



## Diversidad, Selección Natural y Selección Artificial

La diversidad de plantas que la agricultura moderna produce actualmente para satisfacer las demandas de la población mundial, es el resultado de numerosas modificaciones genéticas ocurridas de forma natural y de forma artificial (por la mano del hombre) por medio de la agricultura tradicional desde hace, aproximadamente, 10 mil años. Numerosos ejemplos muestran que las especies vegetales que el hombre utiliza para sus necesidades, son diferentes a sus antecesores como resultado de años de mejoramiento. La modificación genética de plantas comenzó a través de la reproducción selectiva: preservar semillas de las plantas más vigorosas, para sembrarlas posteriormente. A lo largo de un período de muchos años, esta selección resultó en variedades de cultivo con mayor rendimiento.

Inclusive, el proceso de selección se ha llevado a cabo en los animales, no solo en el ganado, sino también en perros, gatos, peces, etc.

Hoy en día la ingeniería genética se ha sumado como una herramienta complementaria de gran utilidad para generar variación en los organismos con objetivos definidos (ver Cuadernos N° 4, 5, 6, 7, 17, 18, 22, 27, 56, 59, 67).

Pero, la ingeniería genética no es la única ni la primera fuente de diversidad. Factores tales como la selección natural, las mutaciones, la hibridación y la selección artificial, determinan la variabilidad genética de las plantas cultivadas.

### Mutaciones y Variabilidad genética

La fuerza fundamental en la evolución de las plantas cultivadas o silvestres son las mutaciones: cambios casuales y azarosos en la estructura o el número de cromosomas, capaces de inducir procesos que llevan a cambiar la forma, estructura y crecimiento de una planta (ver Cuaderno N° 3, 20, 40, 41).

El hombre ha aprovechado algunos tipos de mutaciones útiles para el mejoramiento de los cultivos. Un ejemplo histórico es el de la remolacha azucarera. Para satisfacer la demanda de azúcar en Europa, el mejorador de plantas francés Vilmorin tomó como base una remolacha forrajera con poco más del 6% de azúcar. A lo largo de varias generaciones de cruzamientos, fue escogiendo los tipos de mayor contenido de azúcar, y a través de una selección paulatina llegó a obtener una planta nueva, la remolacha azucarera, con 10 a 20% de azúcar.

Un tipo de mutaciones, que genera los llamados poliploides, es de gran interés para los productores. En este caso la mutación consiste en doblar o multiplicar el número básico

"El Cuaderno de Por Qué 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.



de cromosomas ( $n$ ). Se encuentran individuos o especies con 3 veces el número básico de cromosomas o triploidía ( $3n$ ), tetraploidía ( $4n$ ), hexaploidía ( $6n$ ), etc. Numerosas plantas cultivadas son poliploides, entre ellas la caña de azúcar, tabaco, maní, trigo, uva, papa, ananá, algodón, banana, naranja de ombligo, etc.

La frutilla se originó a través del cruzamiento de dos especies de fresas de jardín de origen geográfico diferente, cuando se plantaron juntas en jardines ingleses a mediados del siglo XIX.

El tabaco, se originó a partir del cruce entre dos especies diferentes y posterior doblamiento del número de cromosomas: *Nicotiana sylvestris* ( $2n=24$ ) con *Nicotiana tomentosa* ( $2n=24$ ) resultando *Nicotiana tabacum* ( $4n=48$ ).

### Hibridación y nuevos cultivos

La hibridación también juega un papel importante en la formación de nuevos cultivares o especies (ver Cuaderno N° 5). Seleccionando las mejores plantas o las más vigorosas, los agricultores a lo largo del tiempo enriquecen la genética de las plantas con atributos importantes para el cultivo, tales como mayor rendimiento, incremento en la resistencia a plagas y mayor compatibilidad con los sistemas de producción.

Debido a que la mejora de los cultivos depende de la diversidad genética, por ejemplo, nuevas fuentes de genes y expresión de los genes existentes, el mejoramiento continuo requiere y continuará requiriendo aún mayor diversidad. Esta necesidad de diversidad condujo a nuevas estrategias en la reproducción de las plantas cuando los agricultores descubrieron que los cruces entre ciertas especies estrechamente relacionadas podían producir frutos fértiles. Esta **reproducción cruzada interespecífica o intergenérica**, natural o intencional, permitió una nueva recombinación y selección de genes que provee nuevas fuentes de diversidad genética y de rasgos deseables.

La reproducción cruzada entre especies presenta dos posibles resultados:

1. la creación de nuevas especies que contengan todos los genes de los múltiples progenitores. De esta manera se obtuvo el triticale, un híbrido fértil entre el trigo y el centeno, producto de un doblaje espontáneo de cromosomas.
2. la recombinación, en la cual se mantiene un genoma simple, que consiste en una mezcla de genes seleccionados al azar de cada una de las especies parentales. Largos segmentos de cromosomas que contienen miles de genes individuales han sido incorporados de esta manera de una especie a otra. Este tipo de tecnología se emplea actualmente por criadores de muchos cultivos, incluyendo cereales, tomate, maíz, trigo,

"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.



girasol, soja, algodón, entre otros, todos los cuales son producto de extensa modificación y selección genética.

Los productos que ocurren naturalmente de cruzamientos interespecíficos han sido empleados por miles de años, y muchos de los alimentos que se comen actualmente, provienen de tales cruces. Un buen ejemplo es el trigo hexaploide cultivado, el cual tiene tres genomas diferentes, cada uno derivado de una especie silvestre ancestral. A veces, el cruzamiento de dos especies puede producir un embrión viable, que en condiciones naturales se desarrolla durante un período de tiempo y luego muere. Sin embargo, usando la técnica conocida como **rescate de embriones mediante cultivo in vitro**, el embrión puede ser recuperado poco después de la fertilización y colocado en un sistema de cultivo. De este modo, el embrión puede desarrollarse hasta ser una planta madura y fértil. El cultivo de tejidos puede así preservar y aumentar el acceso a la diversidad genética (ver Cuaderno N° 98, 89).

### Las fuerzas de selección

Los cambios que se producen en las especies cultivadas ya sea por mutaciones o por hibridación están sujetos luego a la acción de las fuerzas selectivas.

El concepto de selección fue concebido y difundido por Charles Darwin, inspirado al leer trabajos del economista Malthus. Darwin sostenía que cuando los recursos son limitados, la producción de más individuos que los que el medio puede sostener llevará a la lucha por la existencia. De esta lucha solo un porcentaje sobrevivirá y originará nueva descendencia. No todos los miembros de una población tienen necesariamente las mismas probabilidades de sobrevivir y reproducirse (debido a la competencia por los recursos y las parejas). De acuerdo a pequeñas variaciones genéticas, algunos individuos sobreviven mejor a su medio ambiente que otros, y realizan una mayor contribución al conjunto genético de la siguiente generación. Este proceso de "supervivencia de los más favorecidos" fue llamado por Darwin *Selección Natural*.

La selección natural no es resultado de la adaptación de un individuo, sino la existencia de variantes dentro de la población que tengan mayor poder de supervivencia, y permitan la continuidad de la especie toda. Por ejemplo la aplicación de un herbicida X destruye la gran mayoría de malezas, pero existe una variante entre la especie de mayor resistencia, la cual podrá sobrevivir y propagarse rápidamente ocupando los espacios liberados por las malezas destruidas. En ese caso la especie en sí no crea resistencia, sino que dentro de ella existían variantes resistentes que tenían la característica que les permite sobrevivir ante la presencia de un factor de selección, producto de la diversidad genética propia de una especie.

"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.



De la misma forma, en una población existen individuos capaces de sobrevivir ante la aparición de factores ambientales estresantes como la sequía, helada o salinidad.

### **Selección natural y selección artificial en plantas cultivadas**

En las plantas cultivadas los factores de selección natural son los mismos que en las especies silvestres.

1. de origen ambiental: temperatura, luz, fotoperíodo, sequía, salinidad, etc;
2. características intrínsecas de la especie: capacidad de competencia, eficiencia de reproducción, etc.

La respuesta de un organismo a esos factores se expresa en su grado de adaptación y, como se dijo previamente, se mide por su supervivencia. Sin embargo, en las plantas cultivadas se debe agregar a los factores naturales, la acción del hombre, es decir la **selección artificial** que actúa conjuntamente con la natural. Esto hace que el total de fuerzas selectivas resulte diferente en plantas silvestres y en plantas domesticadas. Cuando el hombre elige variantes con alguna característica de interés favoreciendo su reproducción en tiempo y espacio, o genera nuevas modificaciones genéticas en las plantas y cambia el hábitat, se modifica fundamentalmente la influencia de la selección natural.

Cambia las condiciones de suelo y microclima, protege a las plantas de la competencia con las malezas y plagas, incrementa la cantidad de nutrientes disponibles y del agua, y somete a las plantas a prácticas que cambian su forma natural. El cultivo favorece la supervivencia de plantas que en condiciones naturales tendrían pocas posibilidades de sobrevivir.

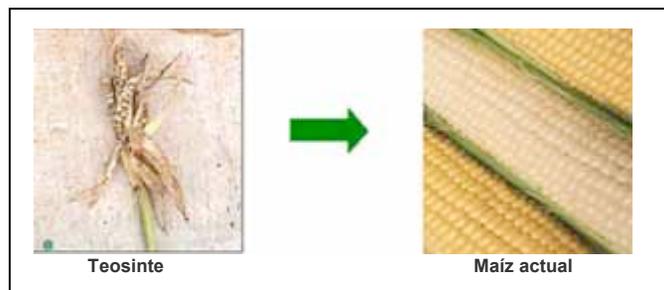
La acción del hombre más determinante con las plantas cultivadas ha sido moverlas desde sus centros de origen a nuevos hábitats (ver Cuaderno N° 81). Este proceso está íntimamente relacionado con el desarrollo histórico de los pueblos, su expansión y decadencia (ver Cuaderno N° 59). Ha producido transformaciones importantes en los cultivos, porque las plantas al moverse a nuevos hábitats, incorporan por hibridación germoplasma nuevo, y las recombinaciones resultantes pueden superar los efectos de selección natural o artificial. Las plantas cultivadas se transforman así, conforme a la antigüedad de su cultivo y a su amplitud geográfica, y llegan a ser muy diferentes de los tipos originales.

Los rasgos que caracterizan a las plantas cultivadas pueden evidenciarse mejor si se los compara con sus correspondientes en los tipos silvestres. Las diferencias entre ambos son la obra del hombre en primer lugar porque este elige de las poblaciones naturales tipos diferentes por tamaño, forma, color, y otras características, y además porque al "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.



mantenerlos en cultivo incrementa su variabilidad, y así los va alejando más de las poblaciones naturales de las que se originaron.

En general, resulta familiar el aspecto de una mazorca de maíz. Sin embargo no siempre fueron como parecen (ver Cuaderno N° 27, 99). Hace unos 8000 años algunos indígenas que habitaban en México comenzaron a realizar la domesticación del maíz moderno a partir de su antecesor el teosinte. Este tipo de maíz produce unas mazorcas diminutas de no más de 5 cm de largo, con pocos granos. La planta es muy diferente a la del maíz actual que solo tiene un tallo como una inflorescencia masculina terminal y varias femeninas en las axilas del tallo. En el teosinte pueden observarse varios tallos con varias inflorescencias masculinas terminales y femeninas axilares. De los aproximadamente 25.000 genes que tiene el maíz, se ignora cuántos fueron eliminados a lo largo de la evolución, cuántos mutados, duplicados o modificados de alguna forma por la naturaleza y la mano del hombre. Las modificaciones genéticas que fueron siendo seleccionadas, natural y artificialmente, a lo largo del tiempo dieron lugar a variedades con alto rendimiento y distintas resistencias a enfermedades y plaga. Actualmente, el maíz no es capaz de sobrevivir sin la intervención del hombre.



### Características de las plantas cultivadas

Los rasgos que caracterizan a las plantas cultivadas pueden resaltar mejor si se los compara con sus correspondientes tipos silvestres.

Las características principales de las especies cultivadas son las siguientes:

§ Mayor variabilidad: la variabilidad es mucho mayor en plantas cultivadas que en silvestres dado que el hombre promueve la variabilidad y la conservación de germoplasma. En las etapas primitivas de la agricultura el hombre plantaba por lo común muchas variedades de la misma especie. A medida que los cultivos se tecnificaron el número de cultivares usados se redujo. Hoy en día las semilleras ofrecen nuevos cultivos mejorados, y esta oferta se renueva año a año. Esto resulta en la necesidad de conservar colecciones de variedades primitivas que van dejando

"El Cuaderno de Por Qué 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.



de usarse, a las cuales hay que recurrir en búsqueda de genes para mejorar el rendimiento o la resistencia a las plagas o enfermedades de los cultivos relacionados. En Argentina el INTA posee colecciones de germoplasma de los diferentes cultivos de interés agronómico (ver Cuaderno N° 89).

- § Altos rendimientos: El rendimiento se expresa por lo general en peso o tamaño. El hombre escoge con frecuencia formas más grandes para el cultivo, las cuales se caracterizan por tener células de mayor tamaño que los tipos corrientes, lo que determina un incremento en las dimensiones de las hojas, frutos, tallos o semillas. Generalmente estas formas gigantes se encuentran en poliploides. El pasto Timothy por ejemplo es un hexaploide que produce mucho más forraje que las formas diploides de las que se originó. Pero hay casos en que sin haber cambio en el número de cromosomas el tamaño incrementa notablemente. Tal es el caso de los tomates en que los frutos de algunos cultivares llegan a pesar hasta 50 veces más que sus congéneres silvestre, sin que haya variado el número de cromosomas.
- § Riqueza de formas: Como resultado de un largo cultivo y de selección intensa es frecuente que una especie cultivada presente formas numerosas, diferentes en su estructura y utilización. Un caso de esos se presenta en la col, *Brassica olerácea*. Esta especie crece silvestre en algunos lugares de Europa como una planta de follaje esparcido. Su domesticación es muy antigua y en el largo cultivo ha presentado formas muy diversas, que el hombre ha sabido conservar. La berza tiene hojas planas que tienden a enrollarse. El repollo de follaje más abundante forma una cabeza compacta y se conocen muchos cultivares de diferente forma y color. Los bretones dan pocas hojas, anchas y muy recortadas. En la *col de Bruselas* hay yemas en forma de repollos diminutos a lo largo del tallo. El brócoli tiene hojas verdes muy divididas en un casco y una inflorescencia menos apretada la coliflor. En la coliflor hay al final del tallo una inflorescencia blanca y carnosa. El nabocol tiene un tallo carnoso casi esférico con hojas espaciadas. Además se conocen otros tipos de coles a menudo tan diferentes que se han colocado taxonómicamente en otras especies.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" 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.



- § Semillas o espigas no caedizas: La transición en los cereales de plantas con semillas caedizas a permanentes es el resultado de alguna mutación. En las gramíneas hay una zona de separación en la base de cada espiga, que la separa de la inflorescencia. Cuando esta zona no se forma, las espigas permanecen adheridas al eje y su recolección es más fácil.
- § Cambios en los medios de dispersión: Existen medios mecánicos como apéndices , que fijan las semillas a la piel de los animales; estos se hallan en los tipos silvestres por ejemplo de la remolacha, pero no se encuentran en las variedades cultivadas. En los tabacos cultivados las cápsulas donde se alojan las semillas permanecen cerradas mientras que en muchas especies silvestres de *Nicotiana* se abren para dejar salir las semillas.
- § Cambios de estructura: Los cambios de estructura se reflejan en un incremento del rendimiento, ya sea porque se aumenta el número de partes útiles, como hojas o semillas, o porque la proporción utilizable de ellas sea menor. Un ejemplo del primer caso se presenta en trigo en que las formas primitivas son de espigas mucho menores, tanto por el número de granos como por su tamaño. En las especies cultivadas por sus frutos la proporción de la parte comestible es mayor que en las silvestres. Eso se debe a engrosamiento de las paredes, carencia o menor número de semillas, etc. Lo mismo se observa en ciertos órganos subterráneos, como el caso de las zanahorias silvestres con varias raíces delgadas y duras mientras que las formas en cultivo tienen una sola raíz y carnosa.

"El Cuaderno de Por Qué 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.



- § Pérdida de principios tóxicos: Muchas plantas silvestres contienen principios tóxicos que las defienden de sus depredadores. Estos principios se han eliminado por selección durante muchas generaciones de cultivo, tal es el caso de las papas, mandioca, lupines, tomate, etc.
- § Cambios en el sistema de polinización: Estos cambios se producen por cambios en las estructuras florales en ambientes donde, por ejemplo, no existen los insectos que realizan la polinización. El tomate es un ejemplo, que si bien en su ámbito natural es de polinización cruzada puede desarrollar líneas autofértiles por adaptaciones en las flores.
- § Tipos anuales derivados de perennes: En el algodón por ejemplo, las formas anuales permitieron extender el cultivo hacia zonas tropicales donde los días más cortos no permiten florecer a los algodoneros perennes.

En la actualidad la biotecnología moderna permite generar nuevas modificaciones genéticas en los cultivos, con objetivos similares a los que tuvieron los proyectos de mejoramiento que vienen sucediendo desde hace miles de años con técnicas tradicionales. Sin embargo, y aunque la ingeniería genética resulta una herramienta complementaria, presenta la gran ventaja de ampliar las posibilidades de fuentes de genes y de generar modificaciones de forma más precisa, superando el azar propio de las técnicas tradicionales como la hibridación y la inducción de mutaciones.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" 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.



## CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

Para comprender los temas que se trabajan en este Cuaderno, se sugiere a los docentes trabajar previamente, según el nivel de la clase, aspectos vinculados con el material genético, la variabilidad genética, y la diversidad de caracteres que resulta de la expresión genética, así como la relación entre la reproducción sexual y la reproducción asexual con la diversidad. Cuáles son los factores que en cada tipo de reproducción aportan variabilidad genética y mayor diversidad a la especie. Esto se puede ligar con las ventajas y las desventajas de cada tipo de reproducción, según el ambiente en el cual se desarrollen los individuos. En un medio ambiente cambiante la diversidad puede representar una ventaja, ya que puede asegurar que al menos algunos organismos, entre la gran diversidad existente, tenga los caracteres que le permitan sobrevivir y perpetuar la especie.

En la reproducción asexual esta diversidad la aportan las mutaciones. Es importante que los alumnos puedan interpretar a qué se llama MUTACIÓN. Suele ocurrir que si se indaga en las ideas previas de los alumnos, el concepto mutación tiene una connotación negativa (quizás incentivada por los “mutantes” de la ciencia ficción). Sin embargo, las mutaciones no son ni más ni menos que cambios en el material genético. Estos cambios pueden, o no, manifestarse en las características del individuo. Y de esta forma, afectar, o no, sus caracteres, su adaptación al ambiente o su reproducción y continuidad.

La diversidad, producto de la variabilidad genética, ha sido y es aún, un factor esencial en la evolución. Es interesante trabajar las ideas que tiene los alumnos acerca del concepto de EVOLUCIÓN. Es importante dejar en claro la diferencia entre la interpretación habitual que se le da a este concepto, en la vida cotidiana, asociado al progreso y la mejora, con su interpretación biológica. **Para la biología “evolución” es sinónimo de cambio.** Los cambios son azarosos o provocados, y pueden ser favorables, perjudiciales o pasar inadvertidos según las características del ambiente.

Al indagar en las ideas previas que traen los alumnos acerca del proceso de transformación de las especies, es posible advertir una tendencia a interpretar la evolución desde el punto de vista de la teoría de Lamarck. El término *adaptación* tiende a asociarse, erróneamente, con un cambio que se produce en el ser vivo en respuesta a una necesidad de sobrevivir. Además existe la idea de herencia de esos cambios adquiridos. Es importante trabajar el concepto de variabilidad de caracteres en una población y el mecanismo de **selección natural**, como la supervivencia de aquellos organismos (entre toda la variabilidad existente) que tienen características favorables

"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.



para las condiciones imperantes en ese medio. Remarcamos este fragmento para desechar la idea de perfección en la evolución. El “más apto” para las condiciones del medio actual, puede no serlo en un medio que presenta condiciones diferentes y, en consecuencia, morir. Según Darwin, el medio selecciona entre la variedad de organismos existente cuál sobrevive y se reproduce, mientras que Lamarck le atribuía al medio una función de “estímulo” para el cambio.

Se sugiere estudiar las teorías de Darwin y de Lamarck y el neodarwinismo que resignifica la teoría de Darwin a partir de los conocimientos de genética aportados por Gregor Mendel.

Entre las Actividades que se proponen a continuación, algunas se refieren específicamente a los conceptos de diversidad, evolución y selección, de forma general, pero se aplican de igual forma al tema particular de la diversidad de cultivos, producto de la agricultura tradicional o de la biotecnología.

## Actividades

### Actividad 1. Repaso de conceptos

Determinar si cada una de las siguientes afirmaciones es VERDADERA o FALSA y justificar la respuesta.

- El mejoramiento genético de cultivos comenzó hace 10 mil años aproximadamente.
- En la actualidad todos los mejoramientos genéticos se hacen a través de métodos de ingeniería genética.
- La selección, natural o artificial, actúa sobre la diversidad.
- Las mutaciones son cambios en el material genético de los organismos.
- La remolacha azucarera con 10-20% de azúcar es el resultado de procedimientos de agricultura tradicional.
- La poliploidia es un tipo de mutación.
- La hibridación aporta diversidad genética.
- La selección artificial se diferencia de la selección natural.

### Respuestas:

- V. En el comienzo de la agricultura el hombre comenzó a manipular y mejorar cultivos a través de la selección de especies favorables y la reproducción selectiva.

"El Cuaderno de Por Qué 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.



- b. F. La ingeniería genética emplea técnicas que complementa a la agricultura tradicional.
- c. V. En una especie existe diversidad de organismos, con caracteres diferentes. Ante determinadas condiciones ambientales o intencionales, se seleccionan aquellos organismos que presentan las características más ventajosas.
- d. V. Las mutaciones son cambios en el ADN, que pueden, o no, determinar un cambio en la característica para la cual ese material genético codifica. Depende del tipo de mutación, de dónde se ubica en el genoma y de la expresión de ese gen en proteína.
- e. V. Fue el resultado de la selección de organismos con más contenido de azúcar y su cruzamiento selectivo con otros organismos. De esta forma se logró su mejoramiento.
- f. V. Consiste en la multiplicación de la cantidad de cromosomas.
- g. V. La hibridación consiste en la reproducción cruzada entre especies compatibles que da origen a nuevas especies viables.
- h. V. En la selección artificial la principal fuente de selección es el hombre que elige variantes con alguna característica de interés favoreciendo su reproducción en tiempo y espacio, o genera nuevas modificaciones genéticas en las plantas y cambia el hábitat. El hombre elige de las poblaciones naturales tipos diferentes por tamaño, forma, color, y otras características, y además porque al mantenerlos en cultivo incrementa su variabilidad, y así los va alejando más de las poblaciones naturales de las que se originaron.

### **Actividad 2. Plantas cultivadas vs. Plantas silvestres**

Los rasgos que caracterizan a las plantas cultivadas pueden resaltar mejor si se los compara con sus correspondientes tipos silvestres. Por eso en esta actividad se propone:

- a partir de los rasgos mencionados, determinar si se trataría de especies cultivadas o silvestres y dar ejemplos en cada caso.
- En los ejemplos 1 y 2 explicar cuán ventajoso o desfavorable resulta la característica en el caso de tratarse de una planta de interés para cultivo.

#### **Características para analizar:**

- a. Semillas o espiguillas caedizas
- b. Presencia de Apéndices.
- c. Presencia de altos niveles de sustancias tóxicas
- d. Frutos u órganos más grandes.

"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. Riqueza de formas
- f. Alto número de semillas

### Respuestas

- a. Planta silvestres, ej. Cereales primitivos, tabacos.
- b. Planta silvestre, ej. Remolacha silvestre.
- c. Planta silvestre, ej. Variedades primitivas de papas o mandioca.
- d. Planta cultivada, ej. Zanahoria, tomate
- e. Planta cultivada, ej. Coles.
- f. Planta silvestre, ej. Naranja silvestre

En los casos 1 y 2 si se tratara de una planta de interés para cultivo, resultaría desfavorable dado que la caída y dispersión de semillas obstaculiza la cosecha y en consecuencia el rendimiento.

### **Actividad 3. Trabajo experimental**

Comprobar diferencias entre plantas silvestres y cultivadas en su tiempo y modo de germinación.

#### Materiales:

- ü Semillas de cereal certificado, por ej. trigo, centeno (en lo posible, solicitar a la semillera las especificaciones de cultivo y mantenimiento de las plantas).
- ü Semillas de alguna gramínea encontrada en algún terreno baldío.
- ü 6 macetas
- ü Tierra, arena, piedras.
- ü Agua
- ü Regadera.

#### Procedimiento:

- a. Preparar las macetas, colocando primero las piedras para mejorar el drenaje de las macetas, luego hacer una mezcla del sustrato (tierra: arena 3:1)
- b. Sembrar las semillas a razón de 10 semillas por maceta y regar con agua.
- c. Poner en el exterior, cuidando que haya luz solar directa (el cultivo de trigo debe realizarse en otoño/invierno).
- d. Observar todos los días, a lo largo de 15 días o más, el proceso de germinación y anotar los cambios observados.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" 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.



- e. Prestar atención y anotar en la siguiente tabla los parámetros particulares que se solicitan.
- f. ¿Qué conclusión se podría sacar respecto de la germinación, tiempo y forma, de cultivos silvestres y cultivos?

Medir los siguientes parámetros:

Parámetro	Planta domesticada	Planta silvestre
Tiempo de germinación		
N° total de semillas germinadas del total de sembradas		
Germinación sincronizada (SI/NO)		

**Resultados:** Las semillas provenientes de plantas silvestres tendrán una germinación no sincronizada, con un probable mayor número de semillas que no germinen y mayores tiempos de germinación.

**Nota:** Como una variante al trabajo práctico se puede proceder a poner las semillas en la heladera diferentes horas o días para diferenciar entre silvestres y domesticadas y comprobar la necesidad de exposición al frío previo a la germinación.

#### **Actividad 4. ¿Selección natural o selección artificial?**

El mecanismo de selección, natural o artificial, determina la supervivencia preferencial de algunos seres vivos. La selección actúa sobre las características que presentan los individuos de la especie que, a su vez, están determinadas por su información genética. Los seres vivos seleccionados transmiten sus características a sus descendientes y, a lo largo del tiempo, determinan un cambio en la población. Este proceso de cambio a lo largo del tiempo se denomina evolución.

El objetivo de esta actividad es aplicar los conceptos estudiados en el tema evolución al análisis de dos textos: uno de ellos extraído del libro *Cosmos* de Carl Sagan. Este fragmento relata una leyenda que narra *La historia de los Heike*, una obra de gran importancia en la literatura japonesa. El segundo texto se refiere a los cambios

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" 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.



ocurridos en Inglaterra a comienzos de siglo XIX como resultado de la Revolución Industrial.

En ambos casos se solicita de los alumnos la lectura de los textos y el análisis y discusión en clase, a partir de las preguntas que se formulan en cada caso.

### Lectura de texto 1

“...En el año 1185 el emperador del Japón era un niño de siete años llamado Antoku. Era el jefe nominal de un clan de samurais llamados los Heike, que estaban empeñados en una guerra larga y sangrienta con otro clan de samurais, los Genji. Cada clan afirmaba poseer derechos ancestrales superiores al trono imperial. El encuentro naval decisivo, con el emperador a bordo, ocurrió en Danno-ura en el mar Interior del Japón el 24 de abril de 1185. Los Heike fueron superados en número y en táctica. Muchos murieron a manos del enemigo. Los supervivientes se lanzaron en gran número al mar y se ahogaron. La Dama Nii, abuela del emperador, decidió que ni ella ni Antoku tenían que caer en manos del enemigo.... Ella miró al joven soberano mientras las lágrimas rodaban por sus mejillas...lo agarró fuertemente en sus brazos y...se hundió finalmente con él debajo de las olas...Los pescadores dicen que los samurais Heike se pasean todavía por los fondos del mar Interior, en forma de cangrejos. Se pueden encontrar en este mar cangrejos con curiosas señales en sus dorsos, formas e identaciones que se parecen asombrosamente al rostro de un samurai. Cuando se pesca un cangrejo de estos no se come sino que le devuelve al mar para conmemorar los tristes acontecimientos de Danno-ura. Este proceso plantea un hermoso problema. ¿Cómo se consigue que el rostro de un guerrero quede grabado en el caparazón de un cangrejo? .... entre los cangrejos, como entre las personas, hay muchas líneas hereditarias diferentes. Supongamos que entre los antepasados lejanos de este cangrejo surgiera casualmente uno con una forma que parecía, aunque fuera ligeramente, un rostro humano...los pescadores pueden haber sentido escrúpulos para comer un cangrejo así. Al devolverlo al mar pusieron en marcha un proceso evolutivo: si eres un cangrejo y tu caparazón es corriente, los hombres te comerán. Tu linaje dejará pocos descendientes. Si tu caparazón se parece un poco a una cara, te echarán de nuevo al mar. Podrás dejar más descendientes. A medida que pasaban las generaciones, tanto de cangrejos como de pescadores, los cangrejos cuyas formas se parecían más a una cara de samurai sobrevivían preferentemente...Al final se obtiene una gran abundancia de cangrejos samurai...”



Si tu caparazón se parece un poco a una cara, te echarán de nuevo al mar. Podrás dejar más descendientes. A medida que pasaban las generaciones, tanto de cangrejos como de pescadores, los cangrejos cuyas formas se parecían más a una cara de samurai sobrevivían preferentemente...Al final se obtiene una gran abundancia de cangrejos samurai...”

### Preguntas para el análisis del texto 1

- ¿Qué tipo de característica es la forma de los caparazones de los cangrejos: heredada o adquirida?
- ¿Qué tipo de reproducción presentan los cangrejos? ¿Qué relación se establece entre este tipo de reproducción y la diversidad en los caracteres?

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" 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.



- c. ¿Cómo explicarían la existencia de caparzones similares a la cara de un samurai Heike?
- d. El caso de los cangrejos Heike, ¿sería un caso de selección natural o de selección artificial? Justificar la respuesta.

### Respuestas

- a. La forma de los caparzones es una característica heredada, está determinada genéticamente.
- b. Los cangrejos se reproducen sexualmente. La reproducción sexual aporta gran diversidad debido a la variabilidad genética producto del proceso de meiosis y de la combinación de material genético de dos individuos diferentes, aunque similares.
- c. Entre a diversidad de caparzones (producto de la diversidad), los samurai encontraron algunos que les recordaban la forma de la cara de un samurai.
- d. Este sería un caso de selección artificial ya que el hombre, en este caso movido por sus convicciones, decide cuál de los individuos sobrevive y cuál no. Es decir que la selección no se debe a las características propias de los cangrejos que les permiten sobrevivir o morir por las características de su ambiente, sino que está determinada exclusivamente por la mano del hombre.

### Lectura de Texto 2

Los tiempos de la evolución suelen ser tan largos que habitualmente se miden en miles de millones de años. Sin embargo, en pleno siglo XIX se tuvieron en Inglaterra datos acerca de un proceso de evolución a toda marcha. Hacia la mitad del siglo, todos los ejemplares conocidos de la polilla *Biston betularia* eran de color claro.

Este color constituía un buen camuflaje para la polilla que, de esta manera, pasaba desapercibida sobre los troncos de los árboles y sobre las rocas, cubiertos de líquenes. Se conocía también la existencia de polillas negras, muy rara vez encontradas. Debido al gran desarrollo industrial que se produjo en Inglaterra en esa época, poco a poco la contaminación comenzó a matar los líquenes, que dejaron al descubierto la corteza oscura de los árboles, y a ennegrecer las rocas y también el suelo. Acompañando este proceso, poco a poco empezaron a proliferar las polillas de color negro, que fueron desplazando así a la población de polillas claras. Hacia fines del mismo siglo, las polillas negras representaban más del 95% de la población total de polillas.

### Preguntas para el análisis del texto 2

- a. ¿Qué tipo de selección ocurrió en este caso, natural o artificial? Justificar la respuesta.
- b. ¿Qué similitudes y qué diferencias hay entre este caso y el de los cangrejos Heike que narra el texto y el video de *Cosmos*?

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" 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.



- c. ¿Qué podría suceder en el ambiente y en la población de polillas *Biston betularia* si se lograra revertir la contaminación?

Respuestas:

1. En este caso se trata de selección natural. Si bien es el hombre el que modifica el ambiente a través de la actividad industrial, no selecciona directamente qué polillas sobreviven y cuáles mueren. La selección es natural a partir de las propias características de las polillas (su color, en este caso) que las favorece o perjudica en el ambiente en que se desarrollan.
2. En ambos casos existe diversidad de caracteres en la población. Pero, en un caso (cangrejos) el hombre decide directamente sobre esos caracteres, mientras que en el otro caso, la acción del hombre es indirecta y actúa la selección natural.
3. Si se lograra revertir la contaminación, se supone que lentamente la población de polillas blancas volvería a verse beneficiada en el nuevo ambiente (sin contaminación, podrían camuflarse mejor, mientras que las polillas negras nuevamente se verían perjudicadas y su proporción en la población descendería.

**Actividad 5**

Analizar el esquema de la selección artificial (cruzamiento dirigido) de *Brassica oleracea*. Indicar si cada afirmación que describe la relación de cada una de las siguientes coles de importancia agronómica: brócoli, repollo, repollito de bruselas con *Brassica oleracea* es VERDADERA o FALSA. En caso de ser falso justificar:

- a) Se trataría de nuevas especies que surgieron de *Brassica oleracea*.
- b) Se trataría de la misma especie *Brassica oleracea*, pero con mutaciones producidas por el ser humano.
- c) Se trataría de una *Brassica oleracea* que accidentalmente perdió todas sus partes, salvo las flores.
- d) Se trataría de plantas totalmente distintas y no relacionadas con *Brassica oleracea*.
- e) Se trataría de diferentes variedades de la especie silvestre *Brassica oleracea* obtenidas por mejoramiento dirigido.

"El Cuaderno de Por Qué 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.



- f) ¿Qué representa la flecha?
- g) ¿cuáles son variedades de Brassica oleracea actuales?

### RESPUESTAS:

- a. Falso. Son variedades que pertenecen a la misma especie.
- b. Falso. Son variedades de la especie silvestre *Brassica oleracea* obtenidas por mejoramiento dirigido aprovechando mutaciones surgidas naturalmente que dieron como resultado características de interés agronómico.
- c. Falso. Se trata de variedades de la especie silvestre *Brassica oleracea* que presentan cambios morfológicos que surgieron a partir de mutaciones naturales que el hombre seleccionó deliberadamente y conservó para realizar reproducciones selectivas y mejorar las variedades.
- d. Falso. Se trataría de variedades diferentes de la especie silvestre *Brassica oleracea*.
- e. Verdadero.
- f. La flecha señala las diferentes variedades surgidas a partir de la especie *Brassica oleracea* por selección artificial.
- g. Todas.

### Material de consulta

1. *Biotecnología y mejoramiento vegetal*. Echenique, V. (ed); Rubinstein, C. (ed); Mroginski, L. (ed). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires (Argentina). Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. Buenos Aires (Argentina). INTA. 2004.  
<http://www.argenbio.org/h/biblioteca/libro.php>
2. [www.sagpya.mecon.gov.ar](http://www.sagpya.mecon.gov.ar). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, República Argentina. Bases de datos. Agricultura, Biotecnología, Exportaciones agroalimentarias.
3. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO [www.fao.org/index\\_es.htm](http://www.fao.org/index_es.htm)
4. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA: [www.inta.gov.ar](http://www.inta.gov.ar)

"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.



5. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos  
<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/>
6. Serie de Informes Especiales de ILSI Argentina,. Volumen II: Maíz y Nutrición.  
[http://www.ilsa.org.ar/biblioteca/Maiz\\_y\\_Nutricion.pdf](http://www.ilsa.org.ar/biblioteca/Maiz_y_Nutricion.pdf)
7. Revista CIENCIA HOY. *La transformación de la agricultura argentina*. Vol. 15.  
N° 87. Junio/Julio 2005. <http://www.ciencia-hoy.retina.ar>
8. Evolución, explicaciones y diapositivas para el aula.  
[http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo\\_ov/4a\\_ESO/07\\_Evolucion/INDICE.htm](http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo_ov/4a_ESO/07_Evolucion/INDICE.htm)

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" 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.