



Las plantas transgénicas

¿Qué es una planta transgénica? Una planta transgénica contiene uno o más genes que han sido transferidos (transgenes) de otra planta no emparentada o de una especie diferente. Las plantas que tienen transgenes también se denominan **genéticamente modificadas o cultivos GM**. Aunque estas modificaciones parecen novedosas, en los últimos 10 mil años todos los cultivos han sido genéticamente modificados con respecto a su estado silvestre, mediante la domesticación, la selección y el mejoramiento controlado a través de períodos prolongados. Este proceso de generación de nuevas variedades ha sido (y continúa siendo) muy útil en la agricultura y ha originado las variedades que se cultivan hoy en día. La ingeniería genética (ver Cuadernos N° 1 a 5) se constituyó en una herramienta que complementa los métodos tradicionales y permitió importantes avances en el área del conocimiento de la biología vegetal. El gran esfuerzo realizado en este sentido tuvo como consecuencia la llegada al mercado, a partir de 1995, de los primeros cultivos transgénicos. Las plantas transgénicas obtenidas hasta la fecha se desarrollaron por diversos métodos, los que han sido modificados para cada especie en particular, aumentándose de esta forma su eficacia.

¿Cuáles son las aplicaciones de la transformación genética en plantas?

La tecnología de transformación genética permite:

- ü aportar variabilidad genética de forma controlada y precisa, sin alterar el fondo genético. Es decir, crear nuevas variedades (cultivos) con características favorables, sin perder las mejoras logradas anteriormente.
- ü conocer y/o profundizar acerca de la estructura y función de genes específicos.
- ü expresar genes de interés no existentes en la especie (ejemplo: la fabricación de proteínas insecticidas de origen bacteriano en el maíz Bt).
- ü expresar nuevas formas alélicas (variantes) de genes que ya están presentes en el genoma.
- ü modificar los niveles o el patrón de expresión de alguna proteína transfiriendo el gen correspondiente ya presente en la célula vegetal pero con una secuencia regulatoria diferente, que facilite la expresión de la proteína.

"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.



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N° 26

- ü inhibir la expresión de genes presentes en el genoma (por ejemplo, la soja transgénica hipoalergénica en la cual se inhibe o disminuye la expresión del gen que codifica una proteína alergénica).

¿Cómo se puede aportar variabilidad genética por medio de ingeniería genética?

En el mejoramiento vegetal el fitomejorador trata de reunir en una planta una combinación de genes que la hagan tan útil y productiva como sea posible. Combinar los mejores genes por mejoramiento tradicional en una sola planta es un proceso largo y difícil. La tecnología de transformación por ingeniería genética permite reunir en una sola planta genes útiles de una amplia gama de fuentes, no sólo de la misma especie de cultivo o de plantas emparentadas, sino de organismos de otras especies, e incluso de otros reinos. Es decir que permite a los fitomejoradores hacer lo que siempre han hecho, generar variedades de cultivos más útiles y productivas que contienen combinaciones nuevas de genes, pero con la ventaja de ampliar las posibilidades más allá de las limitaciones impuestas por la polinización cruzada y las técnicas de selección tradicionales (ver Cuaderno N° 5).

¿Cómo se obtiene una planta transgénica?

Para lograr una planta transgénica deben ocurrir los siguientes pasos (ver Cuaderno N° 67):

- ü El transgén debe ser transferido al interior de la célula e integrarse al ADN celular, dando origen a una célula transgénica.
- ü Se debe regenerar una planta completa a partir de la célula transgénica. Una vez introducido el gen de interés en la célula, se induce el desarrollo de plantas mediante distintas técnicas de cultivo de tejidos (ver cuaderno 35 y 56).
- ü Las plantas regeneradas *in vitro* son analizadas por técnicas moleculares para identificar aquellas que porten y expresen el o los transgenes en los niveles deseados.
- ü Las plantas transgénicas obtenidas son incorporadas a procesos de mejoramiento convencional para introducir los nuevos genes en otras variedades (cultivares) de interés, lo que dependerá de la especie y del tipo de cultivar a obtener. La cruce inicial con la variedad mejorada debe ser seguida de varios ciclos de cruzamientos repetidos con el progenitor

"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.



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N° 26

mejorado, proceso conocido como *retrocruzamiento*, de modo de recuperar tanto como sea posible el genoma del progenitor mejorado, con el agregado del transgén del progenitor transformado.

- ü El próximo paso son los ensayos en invernadero y en el campo para comprobar los efectos del transgén y el desempeño general de la planta. Esta fase incluye también la evaluación de los efectos ambientales y la inocuidad alimentaria.

Dado que las células tienen diferente capacidad de respuesta para cada uno de estos procesos, la puesta a punto de un protocolo de transformación eficiente requiere maximizar la cantidad de células capaces de integrar el ADN de manera simultánea. Utilizando los métodos comunes de transformación (ver cuaderno 18 y 28), la integración del transgén en el genoma celular se produce al azar. Es por ello que diferentes plantas transgénicas provenientes de un mismo experimento, presentan el transgén insertado en distintos sitios del genoma receptor. Como se trata en los cuadernos 18 y 28 existen diferentes métodos para transferir ADN a células vegetales. Para aplicar cualquiera de estos métodos desarrolladas hasta el momento es necesario disponer del transgén con sus secuencias regulatorias y codificante clonadas en un vector de transformación y de una metodología eficiente para la transferencia al genoma vegetal.

Transferencia de genes al cloroplasto: plantas *transplastómicas*

La mayoría de plantas transgénicas obtenidas hasta el momento provienen de la transferencia de ADN al genoma nuclear. Sin embargo las células vegetales contienen tres genomas: el nuclear, el plastídico (también llamado *plastoma* o genoma de los cloroplastos), y el mitocondrial.

En los últimos años la transferencia de ADN al genoma plastídico ha recibido notable atención y ya se han obtenido **plantas transplastómicas**, es decir plantas derivadas de células a las que se les ha transferido nueva información genética al genoma plastídico.

Así, el genoma de los plástidos se ha convertido en un blanco atractivo para la ingeniería genética ya que esta tecnología ofrece una serie de ventajas sobre la transformación del genoma nuclear. Por ejemplo se pueden obtener altos niveles de expresión de los transgenes y elevados niveles de acumulación de las proteínas codificadas por ellos en los cloroplastos (superior al 50% de las proteínas solubles totales, mientras que el nivel de acumulación observado a partir de transgenes nucleares es generalmente inferior al 1%.) Esto constituye

"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.



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N° 26

una herramienta de aplicación muy importante cuando se quiere expresar una proteína de aplicación farmacéutica. Por otro lado, como la mayoría de las especies tienen transmisión materna de los plástidos se minimiza la dispersión de los transgenes por el polen y, en consecuencia, se tiene una ventaja ambiental a la hora de autorizar la liberación de los cultivos al medioambiente. Hasta el momento los protocolos existentes para la obtención de plantas transplantómicas se basan en la transferencia de genes por el método de bombardeo de micropartículas (ver Cuaderno N° 28), un eficiente proceso de cultivo y selección *in vitro*, y la utilización de vectores con secuencias homólogas al genoma del cloroplasto. A diferencia de lo que ocurre en la transformación del genoma nuclear, en el plastoma la integración de los transgenes es dirigida mediante recombinación homóloga. Para lograr esto, los vectores contienen los genes de interés flanqueados por secuencias que tienen alta homología al ADN plastídico. Por otro lado, la utilización de promotores específicos del cloroplasto permite que los transgenes se expresen exclusivamente en los plástidos.

Presente y futuro de la aplicación de la tecnología de transferencia de ADN

La primera generación de cultivos transgénicos, comercializados en la actualidad, corresponden a la búsqueda de un aumento en la productividad, reducción en el uso de agroquímicos, conservación de la tierra cultivable, mejor manejo y aprovechamiento del agua y la energía, reducción de la contaminación del ambiente y los beneficios para la salud humana derivados de estos aspectos.

La segunda generación de cultivos transgénicos ofrece más beneficios directos para los consumidores y comprenden el mejoramiento de la calidad nutricional (proteínas, aceite, vitaminas y minerales), la eliminación de alérgenos, la fitorremediación (es decir la recuperación de ambientes contaminados mediante el uso de plantas) y la utilización de plantas como biorreactores (molecular pharming) para la expresión de proteínas recombinantes con fines tales como la producción de anticuerpos, vacunas y otras proteínas de uso terapéutico o industrial. Un ejemplo es el 'arroz dorado', llamado así por la pigmentación amarilla que tienen sus granos debido a que acumula altos niveles de provitamina A en el endosperma. En este aspecto la obtención de plantas transplantómicas promete mejores resultados.

La tercera generación de cultivos transgénicos tendrá por objeto aspectos tales como la modificación de la arquitectura de la planta, la manipulación de la

"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.



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N° 26

floración, el mejoramiento de la eficiencia fotosintética, etc. Esto será posible en la medida que se obtengan resultados de los proyectos genoma. La siguiente tabla muestra algunas especies de interés económico que han sido modificadas por ingeniería genética

Abedul	Cebada	Lechuga	Pera
Achicoria	Ciruelo	Lino	Pepino
Álamo	Clavel	Lupino	Petunia
Alfalfa	Col	Maíz	Pimiento
Algodonero	Coliflor	Mandioca	Remolacha
Arándano	Colza	Maní	Soja
Arroz	Crisantemo	Manzano	Sorgo
Batata	Espárrago	Melón	Tabaco
Belladona	Eucalytus	Mostaza	Tomate
Broccoli	Frutilla	Nabo	Trébol
Calabaza	Girasol	Nuez	Trigo
Cantalupe	Gladiolo	Papa	Vid
Caña de azúcar	Kiwi	Papaya	Zanahoria

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

Diferentes conceptos vinculados con los organismos transgénicos fueron abordados en varios Cuadernos (N° 2, 4, 5, 14, 18, 43, 44, 45, 60, 67, 77, entre otros).

Pero, en este caso, se agrega un nuevo enfoque que se refiere a la transferencia genética al genoma del cloroplasto, y sus ventajas. Habitualmente al estudiar genética en la escuela secundaria, se analiza la expresión de los genes que están localizados en los cromosomas dentro del núcleo celular en organismos eucariotas. Pero no siempre se toma en cuenta los *genes extranucleares* o *citoplasmáticos*, que es el ADN que está fuera del núcleo, localizado en las mitocondrias (en células animales y vegetales) y en los cloroplastos (en plantas).

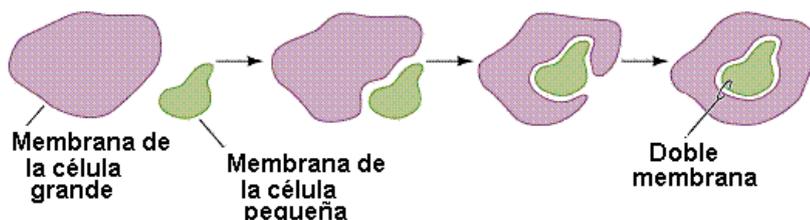
En la mayoría de los organismos, el citoplasma es heredado casi exclusivamente por vía materna. Es decir, en la formación de la cigota, la gameta femenina (óvulo) aporta un núcleo haploide y su citoplasma, mientras que la gameta masculina aporta casi exclusivamente un núcleo haploide sin citoplasma. Es decir que las mitocondrias, y las características fenotípicas determinadas por los genes de las mitocondrias, se heredan a través del citoplasma materno. Ese ADN se mantiene inalterable a través de la línea materna. Esto permite analizar parentescos por medio de estudios de PCR del ADN mitocondrial.

El análisis del ADN mitocondrial está siendo usado para estudios de relaciones filogenéticas en humanos y también en muchos otros organismos. Por ejemplo,

"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.



puede ser usado para estimar la variabilidad genética existente en poblaciones naturales. La estructura del genoma del cloroplasto es similar al mitocondrial. Según la hipótesis endosimbiótica las mitocondrias proceden de bacterias aeróbicas incoloras y los cloroplastos, de cianobacterias, que entraron en una relación endosimbiótica con una célula eucariota primitiva.



Fuente: <http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/cdel2.htm>

Se sugiere, al trabajar con alumnos temas de genética, reproducción o evolución, incluir la herencia a través del material genético citoplasmático. Se recomienda para este tema, si es posible, incluir la lectura del Capítulo 4 del libro *Una tumba para los Romanov Y otras historias con ADN*. Este libro forma parte de una colección de divulgación científica "Ciencia que Ladra..." recomendable para el trabajo en el aula.

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, al trabajar con alumnos de polimodal (secundario) es posible profundizar en las técnicas que emplea la biotecnología moderna y que se abordan en otros Cuadernos (por ejemplo el N° 67).

Como se sugirió en otros Cuadernos, al trabajar el tema de mejoramiento vegetal mediante transformación genética es importante tener presente la diferenciación entre mejoramiento convencional (cruzamiento y mutagénesis) y mejoramiento mediante ingeniería genética. A su vez, es importante enfatizar que en ambos casos se trata de modificación genética, aunque mediante diferentes técnicas y con diferentes resultados (en cuanto a direccionalidad y previsibilidad de los cambios), y que la biotecnología moderna viene a complementar prácticas convencionales. Se sugiere trabajar este aspecto con ayuda de la lámina "Cruzamiento Tradicional e Ingeniería Genética" que se encuentra en

<http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/docs/laminas/I-hi/cruzamiento2.pdf>

Es importante que los alumnos puedan interpretar y explicar con sus propias palabras lo que representa el esquema.

"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.



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N° 26

CONCEPTOS RELACIONADOS

Genética y herencia. Reproducción sexual. ADN: estructura y expresión. Variabilidad genética. Organismos Genéticamente Modificados (OGM). Célula: estructuras celulares y funciones. Mitocondria y Cloroplasto. Respiración celular. Fotosíntesis. Evolución.

"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.



ACTIVIDADES

Objetivos

- Repasar y reforzar los contenidos adquiridos sobre cómo se obtiene una planta transgénica.
- Aplicar los conocimientos sobre los métodos de producción de plantas transgénicas y reflexionar sobre las posibilidades que la biotecnología abre en el campo de los cultivos y plantas en general.

Actividad 1: Plantas genéticamente modificadas

Se sugiere leer el siguiente texto y responder a las preguntas que aparecen a continuación:

“...Durante años se intentó reemplazar la lucha contra las plagas que afectan a los cultivos utilizando métodos diferentes y más seguros que los tratamientos con insecticidas químicos. Una de las estrategias empleadas fue fumigar a los cultivos repetidas veces con esporas o cristales de proteínas de microorganismos como *Bacillus thuringiensis*. Esta bacteria durante su ciclo de vida produce una proteína que es extremadamente tóxica para las mariposas y polillas que dañan los cultivos. Las larvas de los insectos plaga ingieren esta toxina cuando se alimentan de las plantas fumigadas; la toxina le produce al insecto parálisis intestinal, causándole la muerte. Las preparaciones comerciales de este bacilo consistieron en un polvo blanco levemente húmedo. Estos preparados son efectivos contra más de 50 especies diferentes de plagas. La toxina sintetizada por el bacilo resulta totalmente inofensiva para el hombre y otros vertebrados.

Uno de los grandes éxitos en el campo de la ingeniería genética, y más específicamente en la producción de plantas transgénicas fue la obtención de plantas resistentes a insectos. En este último caso, la resistencia se consiguió insertando en las plantas los genes de *Bacillus thuringiensis* que expresan proteínas insecticidas. Con las técnicas de ingeniería genética se ha logrado dejar de lado la técnica de fumigación con el bacilo para hacer que la misma planta produzca y exprese en sus hojas la toxina. La ventaja de esta estrategia es que permite un alto rendimiento del cultivo sin la necesidad de emplear insecticidas químicos que provocan efectos no deseados y que son nocivos para el ambiente y los otros seres vivos. Estas plantas transgénicas tiene ahora un nuevo rasgo, son resistentes a ciertos insectos plagas. Existe en la actualidad plantas de maíz y algodón transgénicas resistentes a *Bacillus thuringiensis* (Bt).

1. ¿Cuál es la función que se buscaba lograr en los cultivos? **Rta. Introducir un insecticida que eliminara a insectos plaga.**
2. ¿Cómo es posible lograr esto por técnicas tradicionales? **Rta. Se logra fumigando varias veces con productos químicos que contienen la proteína insecticida.**
3. ¿Cuáles son los efectos de estos insecticidas comerciales? **Rta. Estos preparados son efectivos contra más de 50 especies diferentes de plagas. La toxina sintetizada por el bacilo resulta totalmente inofensiva para el hombre y otros vertebrados.**

"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.



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N° 26

4. ¿Cómo se logra el efecto insecticida mediante técnicas de ingeniería genética? Rta. Se transfiere de la bacteria a la planta el gen que codifica para la proteína insecticida. De esta forma, la planta misma fabrica el insecticida.
5. ¿Cuál es la ventaja de esta tecnología frente a la tradicional? Rta. Permite un alto rendimiento del cultivo sin la necesidad de emplear insecticidas químicos que provocan efectos no deseados y que son nocivos para el ambiente y otros seres vivos.

Actividad 2. Cómo obtener un OGM

I. Entregar a cada grupo de alumnos un tipo de rasgo característico que se desea introducir en una planta, seleccionado de la lista 1. Solicitar a cada grupo de alumnos que seleccione de los respectivos listados “qué gen” y “de cuál organismo” lo/s obtendría (listado 2) de acuerdo al rasgo a introducir y en “cuál planta los introduciría” (listado 3).

Lista 1. Rasgos a introducir

- a. Resistencia a virus
- b. Tolerancia a salinidad
- c. Producción de grandes cantidades de vitamina C
- d. Producción de hilos de colágeno
- e. Producción de tripsina para tratamientos intestinales
- f. Capacidad para degradar arsénico
- g. Flores fluorescentes
- h. Producción de ácidos grasos omega-3
- i. Tolerancia al frío

Lista 2. ¿Cuáles genes y de qué origen?

Los textos de esta lista se extrajeron de Novedades en Biotecnología publicadas en el sitio www.argenbio.org. La fecha de publicación de cada uno se muestra entre paréntesis. El docente puede remitirse a estas Novedades según la fecha para completar, si hiciera falta, los datos y conceptos.

- a. La *S. brachiata* es una planta de la familia de las quenopodiáceas, muy tolerante a la salinidad, que vive de forma natural en los manglares del Océano Indico. (22/5/03)

"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.



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N° 26

- b. Investigadores del Instituto Francés de Investigación Agraria (INRA) han descubierto un nuevo gen de resistencia a una virosis del pimiento causada por potyvirus, que es el grupo en el que hay más virus fitopatogénicos. (15/5/03)
- c. Según un trabajo de Victoriano Valpuesta de la Universidad de Málaga publicado en la revista Nature, se ha identificado un gen de fresa que podría ayudar a crear alimentos ricos en vitamina C. El gen llamado GalUr codifica un enzima que ayuda a convertir el ácido D-galacturónico en vitamina C. (16/1/03)
- d. La revista científica Nature informó de una sorprendente invención biotecnológica japonesa: gusanos de seda que tejen hilos de colágeno muy resistente. El colágeno es una proteína humana común en la piel y se emplea en cosmética, hilos de sutura y fabricación de piel artificial. (19/12/02)
- e. La tripsina, que tiene diversos usos en la industria farmacéutica, es una proteína que se produce en el páncreas de los animales y que sirve en el proceso de digestión humana. Se la suele utilizar para tratar desórdenes gástrico-intestinales. (24/10/02)
- f. El arsenato se transforma en sulfuro de arsénico por la acción de dos enzimas codificadas por dos genes diferentes de la bacteria *E. coli*. La primera enzima transforma el arsenato altamente tóxico en arsenito y la segunda enzima transforma el arsenito en sulfuro de arsénico. El sulfuro de arsénico es una molécula con una muy baja toxicidad, cuya liberación al medio implica menores riesgos para los seres vivos. (10/10/02)
- g. Se ha descubierto un gen de las medusas que sintetiza una proteína que emite una luz verdosa fluorescente cuando se la ilumina con rayos ultravioleta. (26/9/02)
- h. Se ha demostrado que ciertas algas marinas poseen varios genes que codifican enzimas que participan de la cadena metabólica de producción del ácido graso omega-3, útil por su capacidad para eliminar el colesterol "malo" y los triglicéridos. (18/7/02)
- i. Se ha identificado en la levadura de panadería un gen que regula la resistencia al frío. (27/6/02)

Lista 3. ¿Cuáles plantas?

- a. Clavel.
- b. Arroz
- c. Maíz
- d. Planta acuática

"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.



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N° 26

- e. Lechuga
- f. Trigo
- g. Tomate
- h. Zapallitos
- i. Banana

Respuestas:

	Característica	Gen	Organismo
1	Resistencia a virus	Gen de resistencia a una virosis del pimiento causada por potyvirus.	Zapallitos
2	Tolerancia a salinidad	Gen de resistencia a salinidad de <i>S. brachiata</i> (planta de la familia de las quenopodiáceas, muy tolerante a la salinidad, que vive de forma natural en los manglares del Océano Indico).	Trigo
3	Producción de grandes cantidades de vitamina C	Gen de fresa GalUr codifica un enzima que ayuda a convertir el ácido D-galacturónico en vitamina C (podría ayudar a crear alimentos ricos en vitamina C)	Tomate
4	Producción de hilos de colágeno	Gen de producción de colágeno de gusanos de seda (los gusanos de seda tejen hilos de colágeno muy resistente. El colágeno es una proteína humana común en la piel y se emplea en cosmética, hilos de sutura y fabricación de piel artificial)	Tabaco
5	Producción de tripsina para tratamientos intestinales	Gen de tripsina de animales (sirve en el proceso de digestión humana. Se la suele utilizar para tratar desórdenes gastrointestinales)	Banana
6	Capacidad para degradar arsénico	Dos genes diferentes de la bacteria <i>E. Coli</i> que expresan dos enzimas que transforman el arsenato en sulfuro de arsénico (La primer enzima transforma el arsenato altamente tóxico en arsenito y la segunda enzima transforma el arsenito en sulfuro de arsénico. El sulfuro de arsénico es una molécula con una muy baja toxicidad, cuya liberación al medio implica menores riesgos para los seres vivos)	Planta acuática
7	Flores fluorescentes	Gen de las medusas que sintetiza una proteína que emite una luz verdosa fluorescente (Esto sucede cuando se la ilumina con rayos ultravioleta)	Clavel
8	Producción de ácidos grasos omega-3	Genes de algas marinas que codifican enzimas que participan de la cadena metabólica de producción del ácido graso omega-3 (El omega 3 es útil por su capacidad para eliminar el colesterol "malo" y los triglicéridos)	Maíz
9	Tolerancia al frío	Gen de la levadura de panadería que regula la resistencia al frío	Arroz

"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.



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N° 26

II. Una vez que cada grupo ha seleccionado los genes para el atributo que les correspondió y la planta receptora de los nuevos genes, se les solicita que describan detalladamente la metodología de transformación mediada por *Agrobacterium tumefaciens* para elaborar la planta transgénica correspondiente (sugerimos que consulten nuevamente el Cuaderno 18). El objetivo es que la descripción sea específica para cada caso. Por ejemplo:

1. se aísla de las células de la medusa (por ejemplo de los tentáculos) el gen de la medusa que codifica para la proteína fluorescente,
2. luego se lo introduce en el plásmido de *Agrobacterium* dentro de una secuencia de ADN-T con las secuencias regulatorias y gen de selección,
3. se introduce nuevamente el plásmido con los genes y secuencias regulatorias en *Agrobacterium*,
4. se infectan células de clavel cultivadas en placas de Petri, con *Agrobacterium*
5. posteriormente las células se cultivan en un medio con agente de selección para rescatar las células modificadas de las que se regenerará una planta de clavel cuyas flores serán fluorescentes.

Se sugiere que los alumnos justifiquen por qué seleccionaron la planta específica para que sea la planta transgénica receptora de los nuevos genes. En algunos casos como la correspondiente al gen que codifica una proteína fluorescente resulta claro que este gen es útil en una planta ornamental. Pero en otros casos la elección no es tan evidente, es por lo tanto una elección abierta, por ello es importante que los alumnos justifiquen por escrito. Por ejemplo para el rasgo de resistencia a virus del tipo potyvirus, los alumnos podrían seleccionar cualquier planta porque no se espera de ellos que conozcan cuál planta es sensible y es blanco de la infección con este tipo de virus, pero deberán en su justificación aclarar que “seleccionaron por ejemplo el tomate porque los tomates son sensibles e infectables por los potyvirus”.

Actividad 3. Completar las frases

El objetivo de esta actividad es repasar los conceptos vinculados con el mejoramiento genético. Es posible que para responder deban recurrir a otros Cuadernos en los cuales se amplían algunos conceptos.

1. Las plantas que tienen transgenes se denominan _____ o cultivos GM.

"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.



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N° 26

2. La tecnología de transformación por _____ permite reunir en una sola planta genes útiles de una amplia gama de fuentes, no sólo de la misma especie.
3. Los ciclos de cruzamientos repetidos con el progenitor mejorado, es un proceso conocido como _____.
4. La bacteria de suelo, *Bacillus thuringiensis* (Bt), tiene genes para diversas proteínas tóxicas para ciertos _____.
5. Las enzimas de restricción _____ ADN, solo en ciertas secuencias específicas.
6. Las enzimas llamadas ligasas, participan en la _____ de los extremos de ADN.
7. Además de su principal cromosoma, muchas bacterias tienen también pequeñas piezas circulares de ADN, llamadas _____.
8. La información de todos los caracteres de una planta está contenida en sus tres _____: nuclear, _____ y mitocondrial.
9. La biobalística es un método de _____ ideado para transformar especies no susceptibles a la bacteria _____.
10. Una planta transplántica es aquella obtenida a partir de células a las que se le ha modificado el _____.
11. La utilización de _____ específicos del cloroplasto permite que los transgenes se expresen exclusivamente en los plástidos.

Respuestas

1. Las plantas que tienen transgenes se denominan **transgénicas** o cultivos GM.
2. La tecnología de transformación por **ingeniería genética** permite reunir en una sola planta genes útiles de una amplia gama de fuentes, no sólo de la misma especie.
3. Los ciclos de cruzamientos repetidos con el progenitor mejorado, es un proceso conocido como **retrocruzamiento**.
4. La bacteria de suelo, *Bacillus thuringiensis* (Bt), tiene genes para diversas proteínas tóxicas para ciertos **insectos**.
5. Las enzimas de restricción **cortan** ADN, solo en ciertas secuencias específicas.
6. Las enzimas llamadas ligasas, participan en la **unión** de los extremos de ADN.

"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.



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N° 26

7. Además de su principal cromosoma, muchas bacterias tienen también pequeñas piezas circulares de ADN, llamadas **plásmidos**.
8. La información de todos los caracteres de una planta está contenida en sus tres **genomas**: nuclear, **plastídico** y mitocondrial.
9. La biobalística es un método de **transformación genética** ideado para transformar especies no susceptibles a la bacteria *Agrobacterium*.
10. Una planta transplántica es aquella obtenida a partir de células a las que se le ha modificado el **genoma plastídico**.
11. La utilización de **promotores** específicos del cloroplasto permite que los transgenes se expresen exclusivamente en los plástidos.

MATERIAL DE CONSULTA

Una tumba para los Romanov Y otras historias con ADN. Raúl A. Alzogaray. Colección "Ciencia que ladra...". Universidad Nacional de Quilmes. Siglo XXI Editores. 2004.

La Biotecnología al Desnudo - Promesas y Realidades - Editorial Anagrama
Autor: Eric S. Grace. Es una introducción a la historia y la tecnología de la biotecnología. Fraccionada y especialmente concebida para el lector no especializado, constituye una útil herramienta pedagógica.

Biotecnología y mejoramiento vegetal. Echenique, V. (ed); Rubinstein, C. (ed); Mroginski, L. (ed). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires (Argentina). Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. Buenos Aires (Argentina). INTA. 2004.

"La revolución genética y la agricultura", del Dr. Alejandro Mentaberry, publicado en Ciencia Hoy, Volumen 11 N°62 de Abril/Mayo de 2001. Disponible en:

<http://www.cienciahoy.org.ar/ln/hoy62/genetica.htm>

Juego interactivo en inglés, que recrea el proceso de elaboración de una planta transgénica. <http://www.food.gov.uk/multimedia/flash/gmgame.swf>

<http://cls.casa.colostate.edu/CultivosTransgenicos/> Sitio en español con información sobre transgénicos. Guía de recursos.

"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.



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

EDICIÓN N° 26

www.colostate.edu. Sitio en inglés, desarrollado por el Departamento de Ciencias del Suelo y los Cultivos y el Centro de las Ciencias de la Vida de la Universidad del Estado de Colorado (EE.UU.). Se puede consultar toda la información e historia sobre estos cultivos, regulaciones, y hasta una interesante animación de cómo se hace una planta transgénica

www.agbioworld.org. Un sitio dedicado a brindar información sobre avances tecnológicos en agricultura para el mundo en desarrollo.

"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.