



La clonación de plantas: una antigua técnica

La reproducción en la plantas

El mejoramiento de los cultivos por la mano del hombre no es una práctica nueva. De hecho, desde los comienzos de la agricultura el hombre aprendió que podía obtener nuevas plantas con características que les resultaban más útiles y beneficiosas.

Se estima que la agricultura tuvo sus comienzos hace unos 12.000 años, cuando los antepasados del ser humano comenzaron a domesticar las especies vegetales y se convirtieron de recolectores nómades a campesinos sedentarios.

La actividad agrícola continuó su desarrollo a medida que el hombre comenzó a mejorar las características de las plantas para su beneficio, y las adaptó a las condiciones climáticas y a las características del suelo. Así aprendió que podía obtener plantas mejoradas a partir del cruzamiento de dos tipos de progenitores con buenas características, o a partir de segmentos de una única planta.

La formación de nuevas plantas a partir de dos progenitores constituye el proceso de reproducción sexual. Cada progenitor aporta sus gametas (células sexuales) que se unen y forman la cigota, la primera célula del nuevo individuo que contará con una combinación de material genético de ambos progenitores. De este modo, los descendientes pueden heredar una combinación de rasgos que le ofrecen ciertas ventajas adaptativas en diferentes condiciones ambientales.

A diferencia de la reproducción sexual, que aporta gran diversidad a la descendencia, la reproducción asexual se caracteriza por la presencia de un único progenitor que se divide, y da origen a individuos genéticamente idénticos al progenitor y entre sí. Este tipo de reproducción se utiliza para obtener plantas que son copias (clones) de la planta original seleccionada por sus buenas características agronómicas.

La reproducción asexual o clonación en las plantas

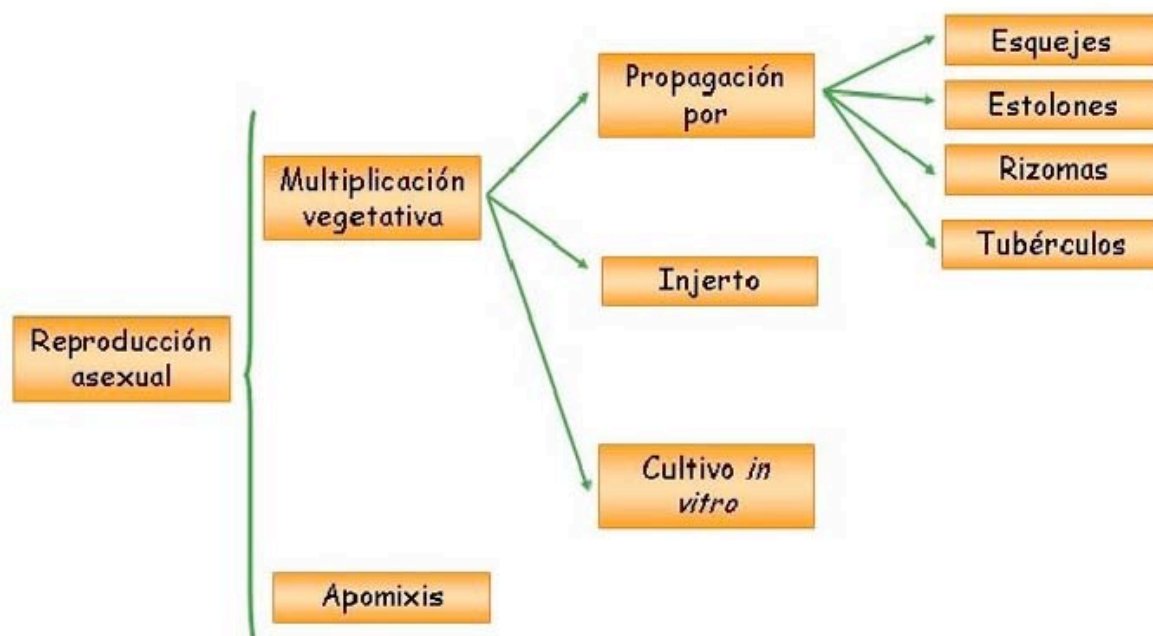
La clonación de plantas existe hace miles de años. Los agricultores y floricultores la practican desde hace muchos años para la producción de plantas ornamentales y alimenticias que son copias del progenitor. En la actualidad una gran cantidad de plantas de valor comercial, como las bananas, uvas y naranjas sin semilla, entre

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



muchas otras, han perdido la capacidad de producir semillas y deben ser propagadas por procesos de reproducción asexual.

El siguiente esquema resume las variadas formas que puede utilizar el hombre para reproducir asexualmente una planta y obtener copias idénticas o clones:



La multiplicación vegetativa

La multiplicación o propagación vegetativa es posible ya que cada una de las células de un vegetal, posee la capacidad de multiplicarse, diferenciarse y generar un nuevo individuo idéntico al original. A esta característica se la denomina *totipotencialidad*.

Por ejemplo, la multiplicación se produce a partir de las partes vegetativas de la planta, como las yemas, hojas, raíces o tallos que conservan la potencialidad de multiplicarse para generar nuevos tallos y raíces a partir de un grupo de pocas células.

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



La multiplicación vegetativa comprende desde procedimientos sencillos, como la propagación por gajos o segmentos de plantas, hasta procedimientos más complejos como es el cultivo de tejidos *in vitro*:

1) Propagación a partir de esquejes, estolones, rizomas o tubérculos. Estos son diferentes segmentos de las plantas que conservan la potencialidad de enraizar.

§ Esquejes. Muchos árboles y arbustos cultivados, son reproducidos a partir de esquejes o segmentos de tallos que, cuando se los coloca en agua o tierra húmeda, desarrollan raíces en sus extremos. Uno de los ejemplos más conocidos es el árbol de sauce que tiene una gran capacidad para formar raíces y crecer. Los esquejes pueden ser también de hoja, como los que se utilizan en la reproducción asexual de la begonia.

§ Estolones. Muchas plantas, como la fresa y la frutilla, desarrollan tallos delgados, largos y horizontales, llamados *estolones*. Éstos crecen muchos centímetros a ras de la tierra y producen raíces adventicias que, en cada nudo, dan origen a una nueva planta erguida. También hay distintos tipos de pastos, como el gramón y el trébol blanco que se reproducen de esta forma.



§ Rizomas. Otras plantas se extienden por medio de tallos denominados *rizomas*, que crecen bajo la superficie de la tierra. Muchas plantas aromáticas como el jengibre, menta, orégano, estragón y romero se reproducen a través de rizomas. Algunas malezas como la "pata de tero" y otras consideradas como plagas, son muy difíciles de controlar porque se extienden también por medio de estolones o rizomas.

§ Tubérculos. Los tubérculos son tallos subterráneos engrosados por acumulación de sustancias alimenticias, y sirven también como medio de reproducción. Ejemplos típicos de tubérculos son las papas y las batatas. Algunas de las variedades de papa que se cultivan casi nunca producen semillas, y deben ser propagadas plantando un trozo de tubérculo que tenga una yema u "ojo" del cual surgirán nuevas raíces y tallos. De esta forma se origina una nueva planta de papa, genéticamente idéntica a la que le dio origen.

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



2.) Propagación por Injertos. El injerto es la unión del tallo de una planta, con el tallo o raíz de otra, con el fin de que se establezca continuidad en los flujos de savia bruta y savia elaborada, entre el tallo receptor y el injertado. El tallo injertado forma un tejido de cicatrización junto con el tallo receptor y queda perfectamente unido a él pudiendo reiniciar su crecimiento y producir hojas, ramas y flores. Esta técnica es muy antigua y ya era practicada por los horticultores chinos desde tiempos remotos. Tiene grandes ventajas, sobre todo para el cultivo de árboles

frutales, pues permite utilizar como base de injerto plantas ya establecidas que sean resistentes a condiciones desfavorables y enfermedades, utilizándolas como receptoras de injertos de plantas más productivas y con frutos de mejor calidad y mayor producción.

Una de las industrias que recurren con mayor frecuencia a esta técnica es la vitivinicultura o cultivo de la vid para mejorar la producción de viñedos. Con gran frecuencia las plantas productoras de uvas de baja calidad, pero muy resistentes a la sequía y a las enfermedades, son injertadas con segmentos de vides de alta producción y calidad.



Injerto de cítricos

3) Propagación de tejidos vegetales en cultivo *in vitro*.

El cultivo de tejidos consiste en aislar una porción de la planta (*explanto*) y proporcionarle artificialmente las condiciones físicas y químicas apropiadas para que las células expresen su potencial de regenerar una planta nueva. Estas técnicas se realizan en el laboratorio en recipientes de vidrio (*in vitro*), en condiciones de asepsia para mantener los cultivos libres de contaminación microbiana. Las plantas se desarrollan en un medio de cultivo que está compuesto por macronutrientes, micronutrientes, gelificantes y compuestos orgánicos tales como hidratos de carbono, vitaminas, aminoácidos y reguladores del crecimiento. Así, se puede lograr la propagación masiva de plantas genéticamente homogéneas, mejoradas, y libres de microbios. La técnica de cultivo *in vitro* se encuentra ampliamente desarrollada en el cuaderno N° 35.

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



La Apomixis

La apomixis es un recurso muy útil para la agricultura, por el cual se obtienen plantas genéticamente iguales a la planta madre a través de la propagación por semilla sin que haya ocurrido fecundación de la gameta femenina. Por lo tanto, las semillas apomípticas contienen embriones cuyo origen es totalmente materno. Actualmente, la propagación por apomixis está tomando más fuerza ya que representa una forma de clonación de plantas a través de semillas, que brinda la oportunidad a los agricultores de desarrollar

nuevos y únicos cultivares de especies. La propagación de cítricos usando semilla apomíptica es la forma de propagación más utilizada y eficiente. Muchos pastos comerciales también se propagan de esta forma, tales como *Paspalum notatum* “pasto horqueta”, *Pennisetum ciliare* “pasto buffel” y *Poa pratensis* L. “blue grass o pasto azul de Kentucky”.

Aunque las causas de la formación del embrión sin fecundación sean aún difíciles de determinar, la apomixis constituye una forma de reproducción de especies que asegura un mejor control en la producción. Debido a que no hay intercambio de material genético, la apomixis permite la reproducción de especies con características favorables, resaltando su eficiencia y la producción de semillas de alta calidad. Es decir que esta técnica combina las ventajas de la propagación por semilla (por fecundación) y los métodos de propagación vegetativa.

La clonación de plantas y su uso en la biotecnología moderna

La clonación de plantas, fundamentalmente el cultivo *in vitro*, constituye un paso fundamental en la obtención y regeneración de plantas genéticamente modificadas, o transgénicas. La obtención de una planta transgénica mediante técnicas de Ingeniería Genética depende de la introducción de ADN foráneo en su genoma que determina la manifestación de un nuevo rasgo de interés. Normalmente se utilizan cultivos de tejidos, seguido de la regeneración de la planta completa y la subsiguiente expresión de los genes introducidos, o transgenes (Ver El Cuaderno N° 18 y N° 28).

El avance de la Ingeniería Genética vegetal se debió principalmente al desarrollo de dos importantes técnicas durante la década de los 80:

- ü Regeneración de plantas completas y fértiles a partir de cultivos de células o tejidos *in vitro*.

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



El Cuaderno

de PorquéBiotecnología

Edición N° 56 de

Introducción de ADN foráneo en la planta, seguido de su inserción en el genoma y su expresión (expresión de la proteína recombinante).
Mediante estas técnicas se han podido regenerar casi todas las plantas de interés agrícola: cereales, leguminosas, hierbas forrajeras, caña de azúcar, papaya, plátano, y de aquí la importancia del cultivo *in vitro* como paso fundamental para la obtención y regeneración de plantas genéticamente modificadas.

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



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N° 56 de

ACTIVIDADES

OBJETIVOS:

1. Revisar los conceptos explicados en el texto y profundizar a partir de trabajos de investigación de actualidad.
2. Interpretar la información del texto a partir de la realización de experiencias relacionadas.
3. Incorporar las experiencias de laboratorio como parte del aprendizaje y poner énfasis en el registro de datos y la interpretación de los resultados.

DESTINATARIOS:

Con diferentes niveles de profundización este Cuaderno puede ser adaptado a alumnos de EGB y a alumnos de Polimodal. Incluso con los alumnos más pequeños es posible trabajar aspectos básicos referidos a la reproducción de plantas. En EGB 3 y Polimodal este Cuaderno se puede aplicar al abordar conceptos vinculados a la reproducción, sexual y asexual, el origen de la diversidad y la variabilidad genética, la herencia y la evolución. A su vez, a partir de la experimentación con plantas es posible trabajar aspectos vinculados a la observación, la recolección, el registro y el análisis de datos.

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS:

El tema desarrollado en este Cuaderno se vincula con conceptos previos que los alumnos poseen, probablemente de la vida cotidiana, como es la multiplicación de plantas que pueden realizar en su propio jardín o huerta. Es importante retomar en clase estas ideas previas y trabajarlas a partir de los conceptos teóricos que se presentan en el Cuaderno. Esto se verá favorecido con el análisis de textos y con la realización del trabajo práctico que se propone, el cual puede llevarse a cabo en la escuela, con materiales cotidianos y en forma sencilla.

Si estos temas se incluyen al trabajar el tema reproducción, es interesante que los alumnos puedan establecer similitudes y diferencias entre los diferentes tipos y mecanismos de reproducción que presentan las plantas y los animales. Se pueden incluir conceptos tales como: órganos reproductivos, células sexuales, meiosis, mitosis, fecundación, gestación, semilla, útero, etc.

Asimismo, es importante relacionar los procesos de reproducción, sexual y asexual, con el origen de la variabilidad genética y la diversidad, y los beneficios o perjuicios

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



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N° 56 de

que podrían aportar para la evolución de las especies en un medio ambiente cambiante. También se incluyen en este tema el concepto de mutaciones como fuente de variabilidad en los organismos que se reproducen asexualmente. Estos conceptos se aplican preferentemente en el nivel Polimodal al trabajar el tema Evolución.

Otro aspecto que es posible trabajar con los alumnos se refiere al concepto mismo de la clonación. Habitualmente, se considera la clonación una técnica nueva debido, fundamentalmente, a la gran difusión que recibió en los medios de comunicación la clonación de la oveja Dolly. Es interesante interpretar la clonación de plantas como un procedimiento antiguo y, a su vez, plantear las diferencias que presenta con la clonación de animales cuyas células difieren en cuanto a su totipotencialidad. En tal sentido, es interesante trabajar con los alumnos, preferentemente en el nivel Polimodal, las implicancias que tuvo la clonación de Dolly en cuanto a los conocimientos acerca del ADN y su función. La clonación de mamíferos replanteó algunas teorías existentes acerca del ADN, según las cuales las células adultas de mamíferos perdían su totipotencialidad, debido a la inactivación de segmentos de ADN. Esto determinaba que no pudieran diferenciarse y dar origen a un organismo completo. Sin embargo, y a pesar de la dificultades que sufrió Dolly, esta oveja clonada se originó a partir del ADN extraído de células adultas.

Respecto al análisis de artículos de divulgación es importante que los mismos sean trabajados y analizados en clase, e incorporados como parte de los contenidos a ser evaluados, al igual que otros textos escolares.

ACTIVIDAD 1. Comprensión de los conceptos

Las siguientes preguntas pueden guiar una discusión o evaluación acerca de los temas trabajados en el Cuaderno.

1. El mejoramiento de las especies vegetales no es una práctica nueva. Explicar esta afirmación.
2. ¿Qué formas de reproducción pueden presentar las plantas? Desarrollar brevemente cada una de ellas y establecer algunas similitudes y diferencias.

Nota para el docente: Tener en cuenta la diversidad de caracteres y la recombinación de ADN en la descendencia, el uso en la producción de plantas

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



El Cuaderno

Edición N° 56 de

de interés agronómico, etc. A continuación se sugiere un cuadro que podría emplearse para comparar los principales aspectos de la reproducción sexual y la asexual:

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



	Reproducción sexual	Reproducción asexual
Cantidad de progenitores		
Formación de gametas		
Etapa de Fecundación		
Formación de la cigota		
Desarrollo del embrión		
Variabilidad entre los descendientes		
Ejemplos de organismos		

- a. Completar el cuadro.
 - b. Explicar por qué desde el punto de vista evolutivo, se considera que la reproducción sexual ofrece más ventajas que la asexual.
3. Explicar qué es la clonación y cuál es su relación con la reproducción asexual.
 4. La clonación no es una técnica nueva, a pesar de haberse difundido en los medios de comunicación en los últimos años. Explicar esta afirmación y dar ejemplos de especies vegetales que se clonan en la actualidad.
 5. Explicar el concepto de *totipotencialidad*.
 6. Describir brevemente los diferentes tipos de multiplicación vegetativa teniendo en cuenta el tejido u órgano que se utiliza para la producción de una nueva planta.
 7. ¿A qué se denomina Apomixis?
 8. ¿Qué es el cultivo *in vitro*?
 9. ¿Cómo se relaciona el cultivo *in vitro* con la producción de organismos transgénicos?

ACTIVIDAD 2. Clonación de plantas en la escuela

En esta actividad se propone realizar con los alumnos algunos ensayos de propagación de plantas.

Material de trabajo

- ü Plantas: Begonia, Hiedra, Lazo de amor, Bulbos y Tubérculos (tulipanes, cebollas, papas, batatas).
- ü Trincheta
- ü Sustrato (turba, perlita) o tierra con nutrientes
- ü Recipientes (vasos, macetas)

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



ü Hormona enraizante (se consigue en viveros)

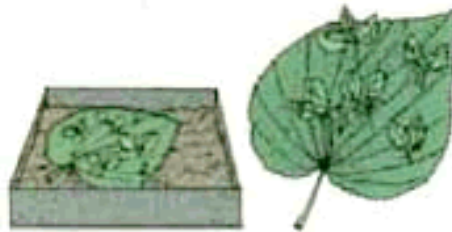
- ü Agua
- ü Horquilla de alambre o estaca de madera
- ü Herramientas de jardinería
- ü Termómetro

Procedimiento:

Se recomienda dividir al curso en pequeños grupos y que cada uno de ellos realice la multiplicación de algún vegetal a elección (pueden ser los aquí sugeridos u otros). Siempre es recomendable realizar varias réplicas del experimento para prever posibles dificultades que surjan, y para comparar resultados o probar diferentes variables (por ejemplo, luz o temperatura).

Multiplicación de Begonia: se puede realizar fácilmente por esquejes de hoja.

1. Cortar trozos de hojas (cada trozo debe llevar como mínimo un nervio principal) o emplear hojas enteras a las cuales se les da unos pequeños cortes en los nervios principales.
2. Colocar encima de un sustrato compuesto por turba y perlita.
3. Para el enraizamiento la temperatura debe ser de 25-28 °C. Un esqueje puede dar de 1 a 4 brotes adventicios, y enraízan a 25 °C en unas semanas.
4. Requiere abundante luz, pero no la insolación directa.



Fuente: http://www.terra.cl/guia_practica/jardineria/jardin_propagacion/asexual.cfm#

Multiplicación de la Hiedra: para la propagación de esta planta.

- 2) Cortar el segmento terminal de una rama (de entre 7 y 15 cm.) por debajo de un nudo.
- 3) Retirar las hojas de la rama excepto una o dos en el ápice.

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



4) Colocar en un recipiente con agua.

5) Cuando aparecen raíces pasar la planta a maceta o a tierra directamente.

Multiplicación de Lazo de amor: esta planta se reproduce naturalmente por estolones, y da origen a una planta nueva que está unida a la planta madre.

1. Elegir una rama nueva, larga, flexible, que soporte el arqueo.
2. Doblar en U el sector del tallo que se entierra, raspar o hacer una pequeña incisión y colocar hormona enraizante (se consigue en viveros).
3. Mantener en su lugar sujetando con una horquilla de alambre o con una estaca de madera, o simplemente, poniendo una piedra sobre ella.
4. La nueva planta enraizará.
5. Una vez que se desarrolla, cortar el lado de la rama que se conecta con la planta madre y trasladar a maceta o tierra.



Fuente:

http://www.terra.cl/guia_practica/jardinaria/jardin_propagacion/asexual.cfm#

Multiplicación de Bulbos y Tubérculos: los tulipanes, cebollas (bulbos), papas y batatas (tubérculos) pueden reproducirse a partir de estas estructuras de reserva.

1. Antes de plantar los bulbos lo mejor es colocarlos en el sitio deseado según la separación de plantación que se quiera.
2. Después de haber hecho un hoyo con una palita se pueden plantar los bulbos a la profundidad debida (que la base del bulbo quede a una profundidad que sea el doble del tamaño del bulbo) con el punto de crecimiento hacia arriba.
3. A continuación se echa tierra encima y se presiona ligeramente.

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



Las papas y cebollas también, echan raíces y tallos al colocarlas semisumergidas en un recipiente con agua, para luego poder transplantarlas a tierra.

Resultados

Se propone realizar un cuadro como el que sigue para el registro ordenado de los resultados:

Tipo de planta	Características de la planta	Mecanismo de reproducción asexual	Órgano vegetativo de origen	Condiciones (medio de cultivo, luz, temperatura, etc.)	Observaciones (Fecha, cambios observados, plantas sobrevivientes, etc.)						
					Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	

Conclusiones

Realizar una puesta en común de los diferentes grupos y analizar:

- en qué casos se logró la multiplicación de la planta, cuántas plantas sobrevivieron
- cómo fue el proceso de desarrollo de la nueva planta (estructuras que se desarrollaron)
- cuáles fueron las dificultades en la realización de la experiencia
- cuáles son las condiciones más adecuadas para el crecimiento de cada tipo de planta (comparar entre los diferentes tipos de plantas)
- qué características presenta la nueva planta respecto de la planta original
- ¿cómo se explica la respuesta a la pregunta anterior?

Se sugiere que cada grupo presente un Informe de Laboratorio para explicar la experiencia realizada, mostrar los registros de datos, los resultados y las conclusiones a las que llegaron.

Actividad N° 3: Lectura y análisis de texto

A continuación se reproduce un artículo publicado por el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) de Argentina.

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



Sistema de producción de plántulas de papa rustificadas para la obtención de semilla prebásica.

Ing. Agr. Susana Rigato

*La producción de semilla de papa se inicia con la multiplicación **in-vitro**, o micropropagación, de plántulas libres de virosis y otros patógenos.*

*En dicha técnica se utilizan medios nutritivos que incluyen sacarosa y reguladores de crecimiento. Uno de los problemas comunes en los laboratorios comerciales y de investigación de cultivos **in vitro** de plántulas es la contaminación del medio con microorganismos. Esto no sólo afecta el crecimiento y la sanidad de las plántulas sino que ocasiona grandes pérdidas de plántulas y repercute en el ya elevado costo de producción de estos laboratorios. El uso de antibióticos en el medio no ha resultado una solución práctica ya que en la mayoría de las especies se han observado efectos fitotóxicos.*

*A fin de evitar las contaminaciones se utilizan envases cerrados, sin embargo las condiciones ambientales dentro de dichos envases no son óptimas para el crecimiento y funcionamiento de una plántula. Se ha determinado que controlando el ambiente **in-vitro** se logra favorecer el crecimiento y desarrollo de las plántulas de papa y otros cultivos. Además, al optimizar el intercambio gaseoso y la humedad relativa del micro ambiente donde se cultivan las plántulas, se reducen los desórdenes fisiológicos y se facilita la aclimatación durante el transplante. A su vez, se ha observado que se puede prescindir del uso de sacarosa del medio de cultivo ya que los esquejes y las plántulas obtenidas en la micropropagación tienen capacidad de autofoto-sintetizar.*

*A partir de estos conceptos, el Laboratorio de Cultivos **In-Vitro** de la EEA Balcarce desarrolló un método de propagación de plántulas combinando técnicas de micropropagación y de multiplicación autotrófica en el cual se favorece el crecimiento de las plántulas de papa y se reducen al mínimo las pérdidas debido a la contaminación y al estrés de transplante.*

Por medio de este sistema, denominado SAH (sistema autotrófico hidropónico) en las etapas avanzadas de la producción de plántulas, se realiza la propagación por microesquejes cultivados en condiciones fotoautotróficas; éstos desarrollan en plántulas ya rustificadas para ser transplantadas al invernáculo.

*Los ensayos de producción realizados utilizando plántulas rustificadas y plántulas directamente de **in-vitro** no arrojaron diferencias significativas en cuanto a las tasas de multiplicación obtenidas. Sin embargo, debido a que el crecimiento de los microesquejes es rápido y a que se logran reducir las pérdidas por contaminaciones y por transplante, esta combinación de técnicas ha permitido un incremento altamente significativo de la productividad.*

Fuente:

<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/hortic/papa/sis/plantulas2.htm>

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



Aclaración: el término “rustificadas” hace referencia a “rustificación”: proceso de adaptación de las plantas obtenidas al ambiente en el cual crecerán. (El término “rustificación” también está definido en el Cuaderno N° 35)

A partir de la lectura, indicar la respuesta correcta para cada una de las siguientes afirmaciones (puede ser más de una opción):

- 1) La técnica empleada para la producción de semillas de papa, según esta nota, es:
- la reproducción sexual entre diferentes plantas de papa
 - la multiplicación vegetativa por medio de injertos
 - la propagación por rizomas
 - la multiplicación vegetativa *in vitro*

(Respuesta: d)

- 2) Una de los mayores problemas del cultivo *in vitro* de papa es...
- el enorme gasto en sustancias nutritivas, tales como la sacarosa.
 - la contaminación del medio con microorganismos
 - la contaminación del medio con sustancias tóxicas
 - el alto costo del material de vidrio utilizado

(Respuesta: b)

- 3) La contaminación del medio de cultivo es perjudicial ya que...
- afecta el crecimiento de las plantas
 - afecta la salud de las plantas
 - reduce la cantidad de plántulas que se obtienen
 - eleva los costos de producción.

(Respuesta: a, b, c y d)

- 4) El uso de antibióticos en los medios de cultivo...
- es una excelente solución al tratamiento de bacterias contaminantes de los medios de cultivo.
 - Favorece la contaminación con virus
 - Estimula el crecimiento de la planta

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



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N° 56 de

d. Puede producir efectos tóxicos para las plantas

(Respuesta: d)

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



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N° 56 de

- 5) Para el mejor desarrollo de la planta *in vitro* recomiendan:
- Tratamiento del medio de cultivo con antibióticos
 - Cerrar los recipientes para evitar la contaminación con microorganismos
 - Usar recipientes abiertos, pero controlar las condiciones de cultivo
 - Optimizar el intercambio gaseoso y de humedad relativa del microambiente donde se cultivan las plantas.

(Respuesta: c y d)

- 6) La técnica de propagación desarrollada por este grupo de investigadores permite prescindir del uso de sacarosa en el medio de cultivo porque...
- Las plantas obtienen su alimento a partir de la fotosíntesis
 - Se la puede reemplazar por otro tipos de azúcar más barato
 - Las plantas obtienen sacarosa a partir de la glucosa que fabrican en la fotosíntesis
 - Las plantas no necesitan alimentarse.

(Respuesta: a y c)

- 7) El sistema de reproducción utilizado, denominado SAH (sistema autotrófico hidropónico), combina dos estrategias:
- Propagación por estacas y por estolones
 - Micropropagación *in vitro* y por semillas apomípticas
 - Micropropagación *in vitro* y propagación por esquejes
 - Propagación por esquejes y producción de semillas por vía sexual

(Respuesta: c)

- 8) La combinación de técnicas resultó ventajosa ya que...
- la multiplicación de las plántulas que provienen de esquejes es mayor que la multiplicación de plántulas que provienen directamente de *in vitro*
 - el crecimiento de los esquejes es más rápido
 - se reducen las pérdidas por contaminación
 - se reducen las pérdidas ya que se trasplantan plántulas rustificadas y se evita el trasplante de los cultivos que crecen *in vitro*.

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



Actividad 4. Lectura y análisis de texto

La siguiente actividad presenta párrafos de un artículo referido a la propagación clonal de especies de interés en la región de Tierra del Fuego. Se proponen actividades de análisis y comprensión del texto.

Propagación clonal de especies de interés regional en Tierra del Fuego

El Programa Recursos Vegetales y Desarrollo Frutihortícola (PROVEG) del Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC) basa sus investigaciones en distintos aspectos de la producción primaria y estudios ecológicos de los ecosistemas de Tierra del Fuego. Uno de los proyectos estudia la propagación clonal de especies de interés regional como papa, frutales menores y especies forestales nativas....En el avance de la biotecnología ha cumplido un papel importante el desarrollo de las técnicas del cultivo in vitro de células, tejidos y órganos...

...Las etapas que podemos distinguir en este proceso son las siguientes:

- 1) Establecimiento: consiste en la desinfección de los explantos y su posterior adaptación al medio artificial.*
- 2) Multiplificación: busca lograr la brotación masiva de las yemas y generar nuevos explantos, hasta obtener el número deseado de futuros individuos.*
- 3) Enraizamiento: durante esta etapa es cuando se obtiene una verdadera planta ya que se buscará la formación de raíces en los brotes producidos.*
- 4) Rusticación: es adaptar las plantitas obtenidas al ambiente en el que finalmente crecerán....*

...Desde 1992, en el PROVEG se vienen elaborando los protocolos de propagación por cultivo in vitro para diversas especies a saber: Ribes magellanicum "parrilla", Berberis bzcqfolia "calafate", Pernettya mucronata "chaura", Nothofagus obliqua "rauli", iv. nervosa "roble pellín", N.. antarctica "ñire", N. pumilio "lenga" y N. leoni "huala"....

...Dentro de las innumerables ventajas que posee la micropagación en relación a la propagación convencional se encuentra el reducido espacio que se necesita para producir un importante número de plantas a partir de un explanto. Por ejemplo: a partir de una yema de "parrilla" al cabo de seis meses se pueden obtener de 800 a 1000 plantas enraizadas sin importar la época del año pudiendo efectuar así la introducción rápida de esta especie. La producción de plantas de sanidad controlada, la propagación de plantas recalcitrantes a las técnicas convencionales y la posibilidad de conservar por un largo tiempo germoplasma importante o en vías de extinción son otras de las ventajas que ofrece el cultivo in vitro.

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



El Cuaderno

Edición N° 56 de

El conocimiento de la propagación de las especies frutales menores y su posterior cultivo se convierte en una alternativa viable para la diversificación de la producción agropecuaria patagónica. A su vez, para el mejoramiento forestal, la selección del material vegetal a propagar es de crucial importancia, ya que esto determinará el futuro de la calidad y productividad de las especies elegidas. El desarrollo de técnicas de propagación in vitro para

donar los mejores fenotipos forestales es necesaria dada la dificultad para propagar las especies de *Nothofagus* por los métodos convencionales...

Fuente: <http://www.cadicush.org.ar/proveg.htm>

Preguntas para analizar el artículo:

1. ¿Cuál es el la Institución en donde se desarrolló esta investigación y en dónde se encuentra?
2. ¿Cuál fue el objetivo principal del proyecto?
3. Según los autores, ¿cuáles son las principales ventajas de la propagación de estas especies por cultivo *in vitro*?
4. ¿Cuáles son las aplicaciones de estas técnicas al desarrollo de la producción agropecuaria de la región patagónica?
5. Teniendo en cuenta que las especies de *Nothofagus* (entre ellas la lenga) constituyen los recursos madereros nativos más importantes de los bosques de la Patagonia, y que este recurso ha sido disminuido, tanto en su superficie como en su patrimonio genético, a través de quemas para la habilitación agrícola-ganadera y cosechas selectivas, ¿cómo podría contribuir la propagación in vitro para revertir este problema?

Material de consulta

<http://www.botanical-online.com/tigestipuscastella1.htm> Página de Botánica en donde figuran los distintos tipos de tallos, con figuras y evaluación final.

http://www.terra.cl/guia_practica/jardineria/jardin_propagacion/asexual.cfm# Página de jardinería en donde están detallados los procedimientos para la reproducción asexual de algunas plantas.

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



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N° 56 de

http://www.peruecologico.com.pe/cult_tuber.htm Página con la historia de los primeros cultivos de los Incas. Incluye galería de fotos. Recomendado para alumnos de nivel EGB 3.

http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro09/Cap3_3.htm Página de la FAO sobre cultivos andinos. Características generales, descripción botánica, diversidad genética y prácticas de cultivo. Recomendado para alumnos de nivel polimodal

http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/ENTRE_RIOS/26/culinvi.html. Página educativa sobre cultivo *in vitro*.

<http://www.cadicush.org.ar/proveg.htm> Cultivo *in vitro* en la propagación de las plantas.

http://www.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/bio/gc_002.htm Página de la Estación Experimental Agropecuaria de INTA San Pedro. Lectura: Micropropagación de especies leñosas.

<http://www.irabia.org/web/ciencias/botanica/web/indice.htm>. Sitio perteneciente a un colegio español en el que se presentan diferentes temas de las ciencias naturales. La página dedicada a la botánica explica, entre otros, la reproducción de las plantas de forma clara y accesible. Incluye láminas explicativas, fotos y videos que presentan las diferentes etapas de este proceso, y actividades de repaso.

<http://www.infor.cl/webinfor/investigacion/proyectos/plenga.html> - Informe acerca de la situación de las especies de *Nothofagus* en la Patagonia, sus causas, y los beneficios de la propagación de estas especies.

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