y estrategias de tratamiento.

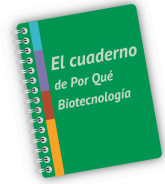
### Otros animales transgénicos

Hoy es posible obtener otros animales transgénicos, además de roedores. Los animales más grandes, como ovejas, cabras, cerdos y vacas pueden modificarse genéticamente gracias al desarrollo de las técnicas de clonación.

Los animales transgénicos se obtienen con los siguientes fines:

- Ayudar a los investigadores a identificar, aislar y caracterizar los genes y así entender cómo funcionan.
- Como modelos de enfermedades que afectan al hombre y así poder desarrollar nuevas drogas y nuevas estrategias de tratamiento.
- Como fuente de tejidos y órganos para transplantes en humanos.
- Para mejoramiento del ganado y otros animales de importancia económica.
- Para producir leche con mayor valor nutricional o que contenga proteínas de importancia farmacéutica.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



## Ejemplos de animales transgénicos desarrollados en Argentina y en el mundo

**Tracy** fue la primera oveja transgénica del mundo, y vivió entre 1991 y 1998. Producía alfa-1-antitripsina en la leche que sirve para curar una enfermedad.

**Mansa** es una ternera argentina que nació en 2002 en Argentina. Es la primera ternera clonada y transgénica. Produce la hormona de crecimiento humana en la leche.

La **Dinastía Patagonia** son vacas transgénicas que producen en su leche insulina y la

**Dinastía Porteña** son vacas que producen hormona de crecimiento bovina (bGH).

Otro logro argentino lo constituye el trabajo realizado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM). Los investigadores desarrollaron a **Rosita ISA**, el primer bovino clonado con genes humanos que codifican dos proteínas presentes en la leche materna, de gran importancia para la nutrición de los lactantes: lactoferrina y la lisozima.

La obtención de productos en la leche de animales transgénicos es particularmente interesante para proteínas que se requieren en gran cantidad o que son muy complejas. La producción en leche permite, además, una purificación relativamente simple de la proteína de interés.

Recientemente se publicó en la revista *Nature Biotechnology* un artículo que da cuenta de un nuevo OGM que está en proceso de desarrollo. Se trata de vacas transgénicas que producirían más cantidad de la proteína caseína en la leche. Esto permitiría fabricar más queso con el mismo volumen de leche y más rápido porque el tiempo de coagulación sería menor.

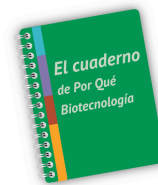
## **Microorganismos recombinantes**

Los productos de la biotecnología se aplican hoy a un gran número de industrias entre las que cabe mencionar no sólo la alimenticia, sino también la farmacéutica, textil, del papel, de detergentes, etc. Antes del advenimiento de la ingeniería genética ya se obtenían diversos productos derivados de bacterias, levaduras y hongos filamentosos. La incorporación de la ingeniería genética permitió optimizar la eficiencia del proceso de producción y/o la calidad del producto. Por un lado, fue posible modificar el control de vías metabólicas, por ejemplo para la sobreproducción de algún producto y, por otro, permitió fabricar proteínas bajo la forma de proteínas recombinantes.

Las ventajas que presenta la producción de una proteína bajo la forma de proteína recombinante son:

- Permite obtener a partir de un microorganismo, cultivo de células, planta o animal una proteína completamente ajena, tal es el caso de la producción de insulina en bacterias, anticuerpos humanos en plantas y vacunas en levaduras.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



- Se obtienen grandes cantidades del producto, fácil de purificar y más barato, en comparación con el purificado a partir de su fuente natural (en el caso de la insulina, se obtenía a partir de páncreas de animales).
- Se obtienen productos libres de patógenos y otros riesgos potenciales. Esto es particularmente importante en el caso de los productos farmacéuticos, para evitar la transmisión de enfermedades.
- Pueden producirse proteínas que no existen en la naturaleza, útiles en el diagnóstico y tratamiento de algunas enfermedades.

## Proteínas recombinantes empleadas en la industria farmacéutica y en la industria alimenticia.

La industria farmacéutica ha optado por el camino de la ingeniería genética o metodología del ADN recombinante. Mediante esta metodología es posible obtener enormes cantidades de una proteína, aislada de todos los componentes celulares del organismo de origen. Esto se consigue por introducción y expresión del gen de interés en un organismo hospedador

fácil de cultivar. Este organismo se denomina entonces “organismo genéticamente modificado” o “transgénico” y la proteína obtenida, “proteína recombinante”.

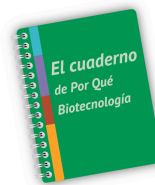
Actualmente los organismos empleados con este fin son microorganismos (bacterias y levaduras) y células de mamífero cultivadas in vitro, pero también es posible fabricar proteínas recombinantes en plantas y en la leche de animales como vacas y cabras.

La primera proteína recombinante aprobada como medicamento fue la insulina, en 1982, para el tratamiento de pacientes con diabetes melitus. Hasta ese entonces los pacientes debían inyectarse insulina extraída del páncreas de vacas o cerdos; hoy varios laboratorios farmacéuticos producen insulina humana, tanto a partir de bacterias como a partir de levaduras, y sin ningún riesgo para la salud. Los antígenos y los anticuerpos también pueden producirse como proteínas recombinantes, y son empleados en la confección de kits o sistemas de diagnóstico de diversas enfermedades.

La tabla muestra la gran cantidad de proteínas recombinantes que hoy se comercializan y emplean como fármacos en humanos.

PRODUCTO	INDICACIÓN TERAPÉUTICA
Factores de coagulación	Hemofilia
Insulina	Diabetes mellitus
Hormona de crecimiento	Deficiencia de la hormona en niños
Eritropoyetina (EPO)	Anemia
Interferón alfa	Hepatitis B y C, cáncer
Vacuna anti-hepatitis B	Inmunización contra hepatitis B

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.

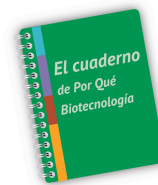


Anticuerpos monoclonales recombinantes	Asma, artritis reumatoidea
Proteína C	Sepsis severa
Beta-glucocerebrosidasa	Enfermedad de Gaucher
DNAsa	Fibrosis quística

La siguiente tabla resume algunas enzimas producidas como proteínas recombinantes en bacterias y en hongos genéticamente modificados, y que actualmente se usan en la industria alimenticia:

<b>ENZIMAS</b>	<b>APLICACIÓN (elaboración de....)</b>
Alfa-amilasa	Pan, bebidas, almidón
Aminopeptidasa	Queso, lácteos, sabores
Fosfolipasa	Pan, grasas
Glucosa isomerasa	Almidón
Hemicelulosa	Pan, almidón
Lactasa	Lácteos
Lipasa	Grasas, quesos, sabores, pan
Pectinasa	Bebidas, derivados de frutas
Proteasa	Queso, pan, bebidas, derivados de carne y pescado
Quimosina	Queso
Xilanasa	Bebidas, almidón, pan

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



## Consideraciones metodológicas

Los conceptos abordados en este Cuaderno pueden aplicarse a alumnos entre 11 y 15 años. Se pueden implementar los conceptos acerca de los transgénicos a temas de la currícula tales como: biodiversidad, genética, síntesis de proteínas, ingeniería genética, microorganismos y la industria, biotecnología vinculada con la salud, con la alimentación y la industria.

Este Cuaderno ofrece una introducción general y amplia, sin aportar detalles específicos acerca de las técnicas empleadas en la producción de OGM. Por lo tanto, se adapta para ser implementado al trabajar en clase temas diversos, desde el ADN hasta temas de salud, de producción agropecuaria o industrial. Al trabajar con alumnos de nivel secundario es posible profundizar en las técnicas que emplea la biotecnología moderna y que se abordan en cuadernos subsiguientes.

Se sugiere consultar en [www.argenbio.org](http://www.argenbio.org) los datos de adopción de cultivos transgénicos publicados anualmente para conocer datos acerca de la producción de cultivos transgénicos en la Argentina y su posicionamiento en el mundo.

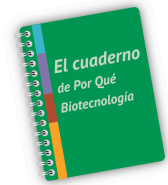
## Actividades

### Actividad 1. Comprensión de conceptos

1. ¿Qué es un OGM?
2. ¿Qué relación hay entre un OGM y un alimento transgénico?
3. ¿Cuáles son las principales aplicaciones de la agrobiotecnología en la actualidad?
4. El primer animal transgénico fue obtenido en 1982. ¿Qué característica se le incorporó y cuál fue el organismo dador del nuevo gen?
5. ¿Cuál es la característica que le fue incorporada a Mansa, la ternera argentina que nació en 2002?
6. ¿A qué se denomina microorganismo recombinante?
7. ¿Qué particularidad tienen las proteínas recombinantes en cuanto a su estructura? ¿Qué ventajas ofrece su producción?
8. Enumerar tres ejemplos de proteínas recombinantes empleadas en la industria farmacéutica y tres de la industria alimenticia.

### Actividad 2. Interpretación de gráficos

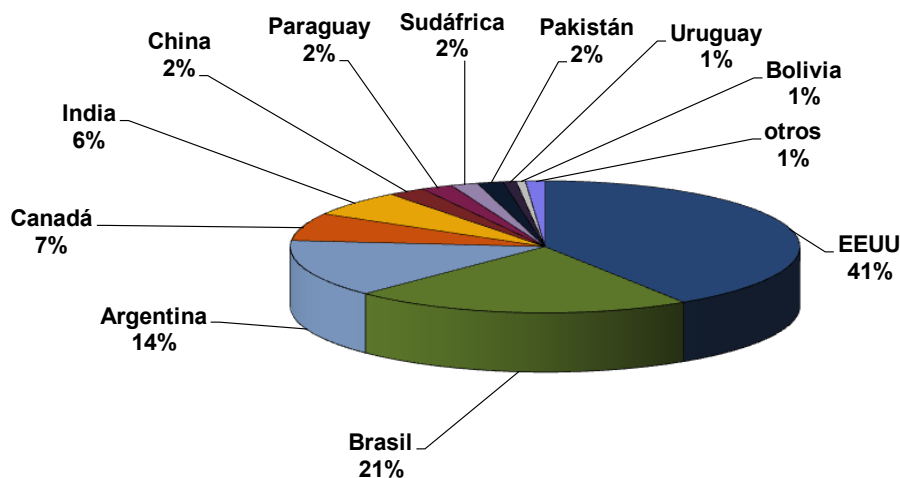
Según un informe presentado por el Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA, según sus siglas en inglés), el área global de



de hectáreas correspondieron a la Argentina, lo que implica aproximadamente el 14% del área global.

A partir de estos datos se sugiere analizar el siguiente gráfico de torta y responder a las consignas:

**Área global de cultivos transgénicos, por país  
 (sobre 170 millones de hectáreas)**

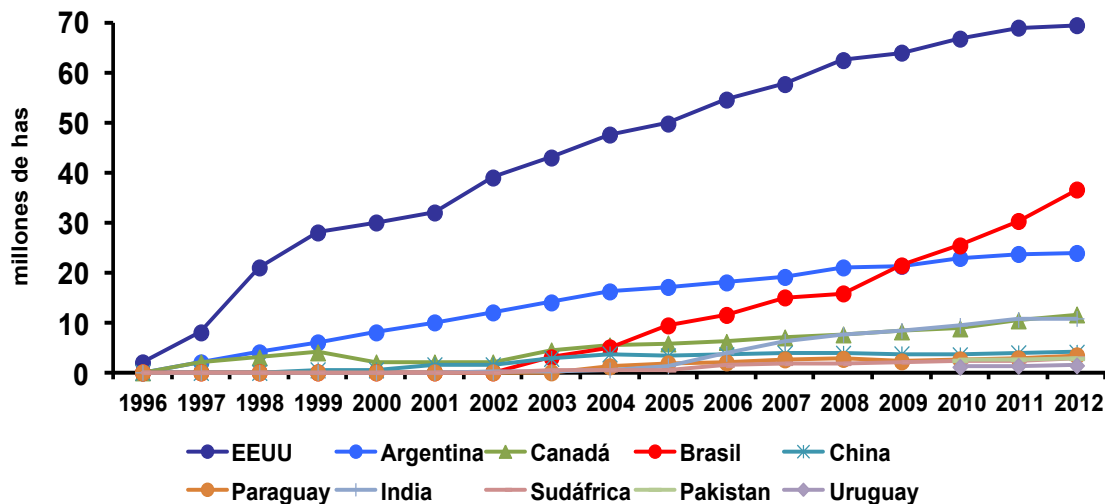


Otros: Filipinas, Australia, Burkina Faso, Myanmar, México, España, Chile, Colombia, Honduras, Sudán, Portugal, República Checa, Cuba, Egipto, Costa Rica, Rumania, Eslovaquia. Total: 28

Fuente: ISAAA, 2012

- ¿Qué representaría la torta entera en este caso?
- ¿Qué representan cada una de las porciones?
- ¿Cuántos son los países del mundo que concentran el 99% del área sembrada con cultivos transgénicos?
- Teniendo en cuenta los datos que aporta la consigna y el gráfico, confeccionar una tabla que indique el área sembrada con OGM (en millones de hectáreas) por país. Ordenar los países de mayor a menor, según el área sembrada.

e. El siguiente gráfico también aporta datos acerca de la evolución de la superficie sembrada con OGM en los principales países que los cultivan. Analizar el siguiente gráfico y responder a las consignas:



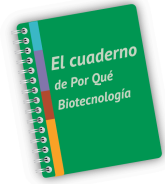
Fuente: ISAAA, 2012

- ¿Qué diferencia se puede establecer entre el gráfico de torta y el gráfico de curva en cuanto a la información que aporta? ¿Qué información aporta la “lectura” de cada gráfico?
- ¿Cómo se habrán obtenido los datos necesarios para construir este gráfico?
- ¿Qué dato aporta el gráfico acerca de la evolución de la superficie cultivada con OGM en la Argentina?
- ¿Cuáles son los países que se incorporaron más recientemente al grupo de los que cultivan OGM, según el gráfico?

**Nota para el docente:** resulta interesante analizar con los alumnos el hecho de que la representación en “gráfico de torta”, refleja la situación en un momento dado. En este caso particular los datos pertenecen al año 2012. Sin embargo, este tipo de representación no da idea de cómo fue evolucionando la superficie de siembra de transgénicos en el tiempo. Para esto, es útil emplear un gráfico de curva en el que se representan dos conjuntos de datos variables. Por ejemplo, la superficie cultivada con OGM a lo largo de los años. Otro tipo de representación es el gráfico de barras, en el

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.





que se puede representar la distribución de variables cualitativas (que no se expresa en números), o de variables discontinuas (como rangos de años). La actividad que sigue permite poner en práctica la representación de datos en un gráfico de barras.

### **Actividad 3. Novedades en biotecnología**

Esta actividad reproduce dos textos acerca de nuevos desarrollos biotecnológicos, publicados recientemente en el boletín informativo Novedades de [www.argenbio.org](http://www.argenbio.org). A continuación se ofrecen preguntas para el análisis de ambos textos.

Se puede investigar el archivo de noticias del boletín Novedades y leer notas recientes.

#### **India: desarrollan papa con alto contenido proteico**

Publicado el : 20/01/2005

Según un informe reciente, India cuenta con papas genéticamente modificadas con alto contenido proteico listas para iniciar los ensayos de campo pre-comerciales.

Desarrollada por el Dr. Asis Datta, del Centro Nacional para la Investigación en Genómica Vegetal en la Universidad Jawaharlal Nehru, esta papa tiene un 35% más de proteínas que una papa común, debido a la introducción de un gen de amaranto. La papa es un tubérculo rico en almidón, y normalmente presenta apenas un 1% de proteína, mientras que el amaranto, de gran poder nutritivo, tiene más del 15% de proteína. Los científicos aislaron un gen del amaranto involucrado en la síntesis de proteínas y se lo introdujeron a las plantas de papa. El científico y miembro de la Comisión Nacional de Productores, R.B. Singh, señaló que "Es un descubrimiento maravilloso ya que India necesita aumentar el contenido proteico de sus alimentos y además es el mayor productor de papas del mundo".

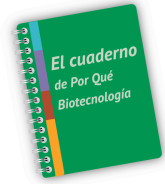
#### **Nueva estrategia para generar plantas tolerantes a salinidad**

Publicado el : 10/03/2005

Actualmente se están desarrollando plantas tolerantes a la salinidad en todo el mundo, con el fin de maximizar el empleo de todos los tipos de suelos para la mayor cantidad posible de cultivos comerciales. Estas plantas, sin embargo, suelen tener bajos rendimientos,

especialmente si se considera que las condiciones en las que crecen no son las ideales para ninguna planta, sea ésta transgénica o no. El Dr. Narendra Tuteja y sus colegas del Centro Internacional para la Biotecnología y la Ingeniería Genética de Nueva Delhi, desarrollaron una nueva técnica de producción de planta tolerantes a altas

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



concentraciones de sal. Basaron su trabajo en el gen que codifica para una helicasa, una enzima responsable del desenrollamiento del ADN durante la replicación del genoma o la transcripción de los genes. En particular, encontraron que la helicasa de la arveja, denominada PDH45, aumentaba en respuesta a altas concentraciones de sal, a la deshidratación y a las altas temperaturas. Cuando transfirieron este gen a plantas de tabaco, estas plantas transgénicas continuaron creciendo a pesar de las altas concentraciones de sal y generaron una descendencia con esta nueva característica. Es decir, no sólo resultaron tolerantes a la salinidad sino que también alcanzaron la madurez necesaria para florecer y originar semillas, cuyas características fueron idénticas en tamaño y número a las no transgénicas creciendo en ausencia del estrés salino.

#### Preguntas para el análisis de los textos:

1. ¿En qué países y en qué instituciones se están llevando a cabo estos desarrollos biotecnológicos?
2. ¿Cuáles son los organismos transformados genéticamente?
3. ¿Cuál es la nueva característica introducida en cada caso?
4. ¿Cuál es el organismo dador del gen que determina la nueva característica en cada caso?
5. ¿Qué beneficio ofrece cada uno de estos desarrollos? ¿A quién beneficia cada uno de ellos? **Nota:** esta pregunta pretende que los alumnos diferencien entre cultivos transgénicos que benefician directamente al consumidor y aquellos que benefician al productor.

#### **Material de consulta**

- Consejo Argentino para la información y el desarrollo de la biotecnología. Ofrece textos, ilustraciones, animaciones, y glosario de biotecnología.  
<http://www.argenbio.org/>
- *Biotecnología: la otra guerra*. Ezequiel Taaborini. Fondo de Cultura Económica. 2003. Un libro breve que analiza diferentes aspectos del desarrollo biotecnológico en Argentina y en el mundo.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.