



El Cuaderno N° 70

La biotecnología y el ciclo biológico de las plantas

Conocer para mejorar

Uno de los logros de la biotecnología moderna es el mejoramiento de cultivos a través de la transferencia de características específicas y útiles, de manera predecible y controlable. Para lograrlo es necesario entender cuáles son y cómo están regulados los mecanismos que determinan la expresión de esas características a lo largo del ciclo de las plantas.

El conocimiento del ADN, la comprensión del proceso por el cual los genes se expresan en funciones o características, y el desarrollo de las técnicas de transformación genética ha permitido en las últimas décadas la producción de plantas con características agroforestales de importancia económica como lo constituyen la tolerancia a herbicidas, y la resistencia al estrés biótico (insectos, hongos, virus y bacterias) y abiótico (salinidad, sequía, altas y bajas temperaturas, etc.). También pueden ser modificadas características relacionadas con el crecimiento y el desarrollo de las plantas, como la maduración de semillas, frutos y tubérculos, la diferenciación de granos de polen, la arquitectura de la planta, la floración y la eficiencia fotosintética, entre otras.

Actualmente, existen muchos proyectos destinados a descubrir los genes involucrados en el crecimiento, reproducción y desarrollo, su función y regulación, y cuyos resultados podrán ser aplicados en el mejoramiento vegetal mediante técnicas de ingeniería genética.

Crecimiento y desarrollo de las plantas

Desde la formación de la cigota hasta la muerte de un individuo (ciclo de vida) ocurren cambios cualitativos y cuantitativos que constituyen su desarrollo y que acompañan al crecimiento.

Durante el crecimiento de una planta se producen muchos cambios morfogenéticos y fisiológicos, sujetos a un control complejo de factores internos y externos. Su manifestación más visible ocurre cuando ese individuo pasa del estado vegetativo al reproductivo.

Los cambios morfogenéticos que ocurren durante el crecimiento y desarrollo de una planta están sometidos a tres tipos de control:

- a) control intracelular o genético: toda célula de un ser vivo contiene la información genética necesaria para originar un individuo similar. La expresión de esa información está controlada por la actividad de los genes.
- b) control intercelular: es ejercido por las hormonas, las cuales por su acción a distancia determinan interacciones celulares que se manifiestan como fenómenos de correlación.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



c) control extracelular o ambiental: es el que ejercen los factores ambientales como luz (intensidad, duración y calidad), temperatura, etc.

En la mayoría de los casos, crecimiento y desarrollo se cumplen en forma armónica y paralela, es decir que la planta se desarrolla a medida que crece. Sin embargo, no siempre ambos procesos mantienen el mismo ritmo. En las plantas efímeras (completan su ciclo vital en un año) puede observarse un desarrollo muy rápido que va acompañado por escaso crecimiento. Por ejemplo las semillas de algunas plantas del desierto germinan luego de una lluvia de relativa intensidad y forman sus frutos antes que el suelo esté nuevamente seco. Durante este ciclo que puede alcanzar 10-15 días alcanzan a formar hojas y su tamaño no supera los 5-7cm. El caso opuesto puede observarse en algunas coníferas en las cuales el cambio de una etapa del desarrollo (período juvenil) a otra (período reproductivo) puede demorarse varios años llegando el individuo a alcanzar gran tamaño.

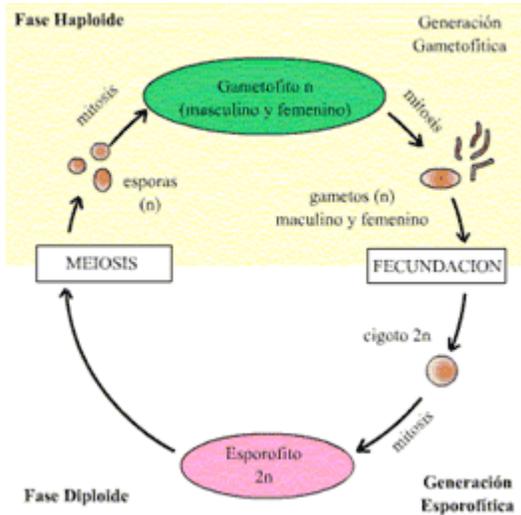
Un repaso del ciclo de vida en las plantas

A diferencia de los animales, el ciclo de las plantas presenta una alternancia de generaciones con diferente ploidía (número de "juegos" de cromosomas por célula), es decir haploides y diploides. Además, las plantas tienen fases multicelulares haploides (n = mitad de la dotación cromosómica de la especie) y fases multicelulares diploides ($2n$ = dotación completa de cromosomas). Estas fases están delimitadas por el proceso de *meiosis* que da origen a las células sexuales, y por la unión de las gametas en la *fecundación*.



Cuando madura, una generación forma sus propias células reproductivas por el proceso de meiosis. Si las células reproductivas son esporas, la generación que las originó se llama **esporofítica**, en cambio si origina gametas se denomina generación **gametofítica**. Los conjuntos de células vegetativas, originadas por mitosis a partir de una determinada célula reproductiva (espora o cigota) constituyen las **generaciones**.

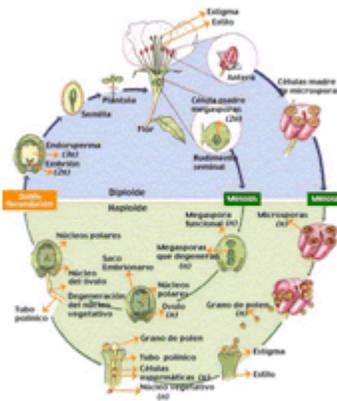
"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa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



Como muestra el esquema, las gametas masculinas y femeninas (haploides = n) se desarrollan en el gametofito. Dos gametas se fusionan en la fecundación, y forman una cigota ($2n$) que a través de sucesivas mitosis forman el esporofito. Las células diploides del esporofito se dividen por meiosis y originan esporas (n). Cada espora se divide por mitosis y se forma el gametofito donde se desarrollan las gametas. Y el ciclo vuelve a comenzar.

Ciclo de vida en una angiosperma

En las angiospermas (plantas con flores) la generación esporofítica está representada por la planta que se origina de la germinación de una semilla. Esta planta formará flores con estructuras reproductivas masculinas (estambres) y femeninas (gineceo). Dentro de estas estructuras se produce la meiosis que forma gametas, iniciando la generación gametofítica. Es decir que estas generaciones son parásitas de la esporofítica ya que viven dentro de los estambres y a expensas de las reservas de estas estructuras.



Se muestra la alternancia de generaciones. La planta es el esporofito en cuyas flores se forman las esporas masculinas y femeninas, las que dan origen a los gametofitos masculino (grano de polen) y femenino (saco embrionario).

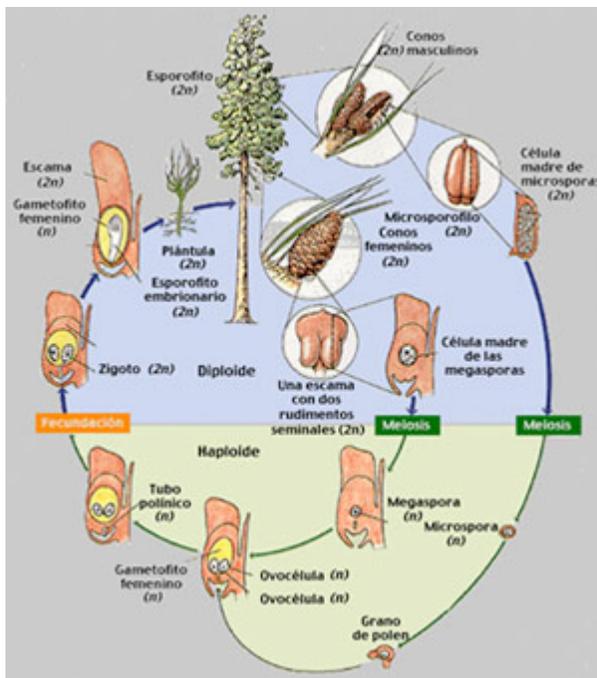
"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa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



Se forma un gametofito masculino, los granos de polen, donde se desarrollan las gametas masculinas, y un gametofito femenino que es el saco embrionario donde se desarrollan los óvulos. La fertilización ocurre cuando el polen llega al estambre de la flor. La fecundación en las angiospermas es doble: dentro de los granos de polen se forman dos gametas masculinas, una fecunda la gameta femenina u ovocélula, formando la cigota, la otra gameta masculina se une al núcleo del endosperma ($2n$) ubicado dentro del saco embrionario, formando el endosperma o sustancia de reserva de la semilla. Cuando las gametas haploides se unen y forman una cigota se reinicia una nueva generación esporofítica, diploide. La generación esporofítica puede ser mantenida en estado de latencia protegido por la capa de la semilla.

Ciclo de vida en una gimnosperma

En las gimnospermas (planta con semilla desnuda), la generación esporofítica también está representada por la formación de una planta a partir de la germinación de una semilla. Esta planta formará estructuras reproductivas cónicas masculinas y femeninas, donde se forman las microsporas que dan origen a los granos de polen y las megasporas que forman a los óvulos.



Se resume la alternancia de generaciones. En las Gimnospermas la planta es el esporofito. En el cono masculino y femenino del esporofito se producen las esporas, que a su vez generan los gametofitos (masculino y femenino) que finalmente se diferencian en las respectivas gametas. La semilla es producto de la fusión de las gametas.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



El entendimiento de la relación entre las generaciones y su importancia en el desarrollo de las plantas es un paso necesario en los proyectos de mejoramiento vegetal.

Reproducción sexual

La fecundación cruzada genera variabilidad genética de las poblaciones mediante la mezcla de genes. Esta ventaja sólo existe si hay cruzamiento con otro organismo que aporte una dotación de genes diferente, no así en la autofecundación cuando se combinan los mismos genes. La fecundación cruzada es tradicionalmente aprovechada por los fitomejoradores para introducir nuevas características en las plantas. En aquellos casos en los que las barreras reproductivas generan incompatibilidad sexual y por lo tanto una limitante en los cruzamientos, se utilizan técnicas de polinización artificial y rescate de embriones mediante cultivo *in vitro* de modo que resulten en individuos normales y fértiles.

Reproducción asexual o vegetativa

Las plantas también poseen un método asexual de reproducción. En este caso no existe combinación de características de dos individuos mediante la fecundación, y a menos que ocurra una mutación, los individuos resultantes son genéticamente idénticos a la planta madre. Este tipo de reproducción es usada por los agricultores porque permite propagar plantas con fenotipos interesantes manteniendo características obtenidas por selección artificial o por mutaciones naturales. Un ejemplo de esto es la *naranja de ombligo* que se originó por una mutación natural, y que es propagada vegetativamente por injertos de ramas sobre otros cítricos. De permitirse la reproducción sexual en esta planta, las semillas segregarían este carácter, diluyéndose entre la descendencia. Entre las estructuras involucradas en la reproducción vegetativa se encuentran los estolones, rizomas, bulbos, tubérculos y yemas (ver Cuaderno N° 56)

Apomixis

La apomixis es un método de reproducción 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. Es decir, un modo de reproducción asexual por el que se produce progenie del óvulo sin fecundar. Por lo tanto, las semillas contienen embriones cuyo origen es totalmente materno y se generan clones de la planta materna (partenogénesis). 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

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



El Cuaderno de Por Qué Biotecnología

EDICIÓN N° 70 - 2005

decir que esta técnica combina las ventajas de la propagación por semilla (por fecundación) y los métodos de propagación vegetativa. Es muy utilizada en la producción comercial de plantas. Muchos cítricos y pastos comerciales se propagan eficientemente por este método.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



Aplicación de la biotecnología en la modificación del ciclo biológico

Algunas de las posibles aplicaciones de la ingeniería genética para mejorar las plantas cultivadas sobre la biología del desarrollo son:

- la producción de híbridos
- evitar las transferencias de los genes hacia plantas no blanco y los cruces silvestres,
- el aumento del número de flores por planta,
- la obtención de plantas con flores más resistentes a las bajas temperaturas o al estrés hídrico
- inhibir la floración,
- provocar apomixis
- inducir esterilidad en los individuos machos
- modificar los tiempos de floración, de iniciación floral, de mantenimiento de estado floral, el retardo de la senescencia y la mejora de los patrones de crecimiento estacional.

Muchas de ellas están en etapa de experimentación y desarrollo, aunque los avances y resultados de los proyectos genoma permitirán mayores aplicaciones.

Modificación del ciclo de floración y senescencia. Estas aplicaciones son muy importantes, por ejemplo, en forrajeras perennes donde el crecimiento de las cañas florales, la floración y senescencia disminuye el valor nutritivo. La calidad del forraje podría mejorarse por lo tanto inhibiendo la producción de cañas florales que son poco digeribles o retardando la senescencia. Se han informado modificaciones en el tiempo de floración a través de la regulación de la expresión de genes involucrados en la iniciación del meristema floral.

Inducción de apomixis. Esta forma de reproducción constituye una herramienta única para desarrollar cultivares superiores y preservar combinaciones híbridas indefinidamente. Esto permitirá a los agricultores aprovechar parte de los granos de una planta híbrida como semiente para la siguiente siembra. Sin embargo la transformación de cultivares sexuales con genes que controlen la apomixis es aún hipotética ya que la identificación de esos genes aún no se ha logrado. El desarrollo de las técnicas de biología molecular harán posible en un futuro la comprensión del mecanismo de la apomixis, así como su transferencia a especies de interés.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



Retardo en la maduración de frutos. El primer cultivo OGM en comercializarse en USA fue un tomate de maduración retardada obtenido por la técnica de “antisentido” al que se denominó Flavr Savr™, y fue aprobado para consumo en 1994. Estos tomates maduran con más lentitud por lo que pueden permanecer en la planta por más tiempo y adquirir mejor sabor, en comparación con las variedades comerciales que se cosechan cuando están verdes.

La maduración de un fruto está relacionada con el reblandecimiento de las paredes celulares, más precisamente con la degradación de la pectina (un polisacárido que da rigidez a la pared celular), por la enzima *poligalacturonasa*. La técnica del antisentido consiste en introducir el gen de esta enzima pero en sentido inverso, de modo que el gen es inhibido. En consecuencia los frutos resultaron más resistentes a la maduración y al movimiento durante el transporte.

Plantas con esterilidad masculina. Se han obtenido plantas macho estériles de tabaco y canola, con un gen que provoca esterilidad junto a un promotor que direcciona la expresión del gen en la región de las anteras. La expresión del gen impide el desarrollo normal del polen y en consecuencia la esterilidad masculina. La producción de vegetales con esterilidad masculina impiden la polinización cruzada y la formación de híbridos menos valiosos, mientras que posibilita la producción de híbridos de alto valor mediante cruces dirigidos

Reducción en la altura de la plantas. Se demostró que regiones específicas de un gen de la bacteria *Agrobacterium rhizogenes* son responsables del bajo porte de las plantas que son transformadas con este gen, ya que reducen los entrenudos. El potencial de utilización de este gen en la reducción de la altura de plantas de interés agronómico está siendo estudiado.

Existen otros proyectos de mejoramiento vegetal basados en:

- a) estudios genéticos y moleculares de los procesos que regulan la formación del óvulo, el saco embrionario, y los gametos femeninos tanto en plantas modelo (*Arabidopsis thaliana*) como en plantas de interés agrícola (maíz y papa);
- b) identificación de genes y promotores útiles para el mejoramiento de semillas;
- c) estudio de los mecanismos que regulan el desarrollo embrionario y endospermico en la semilla,
- d) estudios de los genes y mecanismos de regulación involucrados en la determinación de patrones de crecimiento anual o perenne.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



ACTIVIDADES

Objetivos:

- Repasar los conceptos trabajados en el Cuaderno.
- Revisar conceptos vinculados con el proceso de reproducción, sexual y asexual.
- Aplicar los conceptos teóricos a partir de experiencias prácticas.
- Reforzar aspectos de la actividad experimental, en cuanto a la observación, al registro de lo observado, y a la vinculación entre la observación y la teoría aprendida.

Destinatarios y conceptos relacionados

Los temas abordados en este Cuaderno, así como las actividades propuestas, pueden adaptarse a diferentes niveles de la enseñanza, desde EGB 2 y 3 hasta Polimodal. Los temas abarcan desde conceptos más simples como la estructura de una planta con flor y sus partes, hasta aspectos más específicos vinculados con el ciclo vital y la genética en las plantas. Estos temas pueden incluirse al trabajar:

- ü Los seres vivos. Clasificación. Estructura y funciones vitales.
- ü Los organismos y su relación con el ambiente.
- ü Las plantas. Fotosíntesis y respiración. Ciclo vital. Semilla, flor y fruto.
- ü Los organismos. Reproducción sexual y asexual.
- ü Genética. Herencia de caracteres.

Consideraciones metodológicas:

Los temas vinculados con las plantas y su crecimiento se abordan habitualmente desde los niveles inferiores de la enseñanza escolar, particularmente a partir de experiencias de germinación de semillas, o del estudio de la fotosíntesis. Sin embargo, los conceptos vinculados con el ciclo de vida de las plantas suelen ser temas complejos y que, en ocasiones, llevan a errores conceptuales. Entre ellos, uno de los más frecuentes entre los alumnos es la confusión entre los procesos de

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



fotosíntesis y respiración en las plantas, o la poca claridad en cuanto a la relación entre la flor, el fruto y la semilla.

Si bien este Cuaderno no está destinado específicamente a trabajar esos conceptos, es importante clarificarlos, y se pueden incorporar al estudiar la reproducción en animales, en el ser humano, y comparar las estructuras y procesos que involucran. La comprensión de estos procesos permite interpretar cómo la biotecnología podría intervenir en su modificación.

Las actividades que se proponen abarcan desde conceptos básicos, como las estructuras de una planta con flor, hasta conceptos más complejos del ciclo vital y las alternativas que ofrece la biotecnología.

Las actividades pretenden poner énfasis en el trabajo a partir de representaciones gráficas (esquemas, ilustraciones). Por ejemplo, a partir de los esquemas se puede ahondar en el concepto de *ciclo*, como un proceso continuo y repetitivo que culmina en un punto desde donde vuelve a comenzar. Se puede relacionar con el ciclo de la materia, o el ciclo del carbono, o del agua, incluso con el concepto de reciclaje, entre otros.

Las actividades experimentales también hacen hincapié en la observación y en el registro de los datos observados. Es interesante trabajar con los alumnos la idea de *observación* y la diferencia con la *interpretación de lo observado* a partir de los conceptos aprendidos. Es decir que la observación no es “ingenua” sino que está mediada e influenciada por los conceptos trabajados y en ocasiones por lo que *el docente desea que los alumnos vean*. Por esto es importante, que los alumnos puedan ilustrar lo que ven, y se puede trabajar luego a partir de estas ilustraciones.

Para eso se dan algunas instrucciones:

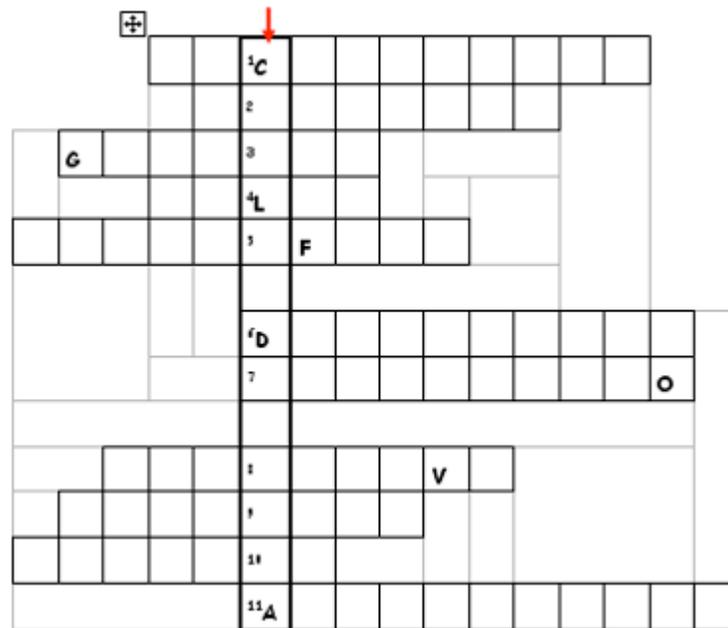
1. dibujar con lápiz afilado y trazos definidos.
2. el dibujo debe ser grande para ver detalles.
3. darle un título al dibujo.
4. señalar mediante flechas los nombres de las partes que se identifican.
5. en caso de una observación a través del microscopio, señalar el aumento con el que se observa (se calcula multiplicando el aumento de la lente ocular por el aumento de la lente del objetivo).

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



Actividad 1. Crucigrama. Repaso de conceptos

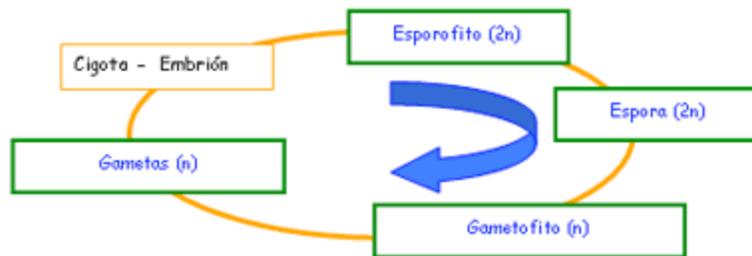
Completar el crucigrama a partir de los conceptos trabajados en el Cuaderno. Una vez completado, definir el término que se forma en la columna marcada.



Definiciones:

1. Proceso de unión de gametas y formación de la cigota, primera célula de un organismo.
2. Estructura o célula que contiene el “juego” completo de cromosomas propio de la especie.
3. Estructura reproductiva femenina ubicada en las flores de plantas angiospermas.
4. Gametofito masculino en las plantas angiospermas. En su interior de originan las gametas masculinas, o células espermáticas.
5. Estructura de la generación haploide del ciclo de vida de una angiosperma, donde se desarrollan las gametas.
6. Cambios que ocurren en un individuo durante su ciclo de vida y que acompañan el crecimiento.
7. Estructura propia de la generación diploide del ciclo de vida de una angiosperma.
8. Nombre del tomate transgénico con madurez retardada.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



- Ubicar en los cuadros del esquema las siguientes estructuras reproductivas:
Gametofito, Esporofito, Gameta y Espora.
- Indicar si cada una de las estructuras anteriores es haploide o diploide.
- Indicar mediante flechas la dirección en que ocurre el ciclo.
Flecha en el sentido de las agujas del reloj.
- Indicar cuál de las estructuras representa la planta y cuál representa la estructura multicelular dónde se forman las gametas.
Las gametas se forman en el gametofito que está en las flores de la planta (esporofito).
- Indicar en qué momento del ciclo se realiza la fecundación y la meiosis.
La fecundación ocurre entre las gametas para formar la cigota (y luego el embrión). La meiosis ocurre en el gametofito y da origen a las gametas.

Actividad 3. Reproducción sexual y reproducción asexual

A partir del cuadro que figura a continuación se propone establecer similitudes y diferencias entre los principales aspectos de la reproducción sexual y la asexual.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



	Reproducción sexual	Reproducción asexual
Cantidad de progenitores	2 o 1 (en organismos hermafroditas)	1
Formación de gametas	SÍ	NO
Etapas de Fecundación	SÍ	NO
Formación de la cigota	SÍ	NO, excepto en procesos como la apomixis en plantas
Desarrollo del embrión	SÍ, por mitosis	NO, excepto en procesos como la apomixis en plantas.
Variabilidad entre los descendientes	SÍ	Solo producto de mutaciones
Ejemplos de organismos	Animales, plantas	Plantas, organismos unicelulares

- a. Explicar por qué desde el punto de vista evolutivo, se considera que la reproducción sexual ofrece más ventajas que la asexual. **Rta.** La reproducción sexual aporta variabilidad genética a la descendencia, con lo cual frente a determinados cambios en el entorno existe mayor probabilidad de que algunos individuos posean características que les permitan adaptarse al nuevo ambiente y la especie no se extinga.
- b. Explicar qué es la clonación y cuál es su relación con la reproducción asexual. ¿Cómo se relaciona con el cultivo in vitro? ¿Qué beneficios tiene la reproducción asexual en la propagación masiva de plantas ornamentales?
Rta. ver Cuaderno N°56.
- c. ¿A qué se denomina Apomixis? **Rta.** Es un método de reproducción 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. Es decir, un modo de reproducción asexual por el que se produce progenie del óvulo sin fecundar. Por lo tanto, las semillas contienen embriones cuyo origen es totalmente materno y se generan clones de la planta materna (partenogénesis).

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



Actividad 4. Observación de estructuras reproductivas en plantas con flores

El propósito de la actividad es observar una flor e identificar las estructuras reproductivas que se encuentran en su interior y conocer los órganos reproductores de una planta con flor.

Materiales

- ü Flores (de diferente tipo, en las que se puedan identificar claramente sus estructuras internas)
- ü Pinza
- ü Trincheta
- ü Portaobjetos
- ü Lupa
- ü Microscopio óptico

Pasos a seguir:

- a) Observar la flor exteriormente. Dibujar lo que se ve, describir su forma, tamaño y colores. Buscar en la bibliografía el nombre de las estructuras que se observan y anotarlos en el dibujo.
- b) Retirar delicadamente las estructuras más externas y observar el interior de la flor. Dibujar lo que se ve y dar nombre a las partes que se observan a partir de los datos que se encuentran en la bibliografía.
- c) Retirar un estambre de la flor y espolvorear polen sobre un portaobjetos, como muestra la ilustración.



- d) Cortar longitudinalmente, cuidadosamente con la trincheta, el ovario y observar su interior con la lupa. Dibujar lo que se ve.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



- e) Retirar del ovario, con ayuda de la pinza, las pequeñas estructuras que hay en su interior y colocarlas sobre el mismo portaobjetos donde se colocó el polen.
- f) Observar este preparado al microscopio.
- g) Describir y comparar la forma y el tamaño de las estructuras observadas al microscopio.

Algunas preguntas para analizar la experiencia

1. Averiguar cuál es la función de cada una de las partes que forman la flor.
2. ¿Las flores que se observaron tenían los sistemas reproductores de ambos sexos o sólo uno de ellos? Averiguar cómo se denomina a las plantas que tienen órganos masculinos y femeninos en un mismo individuo, en las mismas flores y en flores diferentes.
3. ¿Qué es el polen?
4. ¿Qué conclusión se podría sacar acerca del tamaño de los espermatozoides y de los óvulos en la planta a partir de la observación al microscopio? ¿Es esto similar a lo que ocurre en el cuerpo humano?
5. Investigar cómo se realiza la polinización en cada especie de planta elegida para observar la flor.
6. Si se extrajeran células de los pétalos o del tallo de la planta y se pudiera conocer el número de cromosomas que contienen, ¿sería igual al número de cromosomas que contienen los óvulos y los espermatozoides de la planta? ¿Por qué? ¿Cuál es el proceso por el cual se originan esas células?
7. La siguiente ilustración muestra una secuencia de acontecimientos que ocurren en una planta. A partir de lo estudiado acerca del proceso de reproducción sexual en las angiospermas resolver los siguientes puntos:

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



- I. Rotular las diferentes estructuras en el esquema.
- II. Redactar un texto para relatar el proceso representado.
- III. Explicar cuáles serían los pasos que siguen en este proceso y que no están representados en la ilustración.

Actividad 5. Reactivar plantas

Algunas verduras como las papas, batatas, cebollas, o zanahorias parecen estar muertas, pero en realidad no lo están. Si se les da las condiciones apropiadas podrán “despertarse” y reiniciar su ciclo de vida.

Materiales

- Una batata (también probar con cebolla, zanahoria, papa)
- Palillos
- Un frasco
- Agua

Procedimiento

1. Colocar la batata en el frasco
2. Clavar los palillos en la batata para sostenerla dejando una tercera parte de la misma fuera del frasco
3. Llenar las tres cuartas partes del frasco con agua
4. Ubicar el frasco con la batata en un lugar iluminado. ¿Por qué es necesaria la presencia de luz?

Nota: Si bien estas estructuras contienen reservas energéticas, como almidón, la luz

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



promueve la formación de clorofila que será utilizada en la captación de luz para el proceso de fotosíntesis que realizan las partes verdes de la planta en desarrollo.

5. Al cabo de una semana aproximadamente, observar la aparición de diferentes estructuras y registrar los cambios. **Nota:** aparecerán brotes desde los nudos de la parte superior de la batata, luego se formarán hojitas y al mismo tiempo se formarán raíces.
6. Identificar el tipo de reproducción que ocurre en esta experiencia. **Rta.** Asexual.
7. Describir brevemente los diferentes tipos de reproducción asexual teniendo en cuenta el tejido u órgano que se utiliza para la producción de una nueva planta. **Para responder ver el Cuaderno N° 56.**
8. Investigar a qué tipo de estructura reproductiva corresponde la batata. Hacer lo mismo con: cebolla, zanahoria, ajo, papa, tulipán. 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)	Observaciones (por día)

9. ¿Cuál es la propiedad que poseen las células vegetales (y no las animales) que les permite originar un nuevo individuo idéntico al original a partir de cualquier célula adulta?

Rta. La totipotencialidad: cada una de las células de un vegetal, posee la capacidad de multiplicarse, diferenciarse y generar un nuevo individuo idéntico al original.

Actividad 6. Novedades en Biotecnología

Dilucidan el mecanismo que controla la floración en plantas

Publicado el 19/02/2004. Novedades. <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/>

Científicos del Instituto Max Planck de Alemania y de la Universidad Hebrea de Jerusalén descubrieron el mecanismo molecular por el cual las plantas inician la floración respondiendo a las variaciones en la duración y la calidad de la luz. Sus hallazgos recientes, publicados en la revista *Science*, podrían tener consecuencias importantes en el control del período de floración de las plantas y en la adaptación de éstas a ambientes diferentes a sus hábitats naturales. En muchos casos, la producción de alimentos a partir de cultivos vegetales está limitada a determinadas estaciones o regiones del mundo. Una de las razones de este fenómeno es que cada planta ha desarrollado durante la evolución mecanismos para hacer coincidir la floración con el mejor momento para su reproducción, basado en las características ambientales en las que se ha desarrollado. Los investigadores realizaron los experimentos en la planta modelo *Arabidopsis thaliana* y demostraron cómo la duración del día y la calidad de la luz afectan la estabilidad de una proteína promotora de la floración, llamada CONSTANS. Este hallazgo ayuda a explicar el comportamiento de muchas plantas que presentan una floración estacional dependiente del período de luz. El Dr. Alon Samach, investigador en el proyecto, señaló que a partir de estos resultados se podría pensar en modificar el período de floración de cultivos importantes económicamente. Esto se haría a través de la introducción de cambios en los genes que aumenten o disminuyan la estabilidad de las proteínas CONSTANS o, en algunos casos, a través de la manipulación de los sistemas que les permiten a las plantas captar la luz solar.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.



Preguntas para el análisis del artículo:

- ¿Cuál es el descubrimiento realizado por los investigadores mencionados en la nota?
Rta. descubrieron el mecanismo molecular por el cual las plantas inician la floración
- ¿Cuáles son los factores ambientales que determinan la floración?
Rta. Variaciones en la duración y la calidad de la luz. Estos factores influyen en la estabilidad de una proteína –constans- que promueve la floración.
- ¿Cuál es el cambio que se podría realizar en las plantas mediante técnicas de ingeniería genética a partir de este descubrimiento?
Rta. Introducir cambios en los genes que aumenten o disminuyan la estabilidad de las proteínas CONSTANS o manipular los sistemas que les permiten a las plantas captar la luz solar.
- ¿Cómo afectaría esta modificación genética la función de interés en la planta?
Rta. Se podría modificar el período de floración de cultivos importantes económicamente y de esta forma adaptarlo a ambientes diferentes a sus hábitats naturales. De esta forma, la producción de alimentos a partir de cultivos vegetales no estaría limitada a determinadas estaciones o regiones del mundo.

Material de consulta

- **Reproducción sexual y ciclos de vida.** Hipertextos del área de la biología. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. Incluye ilustraciones y animaciones del ciclo de las plantas. <http://fai.unne.edu.ar/biologia/reproduccion/sexual.htm#INDICE>
- **Biología.** Curtis H & N.S.Barnes. Biología. 6° Ed. en español. 2000.
- **Biotecnología y mejoramiento vegetal.** Echenique V., Rubinstein C., Mroginski L. (eds.). 2004. Buenos Aires. Ediciones INTA.
- **“El gran escape de la planta”.** Extensión de la Universidad de Illinois. Sitio con recursos para enseñar a niños pequeños acerca de las plantas, su estructura y ciclo de vida. http://www.urbanext.uiuc.edu/gpe_sp/index.html.
- **Un Grupo para Estudio de Plantas Espaciales. Cómo crecen las plantas en el espacio. Ciencia de la NASA.** http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2001/ast10may_1.htm
- **Novedades de Biotecnología.** Argenbio – Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología-. <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/doc/reportes/reportes.asp>

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué 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 Por Qué Biotecnología.