Colegio de
San Francisco de Paula

Biotecnología y bioinformática

Opción B

B2. Biotecnología en la agricultura

International Baccalaureate

Tema 9 de Biología NS

Diploma BI

IMAGEN: www.eurekastreet.com.au

Idea Fundamental: Los cultivos pueden modificarse para aumentar el rendimiento y obtener productos novedosos.

Organismos transgénicos (OGM)

- Al igual que denominamos **genoma** a la totalidad de la información genética de un organismo, se denomina **proteoma** al conjunto de proteínas que un organismo puede sintetizar.
- Algunas veces la ingeniería genética busca extender el proteoma de un organismo, sintetizando una nueva proteína, con objeto de llevar a cabo alguna aplicación biotecnológica concreta.
- Si la adición al proteoma se debe a la adición de un gen de otro organismo, al oganismo modificado se le denomina **transgénico**.
- Por tanto, **los organismos transgénicos producen proteínas que no formaban parte previamente del proteoma de su especie.**

IMAGEN: http://cibertareas.info

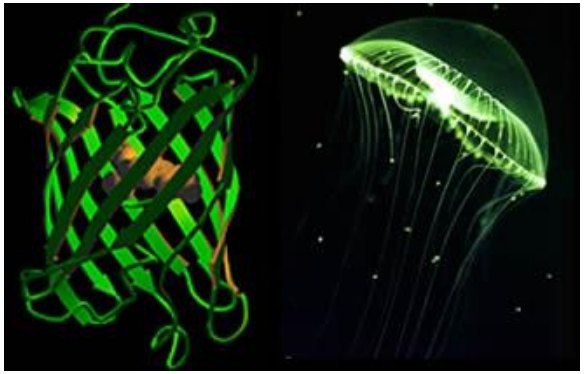
Organismos transgénicos (OGM)

- El pez **GloFish®** ha sido el primer organismo transgénico comercializado como mascota, y contiene el gen que codifica para la **Proteína Verde Fluorescente (GFP)** de la medusa ***Aequorea Victoria***.
- Esta proteína bioluminiscente irradia luz verde cuando se ilumina con luz azul o UV, aunque en la actualidad se comercializan 6 colores distintos.

IMAGEN: elprogreso.galiciae.com/

www.cibertareas.com

IMAGEN: http://soils.wisc.edu



GPF (Green Flourescent Protein)

Es una proteína bioluminiscente de las medusas

Con la investigación a nivel molecular se busca identificar la secuencia de ADN que hace que las células de la medusa produzcan la proteína

Miles de secuencas del ADN del GPF se pueden obtener

Estos fragmentos se pueden introducir es las células de otro organizmo, por ejemplo en un huevo de un pez.

AL introducirse esta información, el pez va a producir la GPF

Al reproducirse, este pez transmitirá el ADN modificado a toda su descendencia

Cultivos genéticamente modificados

- Cuando a una especie se le introduce una proteína o un fenotipo nuevo que antes no tenía, se le denomina producto novedoso.
- Así, **las plantas de cultivo modificadas genéticamente pueden usarse para obtener productos novedosos.**
- Ejemplo de ello lo tenemos en el **arroz dorado**, arroz modificado genéticamente para producir beta-carotenos (precursor natural de la vitamina A), indispensable durante el embarazo para prevenir la ceguera y la mortalidad.

Web1

IMAGEN: http://www.juntadeandalucia.es/averroes

IMAGEN: http://www.goldenrice.org

Cultivos genéticamente modificados

- El arroz no produce beta-carotenos de forma natural en el endospermo (parte comestible del arroz) debido a la ausencia de tres enzimas (fitoeno sintasa, fitoeno desaturasa y licopeno ciclasa).
- El arroz dorado se encuentra modificado genéticamente mediante la introducción de dos de estos genes de la flor del narciso y el tercero de ellos de la bacteria *Erwinia uredovora*.
- Otro ejemplo es el maíz Bt, al que se le ha introducido el gen de la bacteria *Bacillus thuringiensis* qe codifica para la toxina CRY, evitando así que la cosecha de maíz sea atacada por la oruga del taladro del maíz.

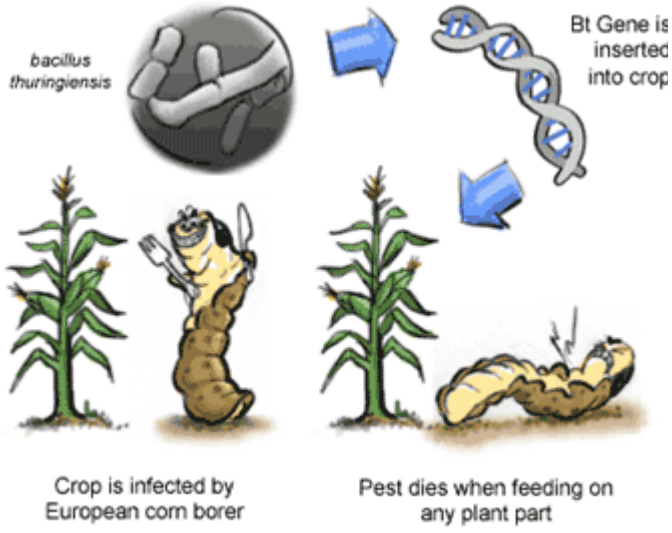


IMAGEN: www.scq.ubc.ca

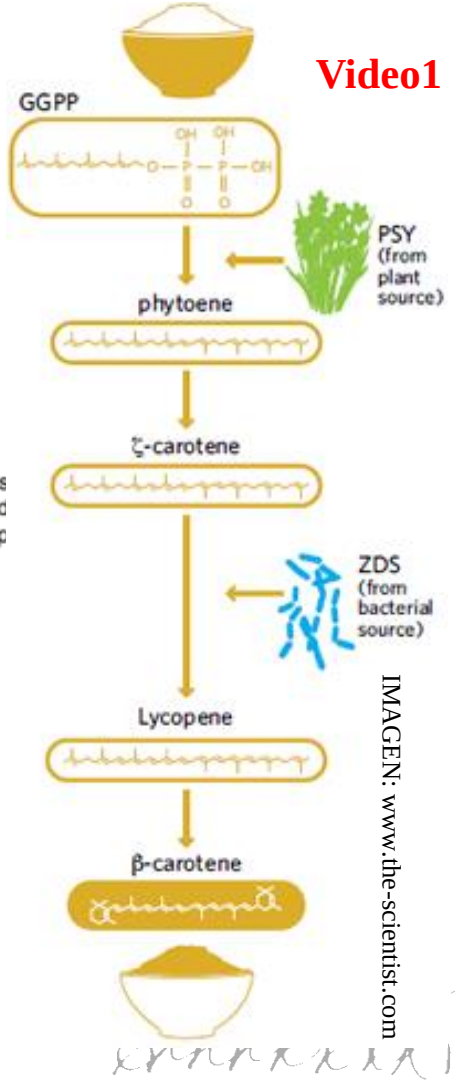
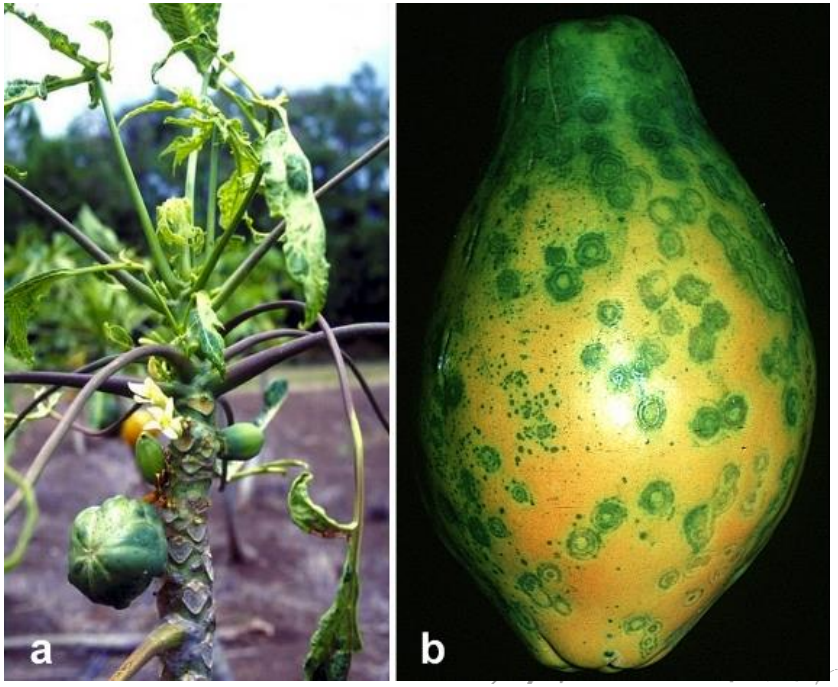


IMAGEN: www.the-scientist.com

Factores limitantes de la productividad de los cultivos

- Existen factores limitantes tanto bióticos como abióticos, que constituyen una resistencia ambiental a la productividad de las plantas de cultivo.
- **La modificación genética puede usarse para superar la resistencia ambiental con el fin de aumentar las producciones de los cultivos**.
- Entre los **factores bióticos**, destacan la competencia con las malas hierbas, la depredación por insectos y la infección por patógenos.
- Ejemplos son el maíz Bt comentado anteriormente, resistente al gusano del taladro, o la papaya transgénica en Hawaii, resistente al virus de la mancha anular, gracias a la introducción de un gen que codifica a la cubierta de dicho virus.



Video2

IMAGEN: en.wikipedia.org

Factores limitantes de la productividad de los cultivos

- Entre los **factores abióticos** que limitan la productividad de las cosechas, se encuentran la sequía, las bajas tempraturas, una alta salinidad o un bajo contenido en nitrógeno.

Fig. 3 Phenotypes of wild-type and *AtNHX1*-expressing peanut plants after 150 mM NaCl treatment. *WT* wild-type; *7* and *11* two independent *AtNHX1*-expressing peanut lines. *Arrows* in WT indicate chlorotic and necrotic leaves

IMAGEN: http://soils.wisc.edu

- El gen AtNHX1 de *Arabidopsis thaliana*, que codifica para una proteína de membrana que acumula el exceso de sodio en el interior de las vacuolas, ha sido introducido en el cacahuete, de manera que puede crecer en condiciones salinas que antes limitaban la productividad del cultivo.

- El maíz DroughtGard® contiene el gen que codifica para la proteína B de shock por frío (*scpB*) de *Bacillus subtilis*, que le permite retener agua en condiciones de sequía.

Factores limitantes de la productividad de los cultivos

- La siguiente imagen muestra un esquema de los principales cultivos transgénicos obtenidos hasta la fecha, indicando los genes objetivo (transgenes) usados y su procedencia.

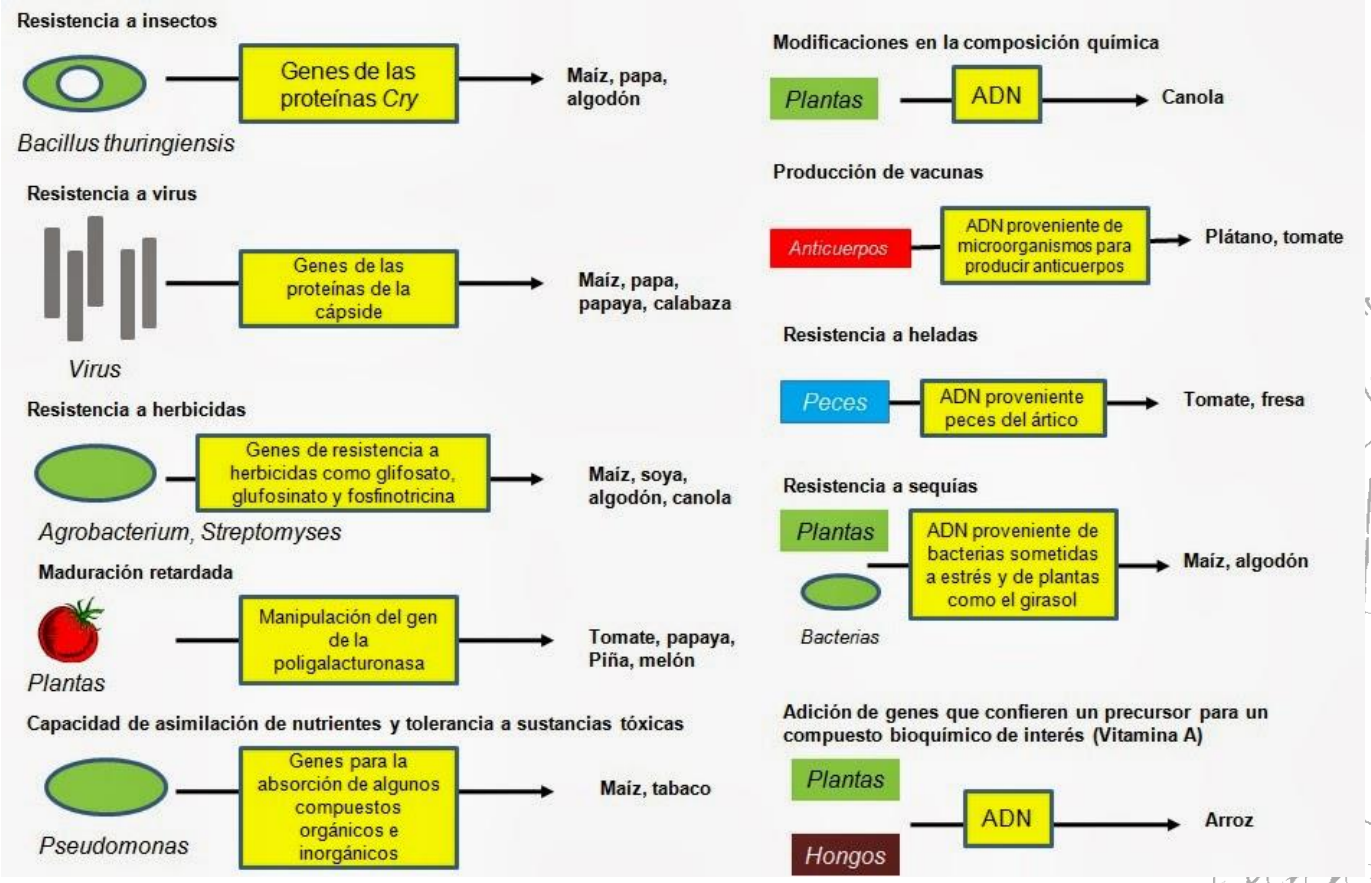


IMAGEN: http://soils.wisc.edu

Web2

Marco de lectura abierto

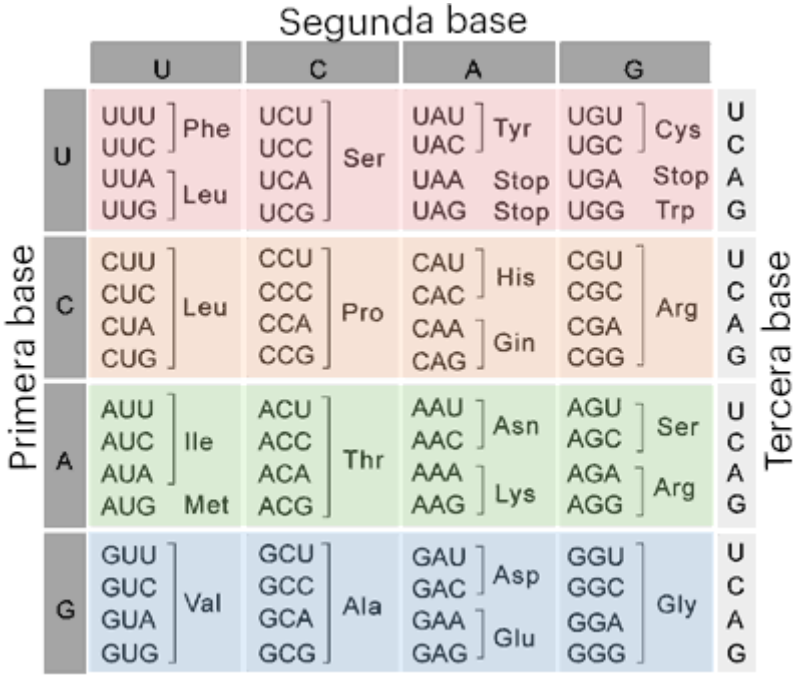
- Cuando el ADN de un organismo ha sido secuenciado, los investigadores deben buscar y localizar genes dentro del genoma, ya que no todo el ADN no lleva información o codifica para una proteína.
- El punto de inicio de esta búsqueda es localizar un **marco de lectura abierto (ORF)**, que depende de los siguientes conceptos:

  - Existen 64 tripletes de bases o codones.

  - 61 de ellos codifica para un aminoácido.

  - De estos 61, uno de ellos es el codon de inicio (ATG) que codifica para el aminoácido metionina y señala el comienzo de una ORF.

  - Los 3 codones restantes (TAA, TAG y TGA) son codones de STOP, que señalizan el final de un ORF.



Web3

IMAGEN: www.onegen01.com

Marco de lectura abierto

- **Un marco de lectura abierto es una longitud significativa de ADN con suficientes nucleótidos como para codificar los aminoácidos de una cadena polipeptídica entre un codon de inicio y otro de terminación** (el tamaño medio de un ORF en *E. coli* es de 317 aminoácidos).

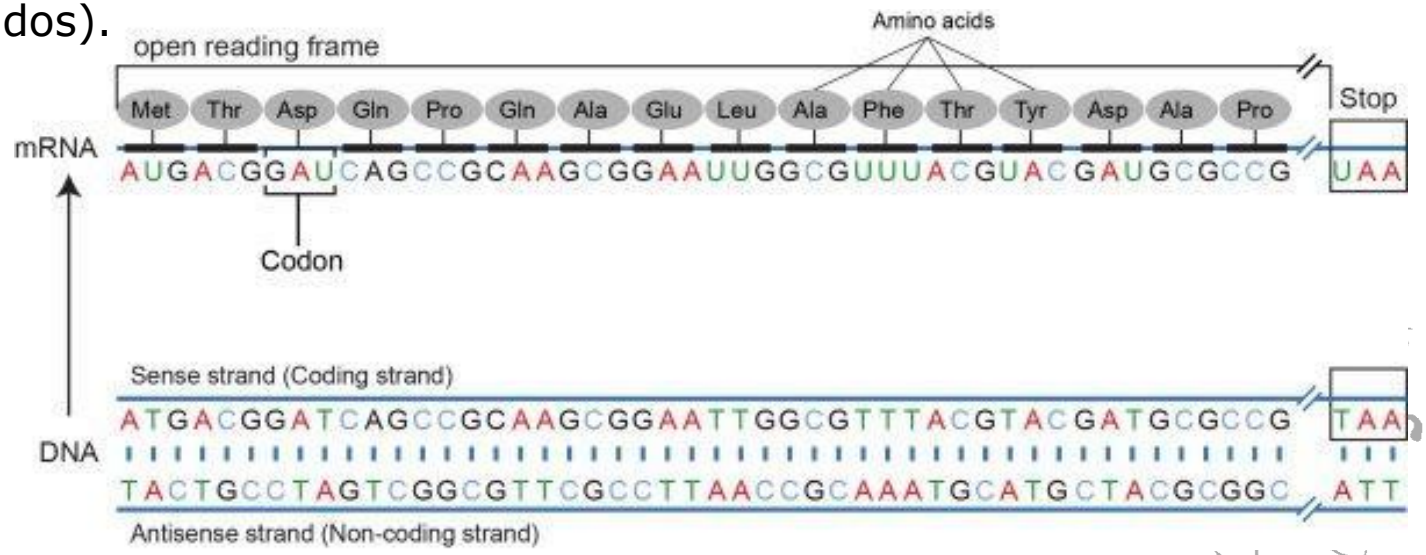


IMAGEN: www.wikipedia.org

- Dado que el ADN es leído en grupos de 3 nucleótidos (codones), una cadena de ADN tiene 3 distintos marcos de lectura. Como la doble hélice de la molécula de ADN está formada por 2 cadenas antiparalelas, cada una de ellas con tres marcos de lectura, hay seis posibles marcos abiertos de lectura que darán lugar a una secuencia proteica absolutamente diferente.

HABILIDAD: Identificación de un marco de lectura abierto

- Realiza el siguiente ejercicio en tu cuaderno:

Identifying open reading frames

Identification of an open reading frame (ORF).

A short base sequence is shown below.

AATTCATGTTCGTCAATCAGCACCTTTGTGGTTC
TCACCTCGTTGAAGCTTTGTACCTTGTTTGCGGT
GAACGTGGTTTCTTCTACACTCCTAAGACTTAA
TAGCCTGGTG

1 Find the first start codon and the first stop codon after it in the sequence.

a) State how many bases there are before the start codon. [1]

b) State how many codons there are in the open reading frame that you have found. [1]

c) Calculate how many amino acids are encoded in this open reading frame. Show how you worked out your answer. [3]

2 Researchers need to distinguish between open reading frames that code for polypeptides and random base sequences in the genome that by chance have start codons followed by an extended sequence without a stop codon.

a) Calculate the percentage chance of finding a start codon in a piece of DNA with a random sequence of ten base pairs. [2]

b) If the start codon is found in a random base sequence, calculate the percentage chance that the next triplet of bases codes for an amino acid. [1]

c) Calculate the percentage chance that the next 100 triplets all code for amino acids. [2]

FUENTE: DP Biology Course Companion 2014 by Andrew Allott and David Mindorff

Bioinformática

- La **bioinformática** se puede definir como la aplicación de la tecnología de la computación a la gestión y análisis de datos biológicos.
- Cuando el genoma secuenciado de un organismo se encuentra disponible en una base de datos, puede someterse a una búsqueda de secuencias no interrumpidas por codones de STOP, permitiendo encontrar más fácilmente marcos de lectura abiertos.
- Cuando se identifica un ORF, puede llevarse a cabo un **BLAST (Basic Local Alignment Search Tool).**
- Esta herramienta permite la búsqueda en la base de datos de secuencias en otras especies parecidas al ORF encontrado, así como la búsqueda de proteínas en la base de datos según la secuencia traducida del marco de lectura abierto.

Web4

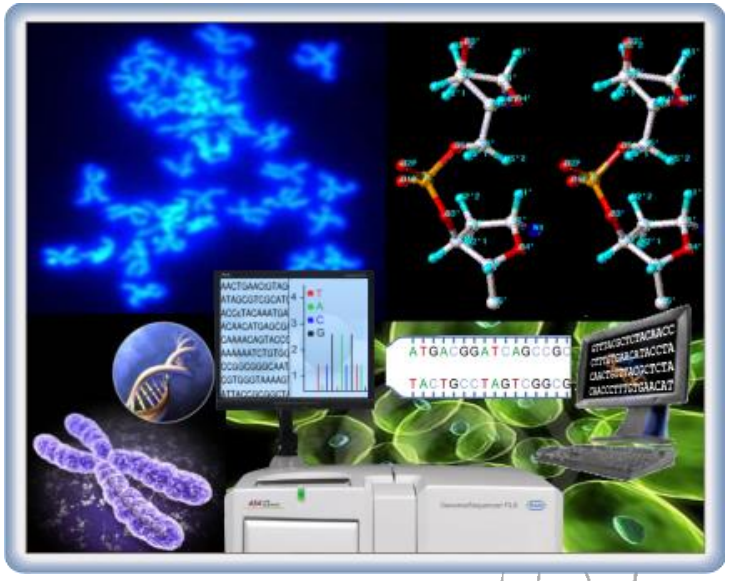


IMAGEN: www.bioinformaticscience.com/cursos.html

- **La bioinformática desempeña,** por tanto, **un papel importante en la identificación de los genes objetivo**.

HABILIDAD: Identificación de un marco de lectura abierto

- La siguiente actividad se basa en el uso de herramientas bioinformáticas para la búsqueda de ORFs y sus respectivas proteínas.

  La siguiente secuencia de ADN pertenece a *E. coli* y contiene un ORF en uno de sus 6 marcos de lectura.

TCGTTACCAATTATGACAACTTGACGGCTACATCATTCACTTTTTCTTCACAACCGGCACGAAACTCGC
TCGGGCTGGCCCCGGTGCATTTTTTAAATACTCGCGAGAAATAGAGTTGATCGTCAAAACCAACATTG
CGACCGACGGTGGCGATAGGCATCCGGGTAGTGCTCAAAAGCAGCTTCGCCTGACTAATGCGTTGGT
CCTCGCGCCAGCTTAAGACGCTAATCCCTAACTGCTGGCGGAAAAGATGTGACAGACGCGACGGCG
ACAAGCAAACATGCTGTGCGACGCTGGCGATATCAAAATTGCTGTCTGCCAGGTGATCGCTGATGTAC
TGACAAGCCTCGCGTACCCGATTATCCATCGGTGGATGGAGCGACTCGTTAATCGCTTCCATGCGCCG
CAGTAACAATTGCTCAAGCAGATTTATCGCCAGCAGCTCCGAATAGCGCCCTTCCCCTTGCCCGGCGT
TAATGATTTGCCCAAACAGGTCGCTGAAATGCGGCTGGTGCGCTTCATCCGGGCGAAAGAAACCCGT
ATTGGCAAATATTGACGGCCAGTTAAGCCATTCATGCCAGTAGGCGCGCGGACGAAAGTAAACCCAC
TGGTGATACCATTCGCGAGCCTCCGGATGACGACCGTAGTGATGAATCTCTCCTGGCGGGAACAGCA
AAATATCACCCGGTCGGCAGACAAATTCTCGTCCCTGATTTTTCACCACCCCCTGACCGCGAATGGTG
AGATTGAGAATATAACCTTTCATTCCCAGCGGTCGGTCGATAAAAAAATCGAGATAACCGTTGGCCTCA
ATCGGCGTTAAACCCGCCACCAGATGGGCGTTAAACGAGTATCCCGGCAGCAGGGGATCATTTTGCG
CTTCAGCCATACTTTTCA

HABILIDAD: Identificación de un marco de lectura abierto

TAREA:

a) Use the EMBL-EBI web based sequence tool to translate the sequences below.(https://www.ebi.ac.uk/Tools/st/emboss_transeq/)

Find the ORF in the correct reading frame (you must select "6" under the frames pull down menu before translating to see all 6 frames).

b) Once you find the ORF protein sequence, perform a BLAST search at the National Center for Biotechnology Information web site (http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastp&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome) to determine the identity and function of the protein.

c) Report the correct reading frame (+3, +2, +1, -1, -2, or -3), the translated sequence from the start methionine to the stop codon (you can assume the first methionine in the correct reading frame is the start methionine), the encoded protein name, and a brief description of its function.

FUENTE: http://ecolistudentportal.org/exercise_blast-6

Introducción del gen objetivo

- Una vez localizado en una especie el gen objetivo que queremos transferir a otra especie, para llevar a cabo la modificación genética no solo se le introduce el gen de interés de la otra especie que le aportará el producto novedoso, sino que **este gen objetivo está ligado a otras secuencias que controlan su expresión.**
- Los genes eucariotas son introducidos junto con una **secuencia promotora** al inicio y otra de **terminación** al final, además de introducirse otro gen denominado marcador, que permite comprobar que la construcción se ha unido al gen hospedor y que está expresándose.
- En algunos casos hay que añadir otras señales, como cuando hay que asegurar que la proteína sea sintetizada en los ribosomas del retículo endoplásmico rugoso para su secreción, en lugar de ser sintetizada en los ribosomas libres del citoplasma.

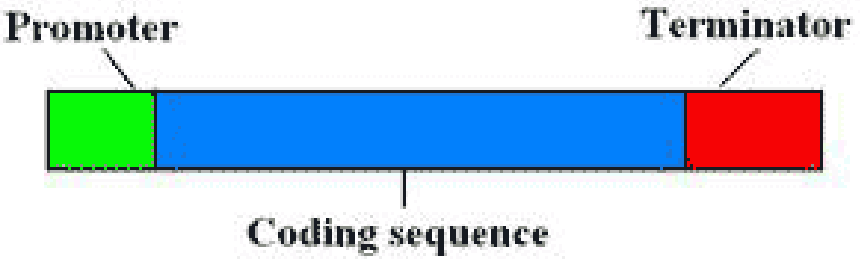
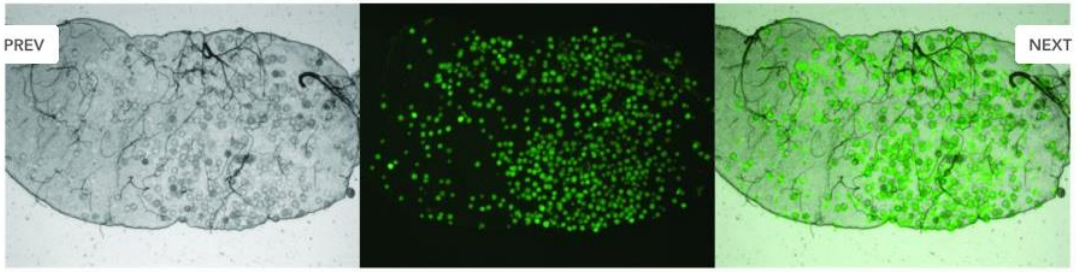


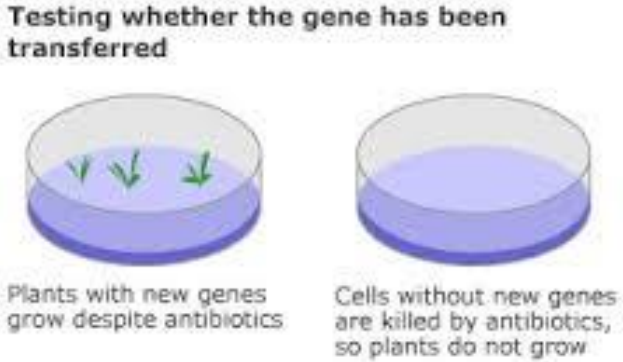
IMAGE: http://www.i-sis.org.uk/

Genes marcadores

- Como se ha comentado, además del gen objetivo se introduce un gen adicional denominado **gen marcador, usado para indicar una captación satisfactoria del gen objetivo.**
- Algunas veces, el gen marcador confiere **resistencia a un antibiótico**, de manera que aquellas plantas (organismo) que han captado la construcción con el gen objetivo y el marcador, sobrevivirán en un medio selectivo con antibiótico.



Light microscope | Fluorescent image | Images superimposed



- Otro gen marcador frecuentemente usado es el que codifica para la **proteína fluorescente verde (GFP)**, de manera que aquellos organismos que hayan captado la construcción, fluorecerán bajo una fuente de luz azul-UV (*Plasmodium* en *Anopheles*).

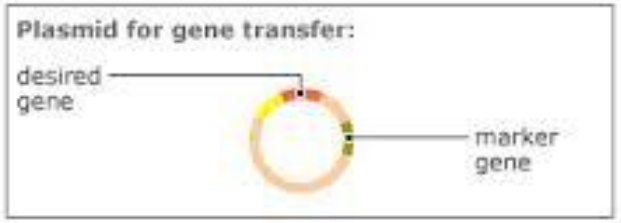
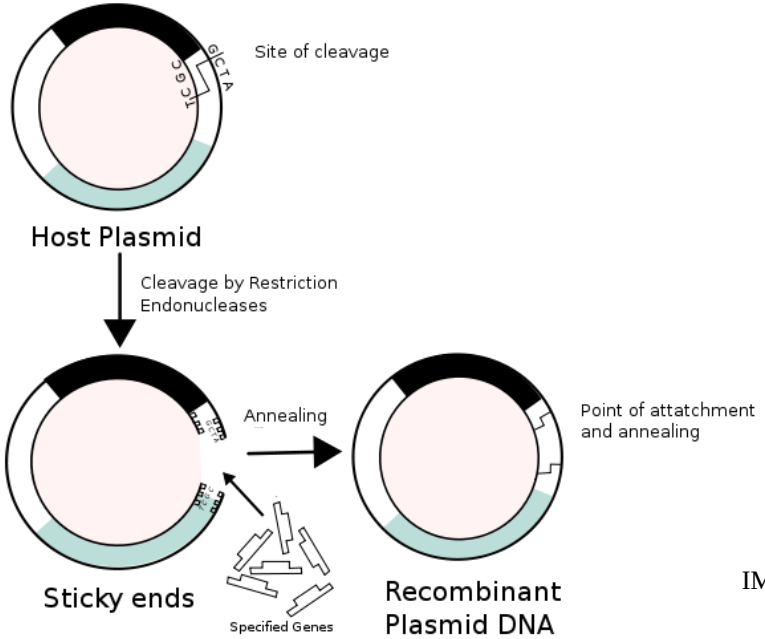


IMAGE: http://www.jyi.org

ADN recombinante

- Se denomina **ADN recombinante** a aquella molécula de ADN que ha sido manipulada de manera que tiene secuencias de dos o más fuentes (organismos).
- Para crear un organismo transgénico, en este caso una planta transgénica, el **ADN recombinante debe insertarse en la célula vegetal y ser captado por su ADN cromosómico o su ADN del cloroplasto**, en un proceso conocido como **transformación**.



- La ventaja de integrar el ADN recombinante en el ADN del cloroplasto, es que éste no se transmite por el polen, lo que previene el flujo genético entre la planta transgénica y las plantas silvestres.

IMAGE: http://www.jyi.org

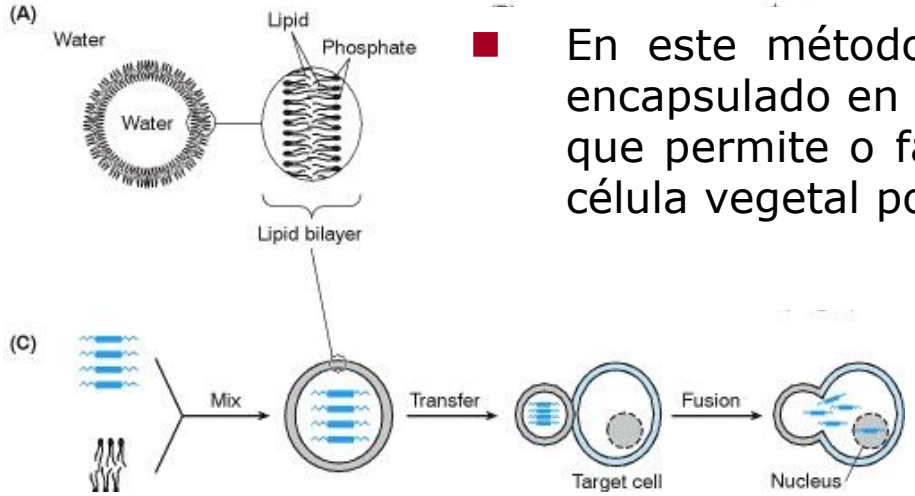
Métodos de transformación

- Una vez generado el ADN recombinante (transgen) hay que elegir la técnica que permite la introducción del ADN exógeno (transformación).
- **El ADN recombinante se puede introducir por métodos directos físicos y químicos o indirectamente por medio de vectores**.
- Un **choqué térmico** es un **método químico** usado originariamente, consistente en mantener la célula a bajas temperaturas en presencia de cloruro de calcio para posteriormente aplicarle un choque térmico que estimule la introducción del ADN recombinante.
- Esta técnica ha sido muy usada en la transformación de bacterias.

IMAGE: genemol.org

Métodos de transformación

- Otro **método químico** usado para la introducción de genes en plantas implica el uso de **liposomas** (vesículas lipídicas).
- Entre los métodos para transformación vegetal, la transferencia de genes, mediada por liposomas, es uno de los más difíciles y aunque en un principio éste mostró ser eficaz, su utilización ha sido muy limitada, debido a su baja frecuencia de transformación.



- En este método, el casete de expresión es encapsulado en una esfera lipídica (liposoma), que permite o facilita su paso, a través de la célula vegetal por endocitosis.

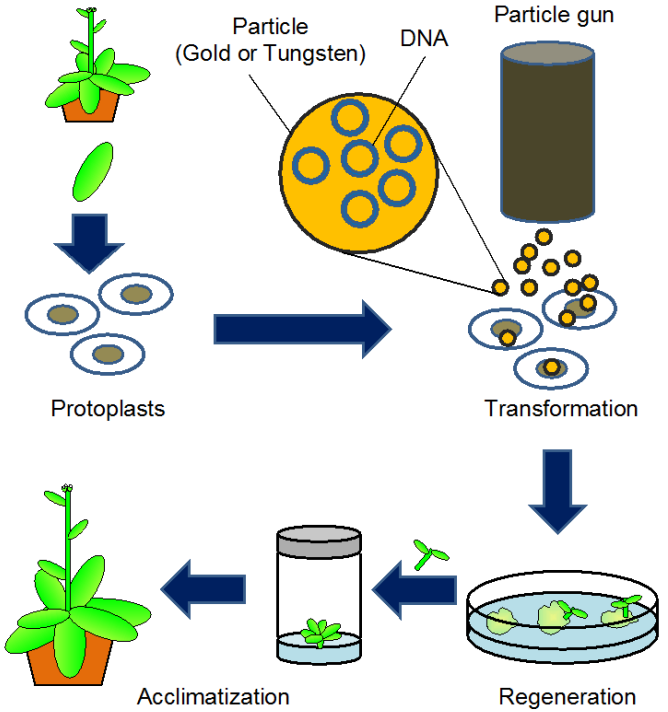
IMAGE: http://www.biotechspace.site90.com

- Pese a las dificultades que presenta este sistema, la fusión de liposomas que contienen ADN con protoplastos está bien establecida en la producción de plantas transgénicas. Menos exitosa ha sido la fusión de los liposomas con tejidos y células vegetales intactas.

Métodos de transformación

- La **biolística** es un **método físico** consiste en disparar partículas recubiertas de ADN a la planta, para que éste penetre.
- Se utilizan microesferas de metal, frecuentemente oro coloidal de 1 µm de diámetro, que se proyectan a gran velocidad sobre las células que deben modificarse con el fin de cruzar su pared. Algunas de las células alcanzadas van entonces a integrar espontáneamente los genes en un punto aleatorio de su genoma.

IMAGEN: https://www.ucm.es



IMAEN: plastid.no/tech.html

Métodos de transformación

- La **electroporación** es un **método físico** que consiste en la aplicación de un campo eléctrico externo, que provoca la formación temporal de poros en la membrana de las células, a través de los que penetra el ADN.

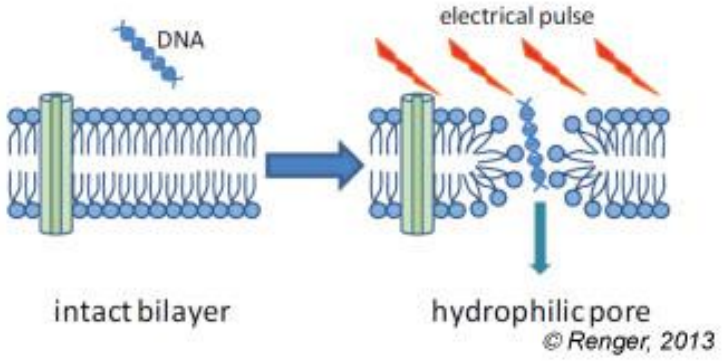


IMAGEN: bioelectrochemical-soc.org

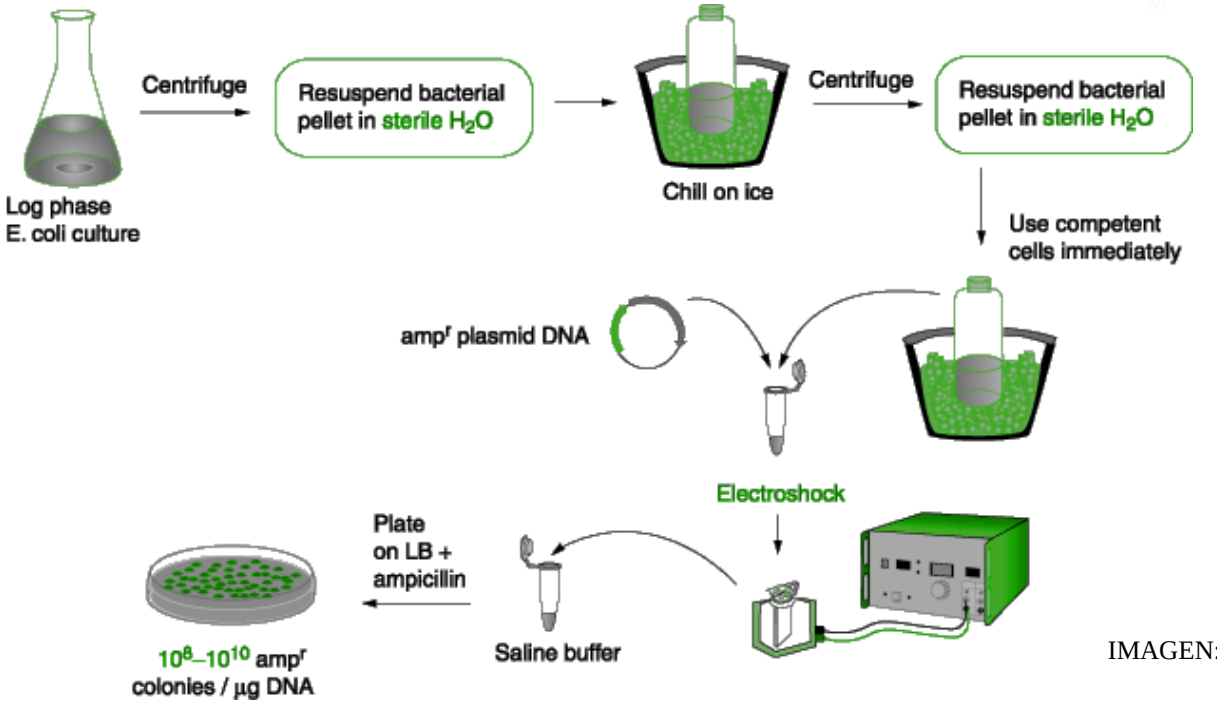
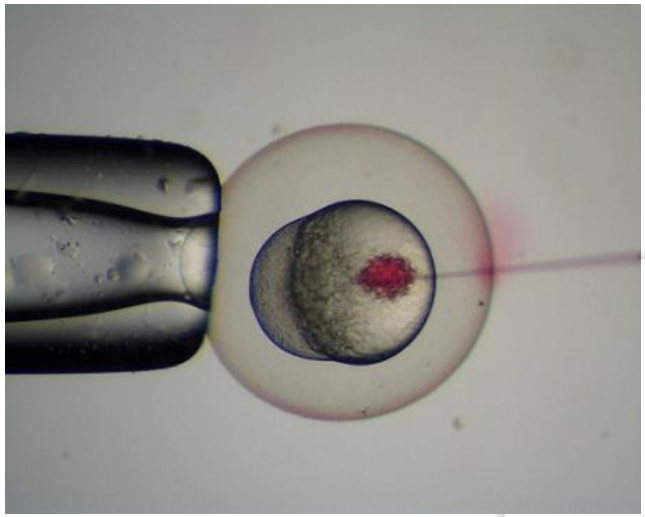


IMAGEN: dmohankumar.files.wordpress.com

Web8

Métodos de transformación

- La **microinyección** es otro método físico consistente en inyectarle a una célula el ADN recombinante mediante una aguja mientras que la célula se encuentra sujeta por succión en una pipeta.



Video4

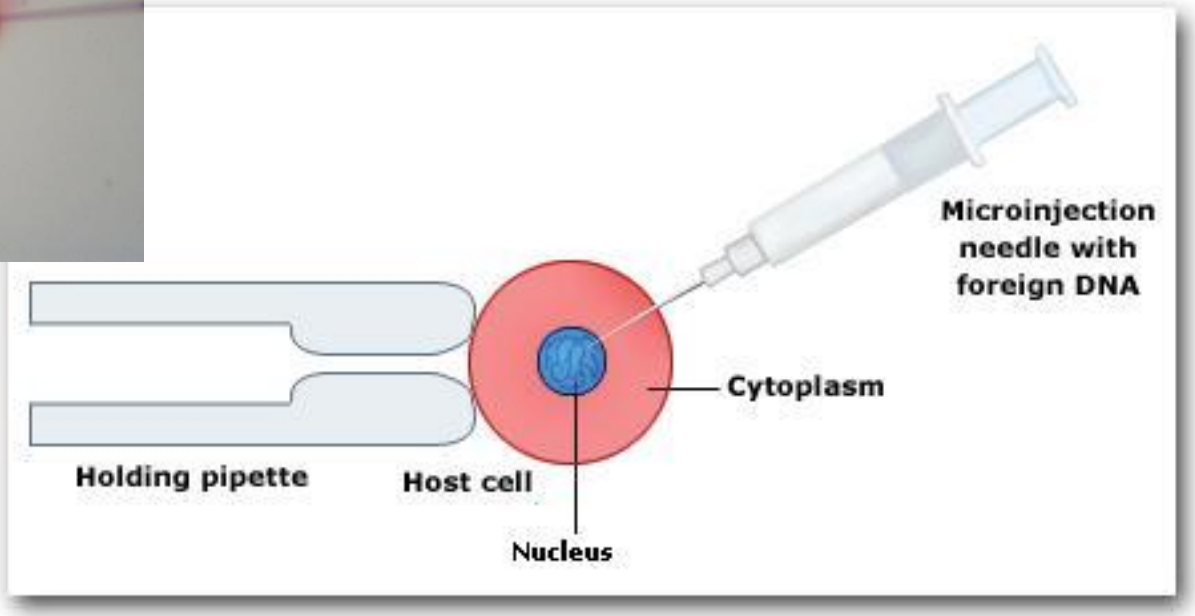


IMAGEN: images.tutorvista.com

APLICACIÓN: Uso del plásmido Ti de *Agrobacterium*

- Otro método para introducir transgenes en las plantas es mediante el **uso de vectores**, como la bacteria ***Agrobacterium tumefaciens***.
- Esta bacteria vive en el suelo y produce tumores en las plantas dicotiledóneas. Cuando a través de una herida contacta con las células de la planta, les transfiere un segmento de ADN del **plásmido Ti** (inductor de tumores).

IMAGEN: http://www.bio.davidson.edu

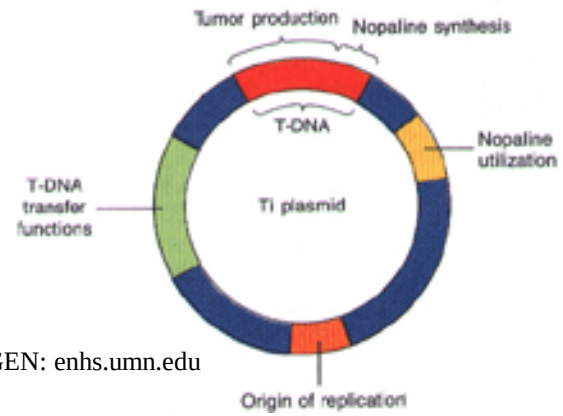
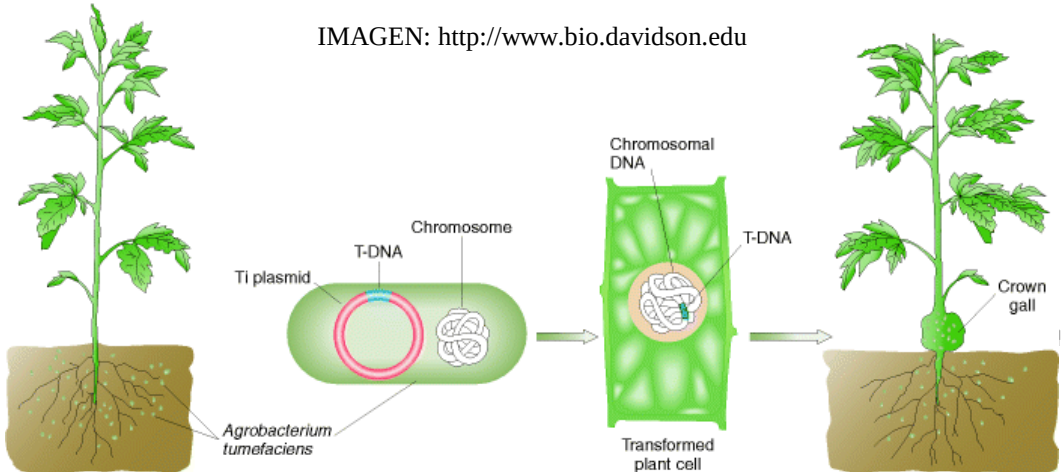


IMAGEN: enhs.umn.edu

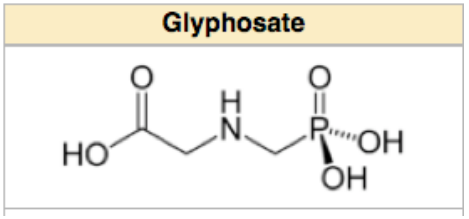


- Este plásmido puede integrarse en uno o más cromosomas de las células vegetales, por lo que puede utilizarse como vector de genes que se deseen introducir en plantas dicotiledóneas. La célula que recibe genes extraños puede regenerar una planta entera y obtener así una planta transgénica.

APLICACIÓN: Uso del plásmido Ti de *Agrobacterium*

- Una **aplicación del uso del plásmido inductor de tumores (Ti) de *A. tumefaciens*,** se encuentra en los **cultivos de soja resistentes al glifosato.**
- El glifosato es un herbicida que actúa en todas las especies vegetales inhibiendo la actividad de las enzimas que sintetizan los aminoácidos aromáticos, necesarios en la fotosíntesis. Por ello, las plantas al no poder sintetizarlos mueren o frenan considerablemente su crecimiento.

IMAGEN: http://justmeans.com



Video2

- El gen de resistencia al glifosato es introducido en el plásmido Ti junto con un gen de resistencia a antibiótico (marcador). Este plásmido Ti modificado es reintroducido en *Agrobacterium*.

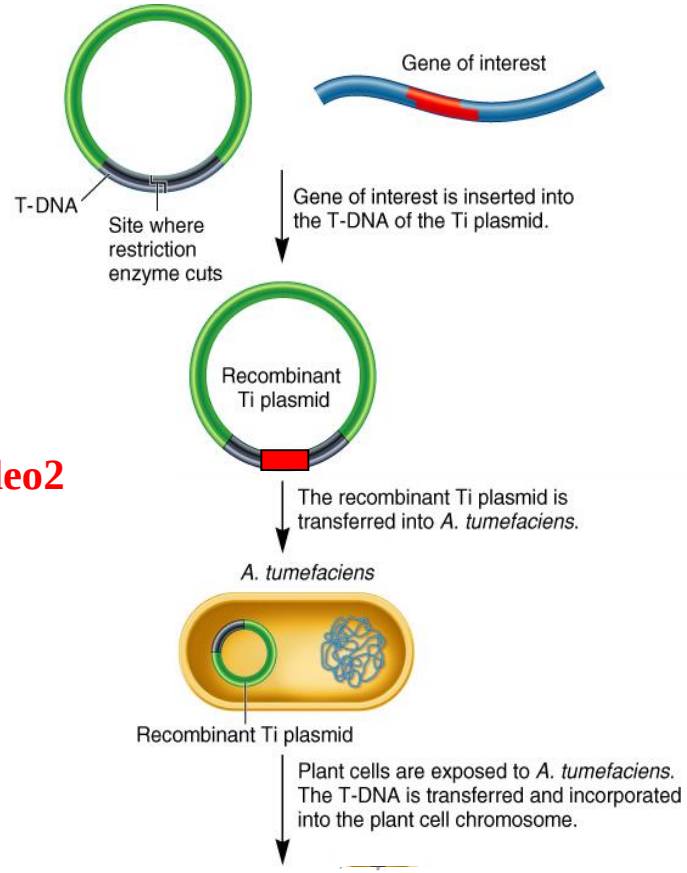
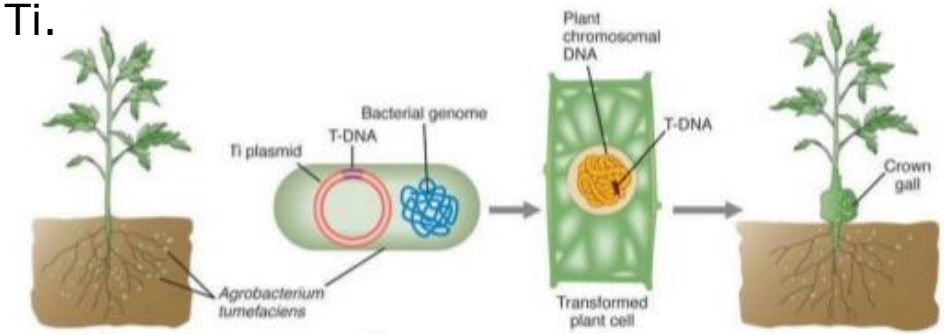
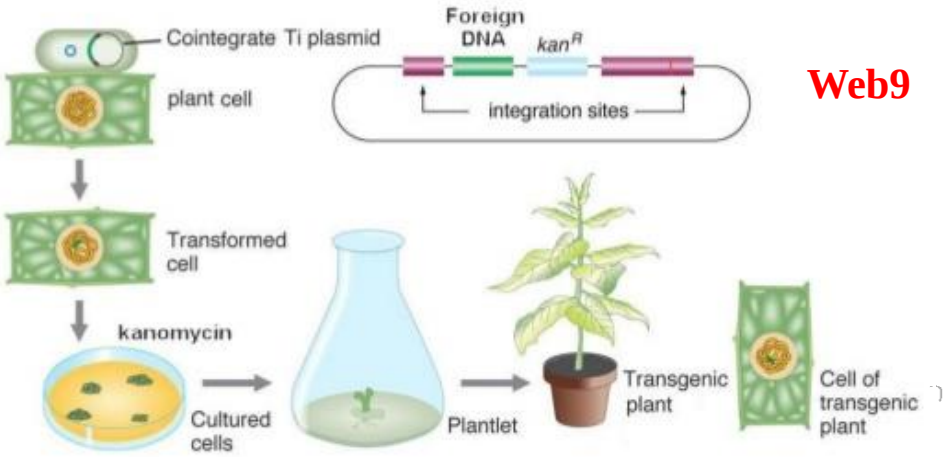


IMAGEN: http://justmeans.com

APLICACIÓN: Uso del plásmido Ti de *Agrobacterium*

- Las células de soja son expuestas a la bacteria *Agrobacterium* con el plásmido Ti modificado, y después son colocadas en un medio selectivo con antibiótico.
- Solo sobreviran y crecerán aquellas células que haya captado satisfactoriamente el plásmido Ti.
- La soja transgénica puede resistir al glifosato porque posee una enzima bacteriana que también sintetiza aminoácidos aromáticos, pero resiste la aplicación del glifosato.
- Por ello, al aplicarse glifosato sobre un cultivo de soja en crecimiento se secan las malezas y continúa creciendo el cultivo de soja sin verse afectado.





Web9

IMAGEN: http://image.slidesharecdn.com

NATURALEZA CIENCIAS: Evaluación riesgos y beneficios de la investigación científica

- El flujo de genes consiste en el movimiento de material genético de una población a otra, que en el caso de las plantas suele tener lugar a través del polen entre especies relacionadas.
- La cosecha transgénica más cultivada es la de las plantas resistentes a herbicidas.
- El potencial flujo de genes desde poblaciones de cultivos transgénicos a poblaciones no transgénicos o a poblaciones silvestres, constituye una preocupación.
- Si el transgen llega a expresarse en las poblaciones silvestres, será muy difícil poder controlar las malas hierbas en los campos de cultivo.

IMAGEN: image.slidesharecdn.com/

NATURALEZA CIENCIAS: Evaluación riesgos y beneficios de la investigación científica

- Por tanto, **los científicos deben evaluar la posibilidad de que los genes de resistencia a los herbicidas puedan propagarse a las poblaciones silvestres**.
- Para ello, deben estimar cómo de frecuente es el flujo genético, determinando si el gen llega a expresarse y los cambios producidos en el fenotipo de la planta.
- Una posible estrategia consiste en la introducción de genes mitigadores junto con el transgen, reduciendo el éxito de cualquier planta híbrida que pudiera crearse.
- Otra estrategia para evitar la propagación del transgen, es introducirlo en el ADN del cloroplasto, que no se propaga en el polen.

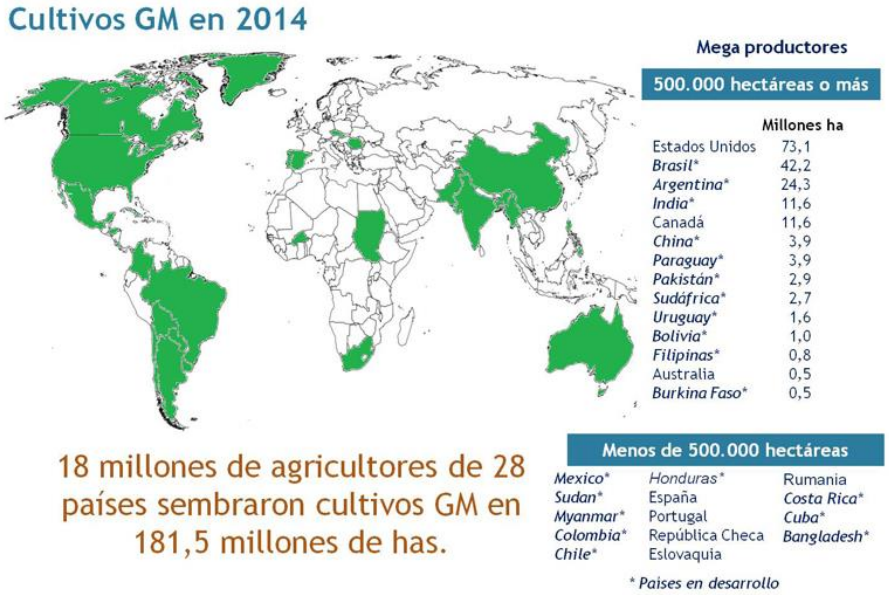


IMAGEN: http://image.slidesharecdn.com

APLICACIÓN: Uso del virus del mosaico del tabaco

- Otro ejemplo del **uso de vectores** para introducir transgenes en las plantas, es el ***virus del mosaico del tabaco***.
- Una **aplicación** de ello lo tenemos en la **modificación genética del virus del mosaico del tabaco para permitir la producción masiva de vacunas de hepatitis B en plantas de tabaco**.
- Plantas de tabaco son tranformadas con el gen que codifica para el antígeno de superficie del virus de la Hepatitis B (HBsAg), produciéndose dicha proteína en las hojas.
- Dicho gen es introducido en el tabaco mediante el virus del mosaico del tabaco.

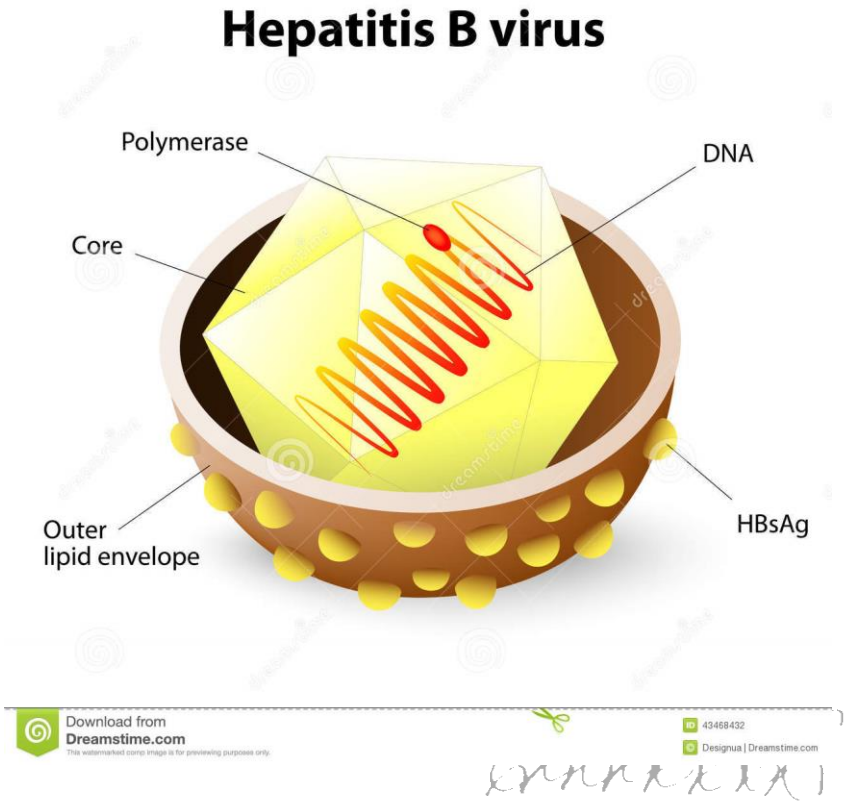


IMAGEN: http://thumbs.dreamstime.com/

APLICACIÓN: Uso del virus del mosaico del tabaco

- Dado que la proteína HBsAg producida es físicamente y antigénicamente similar a las partículas HBsAg derivadas del suero humano, usadas como vacunas, estas plantas transgénicas podrían ser un sistema de bajo coste para la producción de vacunas.

Actividad1

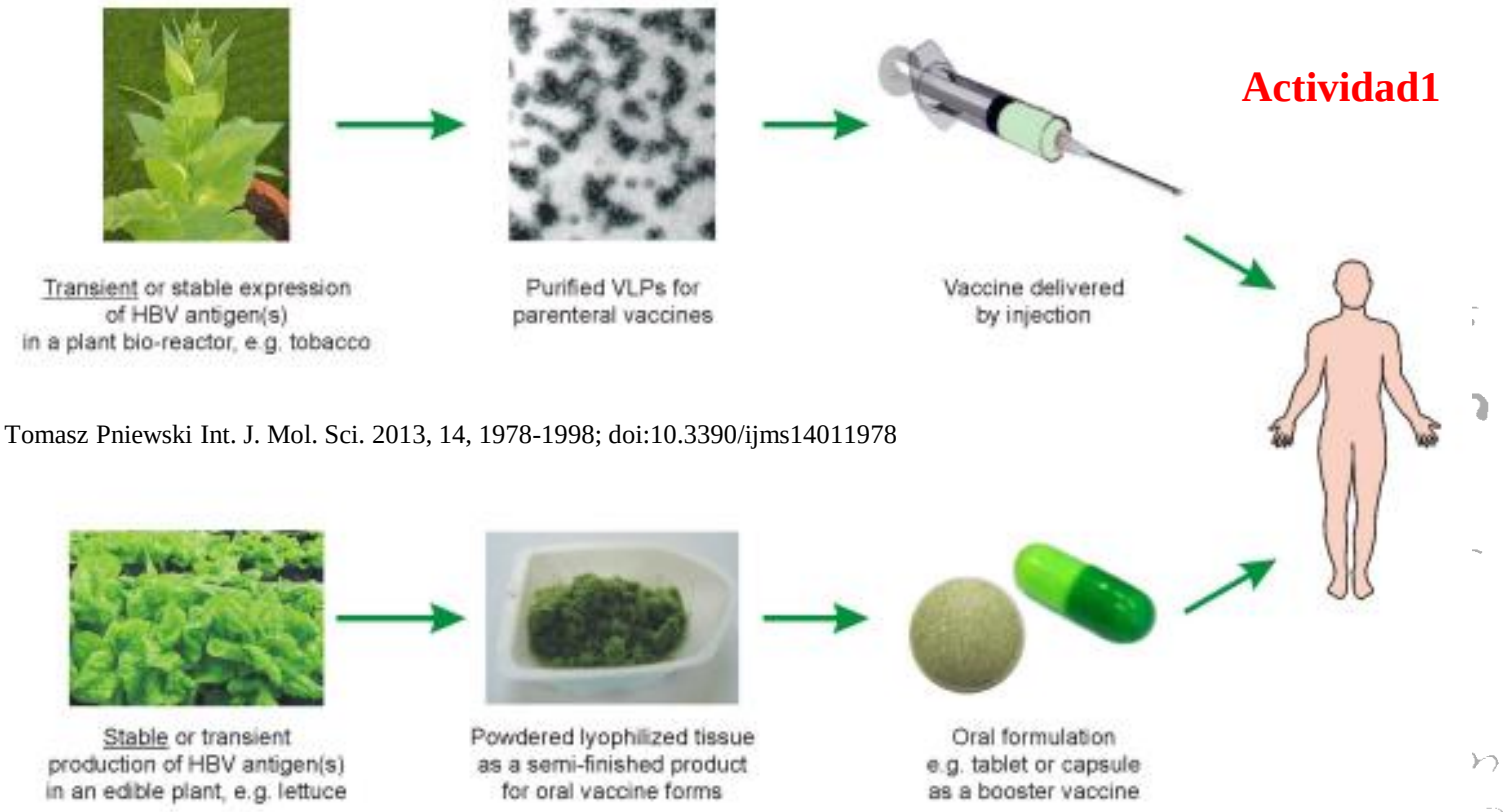


IMAGEN: Tomasz Pniewski Int. J. Mol. Sci. 2013, 14, 1978-1998; doi:10.3390/ijms14011978

APLICACIÓN: Producción de la papa *Amflora* para la industria

- Las patatas son usadas en la industria como fuente almidón, el cual puede usarse para el uso de adhesivos.

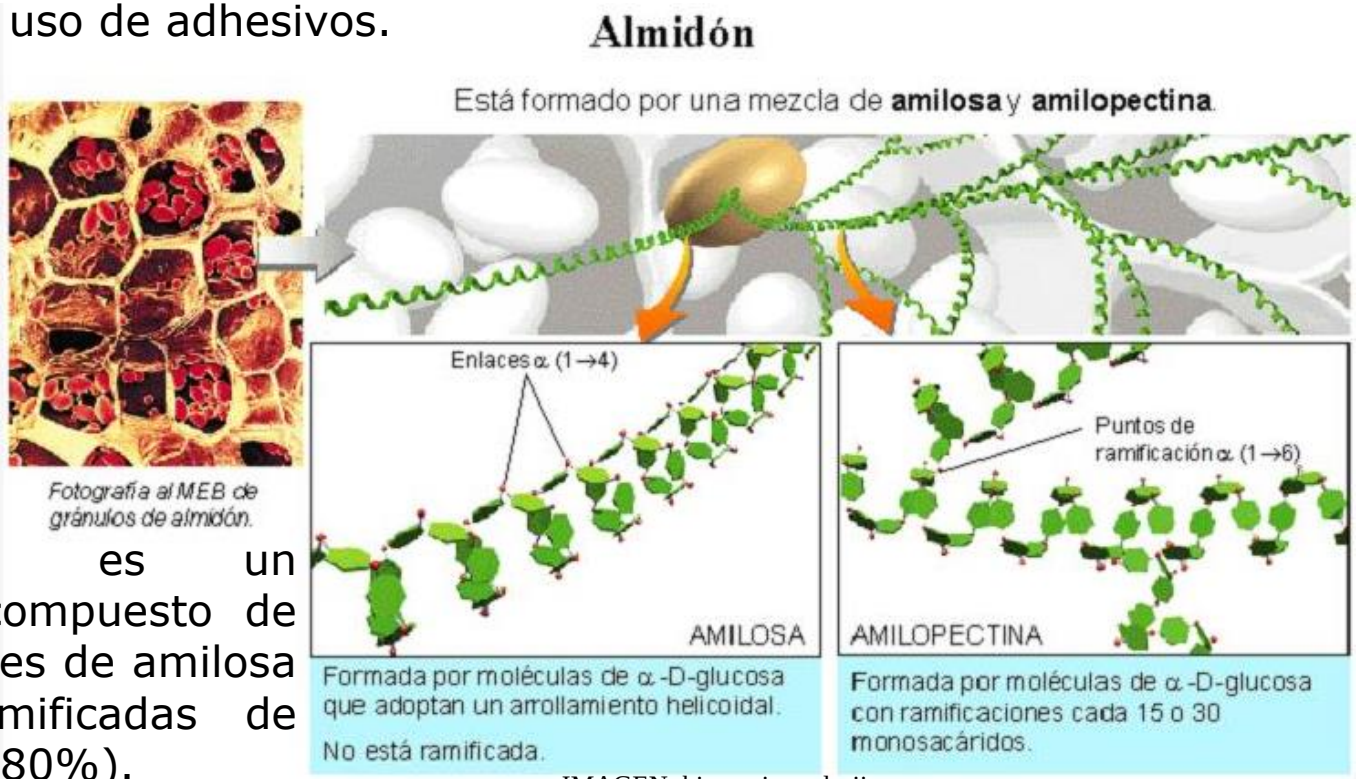


IMAGEN: biogeo.iespedrojimenezmontoya.es

- El almidón es un polisacárido compuesto de cadenas lineales de amilosa (20%) y ramificadas de amilopectina (80%).
- Cuando una mezcla de almidón es calentada y enfriada, se forma un gel indeseado para muchas aplicaciones, como son la fabricación de papel y la producción de adhesivos.

APLICACIÓN: Producción de la papa *Amflora* para la industria

- La compañía BASF ha producido una **patata (*Solanum tuberosum*) modificada genéticamente denominada "Amflora" para industrias papeleras y de adhesivos**.
- Para ello, ha inactivado el gen de la enzima Almidón Sintasa Unida a Gránulo (GBSS), implicado en la sínstesis de amilosa.
- El gen fue inactivado mediante la tecnología antisentido, consistente en la inroducción de una versión invertida de dicho gen, de manera que el ARNm producido se una mediante complementariedad de bases al ARNm normalmente producido, impidiendo que sea traducido en los ribosomas.

IMAGEN: www.shigen.nig.ac.jp

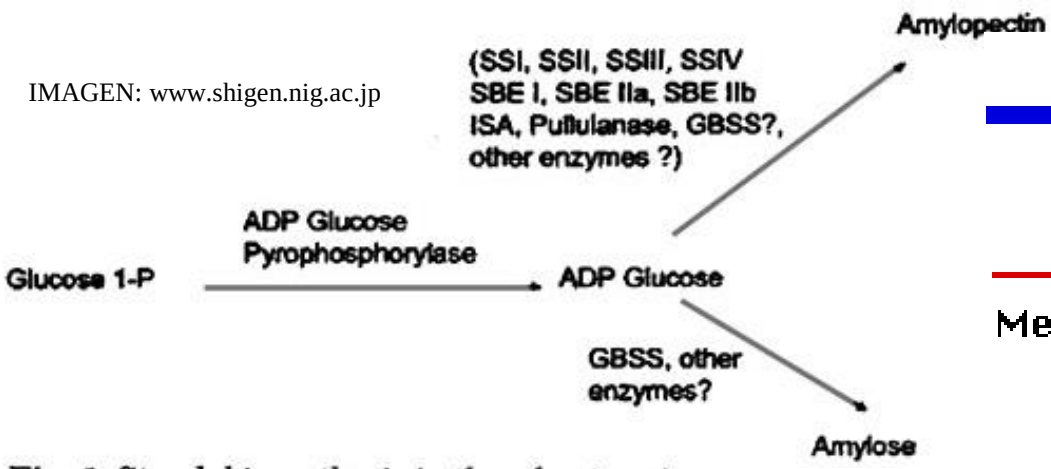
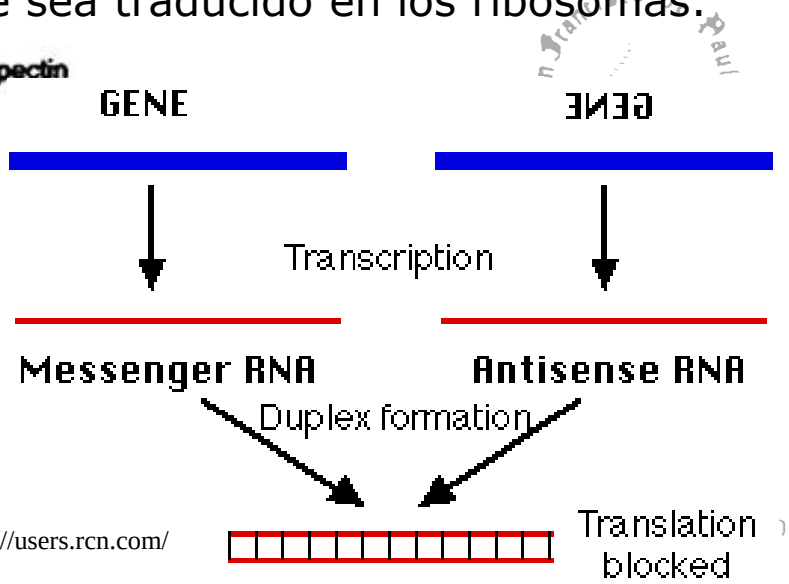


Fig. 1. Starch biosynthesis in the wheat grain.

IMAGEN: http://users.rcn.com/



APLICACIÓN: Producción de la papa *Amflora* para la industria

Detalle de tesis

Repositorio de tesis

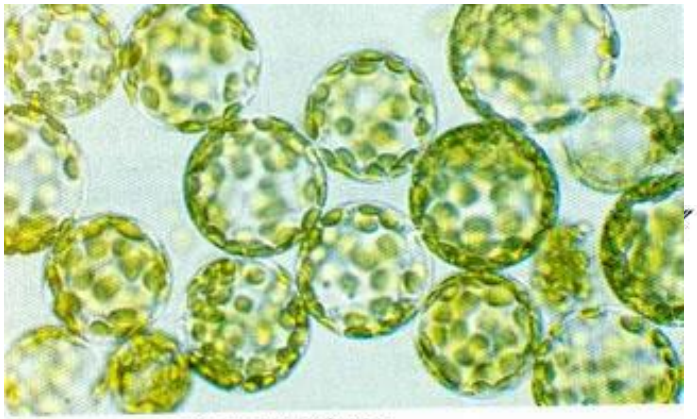
Fecha	14-05-2004
Centro	Facultad de Biología
Autor	TENORIO PERAL, GERMAN
Título	ESTUDIO DE LA REGULACION DE LA ENZIMA ALMIDON SINTASA UNIDA A GRANULO EN PLANTAS
Departamento	Bioquímica Vegetal y Biología Molecular
Calificación	Sobresaliente "Cum Laude" por Unanimidad
Tutor	
Programa	BIOLOGIA MOLECULAR Y CELULAR II
Director/es	ANGEL MERIDA BERLANGA Jose Mª Romero Rodríguez

Volver

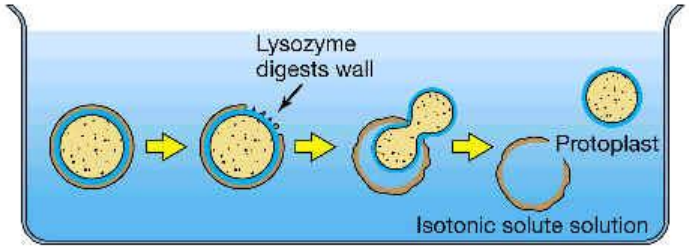
Para volver al listado principal pulse sobre el botón volver

Transformación

- Una vez que el ADN recombinante ha sido introducido en la célula vegetal hospedadora, debe producirse una planta entera a partir de dicha célula transformada.
- **El ADN recombinante puede introducirse en plantas enteras, en discos foliares o en protoplastos**.
- Los **protoplastos** son células vegetales a las que se les ha eliminado su pared cellular y se mantienen en un medio de cultivo.
- Se usan ampliamente en la transformación genética de células vegetales, ya que al estar desprovistos de pared, es más fácil introducir ADN exógeno en los protoplastos, que en las células vegetales íntegras.
- A partir de un protoplasto se puede regenerar una planta completa mediante micropropagación.



Tobacco mesophyll protoplasts.
Courtesy: Dr. M. de Both, Keygene, The Netherlands



(b)

IMAGEN: www.ugr.es

Transformación

- Los **discos foliares** son secciones circulares de hoja de la planta que se quiere transformar, a las que una vez introducido el ADN recombinante, los transformantes son seleccionados en medio selectivo con antibiótico.
- A los discos foliares transformados se les aplica un tratamiento hormonal que estimulan el desarrollo de raíces y tallos a partir del disco foliar.

IMAGEN: http://editora.unoesc.edu.br

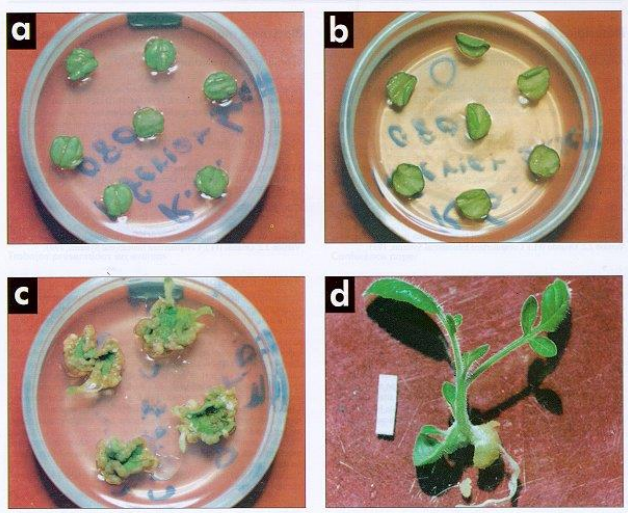
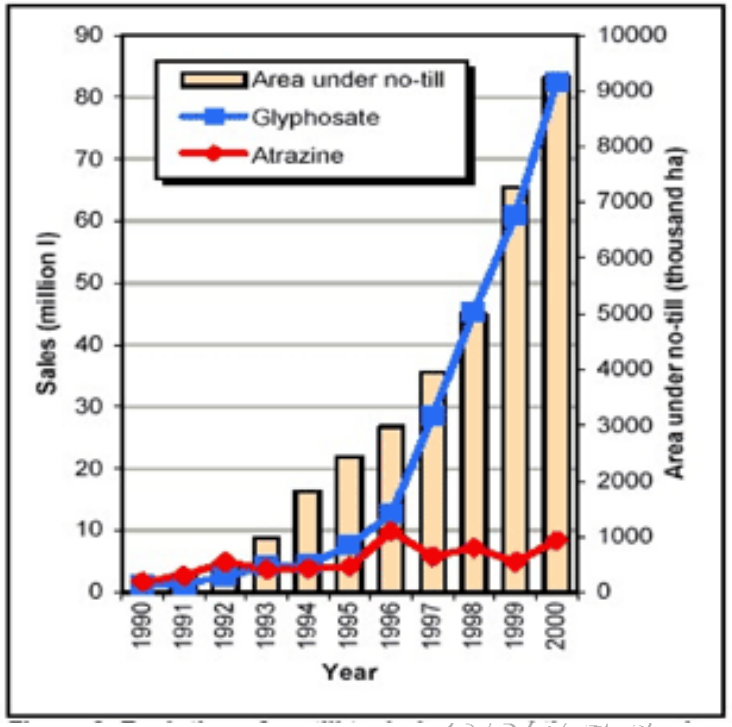


Figura 1. Aspecto de los explantes de 14 días de desarrollo al ser colocados con la superficie del envés (a) o del haz (b) en contacto con el medio al establecer el cultivo; callos y brotes desarrollados en los discos de hoja a las cuatro semanas de incubación (c) y de una vitroplántula (d). La longitud de la barra es de 10 mm. (Viene de la página 79).

IMAGE: https://bioline.org.br

HABILIDAD: Impacto ambiental de la soja resistente al glifosato

- Las malas hierbas reducen la productividad de los cultivos, al competir por el espacio, agua, nutrientes y la luz.
- El glifosato es un herbicida de amplio espectro que mata a muchos tipos de plantas.
- La soja y otros cultivos han sido modificados genéticamente para ser resistentes al glifosato, de manera que pueda ser usado como único herbicida.
- El gráfico muestra la evolución del uso del glifosato en Argentina desde 1996, introducción de la soja transgénica
- Existen dos aspectos ambientales que deben considerase: el riesgo ambiental de la modificación genética de un cultivo y el riesgo ambiental del uso extendido del glifosato como herbicida.



IMAGENhttp://www.porquebiotecnologia.com.ar/

HABILIDAD: Impacto ambiental de la soja resistente al glifosato

- Existe un amplio consenso académico acerca de los **beneficios ambientales** que han supuesto los cultivos genéticamente modificados resistentes al glifosato, cuando sustituyeron a los sistemas previos de control de malas hierbas ampliamente extendidos.
- Además de la ventaja de reducir el crecimiento de las malas hierbas sin reducir la productividad del cultivo, la cantidad de herbicida que hay que añadir es menor que la que había que añadir antes de tener las plantas transgénicas.
- Además algunos investigadores mantienen que el glifosato es el herbicida menos tóxico usado en agricultura.

	Soja convencional	Soja RR	Porcentaje de cambio
Número de aplicaciones	1,97	2,30	16,8
Cantidad de herbicida (l/ha)	2,68	5,57	107,8
Toxicidad clase II	0,42	0,07	-83,3
Toxicidad clase III	0,68	0,00	-100
Toxicidad clase IV	1,58	5,50	248,1

Nota: la clase II es la más tóxica y la IV la menos tóxica. En la clase IV se incluye el glifosato.

La adopción de la soja RR en Argentina llevó a una reducción del 83% en el uso de herbicidas de toxicidad II, y una reducción del 100% en el uso de herbicidas clase III. El glifosato se incluye en la categoría de toxicidad clase IV, que son los más benignos.

IMAGENhttp://www.porquebiotecnologia.com.ar/

HABILIDAD: Impacto ambiental de la soja resistente al glifosato

- Por otro lado, el uso del glifosato y de los cultivos resistentes al mismo ha reducido el labrado de la tierra, conservando la fertilidad de la tierra.

IMAGEN: https://www.deere.com

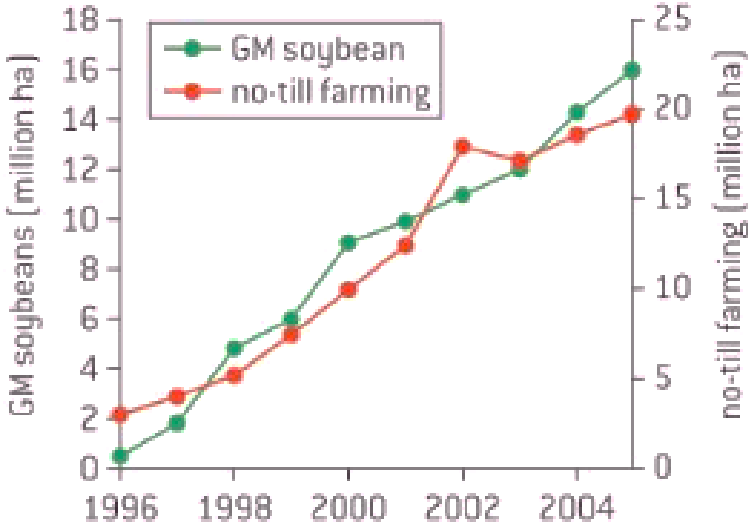


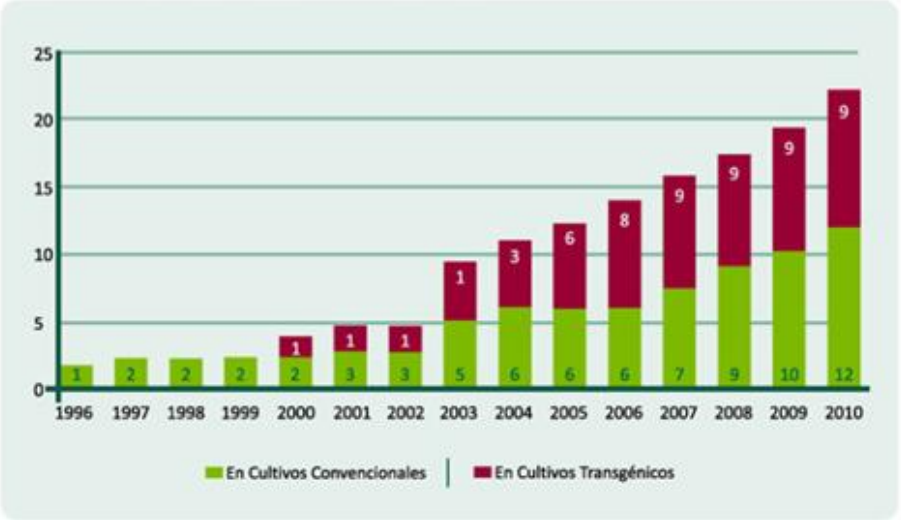
IMAGEN: DP Biology Course Companion 2014 by Andrew Allott and David Mindorff

- Además, un menor labrado implica un menos consumo de combustibles fósiles, con lo que ello implica. El gráfico muestra la evolución del cultivo de soja transgénica y de la tierra labrada en Argentina.

HABILIDAD: Impacto ambiental de la soja resistente al glifosato

- Sin embargo, también existen **limitaciones ambientales**, como la resistencia al glifosato, que se encuentra bajo una intensa presión selectiva debido al extensivo uso de los cultivos transgénicos resistentes al mismo y al reducido uso de otros herbicidas.
- Las consecuencias ambientales de la aparición de malas hierbas resistentes, incluye una menor productividad de los cultivos, la necesidad de incrementar el labrado de la tierra y la formulación de nuevos herbicidas.
- Por otro lado, no existen datos concluyentes que demuestren que el glifosato tiene un efecto perjudicial sobre los humanos.

N° de especies de malezas resistentes a glifosato según tipo de cultivo en que fueron detectadas por primera vez. (Elaborado a partir de Ian Heap 2011).



Video5

IMAGEN: http://4.bp.blogspot.com