

BÍO-Aventura

Una exploración en el mundo de la Biotecnología Agrícola



PROGRAMA DE EDUCACIÓN
EN BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA



Presentación

Bio-Aventura es un programa de educación que invita a descubrir y explorar el mundo de la biotecnología agrícola, dirigido a maestros de educación secundaria, niños y niñas, tanto en zonas rurales como urbanas. Este programa definido como la “Exploración al Mundo de la biotecnología agrícola” ha sido concebido como una manera de entender el uso, impacto, potenciales riesgos y beneficios de la biotecnología agrícola.

Ha sido creado para introducir, ampliar y fortalecer las bases del conocimiento y la comprensión de los docentes y estudiantes sobre esta aplicación tecnológica. Bio-Aventura busca abrir espacios que faciliten el entendimiento de la sociedad y el mejoramiento de la formación de los docentes, principales promotores y multiplicadores del conocimiento, en relación con los nuevos avances tecnológicos logrados a partir de las ciencias biológicas.

A través de la exploración en el mundo de la biotecnología agrícola el docente cuenta con una nueva fuente de material de capacitación con contenidos científicos y de fácil comprensión, con herramientas guías para que la biotecnología vegetal sea una ciencia más VIVA, que puede ser introducida en forma didáctica y sencilla en los contenidos temáticos escolares. Como punto de partida para el desarrollo temático, se inicia desde la base del conocimiento con el objeto de lograr un mejor entendimiento de los conceptos y en el transcurso del programa se presenta un carácter integral de la información.

Lo más importante para Bio-Aventura es permitir a los docentes y alumnos, viajar por el mundo de la biología vegetal moderna, guiados pero libres, para explorar esta nueva experiencia y permitir el análisis y razonamiento como vehículo para lograr una real apropiación del conocimiento.

Los invitamos a explorar y descubrir la naturaleza desde una perspectiva tecnológica, que les permitirá acercar los desarrollos científicos a la cotidianidad a través de una divertida *Bio-Aventura*.



Programa de Educación en
Biotecnología Agrícola®



ISBN 958-33-6854-7

BÍO-Aventura

Una exploración en el mundo de la Biotecnología Agrícola

Módulo 1

Viaje al interior de la célula

Introduzcámonos al interior de la célula y familiaricémonos con las estructuras y procesos importantes para su funcionamiento. Centremos nuestra atención en las moléculas y componentes responsables de la información hereditaria involucradas en la expresión de las características de los seres vivos.

Contenido

- 4 La célula y sus estructuras
- 11 El ADN es la molécula de la vida
- 18 Del gen a la proteína



Programa de Educación en Biotecnología Agrícola®



La célula y sus estructuras

OBJETIVO

1. Identificar las estructuras celulares de especial interés en la biotecnología vegetal y sus principales funciones.
2. Reconocer las diferencias entre las células procariotas y eucariotas para un mejor entendimiento de la complejidad de éstas y la importancia de su material genético.

SECUENCIA

Membrana celular - Citoplasma - Organelos - Material genético

CONTENIDOS

- ▶ 1. Teoría celular
- ▶ 2. Células: procariotas y eucariotas

Teoría Celular

En 1839 el botánico Mattias Schleiden y el zoólogo Theodor Schwann formularon la teoría que todos los seres vivos están formados por células. Sin embargo, fue necesario esperar 50 años para que los científicos entendieran otros conceptos básicos de la célula. “Las células vivas son producidas por otras células vivas”, “La más pequeña unidad viviente en estructura y función es la célula” y “Todos los organismos vivos están constituidos por una o más células”. Con base en estos tres conceptos nace la teoría celular.

La idea de que la célula representa “la unidad de la vida”, es un concepto que con el transcurso de los años ha sido apoyado de acuerdo con las siguientes evidencias:

1. *Todos los seres vivos existen en alguna forma celular*
2. *Toda célula proviene de la división celular de otra célula pre-existente*
3. *La información hereditaria pasa de la célula progenitora a la célula hija*

 **Ideas para discutir con los estudiantes:**
¿Son los virus organismos vivos?

 **Claves para el docente:**
Los virus no son organismos vivos, son estructuras moleculares constituidas por un ácido nucleico y un cápside proteica que necesitan de un organismo vivo (célula) para poder multiplicarse.

DINÁMICA

Exploración de Preconceptos

Materiales:

- Tiras de papel con los nombres de las estructuras celulares
- Balón de icopor grande dividido en dos mitades
- Tarros de plastilina de colores
- Palillos y palos de pincho
- Pelotas de icopor de diferentes tamaños
- Globos redondos y largos

Contexto

Imagínese que el balón de icopor es una célula. Coloque las tiras de papel enrolladas con los nombres de los componentes de las células en una de las mitades del balón de icopor. Extraiga por parejas o grupos una tira de papel e identifique el organelo o estructura celular que le corresponda representar.

Represente con los materiales suministrados, cada organelo. Preséntela al grupo y ubíquela en la célula, utilizando para esto el balón de icopor. Cuando todos los organelos hayan sido ubicados, una las dos mitades del balón. Tenga presente que ciertos organelos están estrechamente interrelacionados en su funcionamiento, de lo cual depende su ubicación (por ejemplo el retículo endoplasmático es contiguo al núcleo).

Reflexión

La célula, mínima unidad de todo ser vivo, es una estructura tridimensional que está conformada por un conjunto de organelos con funciones específicas, para mantener “viva” a la célula. La célula está separada del ambiente circundante por la membrana celular y en su interior están distribuidas los organelos.

Células: procariotas y eucariotas



Las células pueden ser agrupadas en dos grandes grupos: **procariotas** y **eucariotas**, siendo mucho más antiguas las procariotas. Las células procariotas precedieron a las eucariotas en 2 mil millones de años, aproximadamente. Estos términos fueron propuestos en 1920 por E. Chatton, pero solamente 30 años más tarde fueron aceptados.

Una breve historia de la vida en la tierra

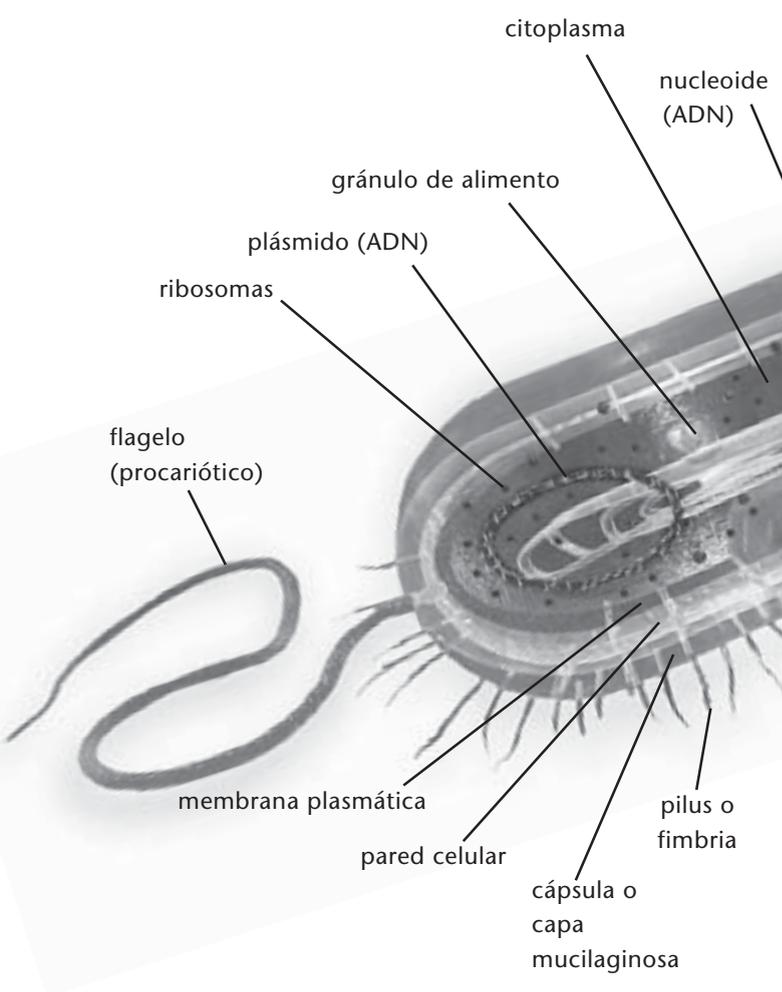
4.500 millones de años		Se formó la tierra
3.500 millones de años		Surgen primeras formas de vida - células procariotas
1.500 millones de años		Surgen células nucleadas - células eucariotas
500 millones de años		Explosión Cámbrica - Surgen organismos multicelulares - células eucariotas

La célula procariota es un organismo unicelular con toda la maquinaria necesaria para su buen funcionamiento; un ejemplo de ellas son las bacterias. Tiene una pared celular que protege y da soporte a la célula y una membrana plasmática que separa el interior de la célula de su ambiente externo, regulando el paso de materiales hacia adentro o hacia fuera. Su **material genético (ADN)** es circular, de doble cadena representado en un **cromosoma** que se encuentran libre en el citoplasma, en un sitio denominado **nucleoide (región con ADN)**, que no se separa del resto de la célula conformando un núcleo (como en las eucariotas).

Adicionalmente, algunas células procariotas pueden presentar un **ADN** extracromosómico, conocido como **plásmido**. Los plásmidos son secuencias de **ADN** circular, muy cortas, capaces de transferir información genética de una célula a otra.

Las funciones metabólicas en este tipo de células se desarrollan en la membrana celular o en el citoplasma, en el que se encuentran complejos moleculares (por ej. gránulos de alimento) y en donde se localizan también algunas estructuras como los ribosomas, que intervienen en la síntesis de proteínas.

Tanto las células procariotas como las células eucariotas, se encuentran organizadas en compartimentos, conformados por estructuras internas membranosas denominadas organelos. A manera de "espacios independientes", cada uno de ellos se especializa en funciones específicas.

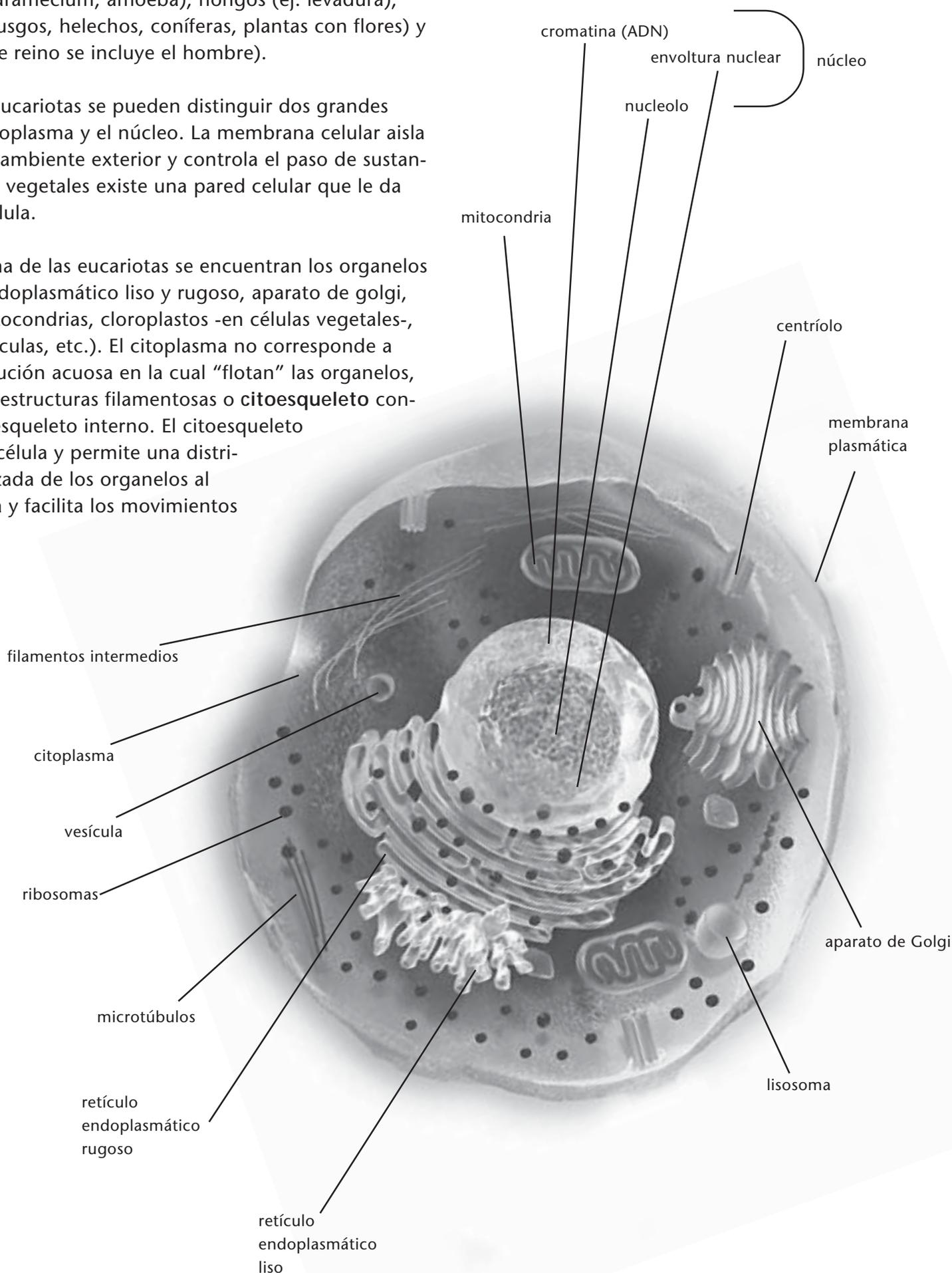


Las células eucariotas componen la mayor parte de los organismos vivos y se encuentran en los reinos **protista** (ej. paramecium, amoeba); **hongos** (ej. levadura); **vegetal** (ej. musgos, helechos, coníferas, plantas con flores) y **animal** (en este reino se incluye el hombre).

En las células eucariotas se pueden distinguir dos grandes regiones: el citoplasma y el núcleo. La membrana celular aísla la célula de su ambiente exterior y controla el paso de sustancias. En células vegetales existe una pared celular que le da soporte a la célula.

En el citoplasma de las eucariotas se encuentran los organelos (ej. retículo endoplasmático liso y rugoso, aparato de golgi, ribosomas, mitocondrias, cloroplastos -en células vegetales-, vacuolas y vesículas, etc.). El citoplasma no corresponde a una simple solución acuosa en la cual "flotan" los organelos, sino que tiene estructuras filamentosas o **citoesqueleto** conformando un esqueleto interno. El citoesqueleto da sostén a la célula y permite una distribución organizada de los organelos al interior de ésta y facilita los movimientos celulares.

Célula animal

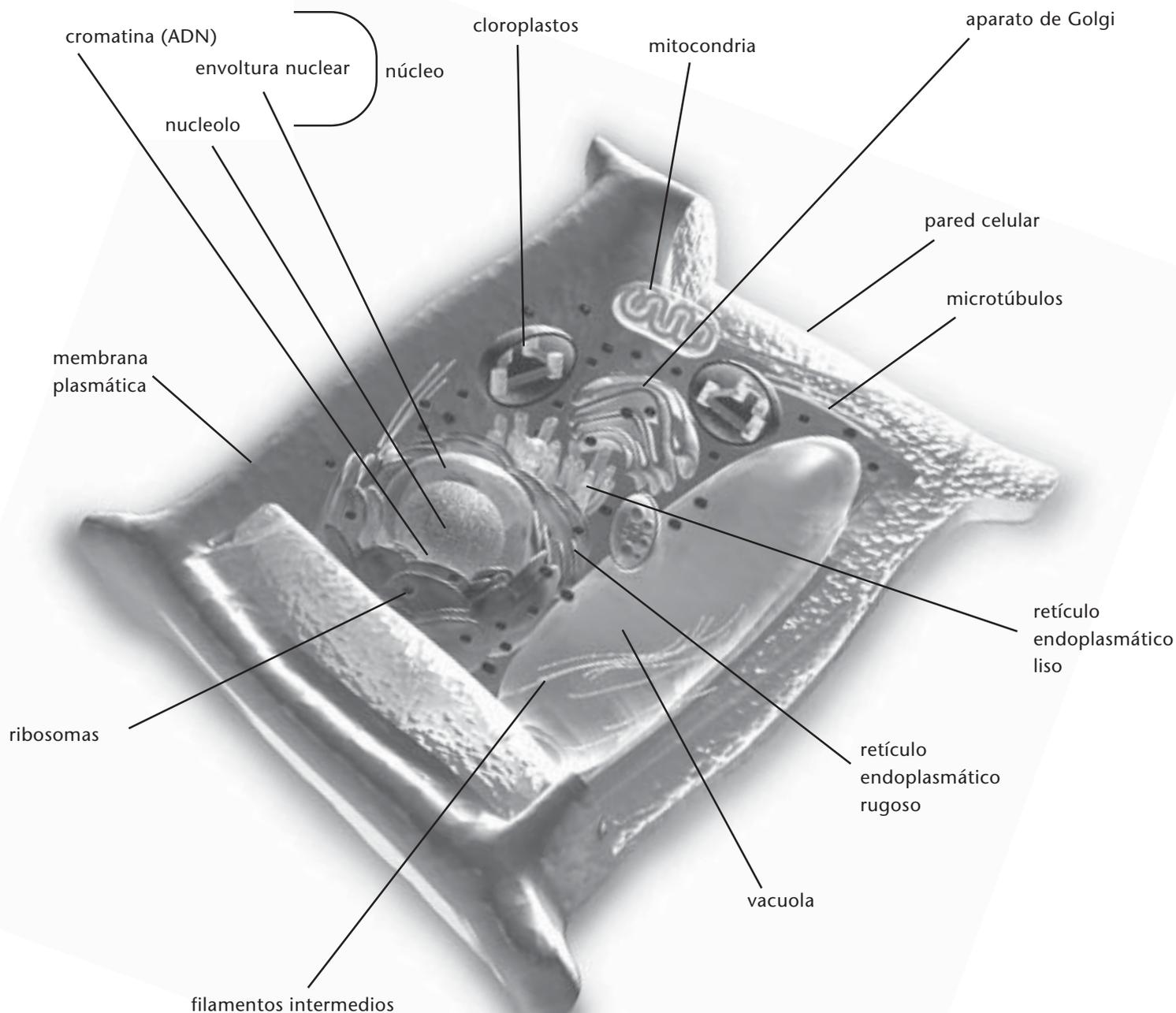


A diferencia de las procariontas el material genético (ADN) en las células eucariotas se encuentra rodeado por una membrana nuclear, conformando el núcleo. Esta separación física de la información genética del resto de la célula, genera consecuencias importantes para su funcionamiento, en especial en los procesos de transcripción (síntesis de ARN a partir del ADN en el núcleo) y traducción (lectura del ARN y formación de cadenas proteicas en los ribosomas en la región citoplasmática), que serán tratadas más adelante. La organización del material genético en las células eucariotas es más compleja que la procariontas, debido a que cuentan con información de 100 a 1000 veces más importante en tamaño, aunque no en número de genes.

Cuadro comparativo de estructuras y organelos

ESTRUCTURA	BACTERIA	PLANTA	ANIMAL
Núcleo	-	+	+
Membrana celular	+	+	+
Pared	+	+	-
ADN	+	+	+
Plásmidos	+	-	-
ADN asociado a proteínas	-	+	+
Mitocondrias	-	+	+
Ribosomas	+	+	+
Aparato de Golgi	-	+	+
Retículo endoplasmático	-	+	+
Cloroplastos	-	+	-

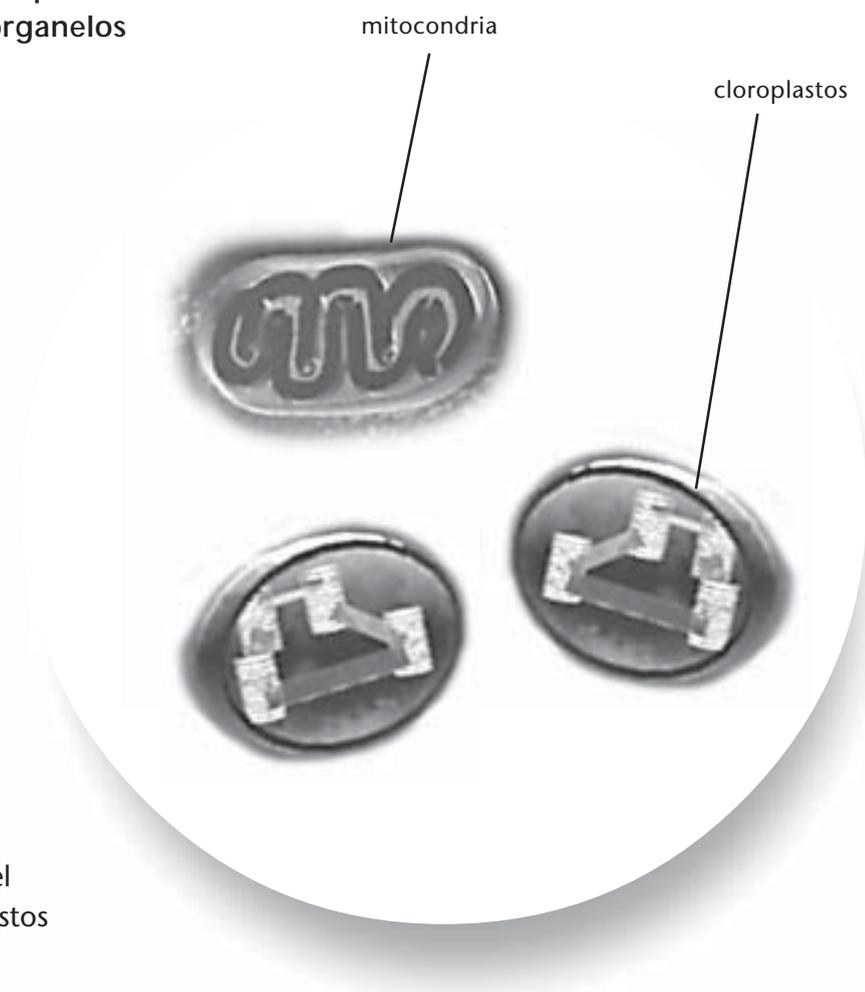
La célula vegetal



Revisados los conceptos anteriores, entremos a explorar con más detalle el citoplasma y los principales organelos de la célula eucariota:

Como ya se planteó, en el citoplasma se encuentran algunos organelos delimitados por su membrana como son la **mitocondria** y el **cloroplasto** (en células vegetales):

Las **mitocondrias** constituyen la central energética de la célula. Son de forma ovalada, tienen doble membrana y su función es la respiración celular. Emplean el oxígeno que proviene del medio y rompen las moléculas con enlaces altamente energéticos como la glucosa, para liberar la energía utilizable para las actividades celulares en forma de Adenosin Trifosfato (ATP), moneda energética de la célula. En caso necesario pueden a partir de compuestos intermedios (ácidos grasos y proteínas), generar también ATP. Los **cloroplastos** se presentan sólo en las células vegetales, son los organelos responsables de la fotosíntesis, proceso en el cual la energía lumínica del sol es atrapada y utilizada para la síntesis de compuestos ricos en energía como la glucosa.



Origen de los organelos

Se cree que tanto las mitocondrias como los cloroplastos aparecen en el proceso evolutivo de las células como consecuencia de un evento simbiótico (relación de dos organismos para mutuo beneficio), cuando células procariotas que cumplían funciones similares a las mitocondrias actuales o a la de los cloroplastos, se alojan células más grandes y permanecen en el interior de éstas sin ser digeridas. Así las células más grandes les brindaron protección y nutrientes a las más pequeñas y a su vez estas últimas, les suministraron a las células grandes, energía a través de un proceso similar a la respiración celular y la fotosíntesis.



Ideas para discutir:

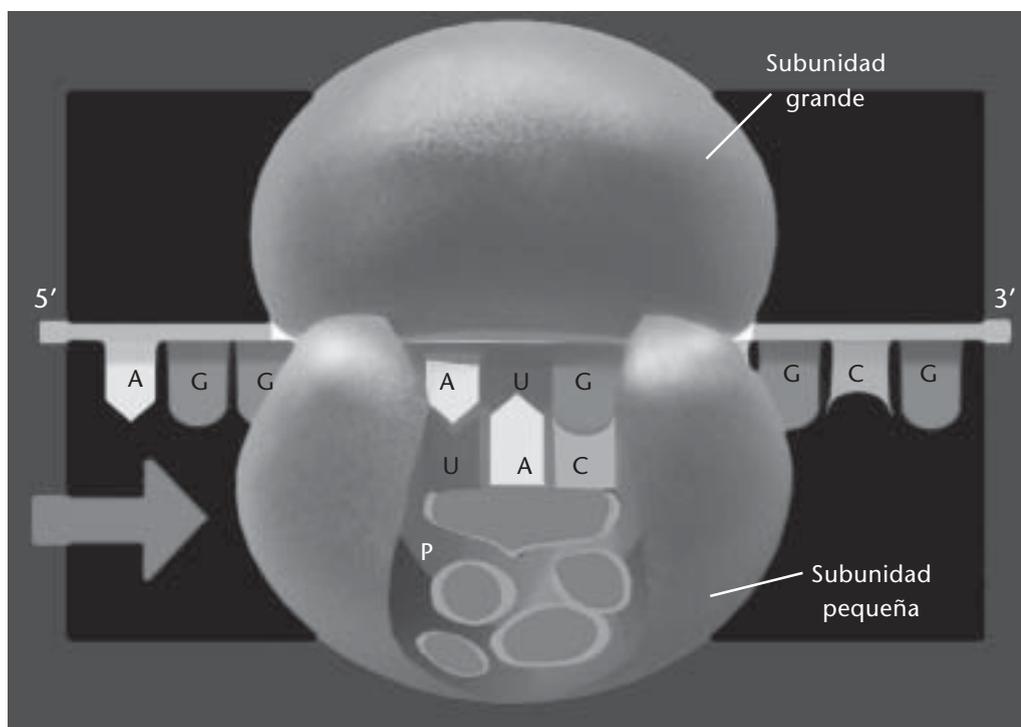
Comparar células procariotas y eucariotas ¿Por qué las células eucariotas no desplazaron a las procariotas, cuando aparecieron en la tierra?

Claves para el docente:

Los dos tipos de células son diferentes e importantes en lugares específicos. Aunque las células eucariotas pueden ser más complejas que las procariotas, el funcionamiento básico de ambas es similar. Ambas tienen adaptaciones evolutivas específicas que les ha permitido sobrevivir y permanecer exitosamente en ambientes específicos

En el citoplasma se ubican otras estructuras membranas como el **retículo endoplasmático**, asociado a la síntesis de proteínas y de lípidos y el **aparato de golgi**, asociado a la clasificación, alteración química y ensamblaje de biomoléculas como por ej. la formación de glucolípidos y glucoproteínas, etc. Igualmente se encuentran **vesículas** membranas en las cuales las sustancias producidas o no en la célula viajan hacia el interior o exterior de la célula, los **lisosomas** tipo de vesícula relativamente grande con enzimas para la digestión intracelular. Las **vacuolas alimenticias** vesículas con partículas de alimento a las cuales se unen los lisosomas para digerirlo, **peroxisomas** vesículas grandes con enzimas encargadas de la degradación del peróxido de hidrógeno, que es altamente tóxico para la célula y resulta del metabolismo celular. En las células vegetales se encuentra una **gran vacuola central** con solución acuosa y desechos, que le da presión de turgencia en su interior y le proporciona soporte a la célula.

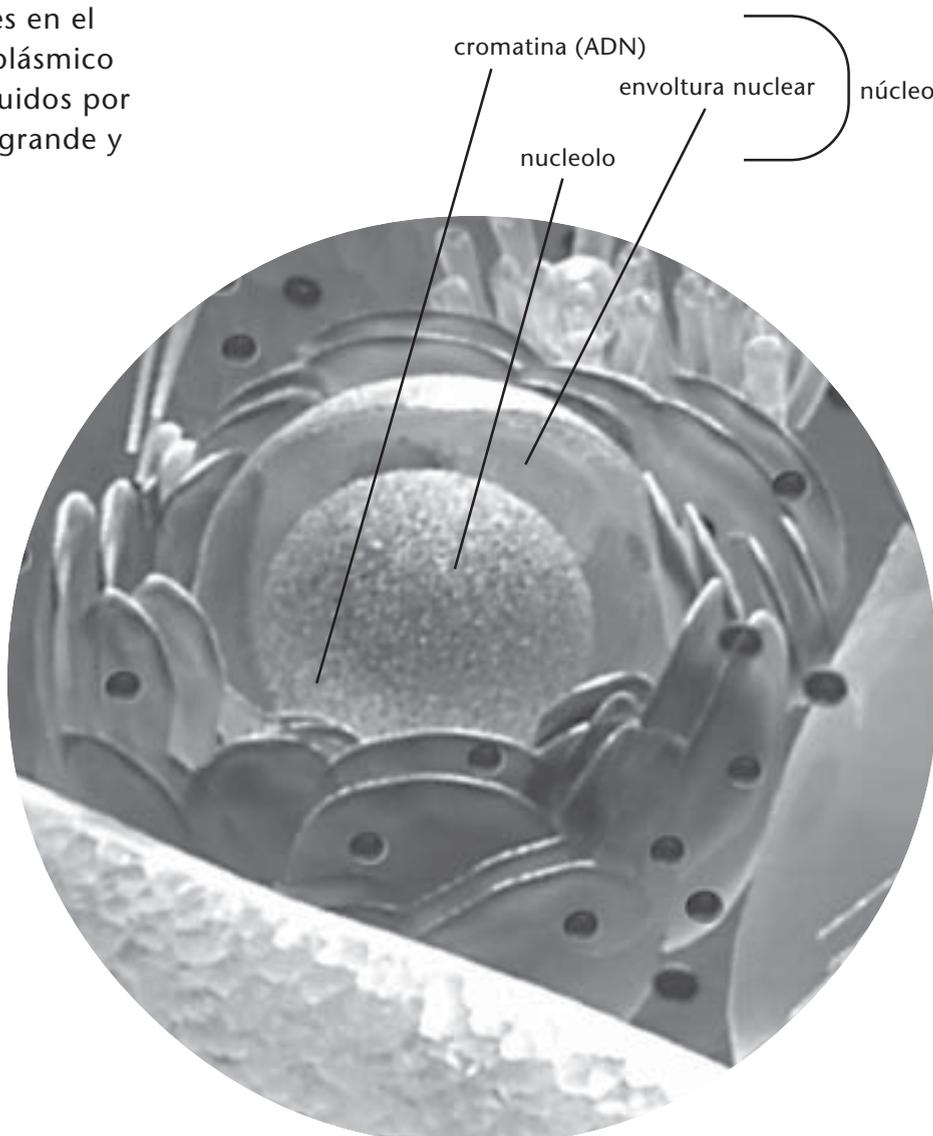
Ribosomas



Otros organelos son los **ribosomas** los cuales pueden estar temporalmente libres en el citoplasma o se asocian al retículo endoplásmico (RE rugoso). Los ribosomas están constituidos por dos unidades la subunidad pequeña y la grande y participan en la síntesis de proteínas.

Ahora conozcamos la otra gran región de la célula eucariota: El Núcleo

El núcleo está conformado por una envoltura nuclear y en su interior se encuentran los cromosomas, compuestos por el ácido desoxirribonucleico ADN. En eucariotes el ADN está rodeado de proteínas histonas y no histonas, que lo protegen y estabilizan. En el núcleo se encuentra codificada la información genética que pasa de una célula progenitora a la célula hija. En la siguiente sección se profundizará sobre esta temática.



 **Ideas para discutir con los estudiantes:**

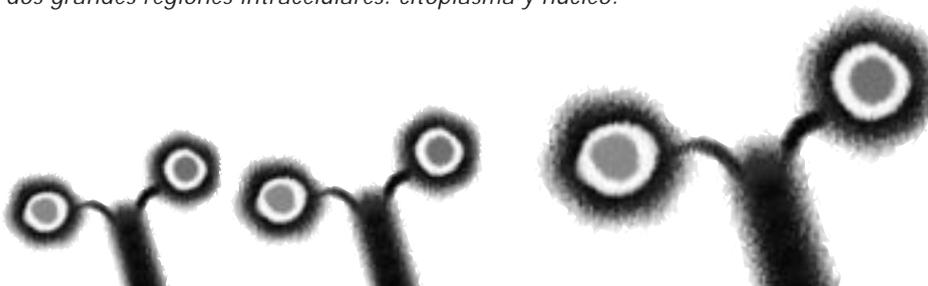
Compare una bacteria (célula procariota) con una célula vegetal (célula eucariota), considerando entre otros aspectos su material genético. ¿Por qué una bacteria puede ser un vehículo para transmitir la información genética a otra célula?

 **Claves para el docente:**

Las células bacterianas son organismos más versátiles que las células vegetales. Adicionalmente, las bacterias presentan un plásmido, que es el elemento genético capaz de transferirse de un organismo a otro en procesos diferentes a la división celular, (conjugación y transformación), por ello representan una herramienta fundamental en la transformación genética.

 **Repaso de Conceptos Claves: La Célula**

- Existen células procariotas y eucariotas cada una con diferentes niveles de complejidad.
- La célula procariota presenta estructuras genéticas extracromosomales independientes, llamadas plásmidos.
- La célula eucariota está constituida por dos grandes regiones intracelulares: citoplasma y núcleo.



Taller de comprensión de la sección para realizar con los estudiantes

Metas de Comprensión

- Los niveles de complejidad de los diferentes tipos de células, según sus estructuras, organelos y funciones
- El uso de las bacterias como vehículos para la transferencia de información de una célula a otra

1. Materiales

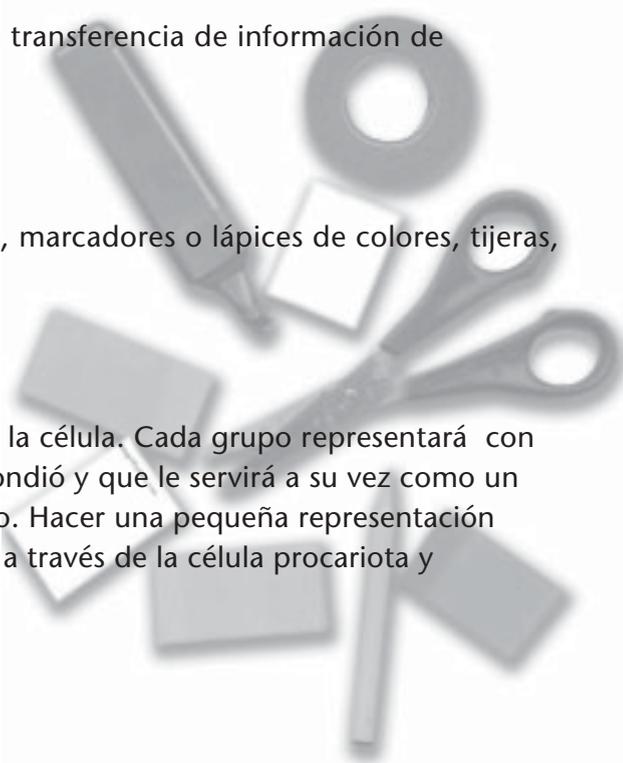
Papel periódico o cartulina de diferentes colores, marcadores o lápices de colores, tijeras, cinta adhesiva

Procedimiento

Asignar por grupos los roles de cada organelo de la célula. Cada grupo representará con el papel o la cartulina el organelo que le correspondió y que le servirá a su vez como un “escudo distintivo” para los integrantes del grupo. Hacer una pequeña representación teatral, con el profesor genial viajando al interior a través de la célula procariota y eucariota.

2. Construcción de una célula

- Gelatina
- Bolsas resellables
- Dulces, gomas



El ADN es la molécula de la vida

El ADN es el material genético responsable de la herencia y de las características físicas y metabólicas de un organismo. Sus unidades básicas de información son los genes.

OBJETIVOS

1. Identificar las principales características y organización de las moléculas responsables de la herencia (ADN, ARN y proteínas).
2. Comparar el nivel de complejidad del genoma de eucariotas en relación con el genoma de procariontes.

SECUENCIA

ADN - Cromosoma - Gen - Genoma

CONTENIDOS

- ▶ 1. Definición y estructura del ADN
- ▶ 2. Cromosoma
- ▶ 3. Genes y genoma
- ▶ 4. Definición y estructura del ARN y las proteínas

El ADN es el material genético responsable de la herencia y de las características físicas y metabólicas de un organismo. La unidad básica del ADN, conocida como nucleótido, está conformada por la unión de una molécula de fosfato (P), un azúcar (desoxirribosa) y una base nitrogenada: Adenina (A), Timina (T), Citosina (C) y Guanina (G).

La molécula de ADN consta de dos cadenas lineales que se unen entre sí por complementariedad entre sus nucleótidos ($A=T$ y $G=C$), formando una doble hélice, que semeja una escalera en caracol. La parte externa de esta estructura helicoidal o las "barandas" de la escalera en caracol, está conformada por unidades de azúcar-fosfato y los peldaños de la escalera los conforman las bases nitrogenadas, que se unen complementariamente por puentes de hidrógeno.

DINÁMICA

Exploración de Preconceptos

Contexto

Repartir los roles de las diferentes organelos por grupos. A partir de las funciones de los diferentes organelos y estructuras celulares, identificados en la anterior sección, hacer que cada grupo reflexione sobre la importancia del ADN en la célula y qué le pasaría a la función de cada organelo que representa, si el ADN se desnatura y deja de cumplir su función en la célula.

Reflexión

La importancia del ADN como codificador de la información hereditaria y necesaria para el funcionamiento de la célula.

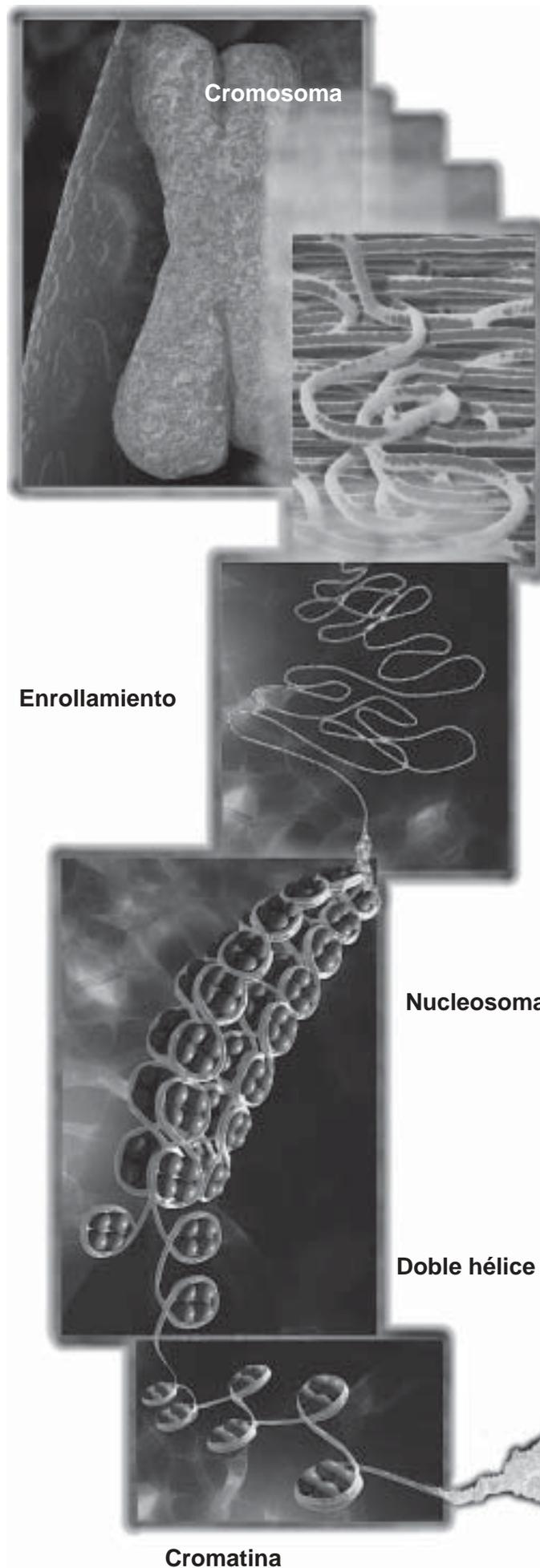
El modelo de Watson & Crick:

En 1953, después de prolongados esfuerzos de investigación Watson y Crick, propusieron la estructura del ADN y llegaron a las siguientes conclusiones utilizando técnicas de cromatografía y difracción de rayos X:

- Dos cadenas lineales de nucleótidos están enrollados alrededor de un eje formando una hélice con giro a la derecha
- Las dos cadenas son antiparalelas. Una va en sentido C-5'-C-3' y la otra al contrario C-3'-C-5' (los dos extremos de una cadena lineal de ADN son diferentes: El extremo 5' tiene un fosfato no enlazado o libre; el extremo 3' tiene un azúcar no enlazado o libre)
- Las bases de las dos cadenas están apiladas con una distancia de 3.4 Angströms*
- Las bases nitrogenadas se unen por puentes de hidrógeno con complementariedad A-T y G-C entre las dos cadenas
- Cada vuelta completa de la hélice es de 34 Angström, es decir, hay 10 bases por cada vuelta
- En cualquier segmento de la molécula ADN se alternan el surco mayor y el surco menor
- La doble hélice mide 20 Angström de diámetro

* Un Angströms es igual a 0.0000001 mm

Diagrama de empaquetamiento del ADN



- Conceptos Claves: El ADN:**
- Almacena toda la información y por procesos de división celular asegura que se transfiera.
 - Permite que al reproducirse los seres den origen a descendientes que mantienen las características de la especie
 - Tolera cierta variabilidad, lo cual dentro de las especies asegura su posible evolución

Ideas para discutir:
Un núcleo de una célula humana tiene 0.006 mm de diámetro y almacena 2 m de ADN ¿Cómo se explica que una molécula tan larga esté contenida en una estructura tan pequeña como el núcleo?

Claves para el docente:
La respuesta está en el enrollamiento y empaquetamiento del ADN

Las células eucariotas contienen mayor cantidad de ADN que las procariotas. El ADN forma un complejo con proteínas histonas y no histonas, formando la cromatina, que significa hebras teñidas por el color que toma con colorantes específicos. La cromatina se encuentra organizada a manera de cuentas de un collar en nucleosomas, que constituyen la unidad de empaquetamiento fundamental de la cromatina.

Esto pone en evidencia el alto nivel de compactación del ADN de las células eucariotas.



Taller para realizar con los estudiantes

Metas de Comprensión

Construye una estructura tridimensional de un cromosoma y una doble hélice

Materiales sugeridos

- Cromosoma
- Estropajo, hilo ó alambre
- ADN
- Alambre, mangueras, bolas de icopor, papel, etc.



Ideas para el docente

Puede representar el cromosoma empleando dos estropajos y unirlos en el centro con un hilo ó alambre. Con esta estructura se observa por un lado la forma de los cromosomas y por el otro el enrollamiento.

El ADN está organizado en los cromosomas

El cromosoma es un cuerpo con aspecto de filamento. Solamente puede ser visto durante la división celular, bien sea en la mitosis o meiosis, momento en el cual la cromatina se condensa, haciendo visible los cromosomas.



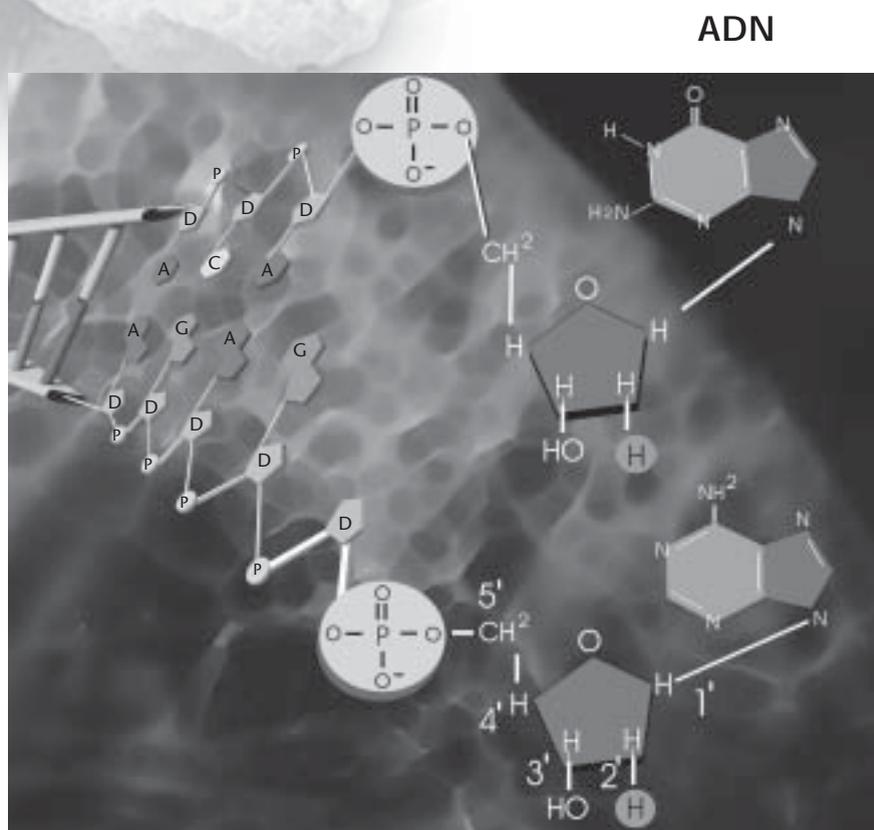
El conjunto de cromosomas es denominado cariotipo.

El ADN se encuentra organizado en secuencia de nucleótidos (A, G, C, T) que forman segmentos de ADN denominados genes, los cuales cumplen una función específica y determinan la secuencia de aminoácidos de una proteína.

Los genes son los portadores de la información hereditaria y controlan las características específicas de un organismo. El gen se expresa en forma de proteínas que representan las características físicas (apariencia), metabólicas y moleculares (características bioquímicas), de cualquier organismo).

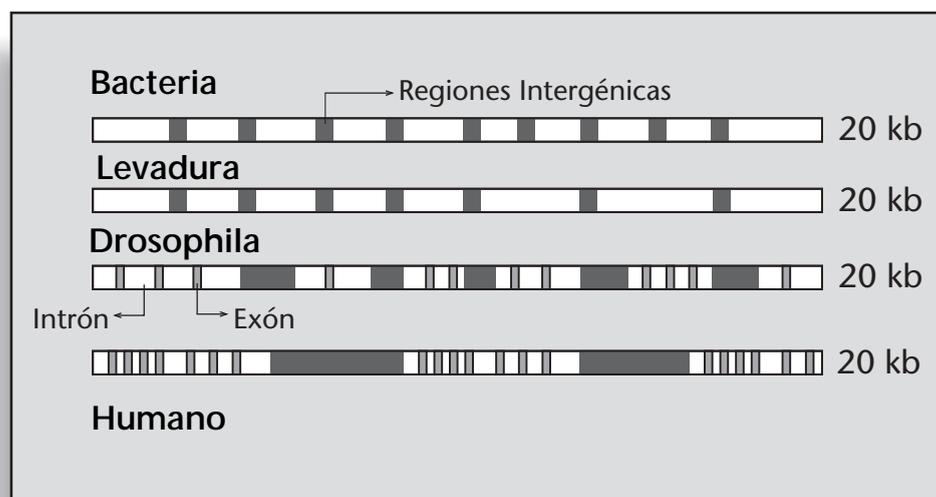
En eucariotas, las secuencias de nucleótidos que conforman un gen se pueden dividir en dos tipos:

Secuencias codificadoras, llamadas **exones** y las no codificadoras llamadas **intrones**. La secuencia de exones no es continua, está interrumpida por los intrones.



Cuanto más evolucionada es una especie más cantidad de intrones presenta. Sin embargo, no todas las características son codificadas por un solo gen, por ello se habla de caracteres monogénicos o poligénicos dependiendo del número de genes que participan en su regulación y expresión.

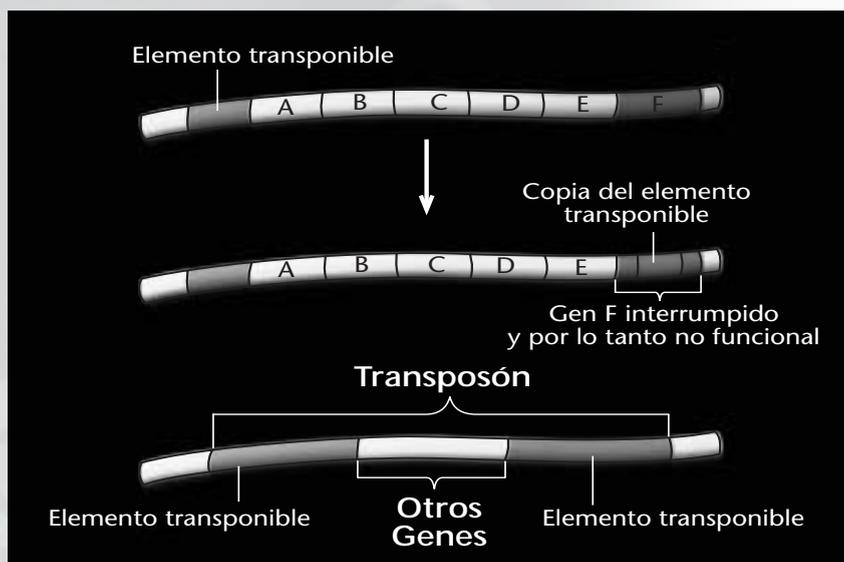
Exones / Intrones



Transposon

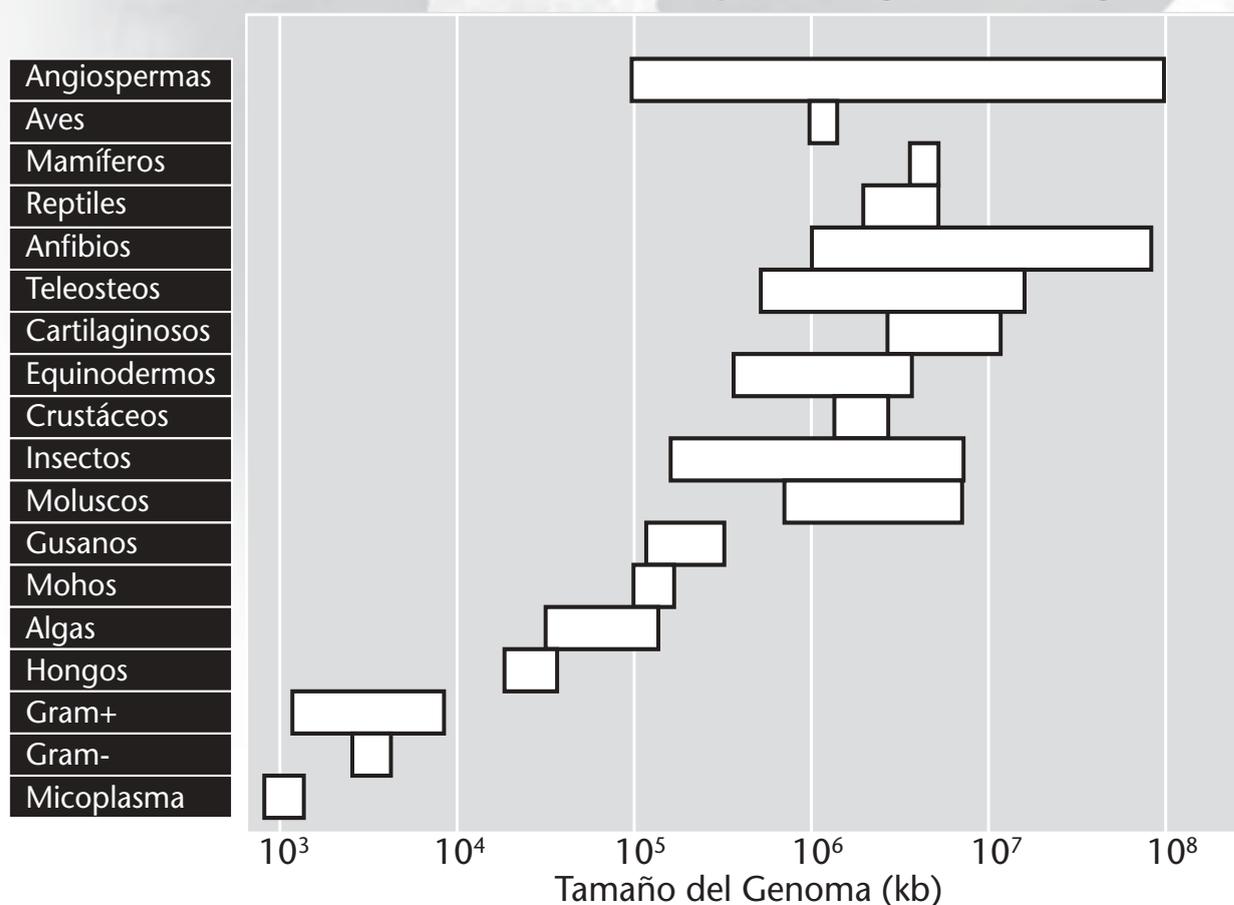
Por otra parte, los genes han sido clasificados de acuerdo con sus secuencias, de las cuales se reconocen:

- Repetitivas funcionales: secuencias de nucleótidos que codifican alguna característica y se encuentran en múltiples copias.
- Funcionales no codificantes: secuencias simples de ADN que no codifican para ARN o proteína.
- Sin función conocida.
- Altamente repetitivas.
- Transponibles, conocidos también como **genes saltarines**, elementos controladores, genes móviles o **transposones**; secuencias capaces de moverse dentro de un mismo cromosoma o a diferentes cromosomas.



El conjunto de genes de un organismo vivo se conoce como **genoma** y su tamaño es variable de acuerdo con el organismo.

¿Qué tan grande es el genoma?



El tamaño del genoma no es medido por el número de cromosomas sino en unidades de miles de pares de nucleótidos (kilobases Kb).

Ideas para discutir con los estudiantes:
¿El tamaño del genoma está relacionado con la cantidad de información que codifican?

Claves para el docente:
No existe relación, por que en los genomas grandes existen muchas secuencias que no codifican información (intrones) pero que amplían el tamaño del genoma.

Grandes hitos en la historia del material genético y su papel en la herencia

1866 Mendel publica sus hallazgos sobre la transmisión de caracteres hereditarios y propone las leyes de la segregación que conducirán al concepto del gen.

1869 Meiescher aísla por primera vez ADN a partir de núcleos de pus y lo define como nucleína. Describe su composición química e identifica la presencia de fósforo, lo que distingue a esta molécula de las proteínas.

1900-1920 Se establece la teoría cromosómica de la herencia.

1910-1930 Se determina la composición de las bases de los ácidos nucleicos y la diferencia entre el ADN y el ARN.

1928 Griffith realiza el clásico experimento de **transfección *in vivo*** de neumococos no virulentos mediante coinfección con neumococos virulentos en ratones.

1930-1933 Dawson y Sia realizan la **transfección bacteriana** empleando extracto celular de neumococos virulentos muertos.

1943 Schrorindger postula que el material genético hereditario es un mensaje químico codificado.

1944 Se identifica el principio de transformación de Griffith por método enzimático propuesto por Avery, MacLeod y McCarty.

1948 Boivin y Vendrely afirman que el ADN contenido en los núcleos de las células eucariotas constituye el soporte de los caracteres hereditarios.

1952 Hershey y Chase identifican la naturaleza química del material genético de un bacteriófago (virus que ataca una bacteria).

1953 Watson y Crick establecen la estructura molecular de la doble hélice del ADN. Gamow propone el concepto de código genético y plantea cómo descifrarlo y estudiar cómo funcionan los genes. Se inicia la era de la biología moderna.

1956 Con los estudios de Fraenkel-Conrat se identifica el material genético del virus del mosaico del tabaco (TMV).

1961-1966 Se descifra el código genético y se dilucidan los mecanismos de expresión en bacterias.

1975 Nace la Ingeniería Genética.

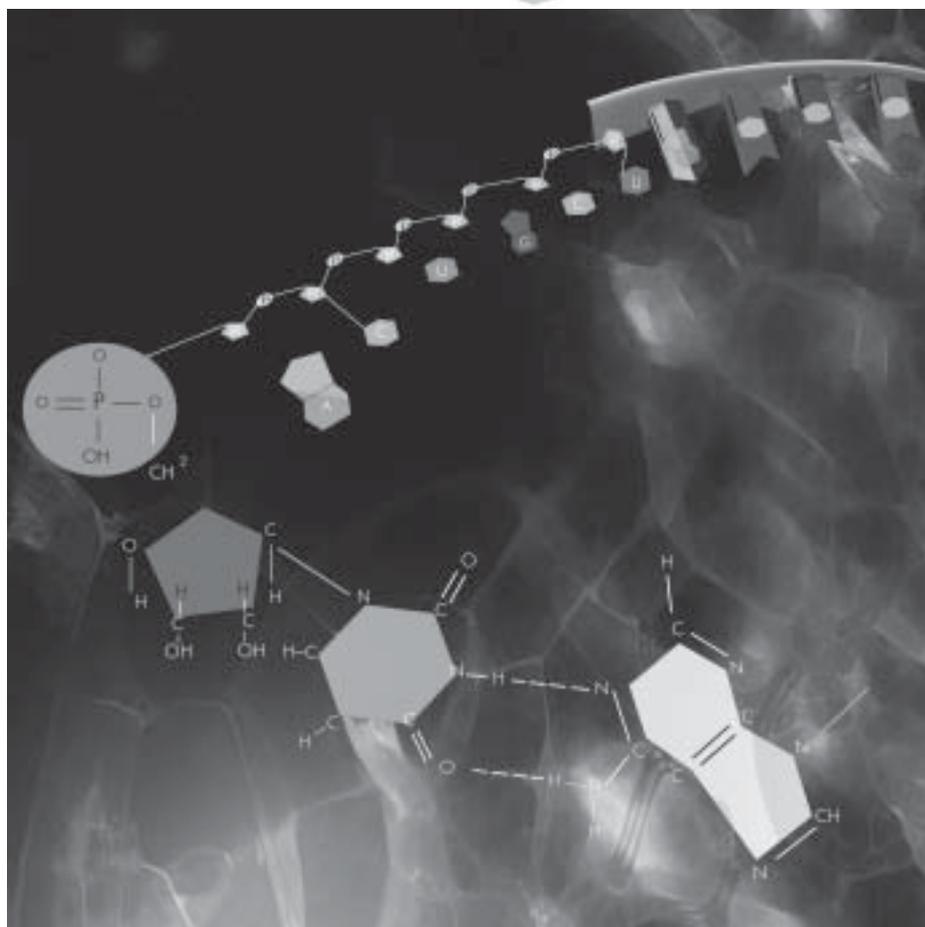
ARN

Cómo se expresa la información almacenada en el ADN?... Para ello se requiere un intermediario, EL ÁCIDO RIBONUCLÉICO (ARN)

El ARN, molécula conformada por nucleótidos como en el ADN. A diferencia de éste, el azúcar desoxirribosa es reemplazada por la ribosa y la base nitrogenada Timina por el Uracilo.

Existen tres tipos de ARN:

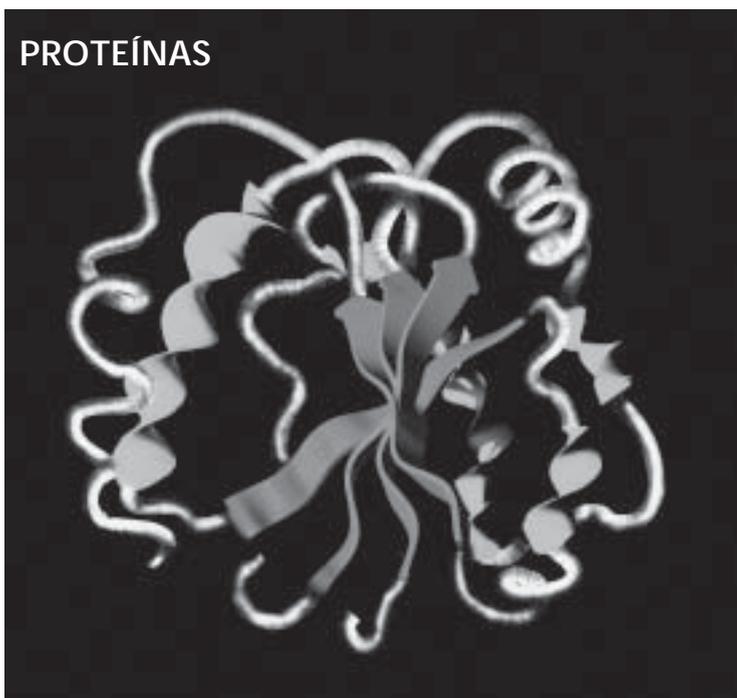
- El ARN mensajero, **ARNm**, es una molécula de tamaño variable cuya misión es dirigir la información codificada en el ADN para la síntesis de proteínas. En eucariotas las secuencias de ARNm (transcrito a partir del ADN), que no codifican para proteínas son removidas, proceso conocido como maduración del ARNm.
- El ARN ribosomal, **ARNr**, se encuentra en los ribosomas, organelo implicado en la síntesis de proteínas. Los ARNr son extremadamente abundantes y constituyen por lo menos un 80% del ARN que se encuentran en células eucariotas.



- El ARN de transferencia **ARNt**, cuya función es reconocer un aminoácido específico y transferirlo en el proceso de síntesis las proteínas a la cadena proteica naciente, de acuerdo con la información específica que le proporciona el **ARNm**.

Así, todos y cada uno de los ARN participan en la síntesis de proteínas, cumpliendo funciones específicas.

PROTEÍNAS



Son moléculas de gran tamaño, formadas por varias centenas de moléculas pequeñas llamadas aminoácidos ligadas entre sí, que reciben el nombre de **péptidos**. De acuerdo con la secuencia de aminoácidos, las moléculas de proteínas tienen características químicas específicas y cumplen funciones especiales. Por ejemplo algunas cumplen funciones estructurales y hacen parte de las estructuras de las células y de los organismos vivos, mientras que otras como las enzimas, regulan las reacciones químicas del metabolismo de los seres vivos.

Las **enzimas**, ciertas hormonas y la albúmina son proteínas producidas por las células, que regulan la rapidez y especificidad de las miles de reacciones químicas celulares. Estas reacciones son fundamentales para todos los fenómenos vitales, como la respiración, crecimiento, fotosíntesis, digestión, entre otros.

Repaso de conceptos claves: El ADN

- Molécula de doble hélice, constituida por nucleótidos complementarios de AGCT.
- La información genética contenida en los genes es expresada en proteínas usando como intermediario el ARN.
- El ADN de las células eucariotas está compuesto por exones e intrones.

Taller de comprensión de la sección para realizar con los estudiantes

Metas de comprensión

1. La estructura y organización de la molécula de ADN, es la base para comprender la complementariedad entre las dos cadenas, en la conformación de la doble hélice y la codificación de la información genética.
2. Estructura y organización del ARN

Materiales

Cartulina de diferentes colores. Cuatro colores para representar con cada uno de las bases nitrogenadas del ADN: A, T, G, C y un quinto color para representar la base nitrogenada adicional que se encuentra en el ARN, el uracilo. Tijeras y cinta adhesiva.

Procedimiento

Diseñar figuras de nucleótidos con la cartulina, tal como se indica en la figura, buscando que cada uno esté representado de diferente color. Cuidar que el molde de la adenina sea complementario y encaje con el molde de la timina. Igualmente que sean complementarios los moldes de la guanina con la citosina (para el ADN) y el uracilo con la adenina (para el ARN). Construir también figuras adicionales de desoxirribosa y ácido fosfórico (ADN) y de ribosa de tal manera que ensamblen con cualquier figura de las bases nitrogenadas.

Fabricar varios moldes repetidos de estas unidades, para luego ensamblar estas figuras y representar la estructura lineal del ADN (con la desoxirribosa y el ácido fosfórico hacia fuera y las bases hacia adentro, imitando la forma de una escalera en caracol). Ensamblar también una cadena simple de ARNm, siguiendo de forma similar los pasos anteriores. Recuerde que para el ARN la timina debe ser reemplazada por el uracilo.

Forme con las figuras de cartulina una cadena lineal de ADN con una secuencia de 10 nucleótidos. Si un gen es un segmento conformado al menos por algunos o varios nucleótidos, represente a través de diferentes combinatorias de nucleótidos (conformando un vocablo), algunos de los genes que podrían estar codificando para determinada característica.

Del gen a la proteína

Conociendo la estructura de cada una de las macromoléculas (ADN, ARN y proteínas) entremos a descubrir y comprender como ocurre la transferencia de la información desde el ADN hasta el ensamble de una proteína.

OBJETIVOS

1. Revisar los principales conceptos implicados en el proceso de replicación del ADN, transcripción a ARN y traducción a proteínas
2. Integrar la maquinaria implicada en la transferencia de la información y la expresión de características
3. Comprender los sistemas de control de la expresión genética en procariotes y eucariotes

SECUENCIA

Replicación - Transcripción - Traducción

CONTENIDOS

- ▶ 1. Del gen a la proteína
- ▶ 2. Regulación de la expresión de los genes

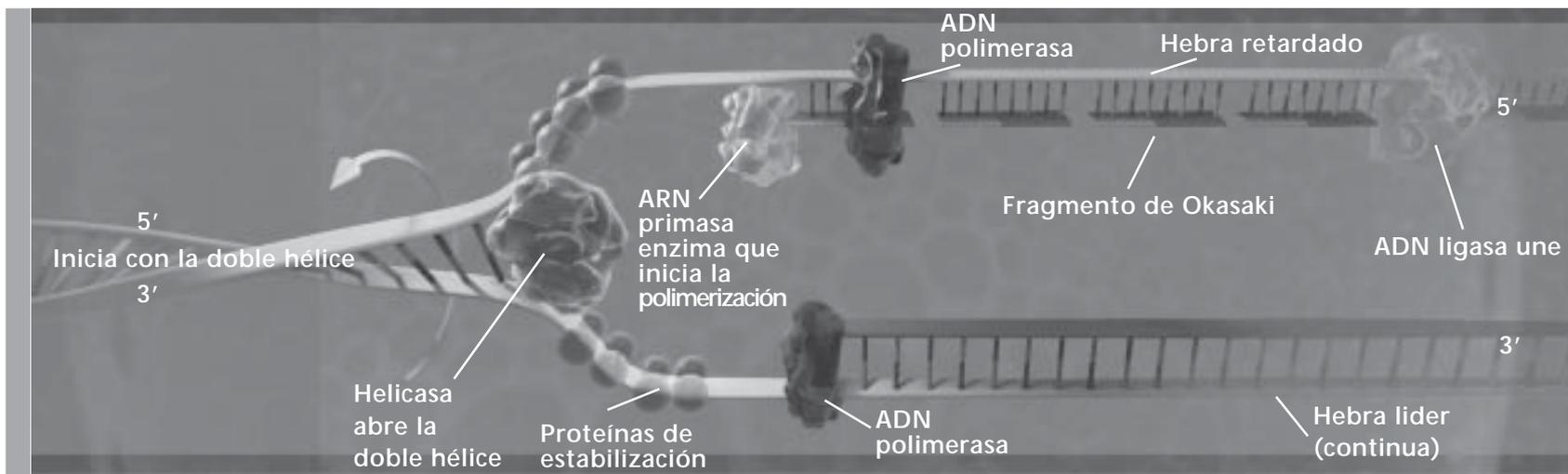


Del gen a la proteína

Los procesos implicados en la expresión genética son:

1. Replicación
2. Transcripción
3. Traducción

REPLICACIÓN:

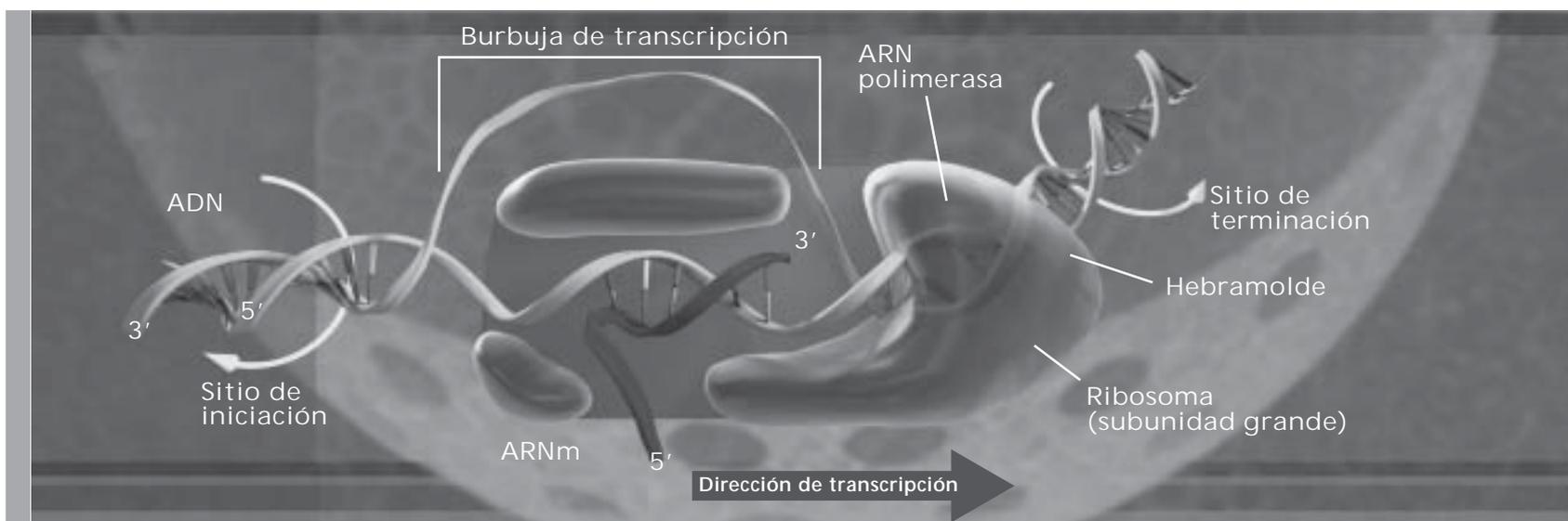


Cuando ocurre la división celular, el material genético se debe duplicar para pasar la información a la generación celular siguiente. El proceso mediante el cual se duplica el ADN, se denomina replicación. Se lleva a cabo en condiciones naturales de la célula "in vivo" o bajo condiciones controladas en el laboratorio "in vitro".

El principio de la replicación exige que las dos cadenas por las que está formado el ADN se separen mediante la acción de una enzima la **helicasa**, liberando las dos cadenas moldes.

Para que las cadenas sean replicadas se requiere de nucleótidos y una enzima **ADN polimerasa** en el medio celular que une los nucleótidos. Esta enzima reconoce los nucleótidos y los une de manera complementaria a la cadena molde (G-C y A-T). En el proceso de replicación una cadena es replicada en forma fragmentada dando origen a los fragmentos de Okasaki. Las enzimas encargadas de unir los fragmentos que se están sintetizando de manera fraccionada son las **ligasas**. En la otra cadena la replicación es continua.

TRANSCRIPCIÓN:

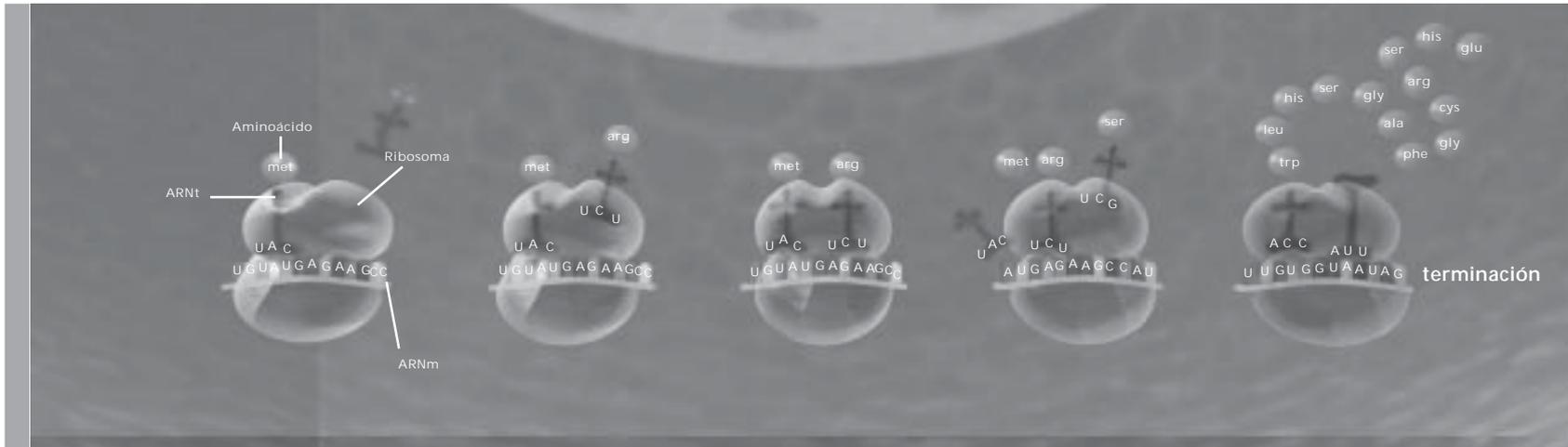


La transcripción ocurre en forma similar al de la replicación. En este proceso el ADN se vuelve a leer, esta vez originando una molécula de ARN. Así, el ARN se fabrica a partir de nucleótidos que se unen de manera complementaria al ADN para que con la ayuda de la enzima **ARN**

polimerasa se fabrique una cadena de ARN a partir de una de ADN.

El ADN se transcribe a ARN reemplazándose la Timina por el Uracilo.

TRADUCCIÓN:

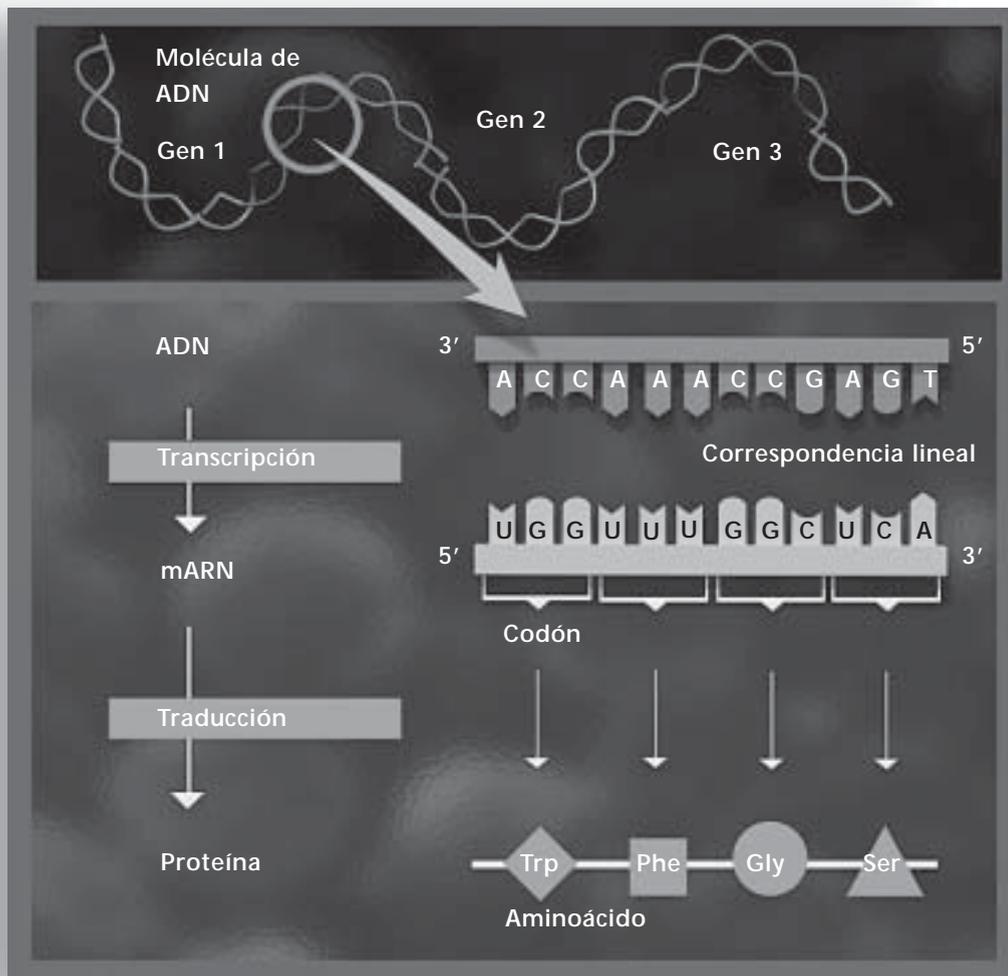


La síntesis de proteínas, más comúnmente conocida como traducción, es un proceso en el cual la información contenida en los genes (**genotipo**) es expresada en proteínas (**fenotipo**). Tiene lugar en los ribosomas de manera similar en eucariotas y procariotes. Las reglas específicas para la traducción dependen del código genético, el lenguaje en el que se conserva la información que viene de los genes y es de carácter universal.

Características de código genético:

- Tres nucleótidos sucesivos (del ARNm), constituyen un **codón** que codifica para un aminoácido específico.
- Algunos aminoácidos pueden estar definidos por más de un codón. (Ver código genético).

Maquinaria empleada en la síntesis de proteína



- 61 de las 64 posibles combinaciones de las tres bases nitrogenadas codifican aminoácidos específicos.
- Existen 3 combinaciones que no codifican para aminoácidos UAA, UAG, UGA sino que constituyen señales de terminación que indican que la cadena de proteína ha terminado.
- El codón AUG codifica para el aminoácido metionina y adicionalmente funciona como secuencia de iniciación.

El proceso de traducción tiene las siguientes etapas:

1. **Iniciación:** proceso de unión del ARNm a la unidad más pequeña del ribosoma, la cual se encuentra libre en el citoplasma y se une en un

extremo del ARNm exponiendo el codón iniciador, AUG (Adenina, Uracilo y Guanina) a la secuencia complementaria en el ARNt (anticodón UAC). De este modo, las proteínas sintetizadas tendrán siempre al inicio el aminoácido metionina. A continuación se une la subunidad grande del ribosoma formándose así el ribosoma completo y funcional que tiene dos sitios claves:

	A	G	U	C	
A	AAA Lys K AAG Lys K AAU Asn N AAC Asn N	AGA Arg R AGG Arg R AGU Ser S AGC Ser S	AUA Ile I AUG Met M AUU Ile I AUC Ile I	ACA Thr T ACG Thr T ACU Thr T ACC Thr T	A G U C
G	GAA Glu E GAG Glu E GAU Asp D GAC Asp D	GGA Gly G GGG Gly G GGU Gly G GGC Gly G	GUA Val V GUG Val V GUU Val V GUC Val V	GCA Ala A GCG Ala A GCU Ala A GCC Ala A	A G U C
U	UAA Stp - UAG Stp - UAU Tyr Y UAC Tyr Y	UGA Stp - UGG Trp W UGU Cys W UGC Cys W	UUA Leu L UUG Leu L UUU Phe F UUC Phe F	UCA Ser S UCG Ser S UCU Ser S UCC Ser S	A G U C
C	CAA Gln Q CAG Gln Q CAU His H CAC His H	CGA Arg R CGG Arg R CGU Arg R CGC Arg R	CUA Leu L CUG Leu L CUU Leu L CUC Leu L	CCA Pro P CCG Pro P CCU Pro P CCC Pro P	A G U C

Fuente <http://www.lab314.com/genmol/code-standard.htm>

- i. Sitio P (peptidil), ocupado por el ARNt-metionina
 - ii. Sitio A (aminoacil), libre para recibir un segundo ARNt cargado con un nuevo aminoácido.
2. **Enlongación:** consiste en la unión de los aminoácidos para la elaboración de la proteína. Cada vez que ARNt trae un aminoácido ocurre un proceso cíclico de enlongación.
 3. **Terminación:** fin de la síntesis de proteínas. La información de terminación está dada por los siguiente codones: UAA, UAG, UGA. Estos codones bloquean la unión del ARNt al ribosoma y hacen que se suelten las dos unidades del ribosoma y se libere la proteína.

Regulación de la expresión de los genes

Para que toda secuencia que codifica en el ADN (exones) se exprese en proteínas, es necesario que exista un proceso de control conocido como regulación genética.

En procariotas la regulación genética ocurre a través de operones. Un operón es una asociación de genes cada una de las cuales codifica una proteína.

El operón consta de un promotor, una región de control y una secuencia de genes codificantes.

La expresión o no de las secuencias codificantes dependerá esencialmente de la disponibilidad de las proteínas codificadas en el entorno. La expresión de las proteínas esta regulada por la unión de una proteína (promotor o represor) al promotor o control.

En Eucariotas se han definido los siguientes elementos básicos de regulación:

1. **Los promotores:** Son regiones en el ADN que señalan el inicio de la secuencia codificadora y a las que se unen los factores de transcripción y la polimerasa. El promotor más importante es la caja TATA, una corta secuencia de pares de bases T-A y A-T.
2. **Enhancers:** regiones fomentadores de la transcripción.
3. **Silenciadores:** bloquean la síntesis de proteínas cuando existe sobreexpresión, es decir cuando los niveles de síntesis para una proteína exceden el nivel normal.

La regulación genética consiste en encender y apagar los genes.

Taller de comprensión de la sección para realizar con los estudiantes

Objetivo

Comprender y familiarizarse en cómo el proceso secuencial de expresión del genotipo se traduce en fenotipo.

Materiales

- Cartulinas con nucleótidos
- Hojas de papel con el código genético
- Cartulina con intrones
- Exones
- Cartulinas con aminoácidos: Lisina, Arginina, Arg, Metionina, Met, Alanina, Ala, Serina, Ser, leucina, Leu, Glutámico, Glu, Valina, Val, Prolina, pro, Fenilalanina, phe, Lle, Treonina, Thr, triptofano, Trp, cysteina, Cys, Aspartico, Asp
- Hojas de papel con los Fenotipos

1. Flor blanca	Lys	Arg	Val
2. Flor azul	Ala	Ser	Gly
3. Mazorcas moradas	Lys	Gly	Ala
4. Mazorcas amarillas	Ser	Arg	Val

Represente, empleando los materiales suministrados el proceso de expresión de las proteínas responsables del fenotipo correspondiente.

1. Seleccione una característica fenotípica
2. Identifique la secuencia de aminoácidos correspondiente a la característica fenotípica y construya la estructura proteica, empleando los aminoácidos proporcionados
3. Construya con los nucleótidos suministrados, la molécula de ARN a la que corresponde la secuencia de aminoácidos de la característica que le correspondió (fenotipo). Recuerde que debe usar el código genético
4. Construya a partir de la molécula de ARN, la molécula de ADN correspondiente usando los nucleótidos suministrados
5. Organice secuencialmente el orden en el que ocurre el proceso genotipo-fenotipo
6. Ubique los intrones y exones en la cadena que corresponda y en el lugar adecuado

Metas de comprensión

- El genotipo es la información contenida en los genes
- El fenotipo es la expresión de la proteína
- Existe un proceso secuencial para garantizar el paso de genotipo al fenotipo

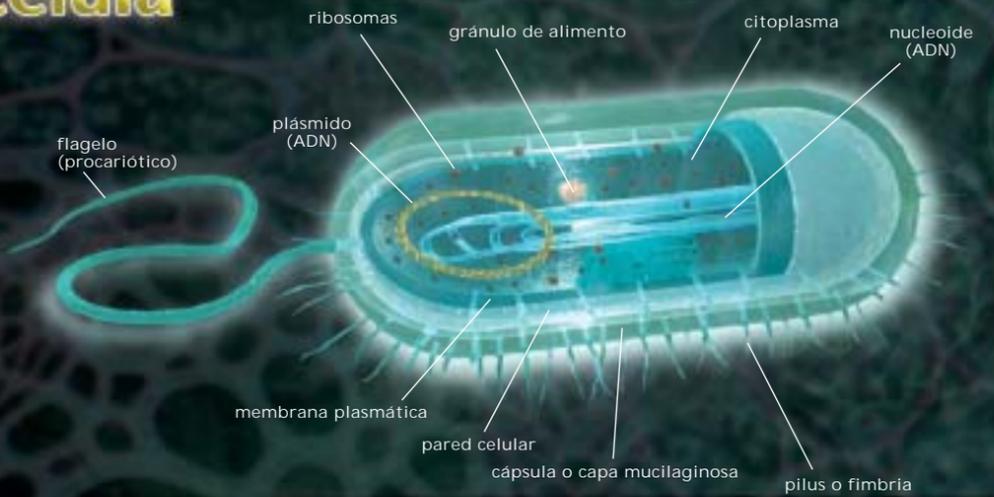
BÍO-Aventura

Una exploración en el mundo de la Biotecnología Agrícola

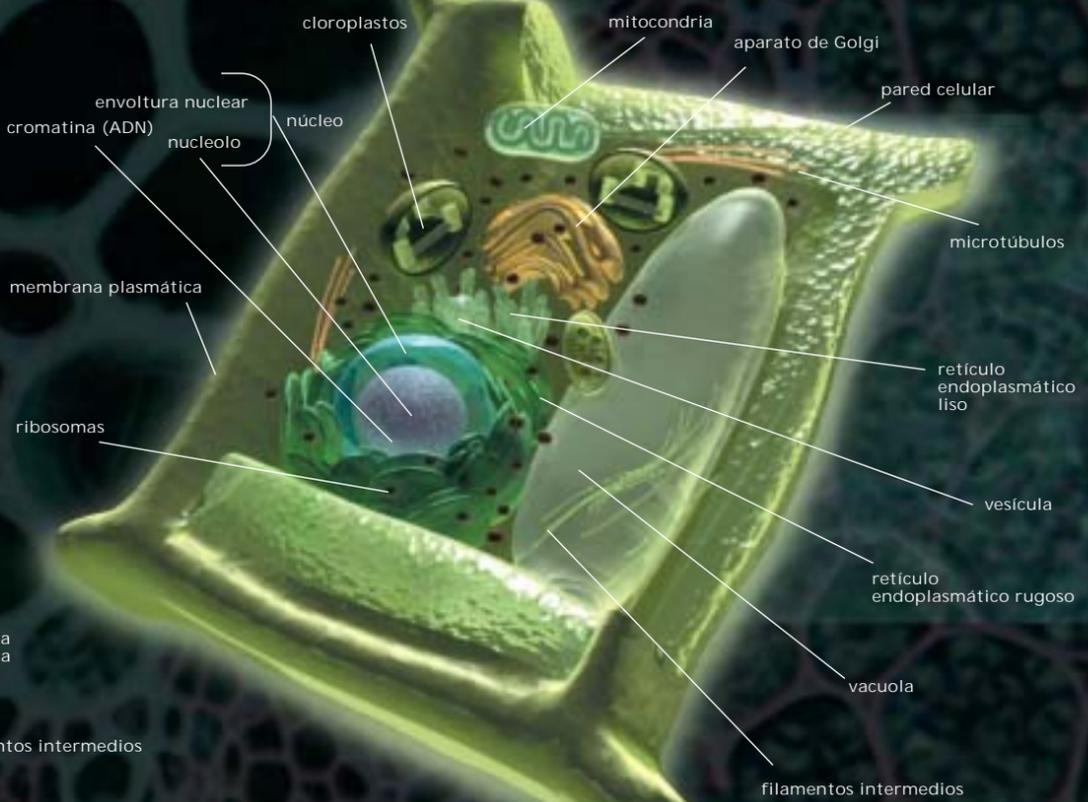
Viaje al interior de la célula

Introduzcámonos al interior de la célula y familiaricémonos con las estructuras y procesos importantes para su funcionamiento. Centremos nuestra atención en las moléculas responsables de la información hereditaria involucradas en la expresión de las características de los seres vivos.

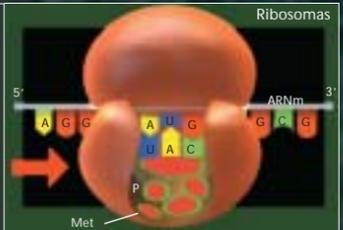
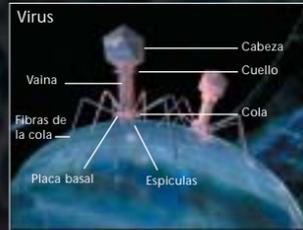
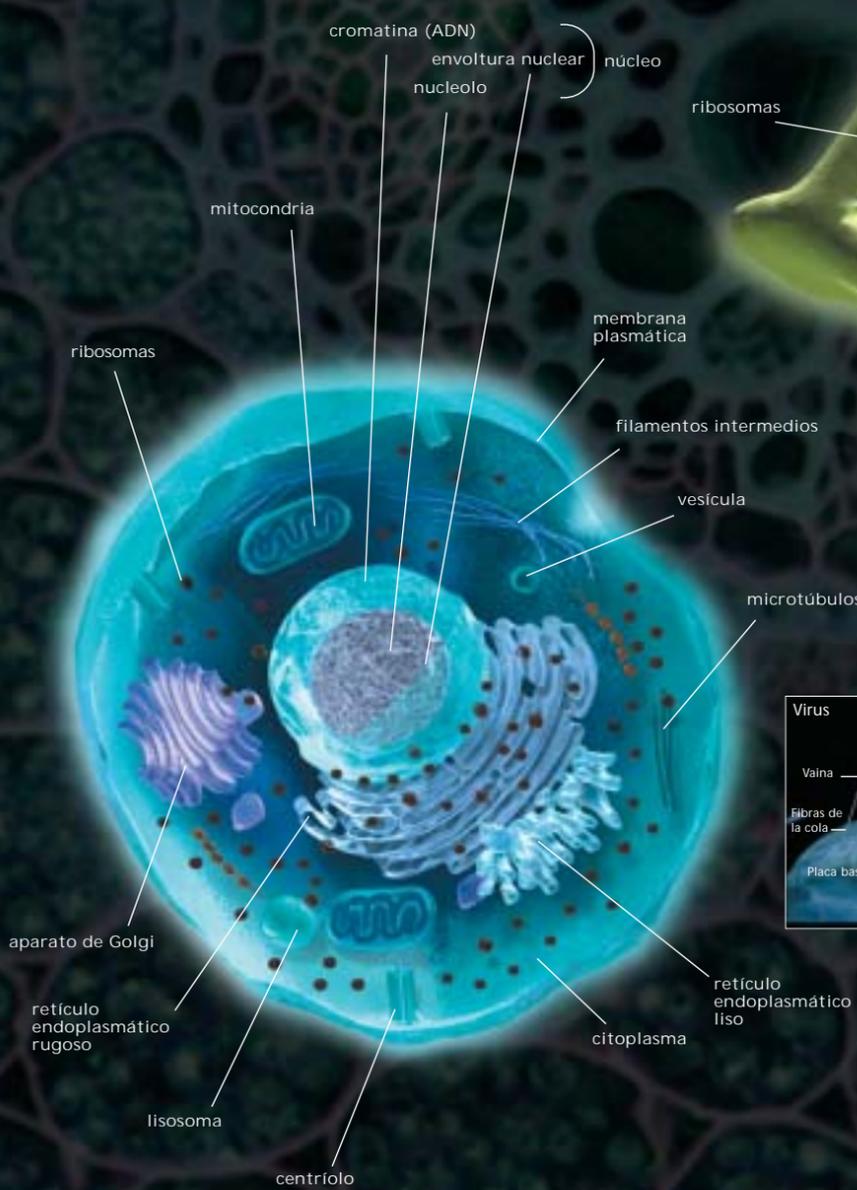
célula procaríota



célula vegetal



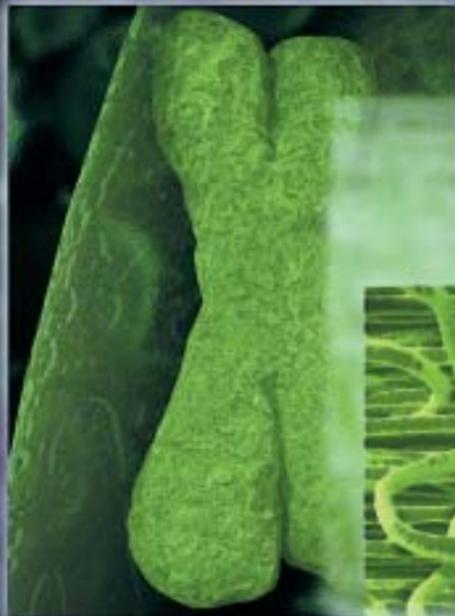
célula animal



BÍO-Aventura

Una exploración en el mundo de la Biotecnología Agrícola

El ADN es la molécula de la vida



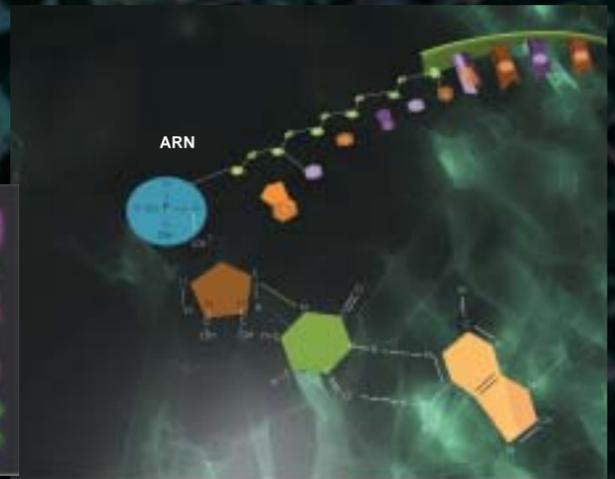
Cromosoma condensado 1.400 nm



Cromatina condensada



Careotipo



ARN

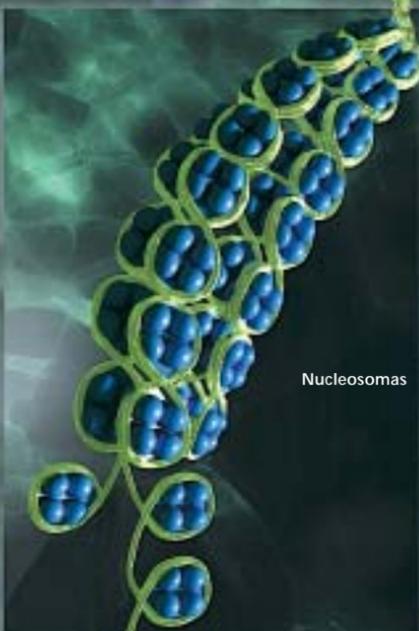


El ADN es el material genético responsable de la herencia y de las características físicas y metabólicas de un organismo.

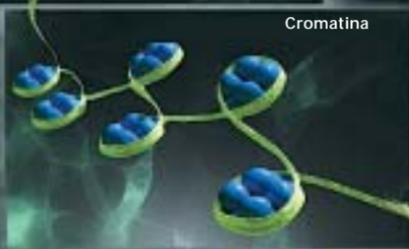
Sus unidades básicas de información son los genes.



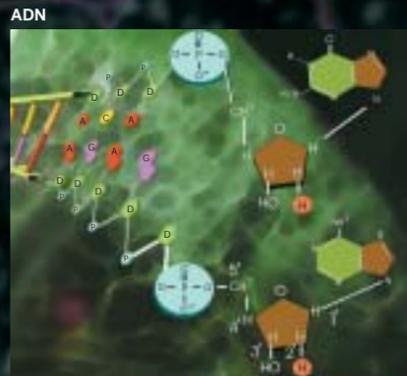
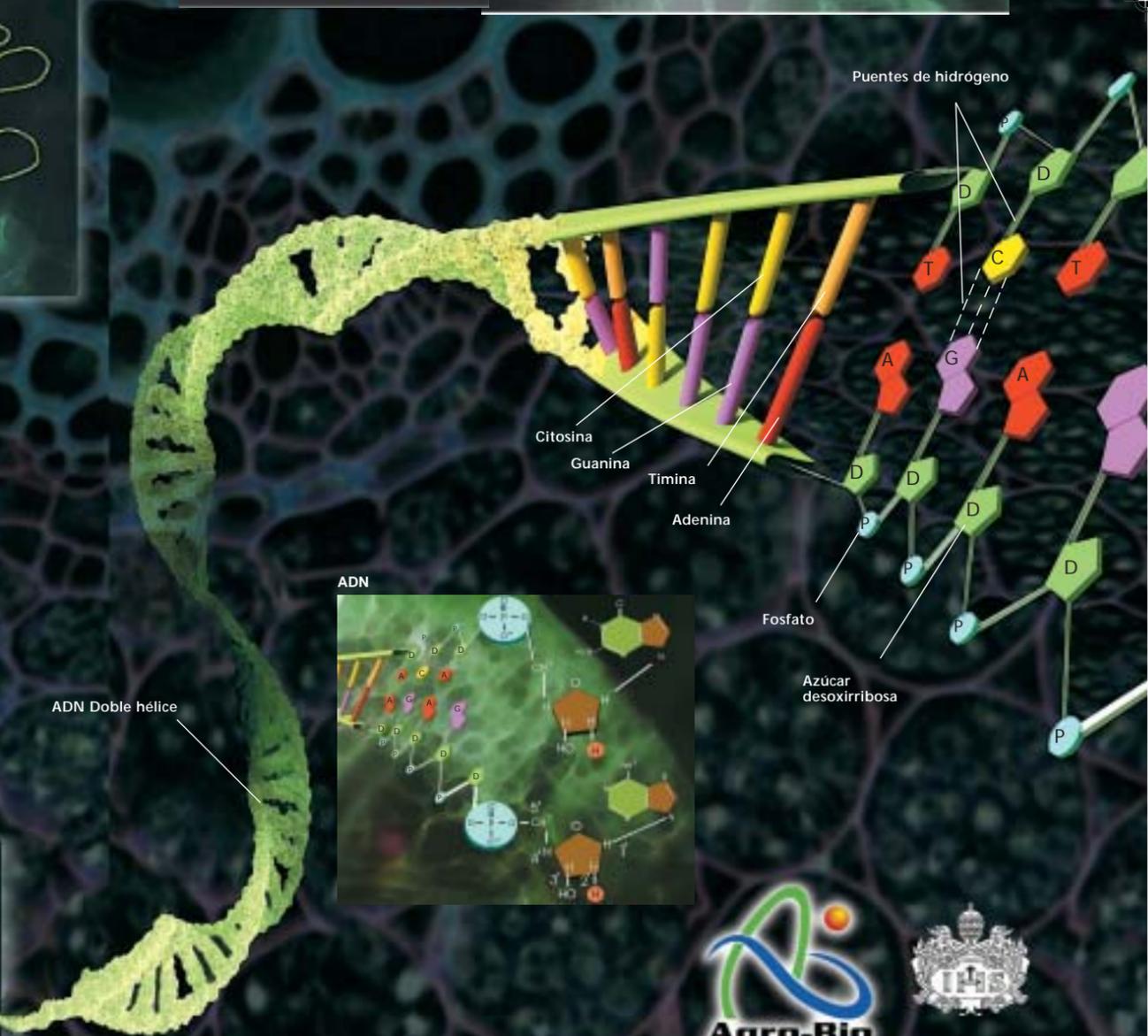
Enrollamiento



Nucleosomas



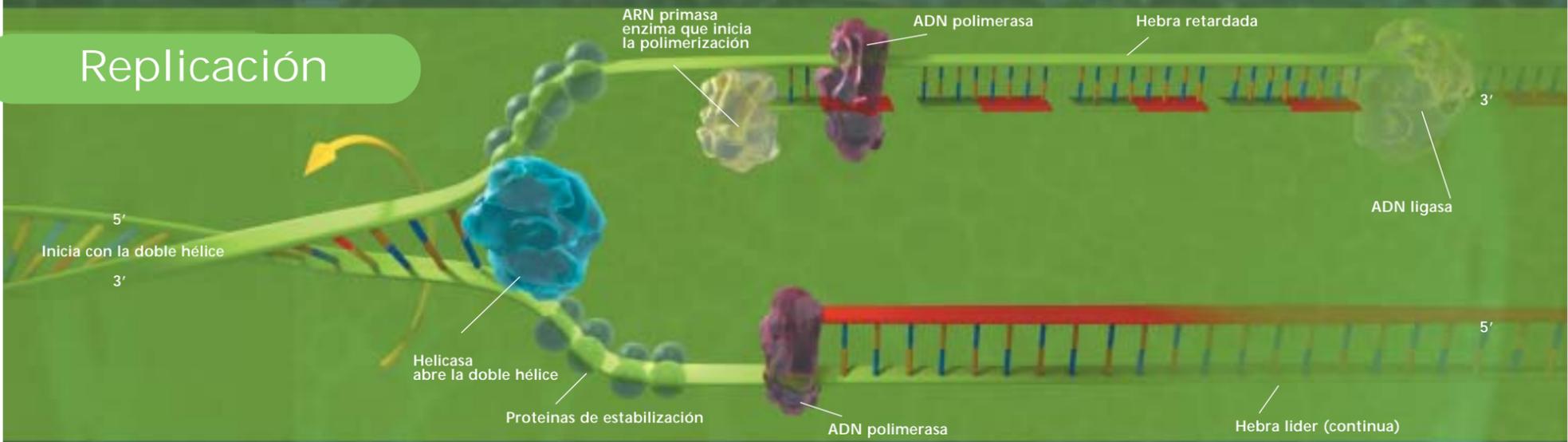
Cromatina



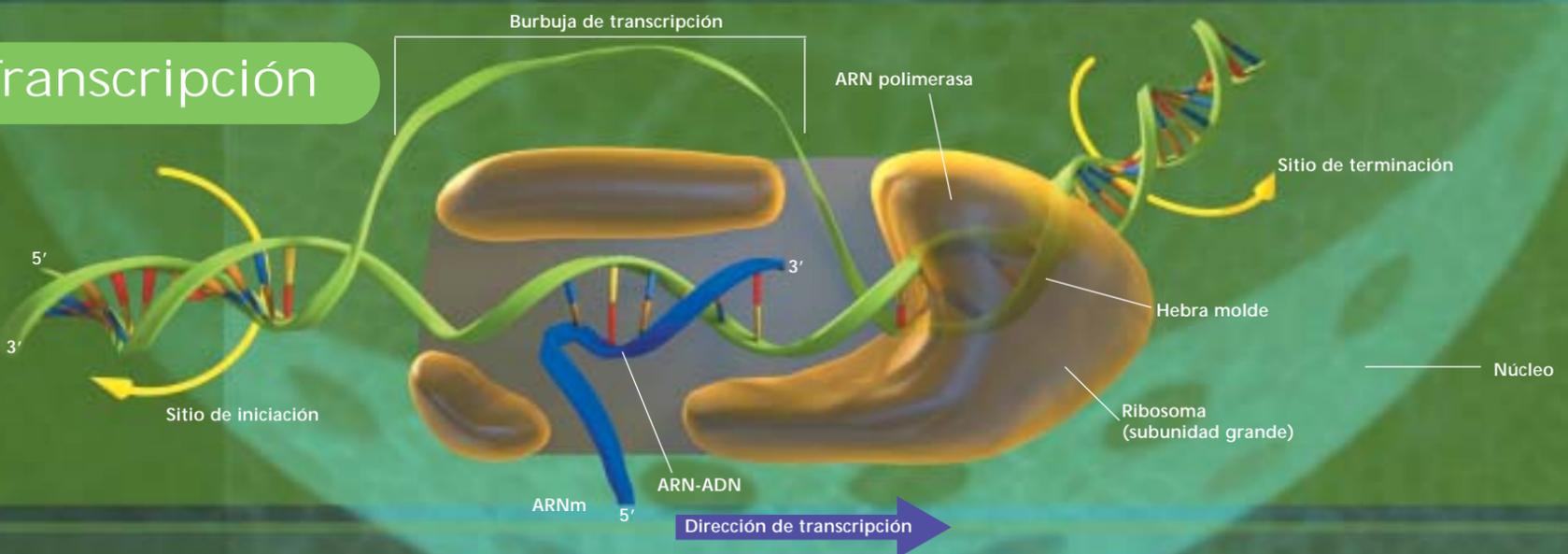
BÍO-Aventura

Una exploración en el mundo de la Biotecnología Agrícola
Del gen a la proteína

Replicación



Transcripción



Traducción



BÍO-Aventura

Una exploración en el mundo de la Biotecnología Agrícola

Módulo 2

Exploración de la biotecnología y sus aplicaciones

Exploremos como los avances en el conocimiento han sido aplicados para darle valor agregado a los sistemas biológicos y recursos vivos.

Contenido

24 La biotecnología y su evolución

29 La aplicación de la biotecnología en la agricultura



Programa de Educación en
Biotecnología Agrícola®



La biotecnología y su evolución

OBJETIVO

1. Entender la biotecnología como una herramienta tecnológica que permite la optimización de procesos biológicos.
2. Conocer cómo y cuáles han sido los avances de la biotecnología en el transcurso del tiempo
3. Identificar las diferentes áreas de aplicación de la biotecnología.
4. Introducir el tema del cultivo *in vitro* de tejidos vegetales como herramienta biotecnológica.
5. Reconocer el aporte del conocimiento y el avance científico en el desarrollo de la biotecnología

SECUENCIA

Biotecnología: Tradicional - Clásica - Moderna

CONTENIDO

- ▶ 1. Definición de la biotecnología
- ▶ 2. Historia y evolución de la biotecnología
- ▶ 3. Aplicaciones de la biotecnología

DEFINICIÓN:

La biotecnología es una aplicación tecnológica que usa a los organismos vivos o sus partes para generar productos o servicios. No es una ciencia, es una herramienta que integra diferentes disciplinas para generar beneficios en diversos sectores.



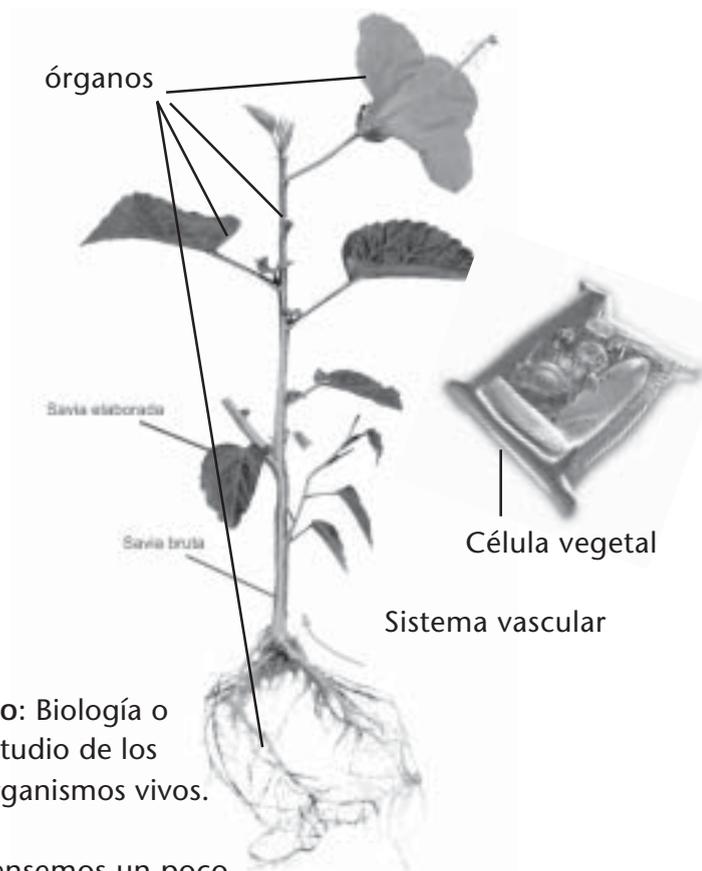
Fermentaciones



Cultivo de tejidos *in vitro*



Tecnología de genes



Bio: Biología o estudio de los organismos vivos.

Pensemos un poco en lo que significa bio...

Un organismo completo - sistemas - órganos - tejidos - células

Tecnología: Herramienta

Realicemos el mismo ejercicio con tecnología... Fermentaciones - cultivo de tejidos *in vitro* - tecnología de genes.

DINÁMICA

Exploración de preconceptos

Contexto

¿Qué entiendes por biotecnología?

Mostrar imágenes o nombrar productos desarrollados por procesos biotecnológicos y no biotecnológicos. Usar ejemplos de aplicación en industria, salud, agropecuaria, ambiental, alimentaria y animal. Reconocer cuáles de ellos son producto de la biotecnología.

Reflexión

La biotecnología es una herramienta que ha sido usada ampliamente por el hombre desde épocas milenarias. Los resultados de su aplicación van desde la preparación del yogurt, quesos y vinos hasta la obtención de organismos genéticamente modificados.

Historia y evolución de la biotecnología

El origen de la biotecnología se remota a los tiempos de la prehistoria, cuando se empezaron a utilizar los microorganismos en los procesos de fermentación, para la producción del yogurt y quesos a partir de la leche, el vinagre a partir de melazas, la producción de butanol y acetona utilizando especies de *Clostridium* y la producción de antibióticos como la penicilina a partir del hongo *Penicillium notatum*.

Desde el año 10.000 A.C., la biotecnología cobra valor con las prácticas de domesticación de cultivos, llevados a cabo por el hombre cuando sus costumbres cambiaron y pasó de ser nómada a sedentario. Su nueva organización le exigió iniciar un proceso de selección de sus alimentos que muestran características de interés: plantas más resistentes, frutos más grandes y dulces, entre otros.

Con base en simples observaciones, le fue posible distinguir cultivos más productivos, resistentes a plagas y enfermedades lo que resultó en ventajas adaptativas para el organismo. Sin conocer ni disponer de técnicas de mejoramiento de cultivos y con el objeto de mejorar su alimentación, el hombre empieza a intervenir en la naturaleza para tener a su alcance mejores materiales vegetales.

Así, en la medida en que aumentó el conocimiento y comprensión sobre el funcionamiento de los organismos vivos y sus procesos, el hombre tuvo a su alcance nuevas herramientas que le permitieron desarrollar y mejorar productos. Sin embargo, el auge de la biotecnología solo se alcanza en la década de los 70's con el descubrimiento de las enzimas de restricción, las cuales permitieron el desarrollo de la tecnología de genes, lo que se consideró revolucionario en este siglo.

En la ilustración se resumen los principales hitos en la historia, donde la biotecnología hizo grandes aportes en campos como el agropecuario, la salud, el industrial y de alimentos.

10.000 A.C.,
Domesticación de cultivos

8.000 - 9.000 A.C.,
Domesticación de animales

6.000 A.C.,
Procesos de fermentación

4.000 A.C., Panes y levaduras

1.880,
Producción de vacunas

1.898,
Cultivo de tejidos

1.940,
Producción de antibióticos

1.960,
Producción de variedades de arroz y trigo con alta productividad

1.990,
Desarrollo de plantas genéticamente modificadas

A pesar que el uso de esta tecnología se remonta a épocas milenarias, el término biotecnología fue usado, por primera vez, en 1919 por el ingeniero húngaro Karl Ereky, para referirse a los métodos de agricultura intensiva. Pero, como ya vimos, la definición de biotecnología ha cambiado con el transcurso del tiempo y diferentes organizaciones la definen como:

“Toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos y sus derivados, para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos”. Convenio de Diversidad Biológica (CDB).

“Uso controlado de agentes como microorganismos o componentes celulares de uso benéfico” (Fundación Nacional de Ciencias US).

Independientemente de la definición de biotecnología o de la época a la que estemos haciendo referencia, ésta siempre se hará en el marco del uso de los organismos vivos. Sin embargo, cuando tenemos en cuenta la época, la diferencia radicará en los niveles de conocimiento que el hombre tiene de los procesos y sistemas biológicos, de esta manera, la biotecnología se puede dividir en:

- **Tradicional**
Procesos y actividades desarrolladas a través de recetas y tradiciones: obtención y fabricación de queso, yogurt, pan y vino.
- **Clásica**
El conocimiento de la totipotencia celular hace posible el cultivo de tejidos vegetales bajo condiciones de laboratorio.
- **Moderna**
Se han identificado organismos en los procesos involucrados, los mecanismos de control y adicionalmente la forma de modificarlos. Entran en aplicación las tecnologías del ADN recombinante.

Ahora exploremos las áreas y los alcances de la biotecnología en los diferentes campos.

Ideas para discutir:

Imagínese en su hogar cuáles productos pueden ser el resultado del uso y aplicación de la biotecnología y por qué?

Claves para el docente:

La biotecnología se encuentra presente en muchos lugares, momentos y actividades de nuestra vida diaria. En nuestro hogar nos encontramos con productos como:



- Yogurt: uso de microorganismos (bacteria) para fermentar la leche.



- Pan: uso de levaduras para levantar la masa de trigo, como resultado de la producción de gas.



- Aditivos, colorantes alimenticios, endulzantes y preservantes naturales para jugos.



- Vino: uso de microorganismos para fermentar el jugo de uva.



- Detergentes: producidos con enzimas obtenidas de organismos vivos y utilizadas para eliminar las manchas de los textiles.



- Blue jeans: el colorante para teñir los jeans se obtiene de bacterias genéticamente modificadas.



- Medicamentos: la insulina para el control de la diabetes se obtiene a partir de bacterias genéticamente modificadas con el gen humano de la insulina.

Conozcamos como se aplica la biotecnología en diferentes áreas:



SALUD HUMANA Y ANIMAL:

- Sistema de diagnóstico de enfermedades
- Productos farmacéuticos: Antibióticos, vitaminas, insulina
- Vacunas: La vacuna de la hepatitis B obtenida a través de la modificación de la levadura.
- Terapia génica: Tratamiento contra enfermedades de origen genético mediante el reemplazo y/o modificación de los genes que presentan un funcionamiento anómalo.
- Identidad molecular: Técnica que permite la identificación de los personas a través de patrones de secuencias genéticas para prueba de paternidad y genética forense. En animales se aplica para estudio de diversidad, evolución, genética de poblaciones y programas de mejoramiento.



INDUSTRIA:

- Aditivos: cítricos
- Saborizantes
- Colorantes: azul indigo
- Alcohol carburante: etanol
- Productos lácticos (yogurt y quesos) uso de partes o del organismo completo (enzimas o microorganismos)
- Detergentes: obtención de enzimas que degradan ácidos grasos, lipolasa (*Aspergillus*), cutinasa (*Saccharomyces*), de proteínas (*Bacillus licheniformis*) para eliminar manchas de sangre, comida, etc.



AMBIENTE:

- Biorremediación: Tratamiento de residuos líquidos contaminados. Un ejemplo de esta aplicación es la limpieza de derrames de petróleo empleando bacterias.
- Manejo de residuos sólidos: Uso de bacterias, hongos para la degradación de residuos orgánicos.
- Biolixiviación: Recuperación de metales mediante su solubilización. Aplicación de gran interés para la industria minera.
- Diagnóstico y detección de sustancias: Uso de organismos, bacterias, plantas etc., que detecten e informen acerca de la presencia de sustancias específicas actuando como biosensores.

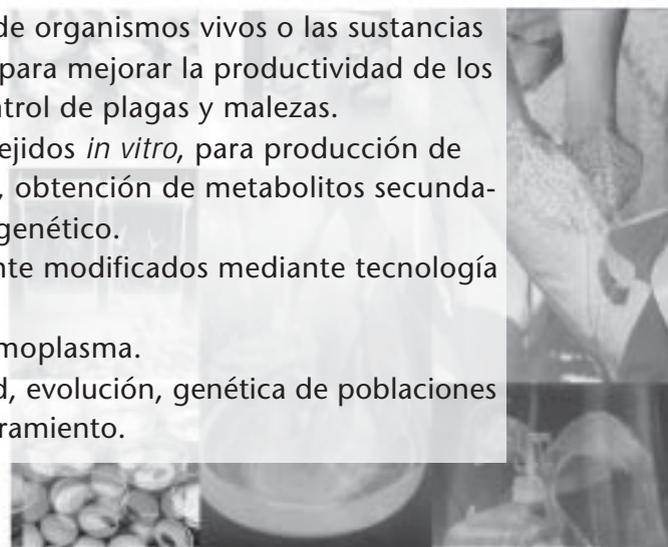
AGRÍCOLA:

- Sistemas de diagnóstico de enfermedades.
- Agrobiológicos, uso de organismos vivos o las sustancias producidas por ellos para mejorar la productividad de los cultivos o para el control de plagas y malezas.
- Cultivo de células y tejidos *in vitro*, para producción de plantas a gran escala, obtención de metabolitos secundarios y mejoramiento genético.
- Cultivos genéticamente modificados mediante tecnología de genes.
- Conservación de germoplasma.
- Estudios de diversidad, evolución, genética de poblaciones y programas de mejoramiento.

👉 Repaso de conceptos claves

La biotecnología:

- Aplicación tecnológica que emplea los organismos vivos o sus parte para generar bienes o servicios
- Tiene diferentes áreas de aplicación: agropecuario, salud, ambiente, industria
- No es una aplicación nueva
- *El conocimiento científico ha permitido ampliar y mejorar los aportes de la biotecnología a la sociedad*





Taller de comprensión de la sección para realizar con los estudiantes

Producción de yogurt

Meta de comprensión

Las técnicas las biotecnológicas tradicionales y sus aplicaciones

Materiales

- 1 Litro de Leche
- 1 cuchara sopera de yogurt comercial
- Estufa
- Balletilla o toalla
- Termómetro
- 1 Cuchara
- 1 olla
- 1 recipiente con tapa



Procedimiento

1. Caliente la leche hasta que alcance una temperatura de 52°C. Retire del fuego.
2. Cambie de recipiente la leche y deje enfriar hasta que alcance la temperatura de 43°C. (un poco más que tibia).
3. Agregue la cucharada de yogurt comercial a la leche y mezcle.
4. Tape la mezcla y cubra con la toalla.
5. Coloque en lugar cálido (puede ser cerca de la estufa).
6. Deje la mezcla en reposo durante 24 horas.
7. Luego de las 24 horas, destape y si así lo desea endulce con azúcar o miel y agregue pequeños pedazos de frutas.
8. Refrigere y disfrútelo!

Preguntas:

¿Cuál es el papel del yogurt comercial en la producción de yogurt que usted fabricó? ¿Por qué es necesario mantener la temperatura para la elaboración del yogurt? ¿Qué es la fermentación láctica?

Claves para el docente:

Los yogures comerciales contienen bacterias ácido lácticas que actúan como iniciadores del proceso de producción del yogurt. Las bacterias, seres vivos, tienen actividad enzimática a partir de la leche.

Actividades complementarias

Visite una panadería, conozca el proceso de elaboración del pan y compárelo con el de la elaboración del yogurt.

- Elabore un cuadro comparativo (similitudes y diferencias) entre los dos procesos y analice por qué son consideradas biotecnologías.
- Plantee las siguientes preguntas al panadero y tome nota de sus respuestas:
 - ¿Utiliza usted organismos vivos para la producción del pan? ¿Sabe usted qué es biotecnología?
 - ¿Qué hace que la masa del pan crezca?
 - Si se le ocurren más preguntas no dude en realizarlas.

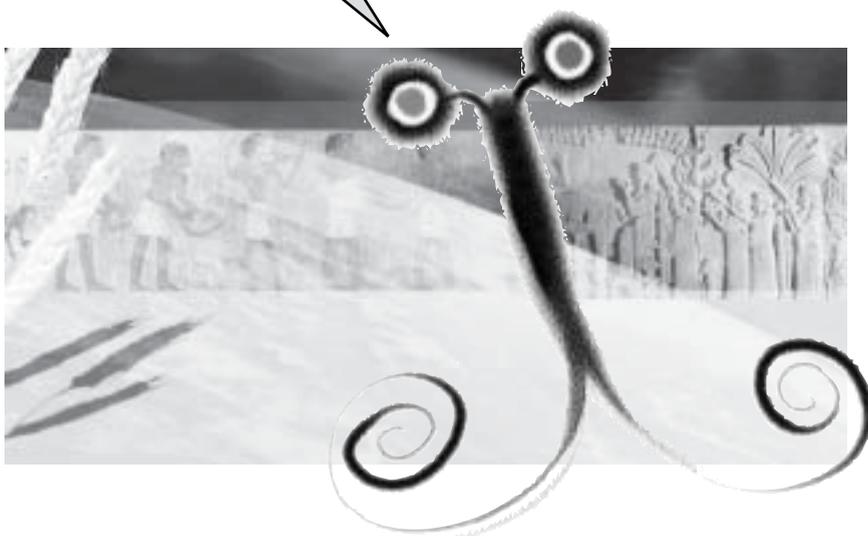
Recuerde... la curiosidad es el alimento de la investigación.

Analice sus resultados en clase.

La aplicación de la biotecnología en la agricultura

El área agrícola es el mundo de exploración de Bio-Aventura. Veamos en detalle como la biotecnología se ha aplicado en este sector.

Iniciemos con el cultivo "in vitro" de tejidos vegetales.

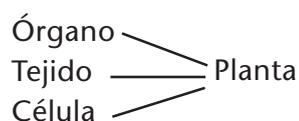


OBJETIVO

1. Comprender el principio de las técnicas utilizadas en la propagación de plantas *in vitro*.
2. Identificar los criterios para la selección de cada una de las técnicas.
3. Identificar los principales requerimientos de una planta en condiciones de campo para un mejor establecimiento *in vitro*.

SECUENCIA

Explante - Introducción *in vitro* - Regeneración - Endurecimiento



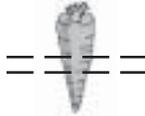
CONTENIDO

- ▶ 1. Definición cultivo de tejidos vegetales
- ▶ 2. Historia del cultivo de tejidos
- ▶ 3. Técnicas de propagación *in vitro*

DINÁMICA

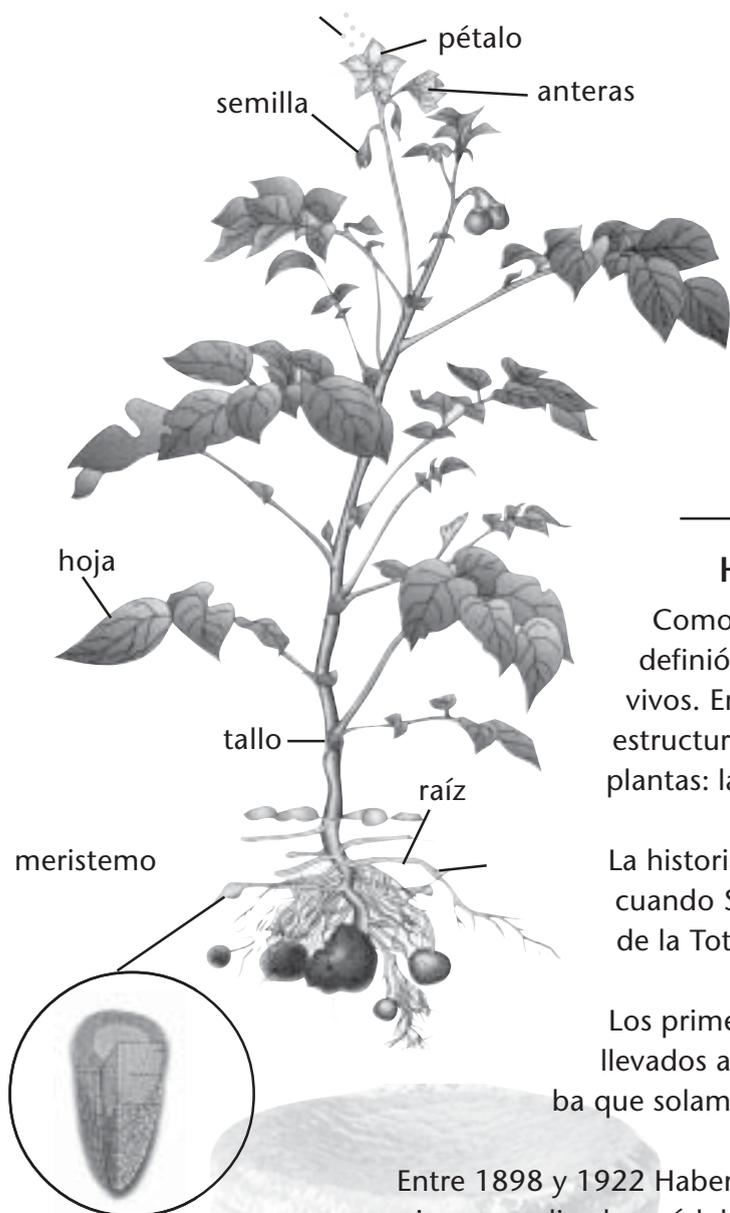
Exploración de Preconceptos

Organice los elementos en un orden lógico

<p>1 proliferación de células</p> 	<p>6 separación de células en medio de cultivo líquido</p> 
<p>2 planta joven</p> 	<p>7 zanahoria</p> 
<p>3 desarrollo de tallos, hojas y enraizamiento</p> 	<p>8 endurecimiento</p> 
<p>4 embrión joven</p> 	<p>9 corte de una porción de zanahoria</p> 

Respuesta:

9-1-4-3
8-2-7



El cultivo de tejidos vegetales forma parte de la biotecnología clásica y se define como el conjunto de tecnologías empleadas en la propagación y mejoramiento de una especie. Estas tecnologías se fundamentan en los procesos naturales de propagación vía vegetativa y sexual y en la capacidad que tiene la célula vegetal para regenerar una planta completa, a partir de un explante, esa potencialidad se define como **totipotencia**.

Explante: fragmento de tejido diferenciado u órgano (semilla, meristemo, hoja, raíz, tallo, pétalos, anteras, polen, entre otros).

HISTORIA

Como ya comentamos durante los años 1800 la teoría celular definió que la célula era la unidad estructural básica de los seres vivos. En la segunda parte de esta teoría se afirmó, que esas unidades estructurales son distintas y tienen una capacidad particular en las plantas: la **Totipotencia**.

La historia del cultivo de tejidos vegetales se remonta a los años 1800, cuando Schwann y Schleiden introdujeron el concepto fundamental de la Totipotencia en el laboratorio.

Los primeros intentos de cultivar *in vitro* células de tejidos vegetales llevados a cabo por Haberland en 1902 no tuvieron éxito, pues pensaba que solamente el medio de cultivo nutritivo era suficiente.

Entre 1898 y 1922 Haberland y sus colaboradores decidieron cultivar células de parenquima empalizada, médula de parenquima y epidermis de hoja. Sin embargo, estas crecieron pero no se dividieron.

Desde 1934 hasta 1939, Gautheret, Nobecourt y White, desarrollaron trabajos de investigación paralelos cultivando puntas de raíz de tomate y zanahoria utilizando medios de cultivo enriquecidos con vitaminas, azúcares y extracto de levadura.

En los años 50's tienen lugar grandes descubrimientos:

- Millar & Skoog obtiene brotes a partir de médula de tabaco. A partir de este trabajo descubren que la sustancia responsable de este fenómeno era la Kinetina, un regulador de crecimiento.
- Steward, cultiva tejido de zanahoria en medio de cultivo con leche de coco y descubre el proceso de embriogénesis.
- Muir, reportó que fragmentos de tejidos desorganizados (**callos**) de tabaco cultivados en medio líquido dan origen a células en suspensión.

En los años 60's se generan importantes avances:

- Se confirma la regeneración de una planta completa a partir de un tejido.
- Morel & Martin obtienen plantas de dalia libres de virus y formulan la composición de vitaminas más utilizadas hasta el presente, las vitaminas de Morel.
- Cocking logró remover la pared de la célula vegetal empleando enzimas para dar origen a los protoplastos.
- En 1962 Murashige & Skoog desarrollan la composición del medio de cultivo universalmente más utilizado que contiene además de sales minerales, azúcar, carbono como fuente de energía, vitaminas y los reguladores de crecimiento (hormonas vegetales).

Para un mejor entendimiento de los procesos implicados en el proceso de cultivo de tejidos vegetales es necesario manejar los siguientes conceptos:

- Diferenciación:** Desarrollo de células o tejidos con funciones específicas y/o regeneración de órganos o estructuras: raíces, brotes pro-embriones.
- Dediferenciación:** Reversión del estado diferenciado al no diferenciado.
- Revigoration:** Rejuvenecimiento, reversión del estado adulto al juvenil.

- Variación somaclonal:** Incremento de la variabilidad genética en plantas superiores. Se presenta cuando el estado indiferenciado, callo, ocupa un largo período y ocurre una pérdida de la memoria genética. Las células comprometidas en un programa genético específico, sufren reorientaciones y pueden formar nuevos grupos con caracteres genéticos diferentes al inicial.

- Callos:** Formación desorganizada (dediferenciado) de un grupo de células, resultado de una alta actividad mitótica de células diferenciadas en respuesta a un estímulo ej.: heridas, alta producción de auxinas en señal de cicatrización.

- Endurecimiento:** Aclimatización de la planta *in vitro* a las condiciones *in vivo*. Se presenta un gradual decrecimiento en la humedad relativa donde crecieron las plantas.

- Suspensiones celulares:** conjunto de células provenientes de callos, que al ser sometidos a digestiones enzimáticas o rupturas mecánicas son separadas en medio de cultivo líquido. Pueden crecer como agregados o permanecer dispersas en el medio de cultivo líquido.

- Protoplastos:** célula vegetal desprovista de pared celular y cultivadas inicialmente en medio líquido.

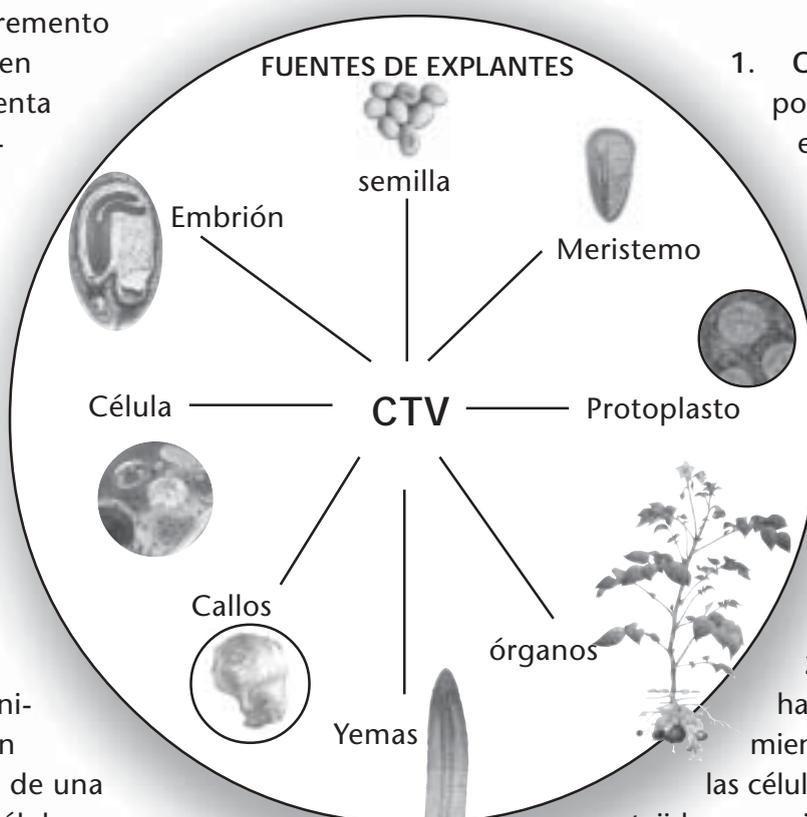
Para el cultivo de tejidos vegetales pueden ser empleados diferentes partes de la planta. Sin embargo hay que tener en

cuenta que el éxito del proceso esta determinado por factores como:

- Genotipo de la especie**
- Edad de la planta**
- Edad y tipo de explante**
- Condiciones de crecimiento de la planta madre**
- Época del año**

El crecimiento de las células a partir de los diferentes explantes para la regeneración de la planta puede ser:

(Fossard, 1977)



- Organizados:** corresponde al cultivo de estructuras organizadas de la planta o de órganos, a partir de los cuales se puede formar directamente una nueva estructura organizada. Ejemplo: a partir de discos de hoja se regeneran raíces de manera directa.

- No-organizados:** hace referencia al crecimiento desorganizado de las células, cuando éstas o los tejidos, son aislados de partes organizadas, luego dediferenciados y posteriormente cultivados. Pueden resultar agregados de células (callos) o se pueden inducir suspensiones celulares. El crecimiento no organizado es el resultado, principalmente, del uso de altas concentraciones de auxina o citoquininas (hormonas vegetales) en el medio. La estabilidad genética de estos cultivos es bastante baja.

- No-organizados/organizados:** Es intermedio entre los dos anteriores. Un órgano o tejido aislado se diferencia, formando tejidos o una capa de tejido calloso, por división de los cuales se pueden regenerar órganos (raíces o brotes) o aún individuos completos (pro-embriones y embriones). En estos casos la progenie no es completamente idéntica a la planta original.

El cultivo de tejidos vegetales *in vitro* ofrece diferentes técnicas:

1. Micropropagación
2. Organogénesis
3. Embriogénesis
4. Suspensiones celulares
5. Cultivo de anteras y polen
6. Cultivo de protoplastos

Veamos en detalle cada una de ellas:

MICROPROPAGACIÓN



La micropropagación se conoce también con el término de propagación clonal y fue descrita por primera vez por Weber para plantas cultivadas y producidas vegetativamente. Este término significa que la planta es multiplicada a través de brotes, yemas, injertos o estacas. La propagación clonal deriva del término clon y se refiere a plantas producidas por reproducción asexual donde las descendientes son idénticas a la planta de origen.

La micropropagación se emplea para la producción de plantas a gran escala y es utilizada principalmente en aquellos materiales vegetales que presentan problemas con la germinación de la semilla o cuando tienen periodos vegetativos muy largos como ocurre en frutales y forestales.

Las ventajas que ofrece este sistema de multiplicación comparado con los métodos convencionales en el campo son:

- Menor tiempo y espacio para obtener un mayor número de plantas en sistema aséptico *in vitro*.
- Se pueden obtener plantas libres de virus utilizando meristemos, por lo cual se asegura que son plantas limpias pero no resistentes a virus. La propagación *in vitro* utilizando meristemo como explantes y tratamientos a altas temperaturas como termoterapia, garantizan la eliminación de virus.



Ideas para discutir:

Qué aspectos deben tenerse en cuenta para la selección del explante?
Un organismo que se desarrolla bajo condiciones *in vitro* es heterótrofo o autótrofo?
De acuerdo con la respuesta anterior, cuáles considera debe ser los componentes de un medio de cultivo adecuado para la multiplicación *in vitro* de células vegetales?



Claves para el docente:

Para la selección de explante debe tenerse en cuenta el genotipo, la edad fisiológica, la posición del explante en la planta, la procedencia del material (zonas geográficas) y las condiciones de cultivo (invernadero o campo).

Los componentes de un medio de cultivo para la propagación de plantas incluyen:

- Fuente de carbono
- Reguladores de crecimiento
- Vitaminas y aminoácidos
- Agentes gelificantes, cuando se trata de un medio sólido
- Sales minerales (Macro y micronutrientes)
- Agua

Las etapas de la micropropagación son:

Etapa 1: Selección del explante

Es importante tener en cuenta en esta etapa el genotipo, la edad fisiológica, la posición del explante en la planta, la procedencia del material (zonas geográficas), las condiciones de cultivo de la planta madre (invernadero o campo) y la época del año. El explante es **desinfestado** con soluciones de hipoclorito de sodio y alcohol 70% para eliminar contaminantes superficiales antes de ser introducido al medio de cultivo estéril bajo condiciones de asepsia.

Medio de cultivo: es uno de los factores más importantes para la respuesta del explante *in vitro* y contiene todos los requerimientos nutricionales para que se logre la regeneración de plantas. Debido a que las plantas bajo estas condiciones son heterotrofas y no autotrofas, se hace necesario adicionar al medio de cultivo estos elementos. (Ver claves para el docente).

Etapa 2: Proliferación o multiplicación de brotes a partir de los explantes

En esta etapa, los reguladores de crecimiento en particular las citoquininas juegan un papel importante. Es necesario que el medio de cultivo utilizado en la regeneración contenga además un azúcar como fuente de carbono, vitaminas y los aminoácidos necesarios para su completo desarrollo.

Etapa 3: Enraizamiento

Para inducir el enraizamiento es necesario transferir el material vegetal a un medio de cultivo que contenga reguladores de crecimiento en especial auxinas.

Etapa 4. Endurecimiento

Consiste en la adaptación gradual de las plantas producidas *in vitro* a las condiciones externas donde la humedad relativa es menor y no requieren de fuentes de carbono exógenas.

ORGANOGENÉISIS

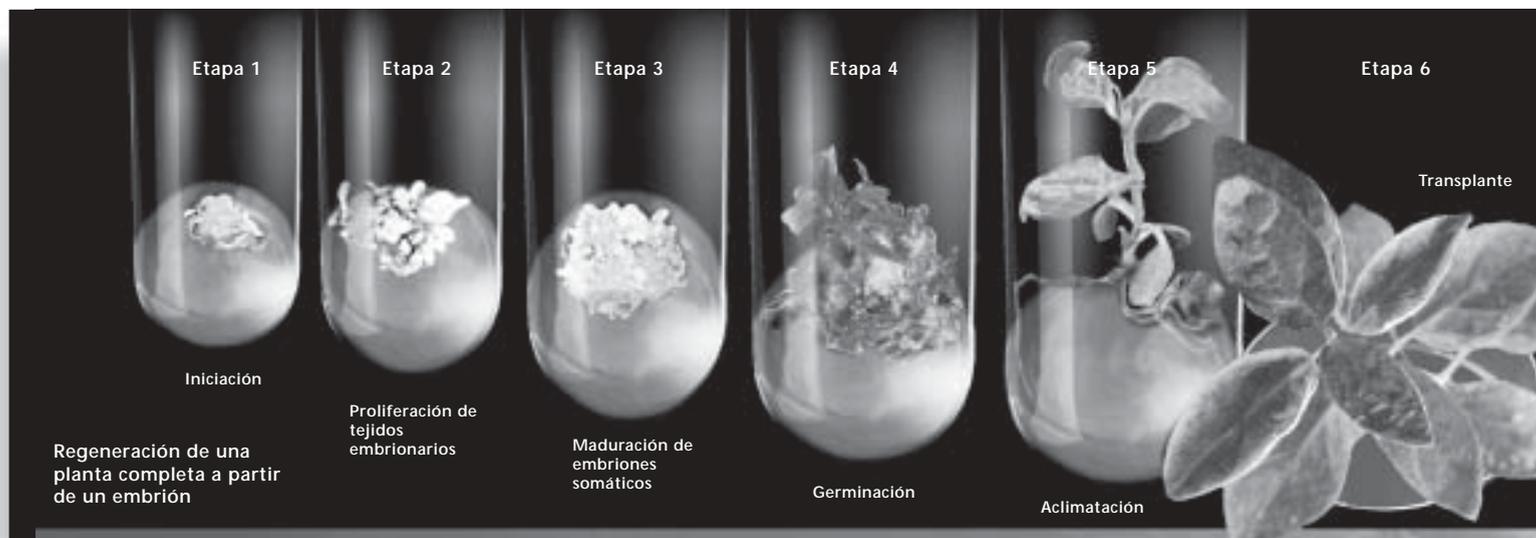


Es el proceso de diferenciación en el cual órganos, raíces y brotes adventicios y tallos se forman directa o indirectamente a partir de otros tejidos. La formación de estas estructuras se logran a partir del desarrollo de cultivo de estos órganos. Tejidos que usualmente no los forman.

La producción de plantas por esta vía puede llevarse a cabo bajo dos modalidades:

1. Organogénesis indirecta: Implica la formación de un callo sobre el explante inicial como resultado de la herida producida al remover el explante de la planta y por la acción de los reguladores de crecimiento ya sean exógenos o endógenos.
2. Organogénesis directa: Los brotes adventicios se forman directamente de los explantes sin formación de callos. Este fenómeno pone de manifiesto el concepto de totipotencia, propio de los vegetales.

EMBRIOGÉNESIS



Es el proceso mediante el cual se induce la formación del embrión. Esta puede ocurrir a partir de embriones zigóticos o sexuales inmaduros (embriogénesis zigótica) o a partir de tejidos somáticos de la planta (embriogénesis somática). Durante la embriogénesis se puede encontrar embriones adventicios, aquellos que se forman de órganos o de embriones y embriones partenogénicos los cuales se forman a partir de huevos no fertilizados.

La embriogénesis somática difiere de la organogénesis en que los embriones tienen estructura bipolar (dos polos para la diferenciación), un polo que da origen al sistema radicular y el otro a la parte aérea de la planta.

En 1980 Sharp y su grupo de investigación describieron dos rutas para la embriogénesis:

- La embriogénesis directa, a través de la cual el embrión inicia la formación de tejido sin formación de callo. Las células de este tejido tienen definido un programa morfogénico, el cual las compromete en la formación de embriones y necesitan únicamente ser liberadas. Tales células se encuentran en

tejidos embrionarios como el escutelo, en tejidos jóvenes como hipocotilos o en plantas maduras a partir de óvulos.

- Embriogénesis indirecta ocurre por proliferación de células para formar callos, los cuales a su vez originan los embriones. Estos aparecen comúnmente de células del floema secundario.

La embriogénesis somática *in vitro* a diferencia de la propagación clonal no garantiza la estabilidad genética de la progenie debido a la alta probabilidad de que aparezcan cambios genéticos, en especial si el estado de callo permanece mucho tiempo.

Adicionalmente presenta las siguientes dificultades:

- La obtención de plantas completas en algunas especies no siempre resulta en un proceso exitoso.
- En algunas plantas la inducción de la embriogénesis somática ha resultado imposible.
- El estado de dormancia de la semilla aparece con alguna frecuencia y por lo general es extremadamente difícil de romper.

VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA MICROPROPAGACIÓN

VENTAJAS

Se requieren muy pequeñas cantidades de plantas para obtener hasta millones de plantas en un año

Es muy útil en plantas de difícil propagación por vía sexual (semillas)

Es un buen sistema para el intercambio de material genético, pues es fácil de trasladar

Es posible producir plantas limpias, libres de virus cuando se utilizan meristemas como fuente de explante. Es el caso de papa y de ornamentales donde la técnica es muy empleada

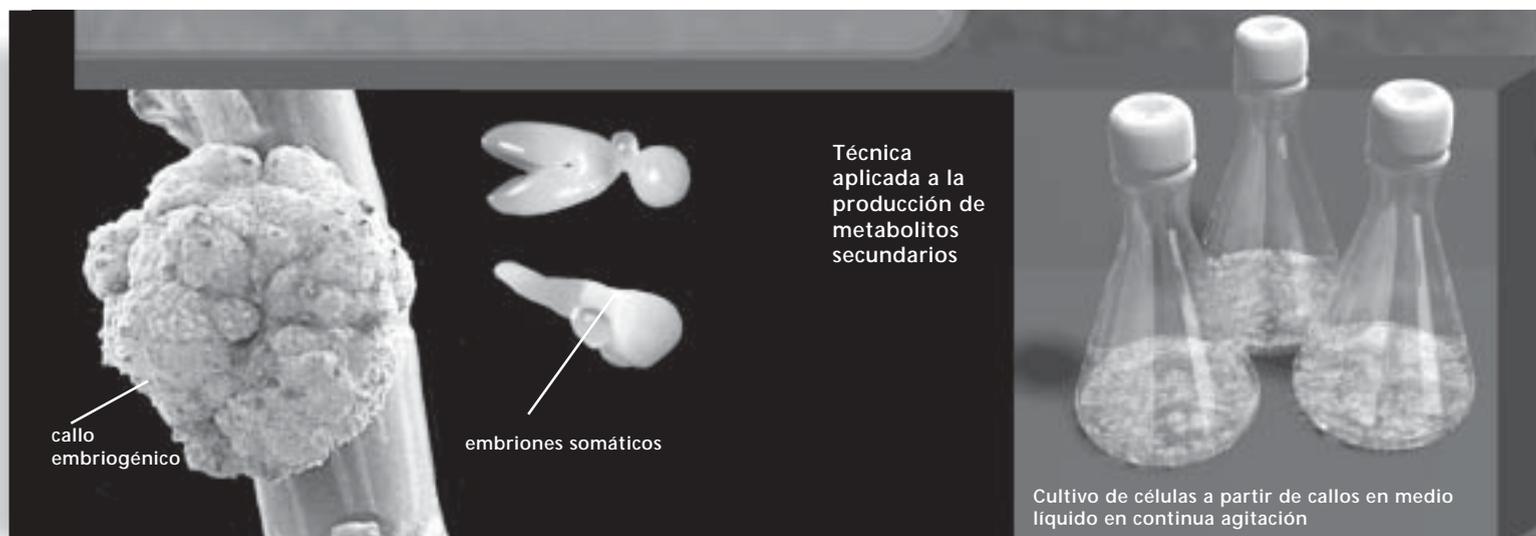
LIMITANTES

La contaminación, en particular de origen endógeno interfiere con el proceso, deteriorando el explante, caso especial en forestales.

Puede ocurrir variabilidad genética si el estadio de callo es muy prolongado. La fuente de variabilidad puede deberse a aberraciones durante las divisiones celulares en las masas callosas.

Muchos tejidos se ven afectados por problemas de oxidación debido a la presencia de taninos y fenoles particularmente en especies leñosas. Otros como los ornamentales se ven afectados por problemas de hiperhidratación (aspecto vidrioso en las hojas).

SUSPENSIONES CELULARES



Corresponde al cultivo de células en medio líquido. Estas células pueden estar dispersas o agregadas en el medio. Normalmente se inicia el cultivo a partir de callos que se disgregan fácilmente (callos friables) y que crecen continuamente en agitación. En la suspensión hay células activas, células muertas y restos de los órganos (debris), que deben ser removidos por centrifugación y filtración para favorecer el crecimiento celular. Este sistema de cultivo es similar al empleado para cultivos bacterianos y para procesos de fermentación (fermentadores y birreactores).

Esta técnica es aplicada en la producción de metabolitos secundarios que se encuentran con frecuencia en las plantas medicinales. Debido a que natural existen factores ambientales que afectan la producción de estos metabolitos, el clima, presencia de patógenos y cambios de estación son algunos de ellos. Al inducir la formación de suspensiones celulares, la cantidad y concentración del metabolito pueden verse favorecidas, pues el número de células es mayor y las

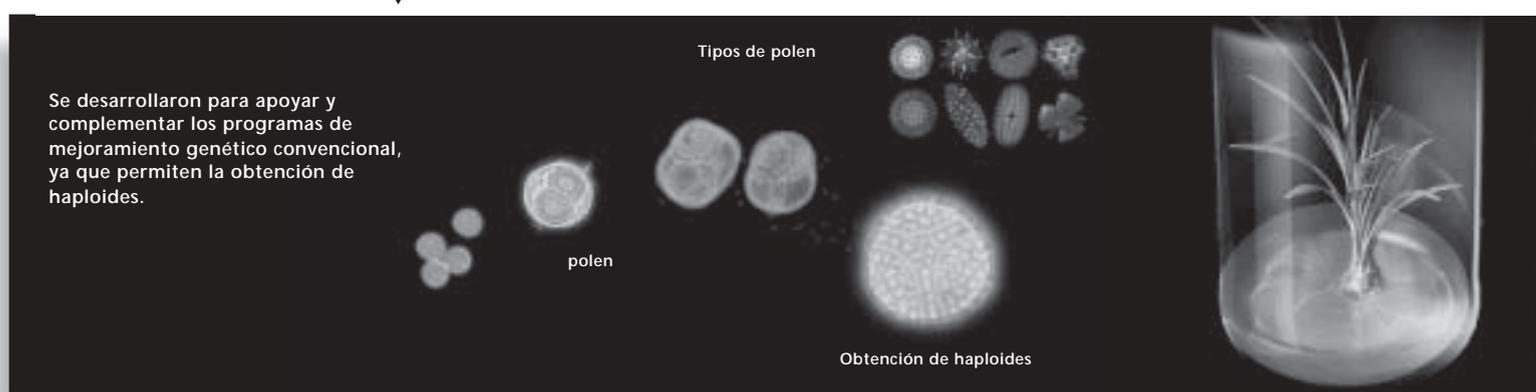
condiciones controladas del sistema ayudan a superar las barreras climáticas.

Un aspecto importante a considerar en esta técnica es la asincronía que tienen las células. Su tamaño y forma variable, el volumen nuclear, el contenido de ADN y los tiempos en la división celular, varían por lo cual es necesario sincronizar las células, es decir, todas las células en la suspensión deben estar en un mismo momento del ciclo celular.

Cómo se sincronizan las células en cultivo?

- Sometiéndolas a choques a bajas temperaturas 4°C por unos días
- Privando el cultivo de elementos esenciales, tales como el nitrógeno, fósforo y carbohidratos que favorecen su actividad mitótica
- Adicionando inhibidores como la hidroxurea, la timidita y la colchicina que detienen la división celular

CULTIVO DE ANTERAS Y POLEN



El cultivo de anteras y polen es empleado para la obtención de **haploides** y para la de detección mutaciones en especies. Ambas técnicas se desa-

rollaron para apoyar y complementar los avances de los programas de mejoramiento genético convencionales.

Los haploides, organismos donde todos los tejidos tienen una carga genética igual a la de una célula sexual, fueron de gran importancia en el campo de la genética y del mejoramiento vegetal, sin embargo su aprovechamiento se ha limitado dada la baja frecuencia con la que ocurren en la naturaleza. En condiciones naturales, un haploide es el resultado del procesos de **apomixis** o **partenogénesis** (reproducción sexual sin fertilización del óvulo). En condiciones artificiales se logra por métodos de germinación del polen, tratamientos hormonales y bajas temperaturas.

En 1967 Nitsch obtuvo la primera planta haploide de tabaco a partir de células de polen. La planta originada por este método tiene una carga genética reducida a la mitad y mediante tratamiento con colchicina se obtiene durante la segunda generación una carga genética **diploide**.

Importancia del uso de los haploides

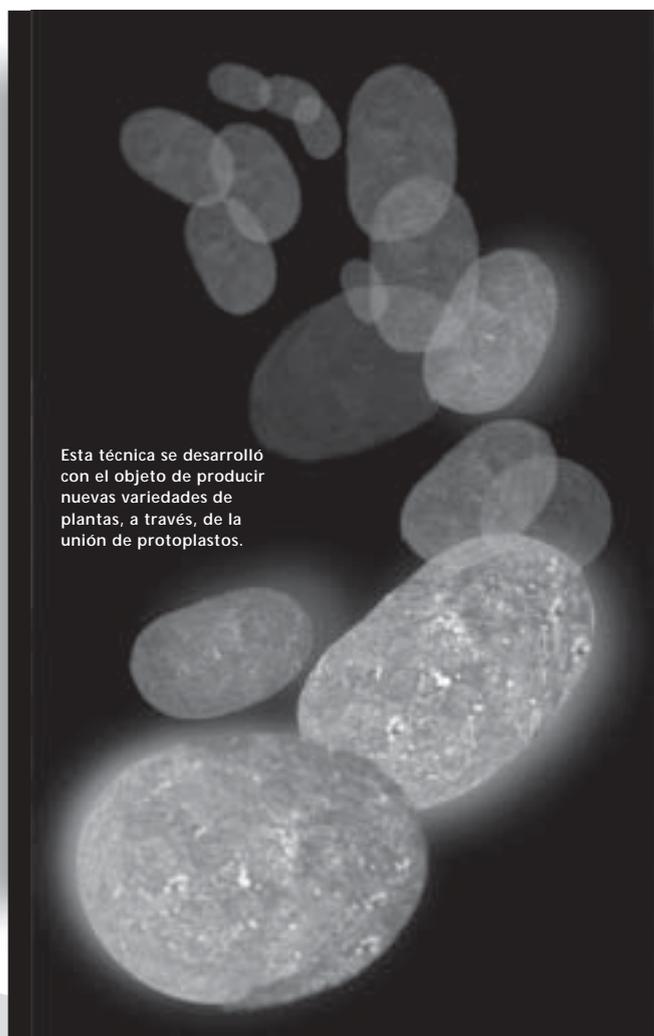
- a. Desarrollo de líneas homocigotas puras para obtener nuevas variedades en menor tiempo,

unos meses ó un año, mientras que empleando sistemas convencionales puede tardarse entre 6-8 años

- b. Desarrollo de híbridos como resultado de la diploidización de un haploide que fija más fácilmente las características
- c. Detección de mutaciones
- d. Inducción de la variabilidad genética, a través del cultivo de anteras, no solo fue posible obtener plantas haploides, sino plantas con diferentes niveles de ploidia que son aprovechadas e incorporadas en los programas de mejoramiento
- e. Obtención exclusiva de plantas masculinas. La inducción de haploides seguida de la duplicación de los cromosomas permite obtener únicamente plantas masculinas

Recientemente se han obtenido plantas haploides a partir de cultivo de óvulos y ovarios lo que se conoce con el nombre de haploides ginogénicos. Estas plantas son comparables con las obtenidas a partir de anteras y polen (haploides androgénicos).

AISLAMIENTO Y CULTIVO DE PROTOPLASTOS



Esta técnica se desarrolló con el objeto de producir nuevas variedades de plantas, a través, de la unión de protoplastos.

Los protoplastos se definen como una célula vegetal a la cual se le ha retirado su pared celular. El término fue introducido por Hanstein en 1880 para definir una célula rodeada únicamente por la membrana.

Para la eliminación de la pared de la célula vegetal se emplean métodos mecánicos o enzimas que degradan la celulosa y las pectinas presentes en ésta. Los métodos enzimáticos aventajan a los métodos mecánicos debido a que no causan un mayor daño a las células durante el aislamiento.

Esta técnica se desarrolló con el objeto de producir nuevas variedades pues era posible "unir" protoplastos provenientes de fuentes de tejido diferentes (ex: de raíz con hoja) o de especies taxonómicamente muy distantes.

Los protoplastos aislados son sembrados en un medio líquido enriquecido con reguladores de crecimiento, vitaminas y estabilizadores osmóticos que reemplazan la función de la pared para que la célula no se desintegre. A las 24-48 horas el protoplasto debe regenerar su pared y el desarrollo del cultivo se asemeja al de las células en suspensión. De aquí en adelante todos los procesos revisados anteriormente tienen lugar para conducir a la formación de una planta completa.

Métodos de fusión:

1. **Espontánea:** Ocurre durante las primeras etapas del cultivo, donde los protoplastos tienden a fusionarse de manera no controlada conduciendo a la obtención de diferentes tipos de fusión, aquellos que fusionan solo los citoplasmas y los que fusionan los dos núcleos.
2. **Inducida con químicos:** Se usa comúnmente el polietilén glycol (PEG), el calcio, y el nitrato de sodio.
3. **Electrofusión:** Los cultivos de protoplastos son sometidos a descargas eléctricas a través de electrodos de manera que llegan a alinearse y fusionarse. Este método resultó fácil, rápido y eficiente y no era necesario agregar sustancias químicas que pudieran ser tóxicas. Sin embargo, no fue muy aceptado por la especiali-

dad de los equipos y la destreza en los tiempos de aplicaciones de la corriente.

4. **Electroporación:** con base en el principio del método de electrofusión se generan poros en la membrana para permitir el ingreso del material genético foráneo.
5. **Microinyección:** con ayuda de una aguja fina, se perfora la membrana y se inyecta el material genético externo

Finalmente, muchas de estas tecnologías utilizadas para la transferencia de material genético proveniente de otro organismo han quedado en desuso, principalmente debido al difícil control que se puede ejercer durante el proceso y donde no se garantiza de manera precisa la producción de organismos genéticamente modificados. •



Ideas para discutir:

Porqué y para qué considera importante el uso de cultivo *in vitro* de tejidos vegetales?



Claves para el docente:

El cultivo *in vitro* de tejidos vegetales es importante para:

- Propagación masiva de plantas, especialmente beneficioso para especies de difícil propagación por otros métodos convencionales o para especies en vías de extinción
- Clonación de individuos elite durante todo el año
- Obtención de plantas libres de virus
- Producción de semillas sintéticas
- Conservación de germoplasma
- Obtención de metabolitos secundarios
- Producción de nuevos híbridos
- Mejora genética de plantas
- Germinación de semillas.
- Producción de haploides.



Ideas para discutir:

¿Cuál es la relación del cultivo *in vitro* con la biotecnología?



Claves para el docente:

La propagación de plantas *in vitro* es una técnica biotecnológica muy utilizada en cultivos de importancia económica. Como se mencionó permite cultivar células, tejidos, órganos, semillas, embriones y obtener individuos en forma rápida. Los cultivos son realizados por personal especializado empleando medios específicos (reguladores de crecimiento, sales minerales, vitaminas, fuente de carbono, agente gelificante, agua, etc.). Las condiciones ambientales suelen estar controladas (temperatura, humedad y luz). Una vez ajustados los protocolos para la especie o cultivo de interés es posible escalar el proceso y llevarlo a escala industrial. La micropropagación (propagación clonal por cultivo *in vitro*) constituye uno de los métodos biotecnológicos que mayores logros ha aportado al desarrollo de una nueva agricultura, la misma es aplicada en la producción masiva de especies hortícolas, aromáticas, medicinales, frutícolas, ornamentales y forestales.

Ventajas del Cultivo de tejidos *in vitro*:

- Otorga la posibilidad de incrementar rápidamente nuevos materiales.
- Permite estudiar diversos procesos fisiológicos
- Evita el riesgo de que proliferen agentes patógenos mediante el uso de medios estériles y bajo condiciones de asepsia.
- Se puede obtener gran cantidad de individuos en espacios reducidos.
- Permite la obtención de individuos uniformes.
- Facilita el transporte del material.

Taller de comprensión de la sección para realizar con los estudiantes

Cultivo de tejidos vegetales *in vitro*

Concepto

El cultivo de tejidos se refiere al cultivo individual de células, tejidos o de órganos (explantes), sobre un medio artificial. A partir de ellos es posible regenerar un organismo completo.

Objetivo

Propagar *in vitro* plantas de repollo a partir de semillas

Materiales

Semillas de repollo
4 Frascos de compota limpios
Un vaso desechable
Mezclador o cuchara
Agua destilada
Gelatina sin sabor
Algodón
Papel aluminio
Vinipel
Tijeras
Hipoclorito de sodio (Clorox)
Pinzas
Vaso con medida o probeta
Colador de tela
Balanza

Procedimiento

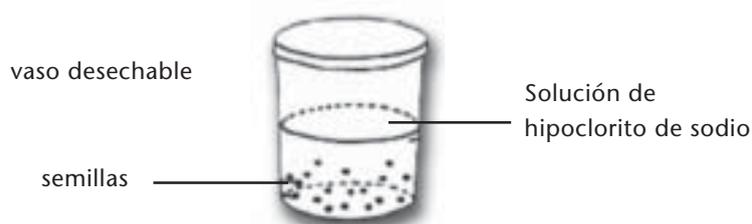
1. Preparación de la solución de hipoclorito de sodio

Teniendo en cuenta que el blanqueador comercial viene a una concentración de 5.6%, tome 200 ml de agua destilada y coloque 200 ml de hipoclorito de sodio, para así obtener 400 ml de una solución desinfectante al 2.8%. Emplee para medir una probeta de 500 ml

Fórmula: Volumen 1 x concentración 1 = Volumen 2 x concentración 2

2. Desinfestación de las semillas

- Lave las semillas con hipoclorito durante 10 a 15 minutos



- Retire el líquido. Para evitar la pérdida de semillas ayúdese con el colador. Enjuague con agua destilada las semillas, repite este procedimiento tres veces.



Taller de comprensión de la sección para realizar con los estudiantes

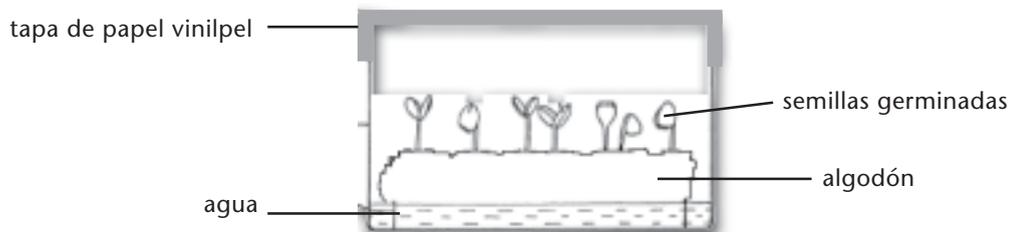
3. *Preparación del medio de germinación:*



- Tome uno de los frascos de compota, previamente desinfectado con hipoclorito y enjuagado con agua destilada. Adicione dos centímetros de agua destilada estéril y coloque el algodón en la superficie del agua.

4. *Germinación de las semillas:*

- Usando unas pinzas estériles tome algunas de las semillas desinfectadas y colóquelas encima del algodón.
- Tape el recipiente con papel vinilpel

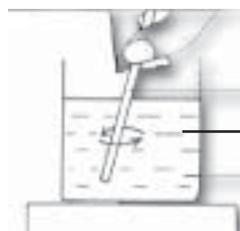


- Coloque en lugar cálido 20 - 25° C y con mucha luz (12 horas) durante cuatro días

Al término de los cuatro días la germinación de las semillas ha tenido lugar, prepare el medio de cultivo para iniciar el proceso de siembra.

5. *Preparación del medio de cultivo:*

- Pese 2.5 gramos de gelatina adicione 250 ml de agua estéril. Caliente y agite con el mezclador o cuchara, hasta que el polvo se disuelva.



solución de agua + gelatina

- Antes que la solución se enfríe, vierta la solución en tres frascos de compota (aproximadamente 5 cm). Deje que la solución se enfríe y solidifique.

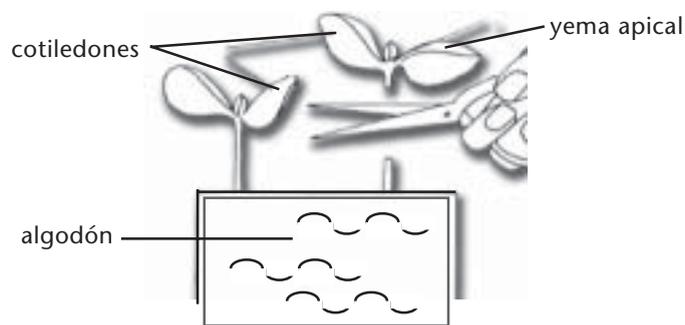


Taller de comprensión de la sección para realizar con los estudiantes



6. Introducción in vitro del material vegetal

- Corte de la parte superior los brotes germinados. Tenga cuidado de cortar justamente debajo de la yema apical.



- Coloque un explante en cada frasco. Introdúzcalo un poco dentro del medio de cultivo. Tenga cuidado que los cotiledones no queden tocando la superficie.
- Tape los frascos con papel de aluminio y colóquelos en un lugar iluminado (borde de una ventana).
- Observe diariamente y tome información cuantitativa y cualitativa del proceso.

Nota: no abra los frascos durante el desarrollo del experimento



Ideas para discutir:

- Qué le proporciona la solución de gelatina al explante?
- Por qué es importante tapar los frascos?
- Sugiera por que lo explantes utilizados pueden continuar creciendo, cuando ellos han sido aislados del resto del brote, con pocos nutrientes?
- Qué factores físicos o químicos introduciría al experimento? Explique.



Claves para el docente:

- El agar o gelatina proporciona agua y soporte al explante.
- Mantener la humedad, prevenir la contaminación, permitir la luz, etc.
- Los cotiledones son órganos fotosintéticos que contienen su propia reserva de nutrientes.
- Cambios de temperatura, adición de azúcar al medio de cultivo, tipo de luz etc.



PROGRAMA DE EDUCACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA

Mayores informes:

Calle 90 No. 11A - 34 Oficina 409

Teléfono: 610 1029 • Fax: 610 1247

E-mail: agrobio@agrobio.org • Web: www.agrobio.org

BÍO -Aventura

Una exploración en el mundo de la Biotecnología Agrícola
Exploración de la biotecnología y sus aplicaciones

Exploremos como los avances en el conocimiento han sido aplicados para darle valor agregado a los sistemas biológicos y recursos vivos.

LA BIOTECNOLOGÍA Y SU EVOLUCIÓN

BIOTECNOLOGÍA TRADICIONAL Procesos y actividades desarrolladas a través de recetas y tradiciones: Queso, yogurt y vino

El origen de la biotecnología se remonta a los tiempos de la prehistoria.

Desde el año 10.000 AC, la biotecnología cobra valor con las prácticas de domesticación de cultivos, llevados a cabo por el hombre cuando sus costumbres cambiaron y pasó de ser nómada a sedentario. Su nueva organización le exigió iniciar un proceso de selección de sus alimentos que muestran características de interés: plantas más resistentes, frutos más grandes y dulces, entre otros.

Con base en simples observaciones, le fue posible distinguir cultivos más productivos, resistentes a plagas y enfermedades lo que resultó en ventajas adaptativas para el organismo. Sin conocer ni disponer de técnicas de mejoramiento de cultivos y con el objeto de mejorar su alimentación, el hombre empieza a intervenir en la naturaleza para tener a su alcance mejores materiales vegetales.

10.000 A.C.

- 10.000 AC, Domesticación de cultivos.
- 8.000 - 9.000 AC, Domesticación de animales.

8.000 A.C.

- 6.000 AC, La levadura es utilizada por sumerios y babilónicos para elaborar cerveza.

4000 A.C.

- 4.000 AC, Los egipcios descubrieron cómo hacer pan usando levaduras.
- 2.500-200 AC, Egipto. Empleo de bacterias y levaduras, fermentación de uvas y cebada, producción de vino y vinagre
- 500-100 AC, China. Primer insecticida producido a partir de un hongo de crisantemo.
- 500 AC, Primer antibiótico de moho de soya.
- 300 AC, Grecia. Desarrollo de injertos para mejoramiento en plantas.

BIOTECNOLOGÍA CLÁSICA Mayor conocimiento de los organismos involucrados y la forma de controlarlos: Cultivo de tejidos vegetales *in vitro*

Así, en la medida en que aumentó el conocimiento y comprensión sobre el funcionamiento de los organismos vivos y sus procesos, el hombre tuvo a su alcance nuevas herramientas que le permitieron desarrollar y mejorar productos.

El auge de la biotecnología solo se alcanza en la década de los 70's con el descubrimiento de las enzimas de restricción, las cuales permitieron el desarrollo de la tecnología de genes, lo que se consideró revolucionario en este siglo.

1880s

- 1663, Robert Hook descubre la existencia de la célula.
- 1675, Anthony van Leewenhoek, descubre la célula bacteriana.
- 1700, Identificación de primeros híbridos.
- 1865, Descubrimiento de las leyes de la herencia
- 1898, Haberland realizó el primer cultivo de células de parénquima
- 1880, Producción de vacunas.

1940s

- 1910, Primer híbrido de maíz.
- 1922, Descubrimiento de la insulina para tratamiento.
- 1928, Descubrimiento de la penicilina.
- 1940, Producción de antibióticos.
- 1944, T. Avery aisla ADN puro. se demuestra que el ADN está en el núcleo y es el material genético.
- 1960, Producción de variedades de arroz y trigo con alta productividad.

BIOTECNOLOGÍA MODERNA Se conocen los organismos involucrados, los mecanismos de control y adicionalmente la forma de modificarlos para beneficio del hombre. Entran en aplicación las tecnologías del ADN recombinante.

Actualmente, la diferencia fundamental que aportan las técnicas actuales es que el hombre no sólo sabe cómo usar las células u organismos de la naturaleza, sino que ha aprendido a modificarlos y manipularlos en función de sus necesidades.

1990s

- 1990, Lanzado el proyecto de genoma humano.
- 1995, Primera planta de papa transgénica resistente al escarabajo colorado.
- 1996, Primera producción comercial de canola, maíz y soja transgénicas en Canadá.
- 1997, Clonación de la oveja Dolly.
- 1998, Ubicación de 30 genes en el genoma humano.
- 2003, Colombia es el país 58 signatario del Protocolo.
- 2003, Aprobado el algodón transgénico en Colombia.



Programa de Educación en Biotecnología Agrícola

BÍO-Aventura

Una exploración en el mundo de la Biotecnología Agrícola

Aplicación de la biotecnología en la agricultura Cultivo de tejidos vegetales

Conozcamos como se aplica la biotecnología en diferentes áreas:

SALUD HUMANA Y ANIMAL:

- Sistema de diagnóstico de enfermedades.
- Productos farmacéuticos: Antibióticos, vitaminas, insulina.
- Vacunas: la vacuna de la hepatitis B obtenida a través de la modificación de la levadura.
- Terapia génica: Tratamiento contra enfermedades de origen genético mediante el reemplazo y/o modificación de los genes que presentan un funcionamiento anómalo.
- Identidad molecular: técnica que permite la identificación de las personas a través de patrones de secuencias genéticas para prueba de paternidad y genética forense. En animales se aplica para estudios de diversidad, evolución, genética de poblaciones y programas de mejoramiento.

INDUSTRIA:

- Aditivos: cítricos
- Saborizantes
- Colorantes: azul índigo
- Alcohol carburante: etanol
- Productos lácticos (yogurt y quesos) uso de partes o del organismo completo (enzimas o microorganismos)
- Detergentes: obtención de enzimas que degradan ácidos grasos, lipolasa (*Aspergillus*), cutinasa (*Saccharomyces*), de proteínas (*Bacillus licheniformis*) para eliminar manchas de sangre, comida, etc.

AMBIENTE:

- Biorremediación: Tratamiento de residuos líquidos contaminados. Un ejemplo de esta aplicación es la limpieza de derrames de petróleo empleando bacterias.
- Manejo de residuos sólidos: Uso de bacterias, hongos para la degradación de residuos orgánicos.
- Biolixiviación: Recuperación de metales mediante su solubilización. Aplicación de gran interés para la industria minera.
- Diagnóstico y detección de sustancias: uso de organismos, bacterias, plantas, etc., que detecten e informen acerca de la presencia de sustancias específicas actuando como biosensores.

AGRÍCOLA:

- Sistemas de diagnóstico de enfermedades.
- Agrobiológicos, uso de organismos vivos o las sustancias producidas por ellos para mejorar la productividad de los cultivos o para el control de plagas y malezas.
- Cultivo de células y tejidos *in vitro*, para producción de plantas a gran escala, obtención de metabolitos secundarios y mejoramiento genético.
- Cultivos genéticamente mejorados mediante tecnología de genes.
- Conservación de germoplasma.
- Estudios de diversidad, evolución, genética de poblaciones y programas de mejoramiento.



El área agrícola es el mundo de exploración de Bio-Aventura. Veamos en detalle como la biotecnología se ha aplicado en este sector.

Iniciemos con el cultivo "in vitro" de tejidos vegetales.

El cultivo de tejidos vegetales forma parte de la biotecnología clásica y se define como el conjunto de tecnologías empleadas en la propagación y mejoramiento de una especie. Estas tecnologías se fundamentan en los procesos naturales de propagación via vegetativa y sexual y en la capacidad que tiene la célula vegetal para regenerar una planta completa, a partir de un explante, esa potencialidad se define como totipotencia.

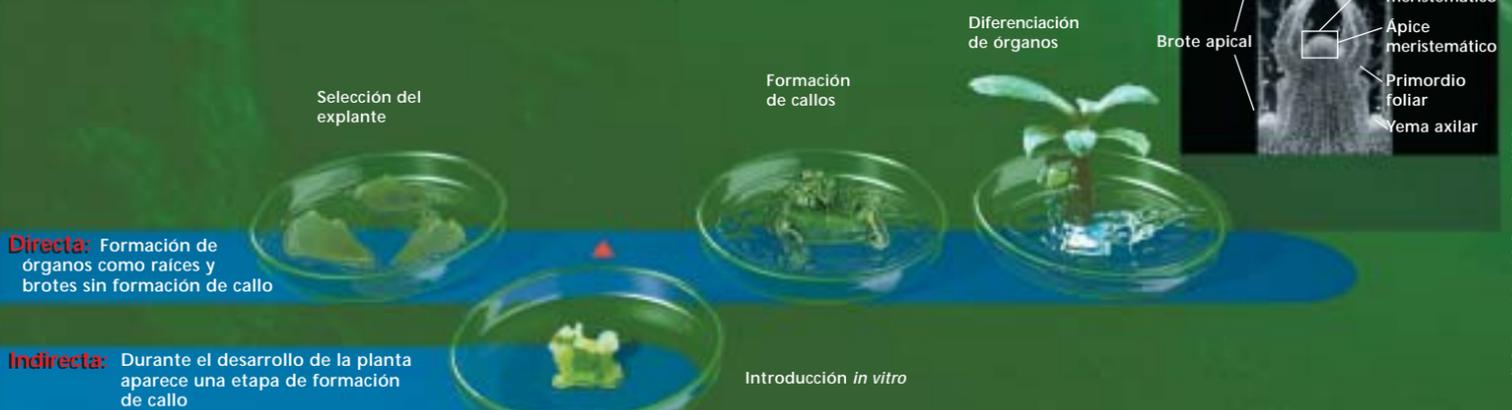
El cultivo in vitro de cultivos vegetales es importante para: preparación masiva de plantas, obtención de plantas libres de virus, producción de semilla sintética, observación de germoplasma, obtención de metabolitos secundarios, producción de nuevos híbridos, mejora genética de plantas y germinación de semillas.



MICROPROPAGACIÓN



ORGANOGENÉNESIS



Desarrollo *in vitro*



Programa de Educación en Biotecnología Agrícola

BÍO-Aventura

Una exploración en el mundo de la Biotecnología Agrícola

Aplicación de la biotecnología en la agricultura Cultivo de tejidos vegetales

La reproducción asexual de plantas por cultivo *in vitro* de tejidos es posible gracias a que cada una de las células de un individuo vegetal, posee la capacidad necesaria como para permitir el crecimiento y desarrollo de un nuevo individuo, sin que medie ningún tipo de fusión de células sexuales o gametos.



EMBRIOGÉNESIS

Esta capacidad se denomina totipotencialidad celular.

Básicamente la reproducción asexual ocurre por división mitótica, mediante el cual, se cumplen sucesivas etapas de crecimiento y desarrollo. La mitosis implica una replicación de los cromosomas de las células hijas, por lo que las mismas poseen un genotipo idéntico al de la célula madre. Así, las células vegetales crecidas en condiciones asépticas sobre medios de cultivo con suplementos de reguladores del crecimiento (también llamados hormonas vegetales), pueden dividirse dando dos tipos de respuesta:

1. Una dediferenciación celular acompañada de crecimiento celular desorganizado, que da lugar a una masa de células denominada callo, el cual bajo condiciones controladas y uso de reguladores de crecimiento es capaz de generar órganos o embriones somáticos,
2. Una respuesta morfogenética por la cual o se forman directamente órganos o embriones.

El cultivo *in vitro* consiste en tomar un explante, una porción de una planta (ápice, hoja, segmento de tallo, meristemo, embrión, nudo, semilla, antera, etc.) y colocarlo en un medio nutritivo estéril (usualmente gelificado, semisólido) donde se regenerarán plantas completas.



SUSPENSIONES CELULARES

Cultivo de células a partir de callos en medio líquido en continua agitación



Técnica aplicada a la producción de metabolitos secundarios

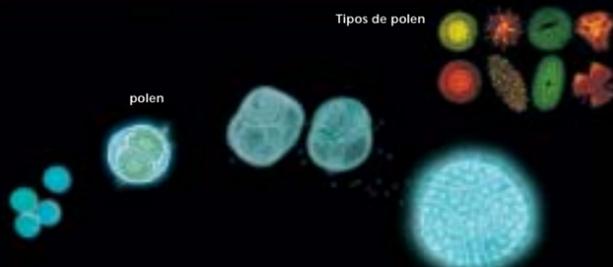


AISLAMIENTO Y CULTIVO DE PROTOPLASTOS

Esta técnica se desarrolló con el objeto de producir nuevas variedades de plantas, a través, de la unión de protoplastos.



CULTIVO DE ANTERAS POLEN Y OVARIOS



Se desarrollaron para apoyar y complementar los programas de mejoramiento genético convencional, ya que permiten la obtención de haploides.



Programa de Educación en Biotecnología Agrícola

BÍO-Aventura

Una exploración en el mundo de la Biotecnología Agrícola

Módulo 3

La biotecnología agrícola moderna y la bioseguridad

Viajemos al mundo de las plantas genéticamente modificadas y conozcamos las medidas de seguridad y los beneficios que resultan de su uso.

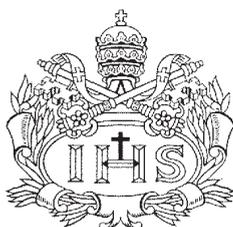
Contenido

44 Plantas genéticamente modificadas

62 Seguridad y normatividad de los organismos genéticamente modificados



Programa de Educación en Biotecnología Agrícola®



Plantas genéticamente modificadas

Toda nueva variedad de cultivo ha sufrido cambios genéticos usando los métodos de mejoramiento convencional (cruzamiento, mutagénesis y radiación). Sin embargo, el término plantas genéticamente modificadas (GM) se refiere a aquellas que contienen uno o varios genes provenientes de otras especies u otros organismos (bacterias, virus, etc.) que han sido introducidos en su genoma por métodos artificiales.

La modificación genética de plantas fue posible en los años setentas como resultado del desarrollo de técnicas que permitían trabajar a nivel de laboratorio el ADN e introducirlo nuevamente dentro de la planta. A estos procedimientos o técnicas se les denominó tecnologías del ADN recombinante.

OBJETIVOS

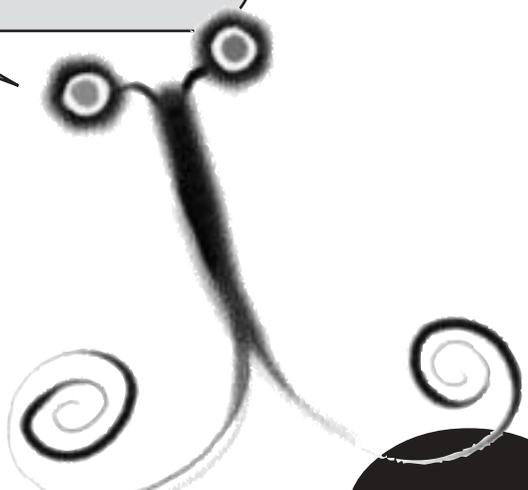
1. Comprender los procesos y prácticas tecnológicas que permiten la obtención de plantas y organismos genéticamente modificados
2. Integrar los avances y conocimientos generados en los últimos años en el desarrollo y aplicación de las herramientas de la biotecnología agrícola moderna
3. Entender los principios bajo los cuales es posible mejorar algunas características de los organismos mediante técnicas de ADN recombinante

SECUENCIA

Biotecnología moderna - ADN recombinante - Organismos genéticamente modificados

CONTENIDOS

- ▶ 1. ADN recombinante y Organismos genéticamente modificados
- ▶ 2. Procesos implicados en la modificación genética
- ▶ 3. Métodos de transformación
- ▶ 4. Principios de transformación de algunos eventos biotecnológicos

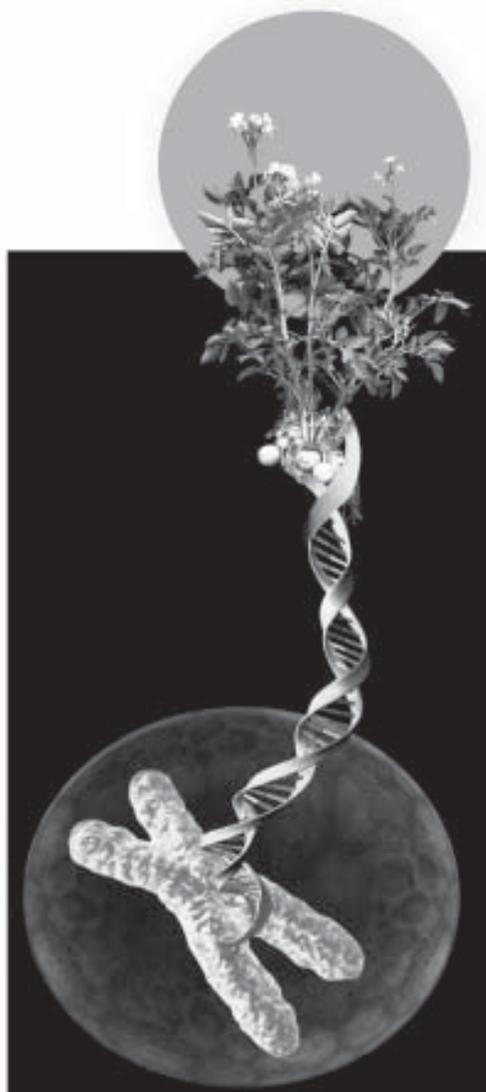


DINÁMICA

Exploración de Preconceptos

En una hoja de papel elabore un mapa conceptual alrededor de las plantas genéticamente modificadas.

Utilice su imaginación, los elementos proporcionados a lo largo de las diferentes Bio-Aventuras y el conocimiento que ya tiene sobre los organismos vivos y su funcionamiento.



La tecnología del ADN recombinante y el desarrollo de plantas genéticamente modificadas forman parte de la Biotecnología Moderna. Esta tecnología permite transferir secuencias específicas del ADN de un organismo a otro, particularmente entre organismos no relacionados: plantas, animales, bacterias, virus y hongos, superando así la barrera de incompatibilidad entre especies lejanas.

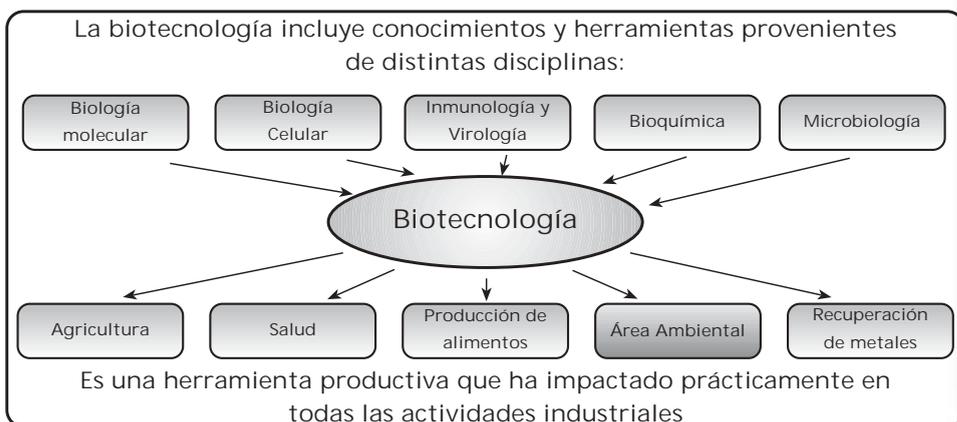
El conjunto de técnicas que permiten llevar a cabo estos procesos se conocen como Ingeniería Genética.

Así, con el uso de la Ingeniería genética es posible la eliminación, modificación o adición de genes específicos para mejorar un organismo o un proceso.

Breve historia del desarrollo de la tecnología del ADN recombinante

- 1953 Watson y Crick descubren la estructura del ADN
- 1955 Arthur Kornberg de la Universidad de Stanford aísla la ADN polimerasa, enzima que sintetiza el ADN.
- 1966 Bernard Weiss y Charles Richardson de la Universidad de Johns Hopkins University aíslan la ADN ligasa, enzima que une extremos del ADN.
- 1970 Hamilton Smith hace la primera caracterización de las endonucleasas o enzimas de restricción, enzimas que tienen la habilidad de reconocer secuencias específicas de pares de bases del ADN y cortan la molécula en este punto.
- 1972 Paul Berg reportó la construcción de una molécula de ADN a partir de secuencias de ADN viral y bacteriana cortadas con enzimas de restricción.
- 1973 Stanley Cohen y Annie Chang demostraron que el ADN que ha sido cortado con enzimas de restricción, puede ser recombinado con el ADN de los plásmidos bacterianos.
- 1977 Walter Gilbert y Fred Sanger desarrollaron métodos para determinar las secuencias de pares de bases en una molécula de ADN.

A partir de estos desarrollos científicos los investigadores y mejoradores contaron con herramientas que les permiten cortar la molécula de ADN en lugares específicos y pegarlas nuevamente en diferentes combinaciones para conformar una nueva molécula. Esta habilidad o herramienta se denominó tecnología del ADN recombinante.



Los organismos vivos a los cuales se les transfieren genes mediante el uso de la ingeniería genética, se conocen como biotecnológicos, recombinantes, transgénicos o genéticamente modificados.

Recordemos que...

El mejoramiento genético, data desde hace más de 10.000 años.

Los procesos de selección en el campo realizados por agricultores basados en el comportamiento y características de los organismos cultivados y cosechados fue y sigue siendo una estrategia de mejoramiento.

Los métodos de mejoramiento convencional han demostrado ser importante y útiles, sin embargo, dependen en última instancia del azar y la selección y no implican la identificación específica de los determinantes genéticos (genes).

Los desarrollos científicos han dotado a los mejoradores de capacidades para intervenir en las características de un organismo de una manera más precisa, ofreciéndole herramientas que le permiten trabajar a nivel del genoma vegetal.

El valor de la ingeniería genética y su aporte a la biotecnología moderna y a los procesos de mejoramiento reside en suministrar una nueva herramienta que no reemplaza las existentes, que permite ampliar las posibilidades de mejoramiento mediante el uso de otros procedimientos. La tecnología del ADN recombinante ha facilitado la introducción de genes entre especies no relacionadas filogenéticamente, es decir, ha permitido superar las barreras biológicas de la reproducción sexual, las cuales en condiciones naturales impiden el intercambio de genes de interés agrícola. Estos aspectos que no habían sido superados a través de los procesos tradicionales o de la biotecnología tradicional y clásica.

Algunos aportes que han permitido el establecimiento de programas de mejoramiento orientados, sin la intervención del azar y por lo tanto el desarrollo y la aplicación de las técnicas de ADN recombinante han sido:

- El establecimiento de las leyes de la herencia por Gregorio Mendel en el siglo XVII.
- El conocimiento que todos los organismos están constituidos por ADN, con una misma composición química y que comparten los mismos procesos de replicación, transcripción y traducción.
- La comprensión de los mecanismos para la síntesis de proteínas y de división celular para la transferencia de la información.
- El desarrollo de las técnicas de cultivo de tejidos *in vitro*, biotecnología clásica para la regeneración de plantas transformadas.

Todo proceso de modificación genética a través de la biotecnología moderna implica las siguientes etapas:

1. Identificación y aislamiento de las secuencias de ADN (genes) que controlan características o procesos de interés
2. Construcción del transgen
3. Clonación
4. Transformación
5. Selección
6. Regeneración

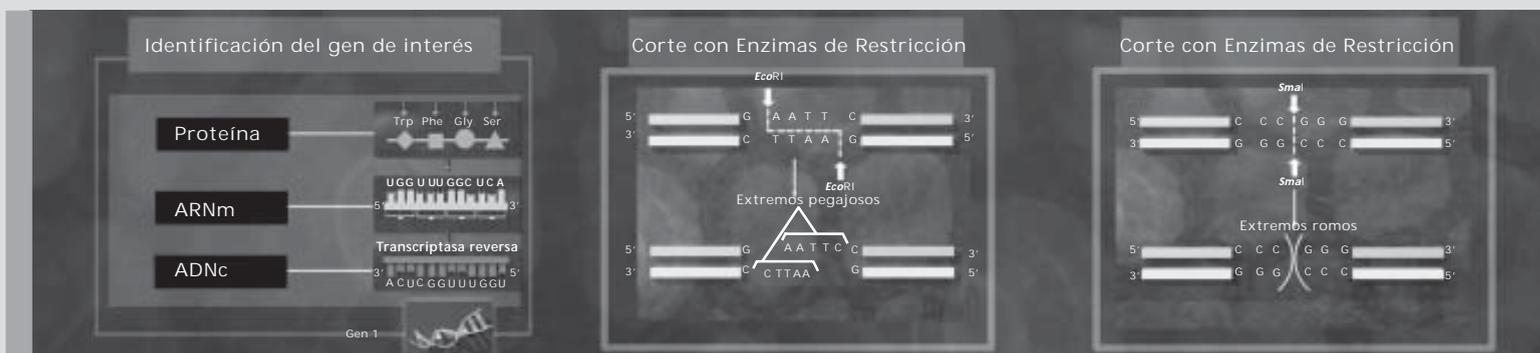


Para discutir en clase:
¿Por qué es posible realizar la transferencia y expresión de genes de un organismo a otro?

Claves para el docente:
Todos los organismos están constituidos por ADN con una misma composición química y comparten los mismos procesos de replicación, transcripción y traducción. Existen enzimas que permiten cortar (enzimas de restricción) y pegar (ligasas) el ADN.

VEAMOS EN DETALLE CADA ETAPA:

1. IDENTIFICACIÓN Y AISLAMIENTO DEL GEN DE INTERÉS



Para aislar las secuencias de ADN es importante tener presente que la molécula de ADN ya sea lineal o circular, es continua, debido a la unión de las bases nitrogenadas mediante enlaces fosfodiéster.

Para romper una cadena sencilla de ADN se requiere la acción de unas enzimas llamadas **enzimas de restricción** que reconocen de manera específica secuencias en el ADN y las cortan, de ahí su nombre de “restricción”.

Las enzimas de restricción son endonucleasas, es decir, cortan dentro de la cadena del ADN y han sido aisladas de bacterias de las cuales derivan su nombre.

Cuando la enzima de restricción corta la molécula de ADN, mediante la acción de las enzimas de restricción, se pueden producir dos tipos de extremos: los romos y los pegajosos. A estos extremos del ADN es posible unir nuevos fragmentos (genes de interés) que se unen con los extremos terminales en el ADN que ha sido cortado. Por esta razón es posible combinar genes de plantas con plantas, de plantas con microorganismos y animales o de animales entre sí.

Enzima de restricción	Organismo de origen	Secuencia de reconocimiento	Producto final
BamHI	Bacillus amyloliquefaciens	↓ -G-G-A-T-C-C- -C-C-T-A-G-G- ↓ ↑	Extremos pegajosos
EcoRI	Escherichia coli	↓ -G-A-A-T-T-C- -C-T-T-A-A-G- ↓ ↑	Extremos pegajosos
HindIII	Haemophilus influenzae	↓ -A-A-G-C-T-T- -T-T-C-G-A-A- ↓ ↑	Extremos pegajosos
kpnI	Klebsiella pneumonia	↓ -G-G-T-A-C-C- -C-C-A-T-G-G- ↓ ↑	Extremos pegajosos
pstI	Providencia stuartii	↓ -C-T-G-C-A-G- -G-A-C-G-T-C- ↓ ↑	Extremos pegajosos
SacI	Streptomyces achromogenes	↓ -G-A-G-C-T-C- -C-T-C-G-A-G- ↓ ↑	Extremos pegajosos
SalI	Streptomyces albue	↓ -G-T-C-G-A-C- -C-A-G-C-T-G- ↓ ↑	Extremos pegajosos
SmaI	Serratia marcescens	↓ -C-C-C-G-G-G- -G-G-G-C-C-C- ↓ ↑	Extremos romos
SphI	Streptomyces phaeochromogenes	↓ -G-C-A-T-G-C- -C-G-T-A-C-G- ↓ ↑	Extremos pegajosos
XbaI	Xanthomonas badrii	↓ -T-C-T-A-G-A- -A-G-A-T-C-T- ↓ ↑	Extremos pegajosos

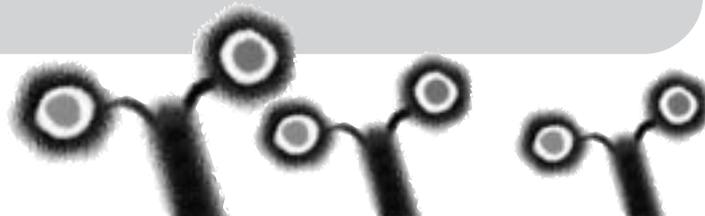
 **Ideas para discutir:**

Dada la siguiente secuencia de ADN:

5'...ATGCGAATTCCCGGATCCCAGGTTATGGAATTCATG... 3'

3'...TACGCTTAAGGGCCTAGGGTCCAATACCTTAAGTAC... 5'

- ¿Qué fragmentos se originarían si se corta con la restrictasa EcoRI?
- ¿Qué fragmentos se originarían si se corta con la restrictasa BamHI?



Taller para realizar con los estudiantes

Cómo trabajan las enzimas?

Propósito

El objetivo de esta actividad es mostrar el funcionamiento de las enzimas.

Contexto

Las enzimas de una piña fresca, al igual que los detergentes, son capaces de romper las proteínas de la gelatina. Las proteínas están hechas de aminoácidos las cuales al unirse forman cadenas. Cuando estas cadenas son cortadas por la acción de las enzimas de la piña (*bromelina*), la gelatina pierde su consistencia.

Materiales

Rodajas de piña fresca
Detergente líquido (puedes usar varios si lo deseas)
Gelatina
Recipientes no tan profundos

Procedimiento

Antes de iniciar el experimento prepare la gelatina en varios recipientes de acuerdo con las instrucciones del empaque. Deje cuajar.

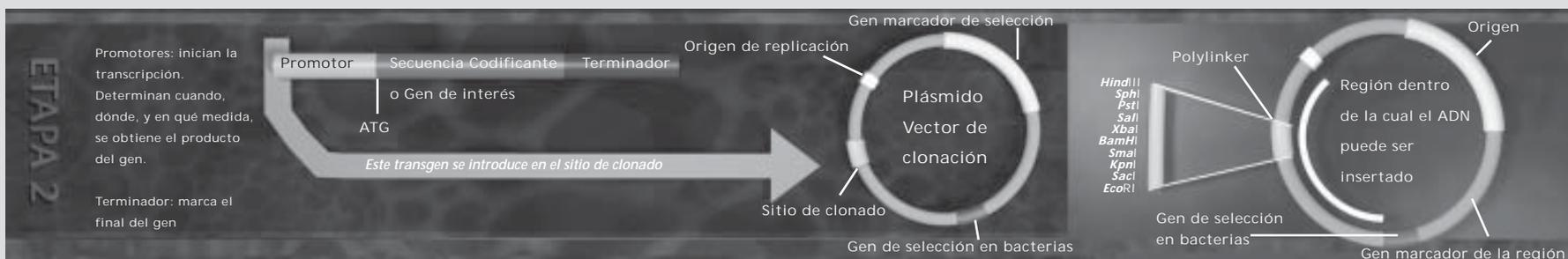
En la superficie de uno de los recipientes con gelatina coloque una rodaja de piña y en otro varias gotas de detergente.

Ahora espere dos horas, observe que sucede, analice y compare ambos resultados.

Preguntas

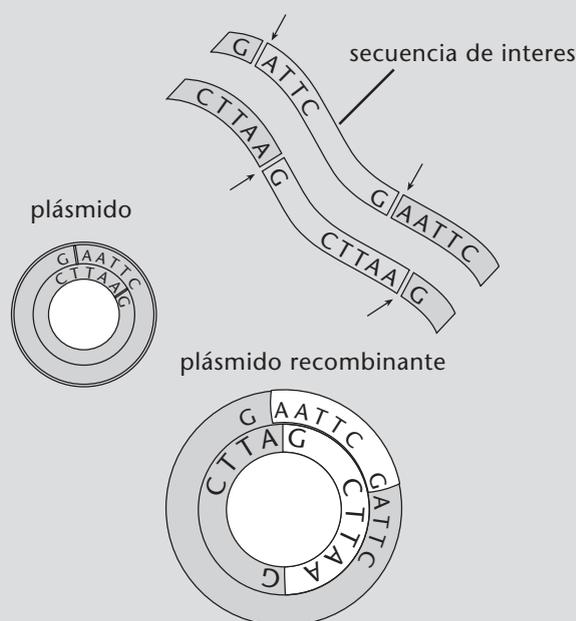
- ¿Por qué cree que la gelatina se licúa?
- ¿Por qué los detergentes tienen enzimas?
- ¿Con qué aspectos de los vistos en la Bio-Aventura 3 puede relacionar lo visto durante este experimento?
- ¿Prepararía Ud. una gelatina con trozos de piña? ¿Sí o no? ¿Y Por qué?

2. CONSTRUCCIÓN DEL TRANSGEN



Los genes tienen secuencias específicas que regulan su expresión. Estas secuencias o sistemas de regulación que indican cuando, donde y en proporciones se expresa un gen son diferentes en procariontes y eucariotes (ver Bio-Aventura I: del gen a la proteína). Por lo tanto, es necesario realizar ciertas modificaciones cuando los genes proceden de una bacteria, de un animal o de otra planta. Por ejemplo, un gen de una bacteria introducido directamente en una planta sin haberle realizado ninguna modificación, no será activo en este nuevo organismo y viceversa. Esto significa que la región codificadora de un gen que vaya a ser introducida en el genoma de una planta requiere secuencias regulatorias que sean conocidas y funcionen en plantas. Este tipo de construcciones (genes más secuencias regulatorias), son denominados genes quiméricos.

Recordemos que los genes deben contener una secuencia promotora, una de expresión y una de terminación.



El promotor de eucariotes más usado es el 35SCaMV, subunidad 35S del virus del mosaico del coliflor.

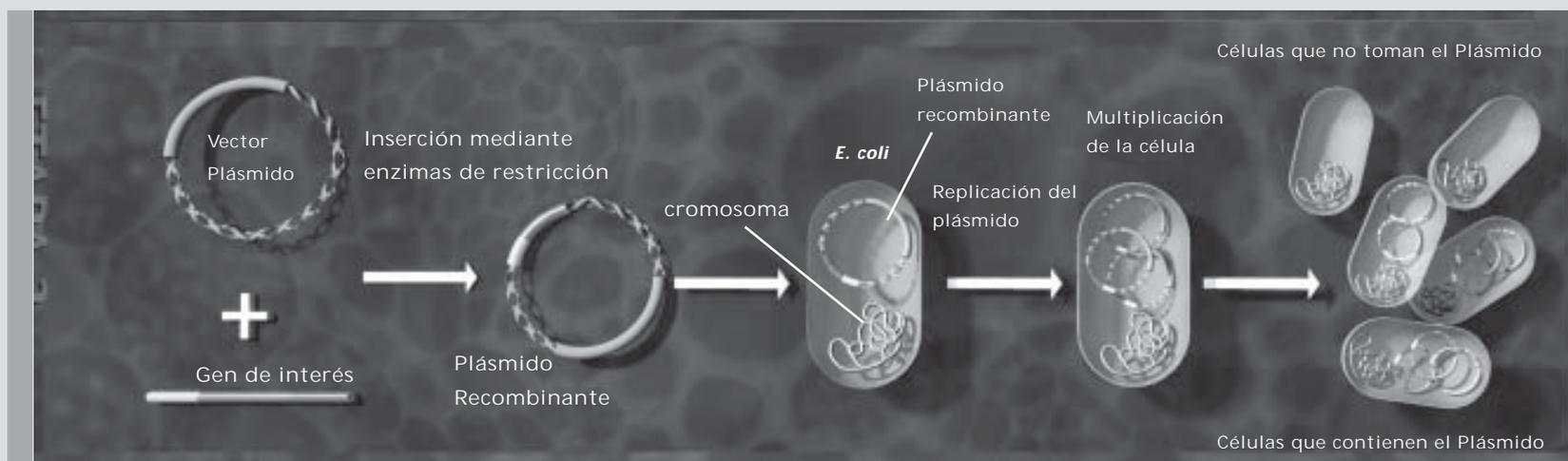
Adicionalmente y dado que los procesos de transformación no son ciento por ciento efectivos es necesario introducir una secuencia adicional que nos permita identificar cuáles células o tejidos han sido efectivamente transformados y cuales no.

Las secuencias o genes marcadores de selección más empleados son:

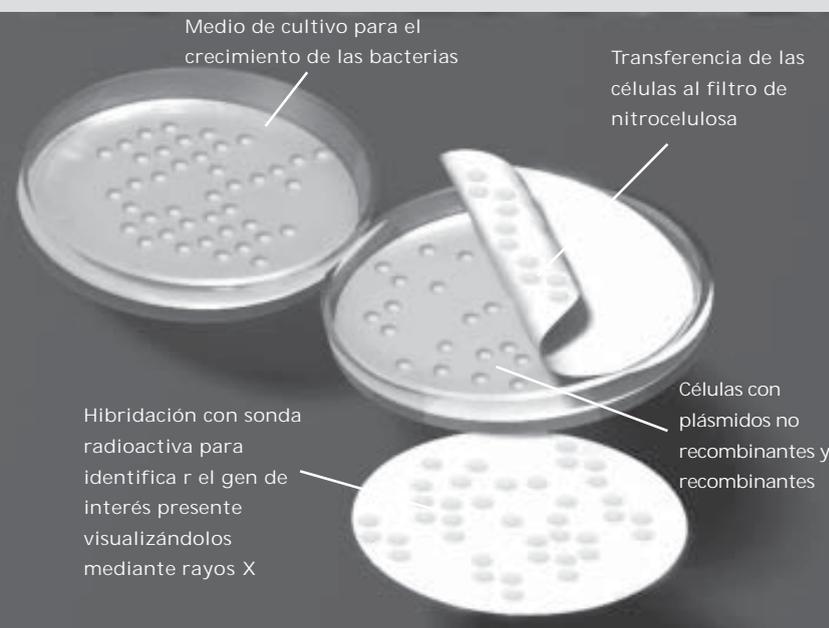
- El gen LacZ que sintetiza una enzima llamada B-galactosidasa y el gen gus de la B-glucoronidasa cuyas reacciones se visualizan por la aparición de un color azul que toman los tejidos
- El gen luciferasa y el gen GFP provenientes de una medusa que produce una proteína verde fluorescente
- El gen nptII que codifica para la resistencia al antibiótico kanamicina
- El gen ManA que codifica para la enzima fosfomanosa-isomerasa, que permite que los tejidos que han incorporado el constructo crezcan en presencia de carbohidratos no metabolizables
- Genes de resistencia a herbicidas

Nota. Para más información Ver Bio-Aventura 2: Del gen a la proteína

3. CLONACIÓN



SELECCIÓN DE CÉLULAS QUE HAN INSERTADO EL TRANSGEN



Una vez se tiene organizado el transgen con la secuencia promotora y de terminación que le permitirán su expresión en un organismo eucariota (planta) es necesario introducirlo dentro de un vector de clonación.

¿Qué es un vector?

Es un transportador biológico que permite introducir y expresar el ADN en una nueva célula. Existen dos tipos de vectores:

- Vectores de clonación
- Vectores transformación

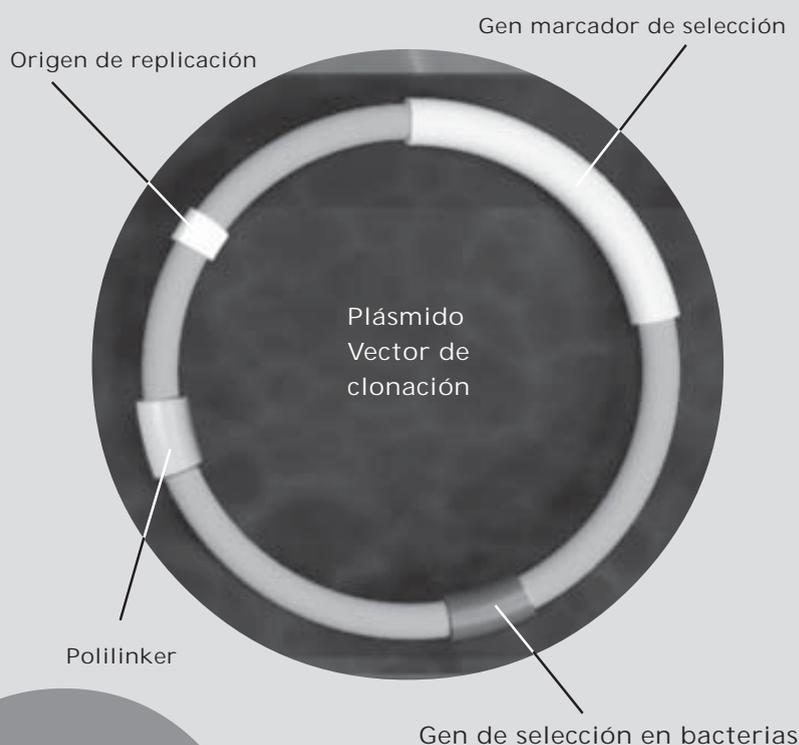
Inicialmente nos referiremos al vector de clonación, pues es un paso previo a la transformación.

Vector de clonación:

Un vector de clonación consta de un origen de replicación, un polilinker o lugar en el cual se unen las enzimas de restricción, un gen marcador y uno de selección. Se utiliza para obtener múltiples copias del transgen.

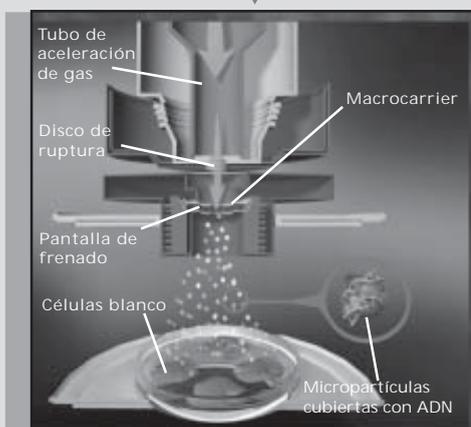
Etapas de la clonación:

1. Seleccionar el gen de interés.
2. Introducir el gen dentro de las bacterias.
3. Multiplicación de bacterias en medios de cultivo específicos.
4. Seleccionar de acuerdo con las características del gen marcador insertado las colonias que contengan el fragmento deseado.

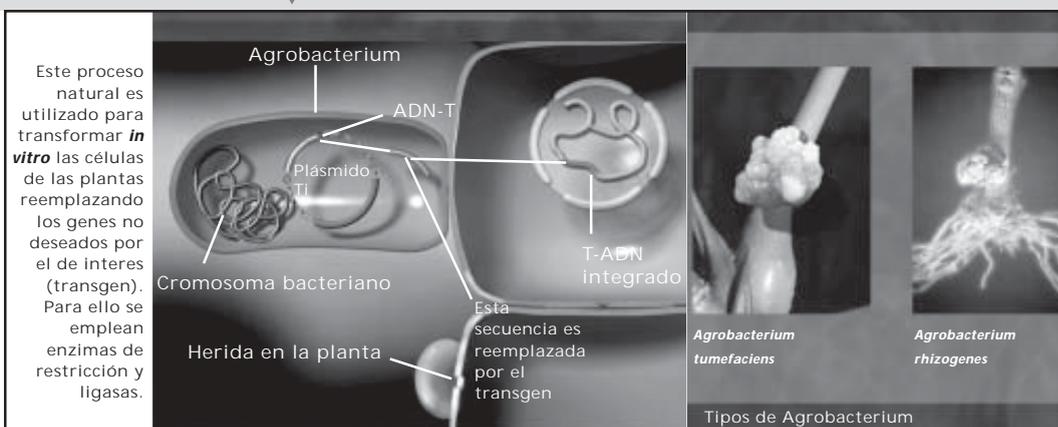


4. TRANSFORMACIÓN

MÉTODO 1: BIOLÍSTICA



MÉTODO 2: AGROBACTERIUM



Este proceso natural es utilizado para transformar *in vitro* las células de las plantas reemplazando los genes no deseados por el de interés (transgen). Para ello se emplean enzimas de restricción y ligasas.

Para realizar el proceso de transformación es necesario emplear elementos que ayuden a transferir las secuencias al organismos de interés, para ellos se emplean vectores de transformación.

¿Qué es un vector de transformación?

Es un transportador físico o biológico que permite la transferencia de genes o secuencias de ADN a un organismo.

Uno de los vectores de transformación son micropartículas de oro o tungsteno, las cuales en su superficie llevan adheridas las secuencias o genes de interés. En cuanto a los biológicos se emplean plásmidos, los cuáles dadas sus características biológicas son capaces de transferir secuencias de ADN de bacterias a células vegetales.

La selección del vector de transformación dependerá de las características de la planta y del método de transformación seleccionado.

MÉTODOS PARA LA TRANSFERENCIA DE ADN:

1. Biolística:

También conocido como la pistola de genes. Es un método de transformación directo que utiliza vectores físicos para transformar explantes. Consiste en adherir a micropartículas de oro a tungsteno las secuencias de ADN o genes a introducir (transgen), las cuales son luego aceleradas o disparadas sobre el tejido, célula de la planta a transformar. El ADN penetra en la célula y al núcleo por la acción física de la presión. Las células transformadas por este método son difíciles de regenerar debido al daño físico que puede causar el método.

2. Agrobacterium

Método de transformación indirecto que emplea como vector biológico, un plásmido contenido en la bacteria *Agrobacterium*, el cual por su naturaleza es capaz de transferir secuencias de ADN de bacterias a plantas. Los miembros del género *Agrobacterium* son bacterias gram (-) del suelo pertenecientes a la familia Rhizobium. De estas las más conocidas son: *A. tumefaciens* capaz de inducir tumores llamados agallas de corona (crown gall); *A. rhizogenes* causante de la formación de raíces en cabellera (hairy roots); *A. rubi* productora de pequeñas agallas y *A. radiobacter* especie no virulenta.

El conocimiento de la capacidad de *Agrobacterium* para transferir genes se remonta a 1977 cuando Nester Gordon y Dell Chilton demostraron que los genes de un plásmido de *Agrobacterium tumefaciens*, fueron insertados en forma eficiente en el ADN de células de una planta y causaron el crecimiento incontrolado de células. El plásmido con estas características fue denominado Plásmido Ti o inductor de tumores.

Un poco de historia

El primer aparato para la transformación por biolística empleado consistía en una pistola con carga explosiva y micropartículas de tungsteno, de allí su nombre, pistola de genes. Posteriormente se reemplazó la carga explosiva por gas helio presurizado y se empezó a usar micropartículas de oro.



Taller para realizar con los estudiantes

Construcción de un plásmido recombinante

Contexto

Imagine que va a transformar una planta de tomate a través de ingeniería genética para mejorar su dulzura, insertando un gen de la caña de azúcar. Construya un plásmido recombinante que le sirva como vector de transformación ó clonación.

Materiales

Hojas de papel con la secuencias de ADN de un plásmido
Hoja de papel con la secuencia de ADN de una célula vegetal
Tijeras
Cinta pegante
Acetato con los lugares de corte de las enzimas de restricción

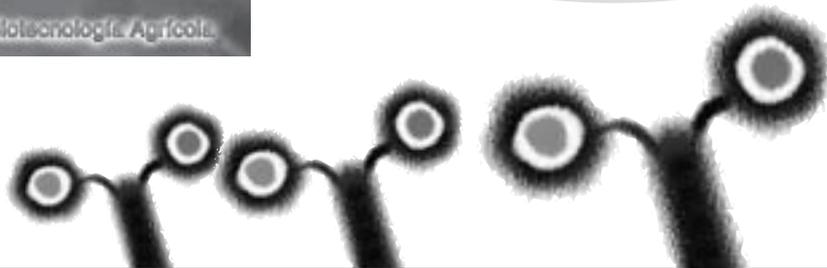
En la figura anexa la secuencia gris clara representa una sección del ADN de un plásmido. La secuencia gris oscura representa una sección del ADN de una célula vegetal donadora. La región correspondiente al gen que codifica para la dulzura se encuentra en negro, al igual que el sitio de inserción en el plásmido.

Procedimiento:

- Recortar el ADN del plásmido y unirlo con cinta adhesiva para formar una estructura circular que simule el plásmido.
- Recortar el ADN celular que contiene el gen eucariótico. Unir las distintas piezas en forma lineal.
- Usando las enzimas de restricción identificar cual de ellas es la más adecuada para cortar el gen de interés y formar una molécula de ADN recombinante. (recuerde que ADN genoma vegetal y el plásmido se deben cortar con la misma enzima).
- Cortar con una tijera ambas secuencias (plásmido y ADN vegetal), simulando el corte de las enzimas de restricción.
- Elabore su plásmido recombinante. Una los extremos con la cinta pegante.

Preguntas:

- ¿Cuántos codones tiene su gen que codifica para la dulzura?
- Utilizando la tabla de código genético establezca la secuencia codificante.
- ¿Qué otras secuencias agregaría al plásmido y porqué?
- Cómo se unen los fragmentos cortados con enzimas de restricción?
- Qué sucede si corta el ADN del organismo donador y el plásmido con diferentes enzimas de restricción?



Taller para realizar con los estudiantes

C	G	C	G	G	C	A	T	C	G	G	C	A	T
A	T	T	A	C	G	T	A	T	A	C	G	T	A
T	A	C	G	A	T	G	C	G	C	G	C	A	C
G	C	G	C	A	T	G	C	A	T	G	C	A	G
G	C	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A
C	G	C	G	G	C	C	G	G	C	C	G	C	A
A	T	T	A	C	G	T	A	T	A	T	C	G	T
A	T	A	T	C	G	A	T	C	G	A	T	C	A
C	G	G	C	A	T	G	C	G	C	G	C	C	G
T	A	A	T	G	C	A	T	A	T	A	T	A	T
A	T	C	G	A	T	G	C	A	T	C	G	C	G
A	T	C	G	A	T	C	G	C	G	C	G	A	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9					

Genoma vegetal

A	T	C	G	A	T	G	C	C	G	C	G
T	A	T	A	G	C	A	T	T	A	T	A
A	T	A	T	G	C	A	T	A	T	A	T
A	T	C	G	G	C	T	A	C	G	C	G
G	C	G	C	T	A	C	G	G	C	G	C
C	G	C	G	C	G	C	G	C	G	C	G
G	C	G	C	T	A	A	T	G	C	G	C
A	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A	T
T	A	T	A	G	C	G	C	T	A	T	A
T	A	C	G	A	T	G	C	C	G	C	G
C	G	C	G	T	A	T	A	C	G	C	G
G	C	A	T	A	T	A	T	T	A	A	T
C	G	G	C	A	T	T	A	G	C	G	C
C	G	C	G	A	T	A	T	C	G	C	G
1	2	3	4	5	6						

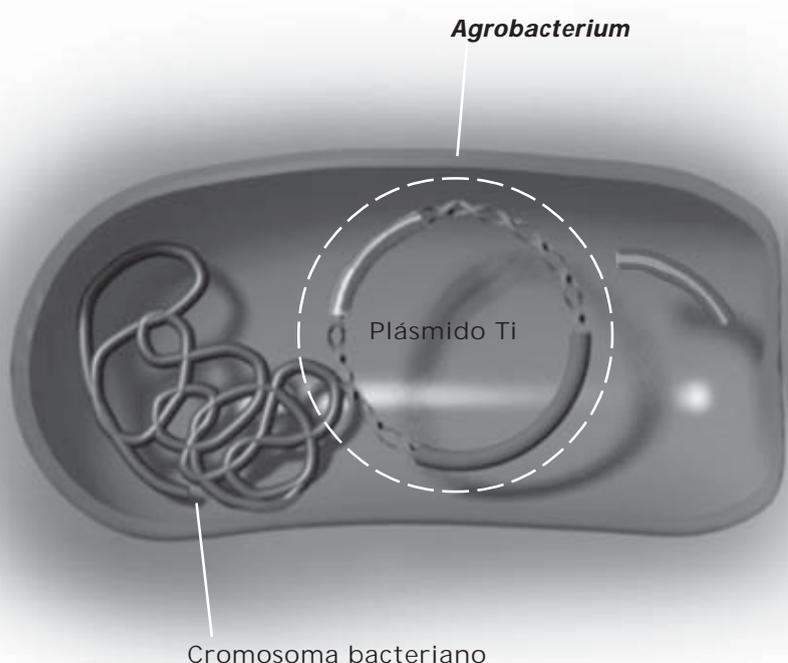
Plásmido

C	G	T	A	C	G
C	G	T	A	C	G
T	A	G	C	A	T
G	C	A	T	G	C
Enzima 1	Enzima 2	Enzima 3			
T	A	C	G	T	A
C	G	T	A	C	G
T	A	G	C	A	T
A	T	G	C	A	T
Enzima 4	Enzima 5	Enzima 6			
C	G	T	A	C	G
T	A	G	C	A	T
C	G	T	A	C	G
G	C	A	T	G	C
Enzima 7	Enzima 8	Enzima 9			

Veamos como trabaja en forma natural *Agrobacterium tumefaciens* el cual ha sido el más empleado en los procesos de transformación y es considerado como el ingeniero genético por naturaleza.

Transformación de células vegetales en condiciones naturales

Durante el proceso de infección de *Agrobacterium* las células de la plantas liberan compuestos fenólicos que interactúan con algunas proteínas codificadas en los genes de virulencia, VIR, que se encuentran incluidos en el plásmido Ti y que inducen a la bacteria a unirse a la pared de la célula vegetal. Una vez ocurre esto se activan otros genes VIR que hacen que una cadena sencilla de ADN del plásmido Ti sea liberada. Este ADN se conoce como ADN de transferencia, T-ADN, única secuencia que es transferida a la célula vegetal adyacente donde es integrada en el genoma de la planta. El T-ADN durante su transferencia está protegido por proteínas especializadas.



Una vez integrados dentro del ADN de la planta, los genes presentes en el T-ADN se vuelven activos. Estos genes naturalmente codifican proteínas que perturban el balance hormonal normal de la célula, las cuales comienzan a crecer y a dividirse en forma no controlada formando la agalla de la corona. Todas las células presentes en esta agalla o callo contienen los genes del T-ADN y estos son heredados establemente durante los procesos de división.

Recuerde que...

Las enzimas de restricción son usadas para cortar segmentos de ADN y las ligasas para unir segmentos.

Uso de *Agrobacterium tumefaciens* en procesos de transformación genética de plantas

El mecanismo natural de modificación genética de *Agrobacterium tumefaciens* puede ser usado para introducir cualquier gen dentro de una célula vegetal. Esto es posible debido que únicamente una pequeña parte del T-DNA es requerido para el proceso de transferencia. Esta parte es un corta región de aproximadamente 25 pares de bases de los extremos del T-DNA. Cualquier secuencia entre estos extremos será transferida dentro del ADN de la célula vegetal huésped.

Este plásmido desarmado es luego transferido a *Agrobacterium tumefaciens*.

Luego se toma el explante, por lo general segmentos de hoja, donde se produce una herida. Inmediatamente después el tejido vegetal se pone en contacto con la bacteria que tiene la nueva construcción genética (*Agrobacterium tumefaciens*) y estas se unen a las células vegetales y transfieren T-ADN de acuerdo al proceso natural ya descrito. Así, se logra transferir genes de interés al genoma de la célula vegetal, provocando así la transformación.

Estas características permitieron el desarrollo de plásmidos que contienen los extremos derecho e izquierdo del T-DNA, pero ninguno de los genes entre estos extremos. En reemplazo de estos genes se inserta el transgen con las características de interés. Adicionalmente los genes VIR son removidos para evitar la aparición de síntomas indeseables, es decir, que el plásmido es desarmado.

Ideas para discutir:

¿Por qué cree que es importante para *Agrobacterium tumefaciens* transferir genes a una planta?

Ideas para el docente:

Para alimentarse *Agrobacterium tumefaciens* necesita ciertos azúcares y aminoácidos derivados denominados opinas. Los genes que codifican estas sustancias se encuentran en el T-ADN del plásmido Ti. De este modo al transferir estos genes la bacteria logra que las células de la agalla inducidas en la planta produzcan estas sustancias y así, *Agrobacterium* pueda alimentarse.

5. SELECCIÓN DE LAS CÉLULAS O TEJIDOS TRANSFORMADOS

Método 1: Detección visual por el método Gen GUS

Método 2: PCR - Reacción en cadena de la Polimerasa



Independiente del método de transformación empleado es necesario realizar un proceso de selección de las células que han sido eficientemente transformadas. Esto permite ahorrar tiempo ya que no es necesario regenerar la planta completa para determinar si hubo o no transformación.

El proceso de selección se realiza de acuerdo con el gen marcador de selección empleado. Para ello se cultivan las células o tejidos transformados en medios de cultivos que presente el agente marcador, por ejemplo: el herbicida, el azúcar no metabolizable o el antibiótico.

Las células capaces de crecer en estos medio son las transformadas y serán las seleccionadas para seguir el proceso de regeneración. Adicionalmente es posible emplear técnicas moleculares para la detección de la transformación. Entre ellas:

Southern blot: Es una técnica que permite detectar el gen que ha sido insertado. El Southern blot requiere que el ADN sea extraído, cortado con enzimas de restricción y sometido a electroforesis. Los productos de la electroforesis son transferidos a una membrana de nitrocelulosa e hibridizados con la sonda radioactiva con una secuencia de ADN conocida y marcada con un isótopo radioactivo como ^{32}P . Las sondas radioactivas que se hibridizan por complementariedad con la nueva secuencia insertada, confirman que la secuencia está presente en el tejido transformado.

La PCR: "Reacción en Cadena de la Polimerasa". Es una técnica que emplea los principios de la replicación del ADN en un sistema *in vitro*. A partir de una cadena de ADN molde se pueden producir muchas moléculas idénticas, lo que se conoce como amplificación. La PCR actúa como un proceso de fotocopiado. Para que esto se lleve a cabo, la reacción exige que estén presentes en la solución los siguientes elementos:

- Molde de ADN o fragmentos.
- Mg^{2+} el cual es indispensable para la actividad de la enzima.
- Nucleótidos A, T, C y G (dNTP).
- Primer o iniciador que reconoce su secuencia complementaria para que se lleve a cabo el proceso.
- Taq polimerasa. Es la enzima responsable de copiar la cadena, extenderla y trabaja a altas temperaturas.
- Agua

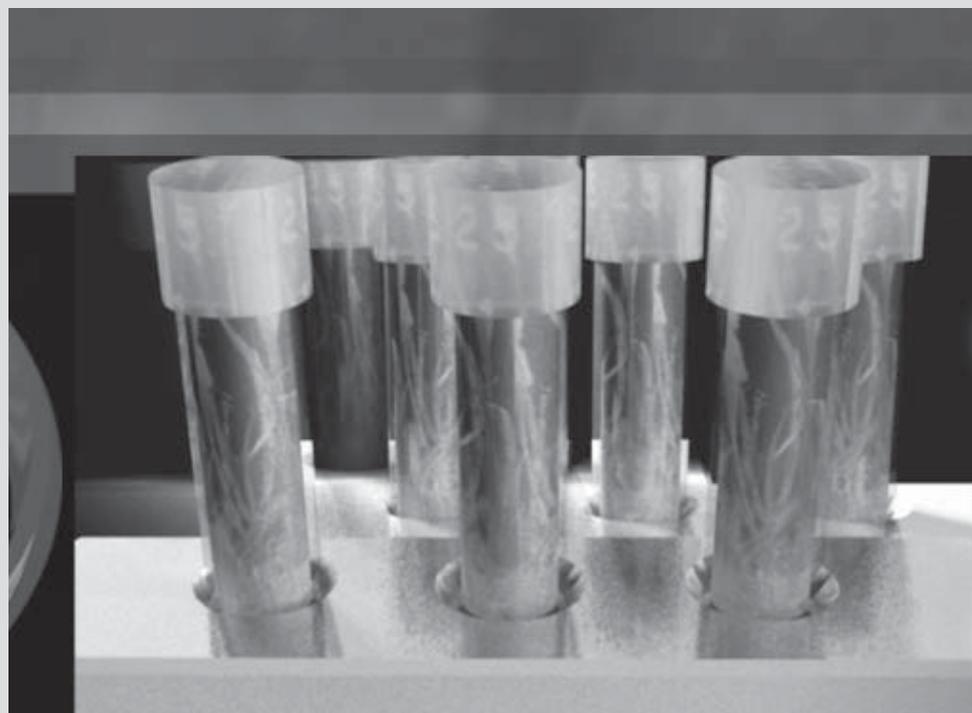
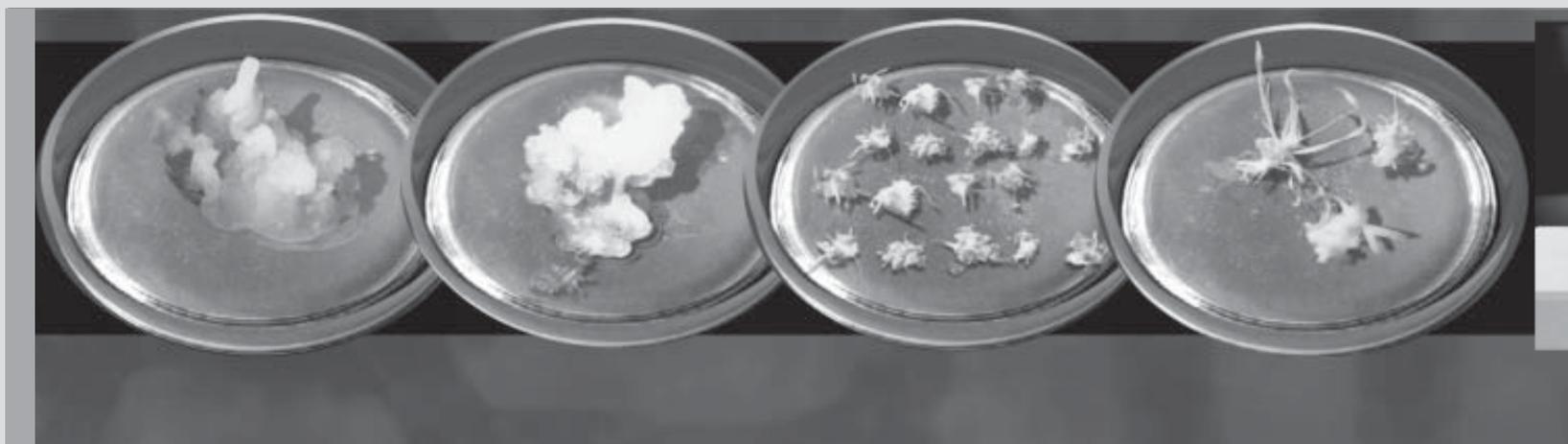
El proceso ocurre de la siguiente manera:

- Denaturación del ADN:** Para que las cadenas sencillas de la doble hélice sean copiadas es necesario separarlas. A temperaturas de $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ la doble hélice se separa y cada hebra libre puede ser copiada.
- Anillamiento:** Es la temperatura a la cual el primer se une a la cadena molde. Se emplean temperaturas entre $35\text{-}60\text{ }^{\circ}\text{C}$ condición que permite que el primer quede unido de manera estable a la cadena de ADN
- Extensión:** Una vez el primer se ha unido al molde, la Taq polimerasa empieza a unir los dNTP a la cadena de manera continua. Así ocurre el crecimiento de la cadena para que quede sintetizada de manera completa.

La reacción se lleva a cabo durante varios ciclos (entre 35-45 °C) en un equipo llamado termociclador. Los productos de amplificación se corren en una electroforesis y por diferencia en peso molecular con los otros fragmentos se pueden identificar aquellos que contienen el gen.

- **Inmunodetección:** En este sistema se detecta la proteína que es codificada por el gen de interés. Es una reacción antígeno-anticuerpo donde el tejido es macerado y puesto en contacto con una solución salina. Se introduce en la solución una cinta indicadora que contiene el antígeno y si la reacción es positiva muestra la aparición de dos bandas. Los tejidos no transformados muestran sólo una banda

6. REGENERACIÓN



Por último, los explantes que han sido transformados, son llevados a un programa de regeneración, utilizando las técnicas de cultivo de tejidos *in vitro* que garanticen la expresión continua del gen foráneo y de los demás genes constitutivos de la planta. El proceso de regeneración mediante las técnicas de cultivo de tejidos *in vitro* sigue el mismo procedimiento presentado en la Bio-Aventura 2.

De la aplicación de las herramientas biotecnológicas han resultado productos con diferentes características, analicemos en que consisten algunos de sus principios de transformación:

Resistencia a insectos:

El gen que confiere la resistencia a insectos empleado actualmente proviene de una bacteria natural del suelo, llamada *Bacillus thuringiensis*, que sintetiza una proteína denominada Cry y de las cuales se conocen cerca de 20 tipos diferentes.

Cuando el gen de la bacteria ha sido transferido a la planta, ésta adquiere la característica de resistencia al ataque del insecto.

Esto se manifiesta así:
El insecto que ataca la planta consume sus hojas y por la acción de la proteína Cry, el intestino del insecto se destruye causándole la muerte.

Este efecto es específico, solo ataca ciertas familias de insectos. En el hombre no causa este tipo de daños debido a que en su intestino no existen los receptores de membrana para esta proteína. Adicionalmente, la proteína Cry solo actúa en medios alcalinos como el del intestino del insecto y no en ácidos como en el caso del hombre. Las plantas transformadas con genes Cry de *Bacillus thuringiensis* se conocen como plantas Bt.



Maduración retardada:

La maduración de las frutas es un proceso fisiológico y molecular complejo que resulta en el ablandamiento de las paredes celulares y que afecta el color, sabor y el aroma.

Este proceso es inducido por la producción de una hormona vegetal, el etileno.

La biotecnología ha ofrecido una alternativa para retrasar la maduración. La modificación consiste en interferir en la producción de etileno, de este modo las frutas podrán permanecer más tiempo en la planta hasta lograr el sabor característico y no tendrán que ser cosechadas antes de tiempo. El bloqueo de la producción de etileno se ha logrado mediante la tecnología antisentido que disminuye la producción de la enzima sintetasa

ácido aminociclopropano-1-carboxílico. Esta enzima participa en una de las etapas de la síntesis de etileno.

Otra alternativa empleada es la introducción de un gen que codifica para la enzima ACC deaminasa, la cual interfiere con la producción de etileno. Este gen se deriva de una bacteria del suelo *Pseudomonas chlororaphis*.

Tolerancia a herbicidas:

Los herbicidas son sustancias químicas que tienen la capacidad de inhibir procesos esenciales en las plantas como la fotosíntesis o la biosíntesis de aminoácidos de cadenas ramificadas. Con el empleo de estas tecnologías es posible desactivar o reemplazar la secuencia de susceptibilidad por otra que confiera resistencia para que permita la planta o cultivo resistir la aplicación del herbicida.

Resistencia a condiciones ambientales extremas

La resistencia a condiciones extremas permite obtener cultivos capaces de desarrollarse en ambientes desérticos, con altas concentraciones de sal, a bajas o altas temperaturas, entre otros. Veamos como ejemplo el desarrollo de cultivos resistentes a altas concentraciones de sal.

Las plantas contienen compartimentos denominados vacuolas en las cuales el exceso de sal es depositado para que no afecte el funcionamiento del resto de la célula. Para lograr que las células depositen la sal en las vacuolas se han insertado genes que codifican para la proteína vacuolar Na⁺/H⁺ antiport la cual tiene la capacidad de bombear la sal de las principales partes de la célula a la vacuola.

Resistencia a virus:

Para muchas especies no se han encontrado germoplasmas disponibles para obtener por cruzamiento plantas resistentes a virus. Puesto que algunos virus no han sido caracterizados a nivel molecular, se han desarrollado otras alternativas como la protección cruzada en la cual la infección de una planta con una cepa suave provoca que la planta se vuelva resistente a una posterior infección con una cepa severa. Ejemplos de esta aplicación se han reportado para el virus de la tristeza de los cítricos, mosaico del pepino, mancha anular de la papaya y del mosaico del tabaco.

Para otros virus, se ha encontrado que existen genes que codifican para la proteína de la cápside, los cuales son insertados mediante métodos de ingeniería genética en las plantas donde expresan altos niveles de la proteína y confieren la resistencia.

Mejoramiento nutricional

Una de las características en la cuales se ha venido trabajando es en el aumento del contenido de vitamina A en ciertos cultivos, como es arroz que en condiciones naturales no la produce. La deficiencia en Vitamina A causa graves problema de ceguera en niños, por lo que se busca aumentar su contenido en el arroz mediante la inserción de unos genes involucrados en la síntesis de un precursor de dicha vitamina, el β caroteno. El precursor se expresa en la semilla de la planta que es finalmente la parte que se consume. Para lograr este desarrollo se modificó la ruta de la síntesis del β caroteno, insertando dos genes procedente del *Narcissus pseudonarcissus* y uno de una bacteria, *Erwinia uredovora*.

Cultivos desarrollados a través de biotecnología moderna

- Maíz resistente a insectos y herbicidas
- Soya resistente a herbicidas
- Algodón resistente a insectos
- Papaya resistente a virus
- Papa resistente a virus
- Tomate de más larga vida poscosecha
- Clavel azul
- Arroz biofortificado



Repaso de conceptos clave:

- Las Plantas genéticamente modificadas, se obtienen mediante el uso de tecnología de ADN recombinante.
- La ingeniería genética permite modificar, introducir o eliminar genes.
- El proceso de transferencia de genes se puede realizar a través de la biobalística o de *Agrobacterium tumefaciens*
- Los procesos de transformación genética reúnen una serie de avances científicos logrados a lo largo de la historia del hombre.



Ideas para discutir:

¿Por qué y para qué cree usted que es importante producir plantas con algunas de las características mencionadas? Elabora un mente facto al respecto y analízalo en clase.



Taller para realizar con los estudiantes

Extracción de ADN vegetal

Objetivos

- Acercar a los estudiantes a las técnicas de biología molecular sin requerir la infraestructura de un laboratorio especializado.
- Realizar el proceso de extracción ADN vegetal a partir de diferentes tejidos y emplear este procedimiento como estrategia didáctica para estudiar las propiedades químicas de la molécula.

Introducción

El ADN es una molécula de carácter ácido y la más larga que se conoce.

El fundamento de la extracción de ADN se basa en las características químicas de la molécula. El ADN es capaz de estar en solución en presencia de moléculas de sal, lo que permite su separación y por lo tanto su extracción. Para extraer el ADN de una célula es necesario romper las células, utilizando para ello un detergente líquido.

Los fragmentos en solución que resultan son separados utilizando sales. Finalmente la adición de alcohol absoluto permite que la molécula de ADN precipite y se forme un aglomerado de fácil recuperación. De este modo y controlando la concentración de sal, se puede evitar la dispersión de los fragmentos de ADN, aglomerándolos.

La primera parte del procedimiento consiste en romper las células y permitirles verter sus contenidos a una solución buffer (tampón o amortiguador) en la cual el ADN se puede disolver. Aglomerando las proteínas con detergente y reduciendo la concentración de sal, podemos separar el ADN, obteniendo de esta forma la molécula de la herencia.

Los protocolos que aquí se describen para aislar ADN de forma casera han sido creados por varios investigadores y han sido modificados para las condiciones del laboratorio.

Métodos

Protocolo No 1. Extracción de la ADN de la Cebolla

Materiales

- 1 cebolla mediana
- 1 cuchillo
- 1 cuchara
- 120 ml de agua (mineral o destilada)
- 1.5 g de sal (NaCl)
- 5 g de bicarbonato de sodio (o polvo para hornear)
- 5 ml de detergente líquido o champú
- 10 ml de alcohol antiséptico a 0°C
- Licuada
- Balanza
- Nevera
- 1 Filtro para café de tela con soporte
- 2 Vasos de vidrio
- Tubo de ensayo
- Varilla fina de vidrio o palo de pincho
- 2 pipeta de 10 ml o jeringa



Taller para realizar con los estudiantes

Procedimiento

1. Preparar la solución de extracción de la siguiente manera: 120 ml de agua destilada, 1.5 g de sal de mesa, 5 g de bicarbonato de sodio y 5 ml de detergente líquido o champú. Mantener esta solución en la nevera o en un recipiente con hielo.

El detergente tiene una doble misión. Rompe las paredes celulares y permite fracturar las proteínas grandes para que no salgan con el ADN.

Adicionalmente, se recomiendan trabajar sobre hielo y utilizar agua destilada, para reducir la degradación del ADN. También puede emplearse detergente líquido de lavadora ya que presentan menos aditivos que los jabones.

2. Cortar la cebolla en cuadritos y triturar con un poco de agua en la licuadora accionando las cuchillas a impulsos de 10 segundos. Así se romperán muchas células y otras quedarán expuestas a la acción del detergente.

La solución ahora contiene fragmentos de ADN así como una buena cantidad de otras moléculas. Para extraer el ADN de esta solución se requiere agregar alcohol helado.

3. Mezclar en un vaso 5 ml del triturado celular con 10 ml de la solución de extracción (fría) y agitar vigorosamente durante 2 minutos (por lo menos).
4. Pasar esta solución a través de un filtro para café, para separar los restos vegetales más grandes. Extraer el sobrenadante (la capa acuosa que queda arriba) con una pipeta o jeringa.
5. Transferir 5 ml de esta solución a un tubo de ensayo y añadir con una pipeta 10 ml de alcohol isoamílico a 0°C. Dispensar lentamente el alcohol por la cara interna del recipiente teniendo este inclinado. El alcohol quedará flotando sobre la solución.
6. Introducir la punta de una varilla de vidrio o palo de pincho hasta la línea de separación entre el alcohol y la solución. Mover la varilla hacia adelante y hacia atrás y poco a poco se irán enrollando los fragmentos de mayor tamaño de ADN. Pasados unos minutos retire la varilla atravesando la capa de alcohol con lo cual el ADN quedará adherido a su extremo con el aspecto de un copo de algodón mojado. ¡Este es el ADN!

Protocolo No 2. Extracción de ADN de Pimentón o Calabacín

Materiales:

1 pimentón
1 cuchillo
1 cuchara
125 ml de agua (mineral o destilada)
1.5 g de sal (NaCl)
0.8 g de ablanda carne
2 cucharadas de jabón de lavar loza
150 ml de alcohol antiséptico (a 0 °C)

Licuadora
Nevera
Balanza
1 Filtro para café de tela con soporte
2 Vaso de vidrio
1 Pipeta o jeringa
Palillos o una Varilla fina de vidrio

Taller para realizar con los estudiantes

Procedimiento:

1. Corte el tejido en varios trozos y colóquelos en el vaso de la licuadora.
2. Adicione 1.5 g de sal (aproximadamente una cucharadita) y 125 ml de agua mineral o destilada. Licúe la mezcla. Como resultado debe obtener una mezcla un poco espesa.
3. Pase la mezcla por el filtro para café y recoja el jugo en un recipiente transparente.
4. Agregue dos cucharadas de jabón de lavar loza y 0.8 g de ablanda carne (aproximadamente media cucharadita) Lentamente con una cuchara mezcle todo el contenido del vaso. Espere 10 minutos.
5. Muy lentamente agregue el alcohol antiséptico al vaso. Le debe agregar aproximadamente la misma cantidad de lo que ya se tiene en el vaso. Como resultado se obtendrán dos fases: una superior de alcohol y una inferior de la solución de pimentón. Después de unos minutos unas burbujitas o filamentos viscosos aparecerán... Ese es el DNA!
6. Refrigere esta solución por 15 minutos. Luego lentamente introduzca un palillo o una varilla fina de vidrio y trate de "pescar" los filamentos

Preguntas:

Qué tipos de elementos se pueden encontrar en la solución una vez se rompe la célula vegetal?

Cuál es la función del detergente y el ablanda carne en el proceso de extracción del ADN?

Por qué el ADN se disuelve en soluciones con iones de sales?

Cree usted que el producto filamentososo obtenido se encuentra puro? Es decir, es solo ADN?

BIBLIOGRAFÍA

Sambrook, J. & Rusell, D.W. 2001. Molecular Cloning. A Laboratory Manual. Third Edition. Volume 1. Cold, Spring Harbor, New York.

PAGINAS WEB CONSULTADAS

Proyecto de divulgación científica infantil.

Disponible en: <http://www.ciencia-activa.org/experimento2.htm>

Actividades de laboratorio del Cuaderno 18 de ¿Por qué Biotecnología?

Disponible en: http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educación/cuaderno/ec_18_act.asp

Seguridad y normatividad de los organismos genéticamente modificados

La Bioseguridad, es entendida como el conjunto de medidas y acciones requeridas para minimizar los potenciales riesgos que puedan ocurrir, cuando se utilizan Organismos Vivos Modificados (OVM), derivados y productos que los contengan.

La bioseguridad busca resguardar los intereses públicos y privados, permitiendo solamente la aplicación responsable de la biotecnología, cuidando mantener un balance entre la protección de la salud, el ambiente y la biodiversidad, sin entorpecer el comercio y la transferencia de tecnologías, mediante el establecimiento de normas.

OBJETIVOS

1. Dar conocer los aspectos relacionados con la seguridad y evaluación de riesgo de los organismos genéticamente modificados
2. Reconocer las medidas regulatorias implementadas a nivel nacional para garantizar el uso seguro de organismos genéticamente modificados
3. Identificar los potenciales riesgos y beneficios del uso de organismos genéticamente modificados

SECUENCIA

Investigación - Regulación - Evaluación de riesgo - Liberación Comercial

CONTENIDOS

- ▶ 1. Bioseguridad
- ▶ 2. Evaluación de riesgo para la salud
- ▶ 3. Evaluación de riesgo para ambiente y la biodiversidad
- ▶ 4. Marco regulatorio
- ▶ 5. Potenciales riesgos y beneficios de los OGM
- ▶ 6. Futuro cercano...

Los sistemas de introducción de la variabilidad genética tanto convencionales (hibridación o mutagénesis), como los de ingeniería genética pueden ocasionar cambios en el genoma

DINÁMICA

Exploración de Preconceptos

Elabore un mapa conceptual alrededor de las plantas genéticamente modificadas con relación a lo que usted considera que se debe evaluar y regular. Señale igualmente cuales beneficios aportaría el uso de la tecnología.

Realice una presentación de su mapa conceptual al grupo.

Materiales:

Papel periódico
Marcadores

Un poco de historia...

La bioseguridad nació con la ingeniería genética. Los científicos que trabajaban en el desarrollo de productos de la biotecnología moderna a principio de la década de los 70's comprendieron que, si bien las nuevas técnicas ofrecían enormes potencialidades, también existía el temor sobre los eventuales riesgos de su aplicación. Debido a estos, los científicos decidieron convocar a una reunión que tuvo lugar en Asilomar, California, en 1975. El propósito fue discutir sobre los mecanismos necesarios para mantener bajo control el potencial de la ingeniería genética.

Dado que no se tenía suficiente conocimiento, la comunidad científica, en un acto de responsabilidad frente a la sociedad, propuso unilateralmente una moratoria al uso de la ingeniería genética, mientras se generaba el conocimiento suficiente para su aplicación segura.

Pocos años más tarde, en la segunda convención realizada también en Asilomar, los científicos, después de generar más conocimiento sobre la ingeniería genética acordaron levantar la moratoria y, establecer reglas claras para continuar la investigación en este campo.

Ya no era necesario prohibir la investigación, pues se tenía información suficiente para controlar el riesgo. La bioseguridad había nacido.

De esta manera a principio de la década de los 80's se elaboraron las primeras normas para llevar a cabo investigación con OGM. Las regulaciones de entonces se enfocaron principalmente en dos aspectos:

- Proteger a los investigadores que trabajaban con este tipo de materiales.
- Asegurar que los OGM permanecieran confinados dentro de los laboratorios en tanto no se tuviera evidencia suficiente para su liberación segura.

Así, las primeras reglas establecen los niveles de seguridad que deben tener los laboratorios para evitar accidentales durante el uso de organismos y material vivo.

Actualmente, la necesidad de conocimientos se centra básicamente en los aspectos de evaluación de riesgo de los cultivos OGM, para la salud, el ambiente y la biodiversidad, en los casos de aplicación de la ingeniería genética a la agricultura.

De acuerdo con los avances en el conocimiento y aplicación de la ingeniería genética el concepto de bioseguridad se ha ampliado. Hoy se entiende por bioseguridad el conjunto de conocimientos que facilitan la evaluación de riesgo, así como la legislación y regulación necesarias para autorizar el uso seguro de procesos biotecnológicos y productos GM.



vegetal que den como resultado alteraciones no intencionales en las características de los individuos.

Se considera que los procesos de transgénesis no presentan nuevas categorías de riesgos comparados con los procesos convencionales de mejoramiento de los cultivos, sin embargo, los caracteres específicos introducidos son evaluados cuidadosamente. La principal herramienta para esta evaluación es la evidencia científica tanto en el laboratorio como en el campo que permite evaluar los riesgos potenciales y los beneficios, resultado del uso de los OGM en ámbitos como el de la salud y el medio ambiente.

Como consecuencia de esta necesidad surge **La Bioseguridad**, entendida como el conjunto de medidas y acciones requeridas para minimizar los potenciales riesgos que puedan ocurrir, cuando se utilizan Organismos Vivos Modificados (OVM), derivados y productos que los contengan.

La bioseguridad busca resguardar los intereses públicos y privados, permitiendo solamente la aplicación responsable de la biotecnología, cuidando mantener un balance entre la protección de la salud, el ambiente y la biodiversidad, facilitando el comercio y la transferencia de tecnologías, mediante el establecimiento de normas.

Durante la evaluación de riesgo a la que se someten los OGM se tienen en cuenta los riesgos para el ambiente y la salud humana y animal.

Estudios de Bioseguridad

Para establecer la bioseguridad de cualquier producto GM se llevan a cabo evaluaciones de riesgo para la salud, para el ambiente y la biodiversidad.

Estas evaluaciones de riesgo se llevan a cabo teniendo en cuenta dos criterios esenciales:

- **Evaluación CASO por CASO y PASO por PASO:** Teniendo siempre en cuenta las particularidades de cada región donde se vaya a utilizar el OGM.
- **Fundamentos científicos sólidos:** Todo producto genéticamente modificado, mediante ingeniería genética, es sometido a numerosos análisis que permiten determinar su seguridad para el ambiente y para la salud humana y animal.

Evaluación de riesgo para la salud humana y animal

El objetivo consiste en evaluar los alimentos GM y sus derivados desde el punto de la **toxicidad, alergenicidad, patogenicidad y contenido nutricional** con el fin de determinar si un alimento puede ingerirse sin peligro.

Los resultados obtenidos se comparan con los registrados para alimentos producidos a través de métodos convencionales y que ya se encuentran autorizados para su consumo. Este principio es conocido como "Equivalencia Sustancial". Fue desarrollado por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y acogido por diferentes organizaciones internacionales como la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO), el Codex Alimentarius, organización internacional reconocida para la evaluación de la inocuidad de los alimentos y la seguridad alimentaria y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

El principio de equivalencia sustancial es el punto de partida para la evaluación de riesgo. Para que exista equivalencia sustancial es necesario demostrar que la única diferencia entre un alimento GM y el convencional es la presencia del producto del gen que ha sido introducido para mejorar una característica. Como consecuencia, la determinación de la Equivalencia Sustancial no es una evaluación de seguridad en sí misma, sino una aproximación analítica para la evaluación.

Los elementos críticos que se identifican son los nutrientes y las sustancias tóxicas que pudiera contener el alimento nuevo, analizando los aspectos relacionados con contenidos de nutrientes y antinutrientes y la presencia de proteínas tóxicas o alergénicas.

La liberación de un producto genéticamente modificado solo es permitida cuando se demuestra que el producto alimenticio y las proteínas nuevas que contiene no presentan riesgo para la salud (no son tóxicas, ni alergénicas) humano o animal.

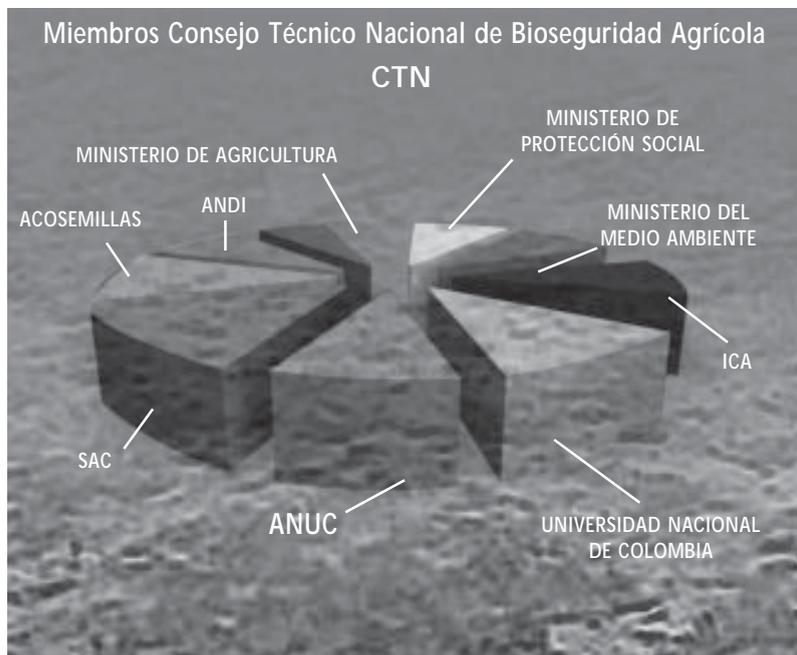
Evaluación de riesgo para ambiente y la biodiversidad

La bioseguridad agrícola se ocupa actualmente del establecimiento de procedimientos estandarizados de evaluación de riesgo y del desarrollo de reglas que garanticen el cultivo seguro de OGM desde en relación a su interacción con el entorno ecológico. es necesario controlar el intercambio de material genético entre el OGM y otros organismos cercanos en la zona de cultivo. Así mismo, se evalúa el impacto que los OGM pueden tener sobre especies silvestres o parientes cercanos al intercambiar genes mediante mecanismos naturales (flujo de genes).



Marco regulatorio en Colombia

En relación con los alimentos obtenidos por biotecnología de tercera generación y/o procesos de ingeniería genética el decreto 3075 de 1997 expedido por el Ministerio de Salud, hoy de Protección Social, en el artículo 54 establece que este tipo de producto deben ser sometidos a registro sanitario previo estudio y concepto favorable de la Comisión Revisora del INVIMA. el estudio lo lleva a cabo la Sala Especializada de Alimentos y Bebidas Alcohólicas del INVIMA, quienes efectúan la evaluación de riesgos a las solicitudes de productos que proceden de una planta GM o contiene materias primas GM.



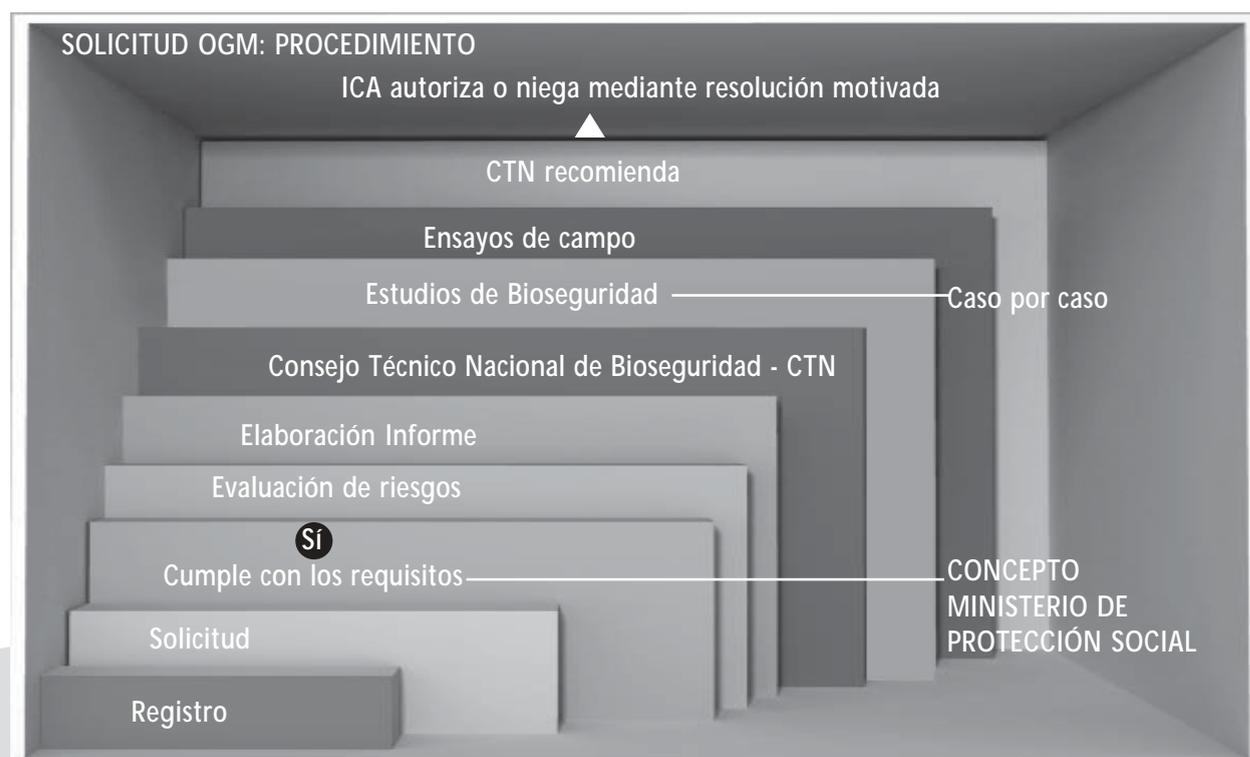
La regulación para la introducción, transporte, uso, manejo, producción, liberación y comercialización de organismos genéticamente modificados de uso agrícola en Colombia esta a cargo del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Esta regulación se basa en la Resolución ICA N° 03492 cuyo texto fue consultado con los distintos actores de la sociedad involucrados en el tema, gremios, universidades, ONGs, grupos ambientales, consumidores y otros.

Para la toma de decisiones el ICA recibe asesoramiento y apoyo del Consejo Técnico Nacional - CTN, creado mediante acuerdo 0013 de 1998, cuya expedición fue subrogada por el acuerdo 00002 de 2002.

En nuestro país, el cultivo de una nueva variedad obtenida por transgénesis es analizado independiente de la modificación genética que se ha realizado y de la variedad que incorpora la nueva característica.

La evaluación de riesgo en materia de impacto al ambiente y la biodiversidad ha sido objeto de una negociación internacional, debido a que se reconoció que, tanto por el comercio internacional como por su migración, existe un flujo transfronterizo de OGM que requería reglas de bioseguridad específicas. Para ello se estableció El Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad, instrumento internacional jurídicamente vinculante, que regula los organismos vivos modificados, OVM, producto de la biotecnología moderna. Este acuerdo promueve la seguridad, estableciendo normas y procedimientos que permitan la transferencia segura, manipulación y uso de OVM, enfocado específicamente al movimiento transfronterizo. Su nombre completo es Protocolo de Cartagena sobre

Seguridad de la Biotecnología del Convenio de Diversidad Biológica.



- Productos GM cultivados en Colombia:**
- Clavel Azul
 - Algodón Bt
 - Algodón resistente a herbicidas.

Marco regulatorio internacional

Las normas internacionales en las cuales se contemplan aspectos relacionados con los organismos genéticamente modificados incluyen:

- OMC, Derecho de Propiedad Intelectual TRIPS, GATT, UPOV, G3, CONVENIO DE PARÍS
- CDB y relacionados
- CODEX ALIMENTARIUS
- ACUERDOS JUNAC (Dec. 345, 391, 486)
- CÓDIGOS DE CONDUCTA

Potenciales riesgos y beneficios de los OGM

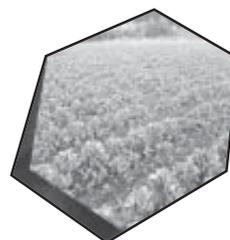
La biotecnología como cualquier tecnología tiene el potencial de incluir posibles riesgos y generar múltiples beneficios.

Las preocupaciones han surgido respecto a los efectos en la salud, donde cabe la probabilidad que estos alimentos produzcan toxicidad, alergenicidad o patogenicidad al ser consumidos. Hasta el momento no se registra evidencia científica que sugiera que los alimentos producidos a partir de cultivos genéticamente modificados presenten más riesgos que los convencionales. Como se explicó anteriormente, los efectos de los OGM sobre la salud humana y animal son evaluados antes de ser liberados para su comercialización.

Entre los principales temores que han surgido con la utilización del los OGM sobre el medio ambiente están la posible reducción de la biodiversidad y la incorporación de genes foráneos en una especie relacionada, así como el potencial de crear plantas que se conviertan en malezas (flujo de genes).

El flujo de genes es un fenómeno que ocurre naturalmente y no solo puede asociarse con los OGM. Una preocupación de tipo ambiental asociada con los cultivos GM, es su potencial para crear "nuevas malezas" mediante cruzamiento con parientes silvestres. La probabilidad que esto ocurra es evaluada previamente a la introducción de estos cultivos y es posteriormente vigilada una vez éstos han sido sembrados. Para evitar que ello ocurra y de acuerdo con las características del cultivo se aplican medidas de bioseguridad que permitan reducir y manejar el riesgo potencial.

Dentro de los principales beneficios que se han identificado con el uso de los OGM están:



Para la producción agrícola

- Mayor resistencia a los agentes patógenos.
- Incremento indirecto en los niveles de productividad como consecuencia de un menor ataque de plagas.
- Disminución en los costos de producción para el agricultor dado que sus cosechas pueden ser superiores en calidad y volumen.
- Tolerancia a factores abióticos como sequía, suelos ácidos, salinidad y heladas.



Para el medio ambiente

- El incremento de la productividad que se puede alcanzar con la introducción de OGM, podría ahorrar a los agricultores el uso de tierras marginales y de aquellas que no tienen vocación agrícola.
- Reducción de la aplicación de sustancias químicas para proteger los cultivos del ataque de plagas.
- Rehabilitación de tierras con limitantes para la producción agrícola. Extensas superficies del mundo se han salinizado debido a la utilización de prácticas no sostenibles. A través de la modificación genética será posible producir variedades tolerantes a suelos salinos, al estrés hídrico y las heladas.
- Reducción en la contaminación de aguas y suelos.
- Disminución de la presión sobre ecosistemas naturales.
- Reducción de residuos de fósforo y nitrógeno en lagos y corrientes de agua.



Para la salud humana

- Disponibilidad de alimentos con mejor calidad nutricional o industrial.
- Prevención de enfermedades, es el caso del arroz con mayores contenidos de vitamina A cuya deficiencia produce ceguera.
- Disminución del contenido de grasas e incremento de los contenidos de sólidos del producto de tal manera que durante el proceso de fritura, se absorben menos grasas.
- Eliminación de proteínas alergénicas en alimentos.
- Alimentos con menores niveles de ácidos insaturados.

Así, la biotecnología agrícola y los productos que desarrolle no deben ser juzgados exclusivamente por los riesgos o beneficios de la tecnología. Todos los eventos deben ser estudiados **caso por caso y paso por paso**. El balance entre los riesgos y beneficios que aporte la tecnología y sus productos deben ser tenidos en cuenta y ante todo valorar el costo del no uso y aprovechamiento de las nuevas tecnologías de una manera ética y ante todo objetiva.

Futuro cercano...

La biotecnología no se detiene aquí, en el futuro inmediato la ciencia aprovechará los desarrollos de la genómica estructural (identificación y localización de genes en el ADN), para entrar en la era de la genómica funcional y llenar la brecha entre el conocimiento de las secuencias de un gen y su función. De este modo se expandirá el alcance de la investigación sobre el estudio de genes individuales al estudio de todos los genes de una célula, al mismo tiempo y en un momento determinado.

Paralelamente se están aprovechando los avances en la proteómica es decir el estudio de las proteínas, su función y regulación dentro de un sistema, así como de la metabolómica donde los niveles de complejidad son mayores, y cuyo objeto es intervenir a nivel de rutas metabólicas que conduzcan al desarrollo de procesos más eficientes para la célula.

La biotecnología es una herramienta tecnológica dinámica, guiada por el avance en el conocimiento científico.



Taller para realizar con los estudiantes

Área global de cultivos genéticamente modificados

Contexto:

La adopción y uso de plantas genéticamente modificadas en el mundo no tiene precedentes en la historia de la agricultura.

Realice una búsqueda vía Internet de las áreas de cultivo de organismos genéticamente modificados a nivel global, tipos de cultivos sembrados y las características modificadas. Analice la información y exponga sus conclusiones.

Glosario

ADN: Abreviación de ácido desoxiribonucleico. Cadena constituida por bases nitrogenas, grupos fosfatos y un azúcar desoxirribosa y algunos organismos forma una hélice de doble cadena.

Agrobacterium: Género de bacterias del suelo que incluye especies patogénicas responsables de la aparición de síntomas tumorales o crecimiento excesivo de raíces.

Alelo: Diferentes formas de un gen. En una célula diploide hay dos formas para cada gen. Dentro de una población puede haber muchos alelos para un gen. Los alelos pueden ser dominantes o recesivos. En los heterocigotos con alelos co-dominantes, ambos se expresan.

Antera: Parte superior del estambre que contiene los sacos polínicos con el polen. Son usadas para obtención de haploidesa partir de micrósporas via androgénesis.

Anticodon: Tripleta de nucleótidos ARNt que corresponden a codones complementarios en una molécula de ARNm durante la traducción.

Apomixis: Producción de un embrión en ausencia de meiosis. Las plantas apomícticas producen semillas asexuales derivadas solamente de tejido materno.

ARN: Abreviación de ácido ribonucleico. Es un polímero de ácidos orgánicos formado por fosfato, un azúcar la ribosa y nucleótidos Adenina, Guanina, Citosina y Uracilo. Existen 3 tipos: ARNm, portador de la información genética; ARNt, transporta los aminoácidos y ARNr, constituye los ribosomas que participan en la traducción.

Autótrofo: Organismo capaz de alimentarse a si mismo utilizando CO₂ o carbonatos como fuentes de carbono y obteniendo energía de fuentes exógenas o por oxidación de elementos inorgánicos o compuestos como hierro, sulfuros, hidrógeno, amonio o nitritos.

Auxina: Tipo de regulador de crecimiento en plantas, estimulador de la división celular, elongación, dominancia apical, formación de raíces, y floración.

Biolística: Técnica empleada para introducir ADN foráneo mediante el uso de microproyectiles. Ha sido usada para transformar animales, plantas, hongos y hasta mitocondrias.

Bioremediación: Proceso que usa organismos vivos para remover contaminantes o sustancias indeseadas presentes en el agua o en el suelo.

Biotecnología: Toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos, organismos vivos o sus derivados para producir o modificar productos o procesos de uso específico.

Bioseguridad: Se refiere a las normas y procedimientos necesarios con el fin de evitar o manejar el riesgo que pudieran ocasionar los OGM a la salud humana y al medio ambiente.

Cariotipo: representación de los cromosomas de un individuo en metafase. En este aparecen organizados por tamaño y posición del centrómero.

CDB: Abreviatura para Convenio de Diversidad Biológica.

Citoesqueleto: compuesto por estructuras filamentosas llamadas microtúbulos, son polímeros de proteína de forma cilíndrica que dan soporte a la célula y participan en la división celular cuando las células hijas se separan.

Citoquininas: Regulador de crecimiento vegetal, responsable de la inducción de la división celular y la diferenciación celular. En cultivo de tejidos están asociadas a la formación de brotes. Son derivados de adenina.

Codón: uno de los grupos de tres nucleótidos consecutivos en el ARNm el cual representa la unidad de codificación genética y especifica un aminoácido en particular. Cada codón es reconocido por un ARNt portador de un aminoácido específico, el cual es incorporado en una cadena polipeptídica durante la síntesis de proteínas.

Codón de iniciación: Es aquel que especifica el primer aminoácido de la cadena polipeptídica y en el cual el ribosoma inicia el proceso de traducción. En bacterias es común el codón AUG que corresponde a la n-formilmetionina o GUG que corresponde al aminoácido valina. En eucariotes la síntesis de proteínas siempre se inicia con el codón AUG traducido como metionina.

Codón de terminación: Es un set de tres nucleótidos para los cuales no hay un ARNt que corresponda. En este punto se detiene la síntesis de proteínas y la cadena de polipéptidos es liberada. Los codones de terminación conocidos son: UAA, UAG y UGA.

Codex Alimentarius: Organismo regulatorio miembro de la FAO responsable de la definición de estándares internacionales de alimentos.

Clon: Grupo de células o individuos genéticamente idénticos como resultado de la reproducción asexual o vegetativa. La clonación también puede referirse a la inserción de un fragmento de ADN en un vector o cromosoma huésped.

Crioconservación: Conservación de germoplasma en estado dormante por almacenamiento a bajas temperaturas, a menudo en nitrógeno líquido.

Cromosoma: cuerpo núcleo proteico observable al microscopio durante la división celular. Son los portadores de los genes.

Cromatina: Sustancia que compone los cromosomas de las células eucariotas. Es un complejo de ADN, histonas y pequeñas cantidades de ARN.

Crown gall: Conocida también como agalla de corona, es un crecimiento tumoral que aparece en el cuello de la planta, producto de la infección de *Agrobacterium tumefaciens*. La agalla es producida por la introducción del Plásmido Ti a la célula vegetal.

Cry: Clase de proteína cristalina producida por *Bacillus thuringiensis*, ingenierizada e introducida a células vegetales para conferir resistencia al ataque de insectos. Estas proteínas son tóxicas a ciertas clases de insectos, pero han sido reportadas como inocuas para mamíferos e insectos no blancos. Sinónimo: delta endotoxinas.

Cultivo de tejidos: Cultivo *in vitro* de células, tejidos u órganos que se desarrollan en un medio nutritivo bajo condiciones estériles.

De-diferenciación: Regreso al estado no diferenciado. Este proceso ocurre cuando se produce una herida en la planta o en cultivo de tejidos, donde células de tejidos que cumplen una función específica, se convierten en no especializados comprometiéndose en un nuevo programa morfogénico.

Desinfectación: Eliminación de agentes contaminantes, no patógenos de la superficie de los tejidos que van a ser introducidos a *in vitro*.

Desinfección: Eliminación de agentes infecciosos de la superficie de los tejidos que van a ser introducidos a *in vitro*.

Diferenciación: Proceso en el cual células no especializadas dan origen a estructuras y funciones específicas. Esto ocurre durante la etapa de desarrollo y es irreversible en condiciones *in vivo* en organismos superiores.

Diploide: célula u organismo que contiene dos juegos completos de cromosoma, que en la mayoría de los casos uno proviene del padre y otro de la madre. Los tejidos somáticos de plantas y animales son comúnmente diploides, mientras que los gametos son haploides.

Dormancia: Período de vida de un organismo en el cual los procesos metabólicos disminuyen o cesan completamente. Es usual encontrar altos períodos de latencia en semillas de cereales y forestales.

Electroporación: Inducción de poros transitorios a nivel de la membrana plasmática en bacterias o protoplastos, al aplicar descargas de electricidad. A través de estos poros es posible introducir ADN exógeno a la célula. Es un método empleado en la transformación de bacterias.

Embriogénesis: Desarrollo de un embrión. Puede ser de origen sexual o a partir de tejido y se denomina embriogénesis somática.

Endonucleasa: Enzima capaz de romper enlaces fosfodiéster dentro de la cadena de ADN.

Enhancer: Sustancia o secuencia que incrementa la actividad química o fisiológica en un proceso. Las secuencias encontradas en eucariotes o en algunos virus incrementan la transcripción de un gen. Se encuentran ubicadas a varios pares de bases del gen que se expresa. En algunos casos pueden activar la transcripción de un gen que carece de promotor.

Enzimas: Proteínas que catalizan procesos metabólicos y actúan a muy bajas concentraciones. Se clasifican de acuerdo con el tipo de reacción que catalizan: oxidoreductasas, transferasas, hidrolasas, isomerasas, liasas y ligasas.

Enzima de restricción: Son endonucleasas que cortan el ADN en sitios específicos. Existen tres clases I: que tiene función de restricción y mutilación; II: corta dentro o cerca de una secuencia palindrómica, es la más usada en biología molecular y III: que tiene funciones de restricción y mutilación y requiere ATP.

Eucariote: Célula cuyo material genético se encuentra rodeado por una membrana y constituye un verdadero núcleo.

Exon: Segmento de un gen de eucariotes que es transcrito a ARNm. Finalmente expresa una proteína.

Explante: Porción de una planta o tejido vegetal que ha sido removido bajo condiciones asépticas para ser cultivado en medios nutritivos

Fenotipo: Apariencia visible de un individuo con respecto a una o más características

Fitoreguladores: Conocidos también como hormonas vegetales o reguladores de crecimiento, son sustancias químicas que actúan en bajas concentraciones, encargadas de promover, inhibir o modificar procesos biológicos. En plantas las más conocidas son las auxinas, cito quininas, giberelinas, etileno y ácido absísico.

Flujo de genes: Dispersión de genes provenientes de una especie cultivada a otra, usualmente relacionada, que en consecuencia puede provocar cambios en la frecuencia alélica.

Fragmentos de Okasaki: Fragmentos que aparecen en la replicación del ADN en la hebra retardada. Los fragmentos son finalmente unidos por la acción del la ADN ligasa.

Friable: Término empleado para definir un callo blando, que pueden ser cortados fácilmente y dispersados como aglomerados celulares o células en suspensión.

Gen: unidad de la herencia transmitida de generación en generación durante la reproducción sexual y asexual. Es una secuencia de nucleótidos que codifica para un ARN o para una proteína.

Gen GUS: Gen de *E. coli* que codifica para la síntesis de la beta-glucoronidasa. Se utiliza como gen reportero, por el color azul que aparece en los tejidos transformados.

Genoma: Juego completo de cromosomas heredados como unidad de cada uno de los parentales. Este juego comprende genes y secuencias no codificadoras.

Genotipo: Constitución genética de un organismo. Es la constitución alélica a un locus particular ej: Aa o aa. Es la suma del efecto de todos los loci que contribuyen a la expresión de una característica.

Germoplasma: Individuo o grupo de individuos o clon que representan un genotipo, variedad, especie o cultivo y que es mantenido como una colección *in vitro* o *in situ*.

Giberelina: Regulador de crecimiento que participa en la elongación, floración, forma y tamaño de los frutos, germinación, vernalización y otros procesos fisiológicos.

Haploide: Célula u organismo que contiene uno de cada par de cromosoma homólogo encontrados en una célula diploide. Las células sexuales o gametos son haploides.

Heterótrofo: Organismo incapaz de alimentarse a si mismo, utilizando CO₂ o carbonatos como fuentes de carbono y

obteniendo energía de fuentes exógenas o por oxidación de elementos inorgánicos o compuestos como hierro, sulfuros, hidrógeno, amonio o nitritos.

Histonas: Grupo de proteínas solubles ricas en aminoácidos de carácter básico, asociadas al ADN de células animales y vegetales.

Ingeniería genética: modificación del genoma y del fenotipo mediante transgénesis.

Intrón: Segmento de un gen de eucariotes que no codifica para una proteína. Los intrones son removidos cuando el ADN se transcribe a ARNm, en un proceso llamado *splicing*.

In vitro: Proceso que se lleva a cabo fuera del organismo o en un medio artificial. Se aplica al cultivo de diferentes explantes en recipientes de vidrio o plástico.

In situ: Proceso que se lleva a cabo en un medio natural o en el lugar donde originalmente se encuentra el individuo.

Locus: Sitio que ocupa un gen en un cromosoma.

Medio de cultivo: Cualquier sistema nutritivo para el cultivo de células vegetales, tejidos u órganos que contiene sales minerales, fuentes de carbono, vitaminas y en algunos casos reguladores de crecimiento.

Meristemo: Tejido vegetal indiferenciado pero determinado, cuyas células son capaces de dividirse y diferenciarse en tejidos especializados como raíces o brotes.

Microinyección: Introducción de pequeñas cantidades de ADN a células o tejidos con la ayuda de una aguja microscópica.

Micropropagación: Multiplicación *in vitro* y/o regeneración de plantas completas en condiciones de asepsia. Se conoce también como propagación clonal.

Nucleosoma: Sub-unidades de cromatina compuestas por un octámero de histonas y sobre los cuales se enrolla el ADN.

Nucleótido: nucleosido con uno o más grupos fosfato unidos entre si por enlaces 3´-5´hidroxilo a un azúcar pentosa. Los nucleótidos se unen entre si por enlaces fosfodiéster. Son: Adenina, Guanina, Citosina y Timina.

Operón: Unidad genética integrada funcionalmente para el control de la expresión génica en bacterias. El control de la expresión está dado en la regulación de la transcripción de los genes estructurales.

Opinas: Sustancias secretadas por las células de la planta como resultado de la infección con *Agrobacterium* y usadas exclusivamente por la bacteria como fuente de carbono para su crecimiento y reproducción en la planta.

Organismo Genéticamente Modificado: Conocido también como Transgénico, se refiere a un individuo al cual se le ha insertado un transgen en su genoma.

Organogénesis: Formación de órganos *de novo* a partir de callos, meristemos o suspensiones celulares. Cuando no aparece la etapa de callo la organogénesis es considerada también como micropropagación.

Palindrómico: Segmento de ADN de cadena doble, en el cual el orden de las bases en sentido 5'-3' en una cadena, es la misma en la cadena complementaria antiparalela, también leída en sentido 5'-3'.

Partenogénesis: Producción de un embrión a partir de un óvulo no fertilizado.

Plásmido: molécula de ADN extracromosómico, circular y autoreplicable presente en las bacterias. Puede de ser transferido de una célula a otra de la misma especie o a especies diferentes. Los plásmidos son particularmente importantes como vectores en ingeniería genética.

Procariote: Dícese de una célula cuyo material genético (cromosoma) no se encuentra rodeado por una membrana, sino ubicado en una región del citoplasma llamado nucleóide. Los procariotes no sufren meiosis y no tienen organelos funcionales como mitocondrias o cloroplastos.

Promotor: Corta secuencia de ADN, ubicado corriente arriba de la secuencia codificadora, a la cual se une la ARN polimerasa para iniciar la transcripción.

Propagación vegetativa: reproducción que no implica unión de gametos. Se conoce también como propagación asexual o somática. Es común en plantas a partir de yemas, segmentos nodales o tubérculos.

Protocolo de Cartagena: Conjunto de reglas internacionales con el fin de proteger la diversidad biológica de los riesgos potenciales que podrían aparecer por la liberación de OGM. Este establece un procedimiento para asegurar que los países disponen de la información necesaria para la toma de decisiones antes de aceptar el ingreso de OGM en sus territorios.

Protoplastos: Células vegetales desprovistas de pared celular, la cual puede ser removida por métodos mecánicos (maceración) o químicos (enzimas).

Replicación: Consiste en la duplicación de la molécula de ADN en presencia de la ADN polimerasa, durante la fase de síntesis (S) del ciclo celular. De Así cuando la célula se divide, las dos hijas contendrán la misma cantidad de ADN que la célula madre.

Ribosomas: estructura subcelular que consta de 2 sub-unidades una grande y una pequeña. Contiene el sitio para la traducción de ARN a proteína.

Silenciamiento: Pérdida de la expresión de un gen ya sea debido a una alteración en la secuencia del ADN o de su región regulatoria, o por interacciones entre sus transcritos y otros ARNm presentes en la célula (ARN antisentido).

Simbiosis: Asociación estrecha entre dos organismos donde hay ventajas para ambos o donde ambos reciben un beneficio como resultado de la asociación.

Sincronización celular: Cultivo en el cual todas las células son detenidas en una fase dentro del ciclo celular al mismo tiempo, para luego entrar en la fase de división. Esto se logra mediante la adición de drogas al medio de cultivo.

Suspensión celular: Tipo de cultivo en el cual células o agregados de células crecen y se multiplican en medio líquido.

Tejido: Grupo de células de estructura similar que cumplen una función específica.

Terapia génica: Tratamiento utilizado para tratar enfermedades hereditarias por transformación de un individuo afectado con una copia del tipo silvestre del gen que provoca la enfermedad.

Termoterapia: Exposición de un órgano o tejido a altas temperaturas. Es una técnica muy empleada para eliminar virus o micoplasmas.

Ti: Plásmido inductor de tumor presente en *Agrobacterium tumefaciens* y responsable de la aparición de la agalla de corona. En el plásmido se encuentran unas secuencias llamadas oncogenes que codifican para la síntesis de hormonas vegetales. Estos oncogenes son removidos cuando el plásmido es usado en procesos de transgénesis.

Totipotencia: Capacidad de una célula o un tejido para regenerar un organismo completo.

Traducción: síntesis de polipéptidos en el cual una secuencia de aminoácidos es determinada por el ARNm, mediada por el ARNt y transportada por el ARNr.

Transcripción: síntesis de ARN a partir de ADN en presencia de ARN polimerasa.

Transfección: Infección de una célula con ADN o ARN viral aislado, que resulta en la producción de partículas virales intactas.

Transformación: Toma e integración de un fragmento de ADN en una célula, en la cual el nuevo ADN es el responsable de la adquisición de una nueva característica.

Transgen: Secuencia genética aislada usada para transformar un organismo. Los transgenes se transmiten de una generación a otra por procesos de meiosis. Usualmente los transgenes provienen de especies diferentes a la que la receptora.

Transgénesis: introducción de uno o más genes proveniente de una célula a otra de la misma especie o de especies diferentes.

Transposón: es un elemento de ADN que puede moverse dentro del mismo cromosoma o a otro cromosoma.

Variación somaclonal: Cambios epigenéticos o genéticos inducidos durante la fase de callo o de células vegetales cultivadas *in vitro*. En algunas ocasiones estos cambios se reflejan en el fenotipo.

Vector: llamado también transportador, es una pequeña molécula de ADN (plásmido, virus, bacteriofago) que se emplea para transferir ADN dentro de una célula. Los vectores poseen sitios de clonación donde se introduce un ADN foráneo.

PÁGINAS ELECTRÓNICAS

<http://www.agrobio.org>

<http://www.porquebiotecnología.com.ar>

<http://www.colostate.edu/programs/lifesciences/cultivosTransgenicos/index.html>

<http://www.biotech.wisc.edu/outreach/teachingtools.html>

http://www.biotech.iastate.edu/educational_resources.html

<http://www.geo-pie.cornell.edu/>

<http://ucbiotech.org/indez.html>

<http://vector.cshl.org>

<http://www.eibe.info/>

<http://www.ncbe.reading.ac.uk/NCBE/PROTOCOLS/PRACBK/menu.html>

<http://aes.ucdavis.edu/outreach/univout/programs/biokit.html>

<http://www.accessexcellence.org>

<http://www.biotechinstitute.org>

<http://biotech.wisc.edu/Education/>

<http://www.agclassroom.org>

Bibliografía Bio-Aventura

- ALBERTS, B et al. 2003. The cell. Garland Publishing. NY.
- BARBA, A.A.; Luna, R. B.; Romero, A. J. 2001. Micropropagación de plantas. Editorial Trillas. México. 107 pp.
- BAJAJ, Y.P.S. 1995. Biotechnology in agricultural and forestry 30. Somatic embryogenesis and synthetic seed I. Springer-Verlag Heidelberg. Germany. 472 pp.
- BONNER, J.T. 1995. Hacerse más grande, volverse pluricelular. En: Ciclos vitales. Confesiones de un biólogo evolutivo. Alianza Editorial, S.A. Madrid. p 55-83.
- CALLOW, J.A.; Ford-Lloyd, B.V & Newbury, H.J. 1997. Biotechnology and Plant Genetic Resources. Conservation and Use. Centre For Agriculture and Biosciences International (CABI). New York-United States of America. 308 pp.
- CALLEN, J.C. 2000. Biología celular. Grupo Patria. México.
- Committee on environmental impacts associated with commercialization of transgenic plants. 2002. Environmental effects of transgenic plants. Ed. National Academic Press 2101. 320 p.
- CONSTANTINO, C., 2000. Manual de metodología de la Investigación. Ceja. Santa Fe de Bogotá.
- FOWKE, L & Constabel, F. 1989. Plant Protoplast. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. U.S.
- GRIERSON, D. & Covey, S.N. 1991. Biología Molecular de Plantas. Ed. Acribia S.A. 243 p.
- GROUT, B. 1995. Genetic preservation of plant cells *in vitro*. Ed. Springer. 169 p.
- HALL, R.D. 1999. Plant Cell culture Protocols. Ed. R.D. Hall. Hunman Press. 421 p.
- HALFORD Nigel G. 2003. Genetically Modified Crops. Crop Performance and Improvement, Rothamsted Reserch, UK. Imperial College Press.
- HARTMAN, H.T.; Kester, E.D.; Davies, T.F.; Geneve, R.L. 1997. Plant Propagation: Principles and Practices. Prentice Hall. United States of America. 770 pp.
- HERMAN, B. E. 2002. Recent advances in plant tissue culture VII. Regeneration and micropropagation: techniques, media and applications 1999-2002. Agritech Consultants, Inc. United States of America. 141 pp.
- HURTADO, M.D.; Merino M. M. 2001. Cultivo de tejidos vegetales. Editorial Trillas. México. 232 pp.
- JIMÉNEZ, L.F. & Merchan, H. 2003. Biología Celular y Molecular Ed. Pearson Education. 853 p.
- KLUG, W. & Cummings . 1997. Concepts of Genetics. Quinta Edición. Ed. Prentice-Hall, Inc. 703 p.
- La Biotecnología en América Latina: panorama al año 2002. Cambiotec. Iniciativa Canadiense-Latinoamericana en Biotecnología para el desarrollo sustentable. 237 p.
- MANTELL, S.H., Matthews, J.A. & McKee, R.A. 1985. Principles of Plant Biotechnology. An Introduction to Genetic Engineering in Plants. Ed. Blackwell Scientific Publications. 269 p.
- MARGULIS, L. & D. SAGAN. 1995. Sexualidad e intercambio genético a escala planetaria. En: Microcosmos. Cuatro mil millones de años de evolución desde nuestros ancestros microbianos. Tusquets Editores, S.A. Barcelona. p 101-113.
- MARGULIS, L. 1985. La era moderna. En: El origen de la célula. Ed. Reverté. Madrid. p 116-125.
- MILLER, R., 1998. Intercambio de genes bacterianos en la naturaleza. Investigación y Ciencia. Marzo. p 13-18.
- NIETO-JACOBO. M.F., 1999. Plantas transgénicas. Investigación y Ciencia. Enero.
- OCHOA, N. 1990. Conservación de germoplasma. *In* Fundamentos teórico- prácticos del cultivo de tejidos vegetales. Rossell, C.; Villalobos, V. (Eds.) FAO, Roma. p. 55-59.
- PEREZ P.J. 1998. Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología. Instituto de Biotecnología de Plantas. Cuba. 388 pp.
- PIERIK, R.L.M. 1987. In vitro culture of higher plantas. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht-The Netherlands. 344 pp.
- PLANT CELL TISSUE AND ORGAN CULTURE. Journal
- RAZDAN, M.K. 2003. Introduction to plant tissue culture. Segunda Edición. Ed. Science Publisher. 375 p.

ROCA, M. W. & Mroginski, L.A. (Eds.). 1991. Cultivo de tejidos en la agricultura. Fundamentos y aplicaciones. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 969 pp.

ROCA, W.M. 1984. Aplicaciones de herramientas biotecnológicas en el CIAT. In: Prerea, M. & Angarita, A. (Eds.) Memorias del I Congreso Nacional de Cultivo de Tejidos Vegetales. Santafé de Bogotá.

ROSE.M. 2000. ¿Podemos retardar el envejecimiento? Investigación y Ciencia. Enero

RUBLUO, A. 1985. Estrategias para la conservación del germoplasma vegetal *in vitro*. In El cultivo de tejidos vegetales en México. Robert, L.; Loyola, M. (Eds.) Yucatan. México. p. 35-53.

SASSON, A. 1988. Biotechnologies and Development. UNESCO/CTA . France. 361 pp.

STREET, H. 1977. Cell suspensions culture techniques. En: Street, H. (Ed.). Plant tissue and cell culture. University of California Press, Los Angeles, E.U.

VARGAS. M.V., 2000. Guía de estudio. Módulo de Biología celular. Ceja. Santafé de Bogotá.

WALLACE, D.C. 1997. Función normal y patológica del ADN mitocondrial. Investigación y Ciencia. Octubre.

WATSON, J.D., Gilman, M., Witkowski, J. & Zoller, M. 1992. Recombinant DNA. Segunda Edición. Ed. Scientific American. 626 p.

WEINBERG, R. 1996. Así se produce el cáncer Investigación y Ciencia. Noviembre.

WESTMAN, A. L. & S. Kresovich. 1997. Use of molecular marker techniques for description of plant genetic variation. Pp. 9-48. In: Callow, J. A.; B. V. Ford-Lloyd & H. J. Newbury (eds.). Biotechnology and plant genetic resources - Conservation and use. CAB International Biotechnology in Agriculture Series No. 19. Oxon, UK. 308 pp.

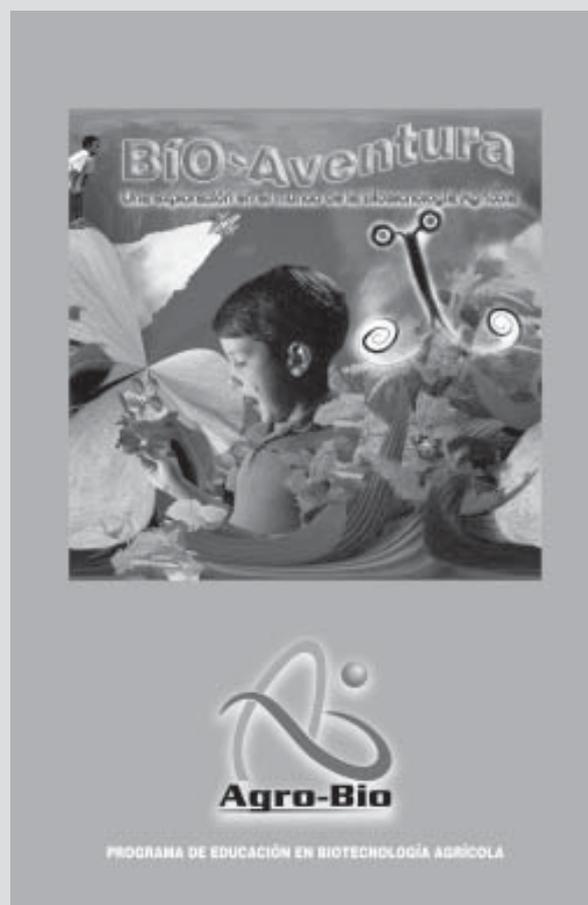
Web sites:

www.icbi.org

www.fao.org

www.isaaa.org

www.agrobio.org



Mayores informes:

Calle 90 No. 11A - 34 Oficina 409

Teléfono: 610 1029 • Fax: 610 1247

E-mail: agrobio@agrobio.org

Web: www.agrobio.org



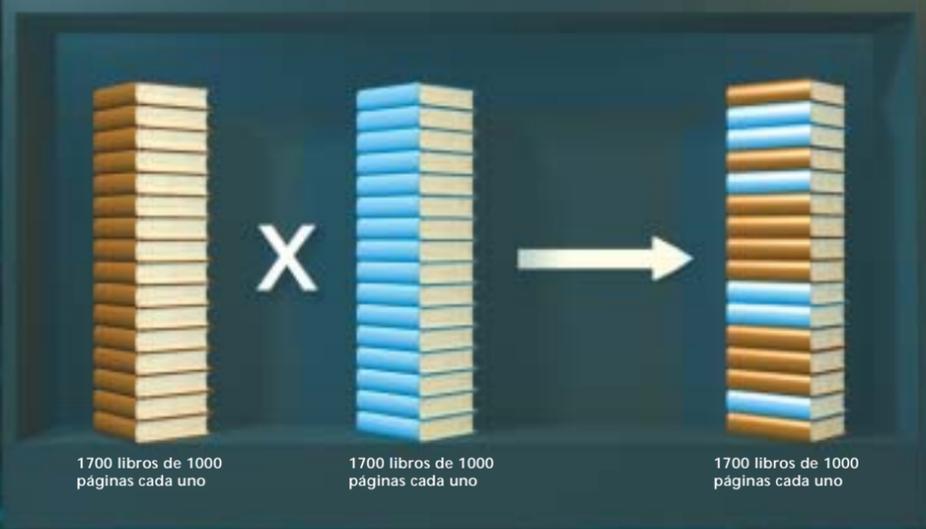
BÍO-Aventura

Una exploración en el mundo de la Biotecnología De la tecnología convencional a la biotecnología moderna

Se realizaron selecciones por muchas generaciones y así se modificó el contenido genético de las plantas, de forma empírica.



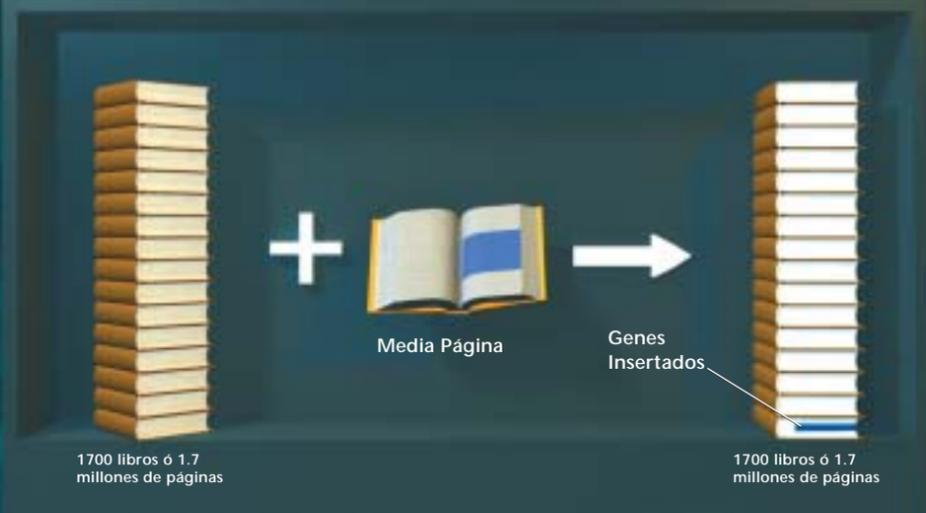
HIBRIDIZACIÓN O MEJORAMIENTO CRUZADO



TECNOLOGÍA DEL ADN RECOMBINANTE



METODOLOGÍA DEL ADN RECOMBINANTE



Programa de Educación en Biotecnología Agrícola



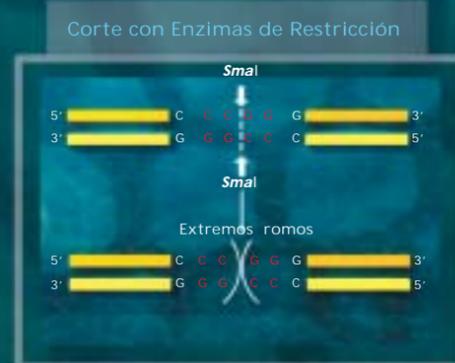


BÍO-Aventura

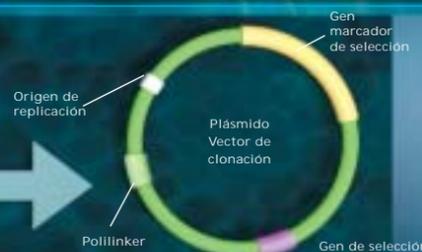
Una exploración en el mundo de la Biotecnología Agrícola

Etapas para la transferencia de genes

IDENTIFICACIÓN DE LA SECUENCIA DEL GEN DE INTERÉS

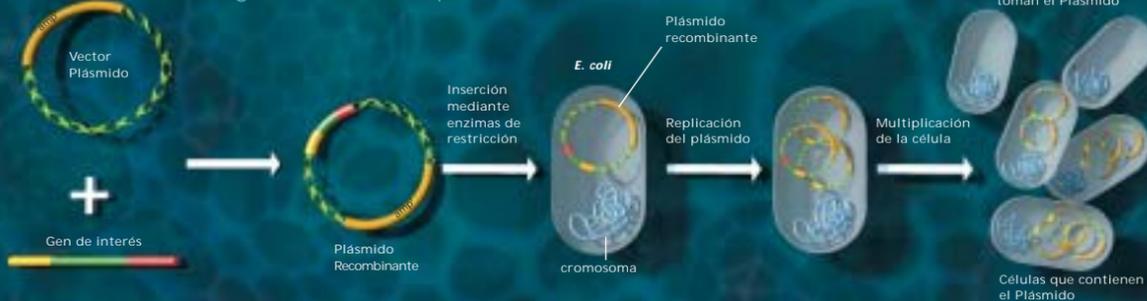


CONSTRUCCIÓN DEL TRANSGEN



CLONACIÓN

Estrategia de clonación en plásmidos

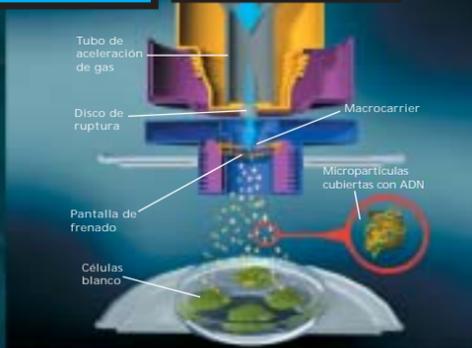


Selección de Fragmentos Clonados

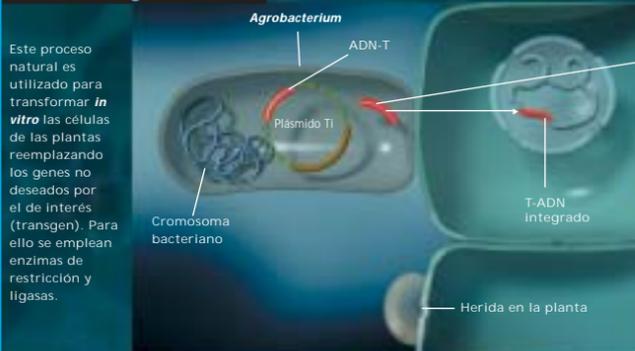


TRANSFORMACIÓN

Método 1: Biolística



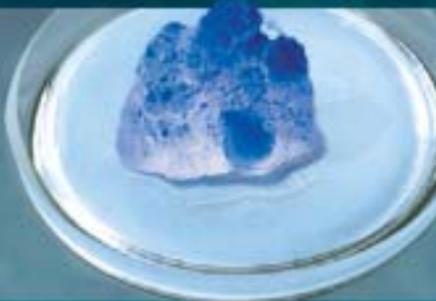
Método 2: *Agrobacterium*



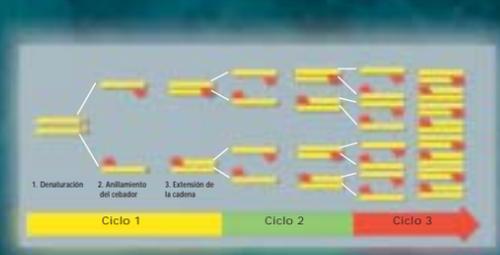
SELECCIÓN

Método 1: Detección visual por el método Gen GUS

La reacción se visualiza por la aparición del color azul que toman los tejidos.



Método 2: PCR - Reacción en cadena de la Polimerasa



REGENERACIÓN



Programa de Educación en Biotecnología Agrícola

BÍO -Aventura

Una exploración en el mundo de la Biotecnología Biotecnología agrícola moderna y la bioseguridad



De la aplicación de la Biotecnología moderna, como herramienta tecnológica, han resultado productos con diferentes características, veamos en que consisten .

PRINCIPIOS DE TRANSFORMACIÓN:



RESISTENCIA A INSECTOS:
El gen más empleado para conferir esta característica proviene de una bacteria natural del suelo, llamada *Bacillus thuringiensis*, que sintetiza una proteína denominada Cry. Cuando el gen de la bacteria ha sido transferido a la planta, ésta adquiere la resistencia al ataque de insectos específicos.

PARA LOGRAR UNA MADURACIÓN RETARDADA:
La modificación consiste en interferir (tecnología antisentido) la producción de etileno, de este modo las frutas podrán permanecer más tiempo en la planta hasta lograr el sabor deseado y no tendrán que ser cosechadas antes de tiempo.



RESISTENCIA A HERBICIDAS:
El empleo de estas tecnologías hace posible desactivar o reemplazar la secuencia de susceptibilidad por otra que confiera resistencia y que permita a la planta o cultivo resistir la aplicación del herbicida.



RESISTENCIA A CONDICIONES AMBIENTALES EXTREMAS:
Permite desarrollar cultivos capaces de progresar en ambientes desérticos, con altas concentraciones de sal, de bajas o altas temperaturas, entre otros. Veamos como ejemplo el desarrollo de cultivos resistentes a altas concentraciones de sal.



RESISTENCIA A VIRUS:
El proceso consiste en introducir los genes de la proteína de la cápsida del virus. Estos genes expresan en la planta altos niveles de la proteína y confieren de este modo la resistencia.



MEJORA NUTRICIONAL:
Se busca aumentar su contenido de Vitamina A en el arroz mediante la inserción de los genes involucrados en la síntesis de un precursor de dicha vitamina, el B caroteno. Este precursor se expresa en la semilla de la planta, parte que es la que se consume.

Cultivos desarrollados a través de la biotecnología moderna

- Maíz resistente a insectos y herbicidas
- Soya resistente a herbicidas
- Algodón resistente a insectos
- Papaya resistente a virus
- Papa resistente a virus
- Tomate de más larga vida poscosecha
- Clavel azul
- Arroz biofortificado



La Bioseguridad, es entendida como el conjunto de medidas y acciones requeridas para minimizar los potenciales riesgos que puedan ocurrir, cuando se utilizan Organismos Vivos Modificados (OVM), derivados y productos que los contengan.

La bioseguridad busca resguardar los intereses públicos y privados, permitiendo solamente la aplicación responsable de la biotecnología, cuidando mantener un balance entre la protección de la salud, el ambiente y la biodiversidad, sin entorpecer el comercio y la transferencia de tecnologías, mediante el establecimiento de normas.

Durante la evaluación de riesgo a la que se someten los OGM se tienen en cuenta los riesgos para el ambiente y la salud humana y animal.

SEGURIDAD Y NORMATIVIDAD DE LOS ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS

Miembros Consejo Técnico Nacional de Bioseguridad Agrícola



MARCO REGULATORIO EN COLOMBIA

La regulación para la introducción, transporte, uso, manejo, producción, liberación y comercialización de organismos genéticamente modificados de uso agrícola en Colombia está a cargo del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Esta regulación se basa en la Resolución ICA N° 03492 cuyo texto fue consultado a los distintos actores de la sociedad involucrados en el tema, gremios, universidades, ONGs, grupos ambientales, consumidores y otros.

Para la toma de decisiones el ICA recibe asesoramiento y apoyo del Consejo Técnico Nacional creado mediante acuerdo 0013 de 1998, cuya expedición fue subrogada por el acuerdo 00002 de 2002.

En nuestro país, el cultivo de una nueva variedad obtenida por transgénesis es analizado independiente de la modificación genética que se ha realizado y de la variedad que incorpora la nueva característica.

PROCEDIMIENTO DE INTRODUCCIÓN DE OGM AL AMBIENTE



Programa de Educación en Biotecnología Agrícola