



## La genética y su relación con la biotecnología

El desarrollo de la biotecnología moderna, entendida como el conjunto de técnicas de ADN recombinante que pueden aplicarse para obtener un producto o beneficio para el hombre, fue posible por el avance que se produjo en el conocimiento de la genética en el siglo XX. Cuando se habla de vacunas de nueva generación, de enzimas recombinantes o de cultivos transgénicos, se trata de productos en los cuales se ha utilizado la información genética de los organismos para diseñar el producto final. Por esto, se considera a la genética como una de las ciencias básicas sobre las que se asientan los desarrollos biotecnológicos.

La genética es, básicamente, el estudio de los genes, la herencia y sus mecanismos (ver Cuadernos N° 3 y 32). La genética fue utilizada empíricamente a lo largo de la historia para obtener mejores especies animales y vegetales que respondieran a los intereses humanos. Estas aplicaciones dejaron de ser empíricas a partir del desarrollo de las Leyes de Mendel, a fines del siglo XIX, y de su redescubrimiento a principios del siglo XX (ver Cuadernos N° 40, 41).

Durante la segunda mitad del siglo XX se avanzó en la base biológica y molecular de los mecanismos de la herencia, con la asociación de los cromosomas con la información genética, y con el advenimiento de la biología molecular luego del descubrimiento de la estructura del ADN por Watson y Crick en la década de 1950 (ver Cuaderno N° 65). Dos décadas más tarde, la genética clásica y molecular dieron lugar a la ingeniería genética (ver Cuaderno N° 4), cuando se logró obtener construcciones de ADN recombinante usando principalmente enzimas de restricción y ligasas (ver Cuaderno N° 30 y 34). Así, en la biotecnología moderna están presentes la genética clásica, la citogenética, la genética molecular, la genética de poblaciones y la ingeniería genética, entre otras (ver Cuadernos N° 40, 41, 67).

El paso desde las construcciones genéticas a la aparición del primer producto biotecnológico en el mercado en la década de 1980, fue posible por la asociación de científicos y empresarios, que entendieron a la ciencia como un bien común sobre el cual se basa una sociedad para progresar.

### La genética clásica: de Mendel a la biotecnología

La genética clásica se refiere al estudio de la herencia de los caracteres, y fue aplicada empíricamente desde los inicios de la agricultura y la ganadería al seleccionar los individuos de mejores características para que se reprodujeran y dejaran descendencia similar a ellos. En esas prácticas siempre estuvo, intuitiva y empíricamente, el concepto de herencia. La idea de la herencia, aún cuando no se conocía exactamente el mecanismo subyacente, permitía explicar los rasgos fisonómicos de los clanes familiares, como el labio prominente de los Habsburgo (dinastía que gobernó desde el siglo XIV y durante 300 años en territorios austríacos). Así, el hecho de que las características morfológicas se pasaran de padres a hijos era ampliamente aceptado.

"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.



Paradójicamente, las teorías reinantes en esa época hablaban de “generación espontánea” para el origen de los organismos, y de la “herencia por mezcla” para explicar por qué los hijos tenían características de ambos progenitores. Pero, ninguna de estas teorías pudo sostenerse ante la evidencia obtenida por científicos del siglo XIX, como Luis Pasteur y Gregor Mendel.

### La genética mendeliana

La genética mendeliana se considera parte de la genética clásica, y se refiere a la aplicación de las Leyes de Mendel para estudiar patrones de herencia (ver Cuadernos 40 y 41). Estas leyes establecen que la herencia de caracteres está dada por “factores concretos”, ya que acorde a las observaciones de Mendel, eran repartidos en proporciones matemáticas como unidades enteras a la descendencia. A partir de los conocimientos adquiridos desde entonces, se interpreta que la primera ley permite asociar un cierto carácter fenotípico a un gen, y la segunda ley permite indicar si dos características están codificadas por dos genes independientes. Estas leyes también sentaron las bases para explicar otros fenómenos genéticos (codominancia, dominancia incompleta, recombinación genética, etc.).

### Genética mendeliana y biotecnología

La genética mendeliana se aplica en la actualidad al realizar proyectos de biotecnología. Por ejemplo, antes de poner en práctica las técnicas de biología molecular para clonar un gen (ver Cuaderno N° 67), se debe saber si la característica biológica que se quiere buscar está codificada por un solo gen. Para verificarlo, se parte de progenitores con caracteres contrastantes (por ejemplo, resistentes y susceptibles a un patógeno) y se analiza la proporción de descendientes en las dos generaciones siguientes (F1 y F2) de modo tal que si cumple la primera Ley de Mendel, se puede determinar que existe un gen para la característica de interés. También se aplica esta misma ley para resolver cruzamientos de prueba, cuando se quiere conocer el genotipo de un individuo para un gen dado, o cuando se quiere saber cuál de las formas de una característica es la dominante y cuál la recesiva. También se aplica genética mendeliana cuando se quiere saber si dos características están codificadas por genes independientes entre sí, para lo cual se realizan cruzamientos llamados dihíbridos (ver Cuaderno N° 41). Además de estas aplicaciones de genética mendeliana *a priori* de un proyecto biotecnológico, se deben realizar análisis genéticos luego de obtener una planta o animal transgénico, de modo de demostrar si el transgén insertado sigue un patrón de herencia estable tipo mendeliano, acorde con lo demandado por los organismos reguladores de biotecnología en los distintos países (ver Cuaderno N° 62).

### ***Citogenética y la teoría cromosómica de la herencia***

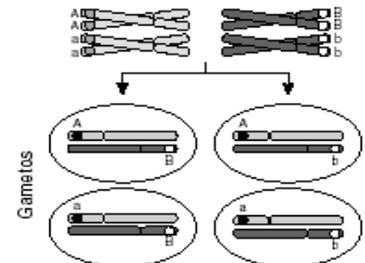
Posterior a Mendel, los científicos se dieron cuenta de que los patrones hereditarios que el monje austriaco había descrito eran comparables al comportamiento de los cromosomas en las células en división, y sugirieron que las unidades mendelianas de la herencia, se localizaban en los cromosomas, lo que constituye el concepto central de la *teoría cromosómica de la herencia*. Esta "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.



teoría asocia los genes (o “factores” de Mendel) con una estructura física dentro de la célula, los cromosomas, y reconoce que los genes son parte de los cromosomas. Este concepto no es nuevo hoy en día, pero fue un hito cuando se formuló a principios del siglo XX, y tuvo profundas implicancias en la citogenética, la rama de la ciencia que estudia los cromosomas y su comportamiento durante el ciclo celular. Es decir que esta teoría permitió correlacionar los resultados de los cruzamientos empíricos con el comportamiento de los cromosomas que se observaban en las células.

El proceso celular que permitió correlacionar los cromosomas con los genes fue la meiosis, es decir la división celular por la cual se generan las gametas. Fueron dos investigadores, Walter Sutton (EE.UU) y Theodor Boveri (Alemania), que en forma independiente llegaron a la misma conclusión en 1902. Reconocieron que el comportamiento de los “factores” de Mendel durante la producción de las gametas se correspondía precisamente con el comportamiento de los cromosomas en la meiosis:

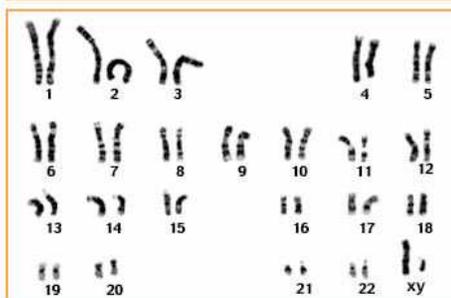
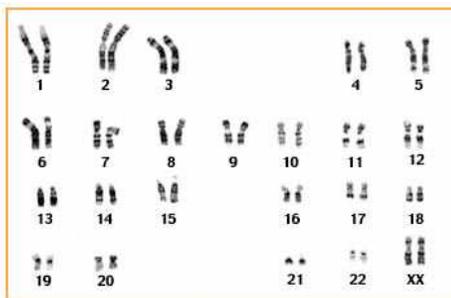
- los genes se encuentran en pares al igual que los cromosomas;
- los alelos (o variantes de un gen dado) segregan igualitariamente en las gametas (al igual que los miembros de un par de cromosomas homólogos);
- genes diferentes actúan independientemente (al igual que pares cromosómicos distintos).



Transmisión independiente de 2 genes situados en dos pares de cromosomas homólogos diferentes

### Citogenética y biotecnología

La citogenética es parte esencial de los estudios genéticos actualmente, con importantes aplicaciones en la genética médica, en la genética evolutiva y en la genética aplicada al mejoramiento animal y vegetal. Normalmente se asocia citogenética con el *cariotipo* (el ordenamiento de los cromosomas según su tamaño construido a partir de imágenes del material genético teñido y fotografiado).



**Cariotipo humano femenino (superior) y masculino (inferior). Se observa un total de 23 pares de cromosomas en cada cariotipo compuesto de 22 pares**

ogía" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del

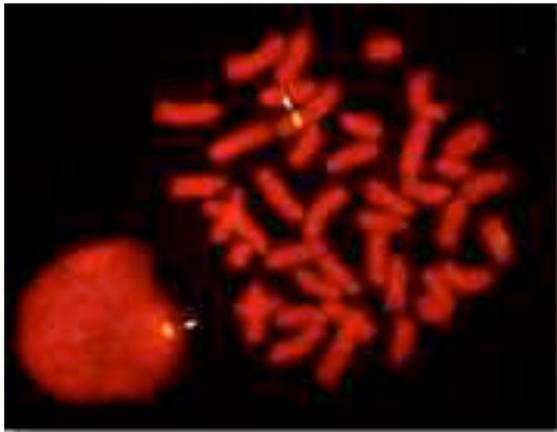


de autosomas y el par de cromosomas sexuales femeninos XX, y los cromosomas sexuales masculinos XY.

Esa fue la primera aplicación de la citogenética para clasificar los cromosomas de cada especie y asociar ciertas enfermedades o características de interés con algunos cromosomas en particular o con regiones dentro de los brazos de los cromosomas.

Así se obtuvieron los primeros mapas físicos del genoma de las especies, que permiten ubicar en el genoma cierto gen responsable de un cierto fenotipo.

Hoy en día, con el desarrollo de técnicas de fluorescencia aplicadas a la citogenética, se puede saber en qué cromosoma y en qué región específicamente se ubica una secuencia genética de interés. Por ejemplo, si se desea conocer dónde se integró un transgén al realizar una planta o animal transgénico, como se muestra en la figura:



Mediante citogenética aplicada al mapeo físico, se puede ubicar el sitio de inserción de un transgén (en amarillo).

Fuente:

<http://www.seedna.com/transgene.html>

### La genética molecular: de Watson y Crick a la biotecnología

Los estudios de genética clásica durante la primera mitad del siglo XX continuaron analizando otros patrones de herencia, como aquellos ligados a los cromosomas sexuales, entre otros fenómenos. Por su parte, los químicos y físicos trataron de dilucidar la estructura y naturaleza físico-química de las moléculas involucradas en la herencia. Así se estudió la estructura y composición química de los cromosomas, y se concluyó que estaban compuestos por asociación de ácido desoxirribonucleico (ADN) y proteínas (histonas). Al mismo tiempo, los microbiólogos estudiaban cómo los virus que infectan bacterias se pasan información genética entre ellos.

Todas estas líneas de investigación tuvieron como nexos y puntos de inflexión el descubrimiento de la estructura del ADN en 1953 por James Watson y Francis Crick, quienes abrieron el camino al estudio de la estructura de los genes y los mecanismos por los cuales estos genes se replican y se transmiten a las células hijas (ver Cuaderno N° 3 y 32). El estudio de los genes a nivel molecular y

"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.



los mecanismos de herencia por medio de herramientas de biología molecular se denomina *genética molecular* (ver Cuaderno N° 67).

La genética molecular incluye, por ejemplo, estudiar qué genes de una bacteria están involucrados en su capacidad de ser patógena, o cuáles son las rutas genéticas para la síntesis de una cierta sustancia en un organismo, o realizar un mapa genético para una cierta especie en el cual se indiquen distancias entre pares de bases dentro de un cromosoma, entre otras posibilidades.

### Genética molecular y biotecnología

La genética molecular permite conocer los genes involucrados en distintos procesos celulares. La comprensión de estos procesos puede resultar de interés para su aplicación industrial o agrícola. La investigación de genética molecular es el primer paso, que permite caracterizar molecular y funcionalmente a esos genes, y que luego continuará con una línea de producción industrial. En la actualidad, los genes de interés pasan previamente por una serie de “retoques” mediante ingeniería genética para hacer más eficiente el proceso industrial o agrícola. Este es el caso de los “biofármacos” como la insulina humana, algunos factores de coagulación, la vacuna contra la hepatitis B, etc. (ver Cuadernos N° 47 y 71); los cultivos transgénicos ornamentales, en los cuales se aplicó el conocimiento de genética molecular del desarrollo floral para modificar la morfología de las plantas (ver Cuaderno N° 72), etc. Otra importante aplicación de la genética molecular en temas de biotecnología es el desarrollo de mapas genéticos de especies, los cuales facilitan luego los programas de mejoramiento tradicional (por cruzamientos), a esto se lo denomina *Mejoramiento asistido por marcadores moleculares* o MAS (del inglés *Marker assisted selection*).

### **Ingeniería Genética**

Esta rama de la genética se podría definir como la aplicación de las herramientas de la biología molecular para la construcción de fragmentos de ADN recombinantes con genes de interés y la inserción de los mismos en otros organismos. Así, el uso de las enzimas de restricción (ver Cuaderno N° 4, 34 y 67) y las ligasas se utilizan para insertar un gen de interés detrás de un promotor y dentro de un vector adecuados para el organismo donde se quiere insertar el gen. La ingeniería genética se utiliza como herramienta de laboratorio para estudios de genética molecular básica como investigar la función y el mecanismo de acción de un gen particular, como así también se usa de herramienta para los desarrollos biotecnológicos.

### Ingeniería genética y biotecnología

Siempre que se habla de biotecnología moderna o de ADN recombinante se hace referencia a la ingeniería genética, ya que esta disciplina provee las técnicas y herramientas para el desarrollo de la construcción de ADN de interés industrial. Así, por ejemplo, todas las enzimas producidas en forma recombinante (ver Cuadernos N° 49, 54 y 73), los fármacos y las vacunas recombinantes (Cuadernos N° 21, 51 y 71), las plantas transgénicas (ver Cuadernos N° 2, 18, 28, entre otros) y los animales transgénicos (Cuadernos N° 9 y 47) son productos biotecnológicos donde la

**"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.**



ingeniería genética fue una herramienta fundamental para su desarrollo. Otros ejemplos son el gen de la insulina humana con un promotor bacteriano para que la hormona se produzca en bacterias, el gen de tolerancia al herbicida glifosato (gen *epsps*) con un promotor vegetal para que funcione en la soja, maíz y algodón transgénicos (variedades RR, ver Cuadernos N° 43 y 44), el gen de la hormona de crecimiento humano con un promotor de glándula mamaria bovina para que la hormona se produzca en la leche de la vaca (ver Cuaderno N° 47), etc.

El desarrollo de la biotecnología moderna está íntimamente ligado con todas las ramas de la genética desde sus inicios. Desde el poder entender cuáles son las unidades responsables de transmitir la herencia, hasta el poder transformarlas para el mejor aprovechamiento por el hombre.

## ACTIVIDADES

### Objetivos:

- Repasar los conceptos trabajados en el texto.
- Introducir conceptos básicos de genética y de herencia.
- Conocer el desarrollo de la genética y sus aportes a la biotecnología moderna.
- Fomentar la creatividad de los alumnos referida a las potenciales aplicaciones de la ingeniería genética.
- Asociar el aporte de la genética con las novedades biotecnológicas actuales.

### Conceptos relacionados

Este cuaderno se puede aplicar al trabajar los siguientes contenidos: genética y herencia; caracteres heredados y caracteres adquiridos; Mendel y el desarrollo de la genética; célula, ADN, genes y cromosomas; genoma; meiosis; reproducción sexual; biotecnología clásica y moderna.

### Consideraciones metodológicas

Este Cuaderno podría emplearse como una introducción al trabajo en el área de la genética y de la biotecnología moderna, ya que presenta de manera general las diferentes ramas de la genética y sus aportes. Presenta la herencia, como tema central en el estudio de la genética, y el comportamiento de los genes como unidades independientes. La comprensión de algunos de estos conceptos, como el caso de la teoría cromosómica de la herencia, requiere de un conocimiento previo de la estructura del ADN (Cuaderno N° 3) y de división celular, particularmente la meiosis. Se sugiere, por lo tanto, trabajar estos conceptos en clase.

"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.



Es importante tener en cuenta y aclarar con los alumnos que no todos los patrones de herencia son tan simples como el mendeliano, y que existen patrones extremadamente complejos, como las características dadas por múltiples genes que se encuentran dispersos en varios cromosomas. Sin embargo, la comprensión de los patrones básicos (dominancia, recesividad, codominancia, dominancia incompleta y herencia ligada al cromosoma X) son temas a los que los alumnos pueden acceder a lo largo de su aprendizaje escolar. Entre los conceptos de genética es importante que quede claro que las características que se heredan no son una mezcla de las características de sus padres, sino una combinación de ellas. Es decir que los alelos se heredan independientemente y, al expresarse en las células, la interacción entre ambos productos puede resultar en un fenotipo de se manifiesta como una mezcla de ambos caracteres.

Por otra parte, es importante dejar en claro que para que una característica se herede debe estar en los genes y, más precisamente, en las células sexuales que son las que transmiten los alelos de cada padre de una generación a la siguiente (en los organismos que se reproducen sexualmente).

La actividad 2 plantea la diferencia entre cruzamiento (biotecnología tradicional) y biotecnología moderna (por ingeniería genética). Para complementar la actividad, se sugiere emplear el esquema del Cuaderno N° 5 que compara ambos procesos.

El empleo de un cuento con los chicos más pequeños es un recurso que, además de permitir mayor flexibilidad de características físicas a la hora de incentivar la creatividad, también permite evitar el uso de características físicas de los chicos, que en ocasiones resultan conflictivas a la hora de trabajar en grupo o, incluso, en situaciones familiares no favorables, como ausencia de uno de los padres. Por otra parte, es interesante plantear que se está suponiendo un ser extraterrestre (que podría existir) pero que en este caso se imagina con caracteres “humanoides”, más próximo a la ciencia ficción que a la realidad (hasta el momento, las posibles formas de vida extraterrestres se suponen más cercanas a formas microscópicas).

### **Actividad 1. Repaso de conceptos**

La siguiente actividad propone repasar conceptos que se mencionan en el texto del Cuaderno. Para esto, deben unir mediante flechas el concepto que aparece en la primera columna con su definición correspondiente en la otra columna:

1. Biotecnología moderna	estudio de los genes, la herencia de caracteres y sus mecanismos
2. Genética clásica	ordenamiento de los cromosomas según su tamaño construido a partir de imágenes del material genético teñido y fotografiado.

"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.



3. Genética mendeliana	fragmento de ADN que codifica para la síntesis de una proteínas y, a partir de ella, determina una característica.
4. Teoría cromosómica de la herencia	aplicación de las herramientas de la biología molecular para la construcción de fragmentos de ADN recombinantes con genes de interés y la inserción de los mismos en otros organismos.
5. Cariotipo	conjunto de técnicas de ADN recombinante (ingeniería genética) que pueden aplicarse con el fin de obtener un producto o servicio útil para el hombre.
6. Citogenética	estudio de los genes a nivel molecular y los mecanismos de herencia por medio de herramientas de biología molecular.
7. Genética molecular	aplicación de las Leyes de Mendel para estudiar patrones de herencia
8. Ingeniería Genética	clasifica los cromosomas de cada especie y asocia ciertas enfermedades o características de interés con algunos cromosomas en particular o con regiones dentro de los brazos de los cromosomas.
9. Gen	asocia los genes con los cromosomas, y reconoce que los genes son parte de los cromosomas.

**Respuestas:**

1. **Biotecnología moderna:** conjunto de técnicas de ADN recombinante (ingeniería genética) que pueden aplicarse con el fin de obtener un producto o servicio útil para el hombre.
2. **Genética clásica:** estudio de los genes, la herencia de caracteres y sus mecanismos
3. **Genética mendeliana:** aplicación de las Leyes de Mendel para estudiar patrones de herencia
4. **Teoría cromosómica de la herencia:** asocia los genes con los cromosomas, y reconoce que los genes son parte de los cromosomas.
5. **Cariotipo:** el ordenamiento de los cromosomas según su tamaño construido a partir de imágenes del material genético teñido y fotografiado.
6. **Citogenética:** clasifica los cromosomas de cada especie y asocia ciertas enfermedades o características de interés con algunos cromosomas en particular o con regiones dentro de los brazos de los cromosomas.

"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° 20*

7. **Genética molecular:** estudio de los genes a nivel molecular y los mecanismos de herencia por medio de herramientas de biología molecular.
8. **Ingeniería Genética:** aplicación de las herramientas de la biología molecular para la construcción de fragmentos de ADN recombinantes con genes de interés y la inserción de los mismos en otros organismos.
9. **Gen:** fragmento de ADN que codifica para la síntesis de una proteína y, a partir de ella, determina una característica.

"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 2. Herencia de caracteres

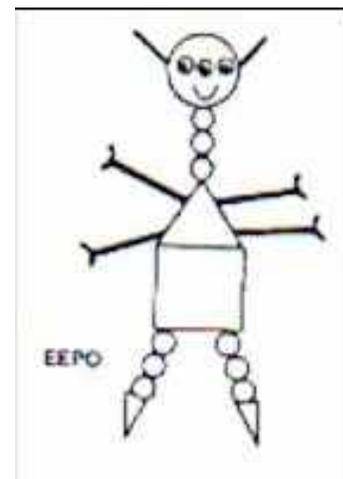
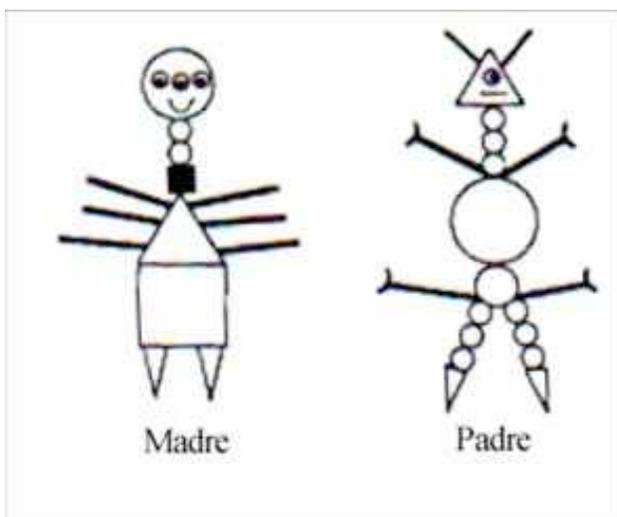
Esta actividad tiene como finalidad trabajar el concepto de *herencia de caracteres*.

Con alumnos de los niveles inferiores de enseñanza se usará como recurso para la enseñanza un cuento con seres imaginarios. Luego se puede pasar a ejemplos de la vida cotidiana, como los que se proponen para trabajar con alumnos más grandes.

### Actividad sugerida para alumnos pequeños (primaria, EGB 1 y 2):

Se propone leer la siguiente lectura introductoria, que es un breve cuento de ciencia-ficción sobre el planeta *Stiart* y la familia extraterrestre *Ornik*, a la cual pertenece *Eepo*. Esta familia ayudará a analizar la herencia de características físicas.

*“Vamos a visitar un planeta lejano en una galaxia alejada. El nombre de este planeta es Stiart. Sus habitantes son extraterrestres amistosos y alegres. Son criaturas inteligentes que viven en familia. Sin embargo, debido a las diferentes condiciones de su tierra, poseen rasgos físicos muy distintos a los seres humanos. Pero también poseen diferencias de rasgos entre ellos mismos. Conozcamos a tres de estas pequeñas criaturas. Sus nombres son mamá Ornik y papá Ornik. Mamá y papá Ornik tienen varios hijos, una de ellas se llama Eepo, y tendría aproximadamente unos 11 años. Los familiares de Eepo le han dicho que posee los ojos hermosos de su madre y las antenas sensibles de su padre.”*



### Actividades para después de la lectura:

1. Se arman los modelos de la mamá y el papá en el pizarrón con cartulina, cartón, papel, goma eva, o cualquier otro material para armar modelos.
2. Se comenta entre todos las características físicas. Por ejemplo: la cabeza de la mamá es redonda y la del papá es un triángulo, el papá tiene antenas pero la mamá no, etc.

"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.



3. Luego se arma el modelo de Eepo en el pizarrón, y entre todos se comenta de quién heredó las características. Para introducir el término “heredar” se puede hacer referencia a algún cuento infantil donde algún príncipe hereda un castillo o corona. También se puede interpretar que “Eepo tiene antenas como las de su papá” significa que “Eepo heredó las antenas de su papá”.
4. Una vez analizado entre todos, cada alumno completará la tabla de características físicas para Eepo.
5. Luego cada grupo o cada alumno creará un/a hermano/a para Eepo, a quien describirá ante sus compañeros. Este segundo paso puede ser acompañado del armado del muñeco también en el frente, para lo cual se deberá disponer de mayor cantidad de piezas. Además de la forma de las partes del cuerpo, se puede jugar también con el color.
6. Completar el cuadro indicando de cuál de sus padres heredaron Eepo y sus hermanos sus características:

**Respuestas en azul:**

Característica	Eepo heredó de...	Su hermana/o lo heredó de...
1. Cabeza	mamá	(Según el diseño del alumno)
2. Ojos	mamá	(Según el diseño del alumno)
3. Tronco	mamá	(Según el diseño del alumno)
4. Antenas	papá	(Según el diseño del alumno)
5. Piernas	papá	(Según el diseño del alumno)
6. Brazos	papá	(Según el diseño del alumno)
7. Cuello	papá	(Según el diseño del alumno)
8. Pies	papá	(Según el diseño del alumno)

Actividad sugerida para alumnos más grandes (EGB 3 y Polimodal):

1. Señalar en la columna correspondiente si la característica se hereda de padres a hijos si no es hereditaria.
2. Si alguna característica no se considera hereditaria, justificar cómo se determinó.
3. Una vez resuelto el ejercicio, discutir las respuestas en la clase.
4. Indicar otros ejemplos de características hereditarias y adquiridas.

"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.



Respuestas en azul

Característica	Hereditaria	No hereditaria (adquirida)
Ojos marrones	X	
Cabello lacio	X	
Conocimiento del idioma inglés		X
Orificio en el lóbulo de la oreja para colocar el aro		X
Forma del pie	X	
Delgadez*	X	
Cabello teñido de verde		X
Altura*	X	
Tipo de sangre	X	
Calvicie	X	
Tono de la voz	X	
Bronceado*	X	
Cirugía de nariz		X

\* **Nota:** Las características marcadas con un asterisco, son interesantes para plantear la discusión acerca de la influencia del ambiente en la expresión de los caracteres. Es decir, una persona puede heredar de sus padres una predisposición para una determinada altura, contextura corporal, tono de la piel e, incluso, habilidad para un deporte o la música. Pero que se desarrolle ese potencial depende de factores externos, como la cantidad y tipo de alimentación, o el estímulo familiar y social para determinadas conductas (práctica de deportes o exposición solar, por ejemplo). En el caso de la delgadez (o su opuesto gordura) se han descubierto genes correlacionados a la propensión a la gordura, pero el estilo de vida (alimentación, práctica de deportes, etc) puede compensar esa tendencia genética. Algo similar ocurre con la capacidad de bronceado, que está genéticamente asociada con la capacidad de síntesis de melanina.

5. A partir de esta última observación, se puede agregar otras preguntas para el análisis:  
Incluir en la tabla una tercera columna titulada "Hereditaria influenciada por el ambiente".
6. ¿Cuáles de las características que aparecen en la tabla se incluirían en esta columna?

"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 3. Mejoramiento genético**

A través de un relato simple, destinado a alumnos pequeños se pretende introducir de manera general y accesible la idea de ingeniería genética y mejoramiento de especies. Luego del relato se sugieren preguntas para el análisis del cuento.

Se busca que los chicos se aproximen a la idea de gen como el componente de la célula responsable de transmitir características de padres a hijos y reflexionen sobre la intervención del hombre en el mejoramiento de especies.

La información que se hereda de los padres está guardada en los genes. Cada gen es un fragmento particular del ADN y cada gen tiene la información para una característica en particular. Por ejemplo: existen genes que tiene la información para que se fabriquen los colores y perfumes en las plantas, otros genes que tienen la información para que la planta florezca en primavera. En los humanos existen los genes que tienen la información para el color de ojos, el tipo de pelo, el grupo sanguíneo, etc.

#### Relato:

*Geneto es un profesor que tiene una tía experta en plantas, "Margarita, la jardinera". Cuando era chico, Geneto pasaba las vacaciones en la casa de su tía que tenía el jardín más lindo de la cuadra, con flores que eran la envidia de sus vecinas. Rosas de unos colores increíbles, claveles rojos con puntitos blancos y blancos con puntitos rojos, y muchas otras.*

*Geneto estaba convencido de que su tía era una especie de maga, capaz de conseguir con sus plantas los colores más brillantes y las hojas más fuertes. Todos los días trataba de averiguar cómo hacía para "inventar" plantas, pero la tía se resistía a develar el secreto, hasta que Geneto cumplió 10 años. Entonces, lo llevó al jardín, le dio unos guantes, una tijera y una palita, y le dijo: cuando quieras "inventar" una planta tenés que elegir lo que querés de cada una, y con un pincel, debés frotar el polvito amarillo (polen) de una flor y pasarlo a la flor de la otra planta. Así se puede hacer la cruce entre dos plantas.*

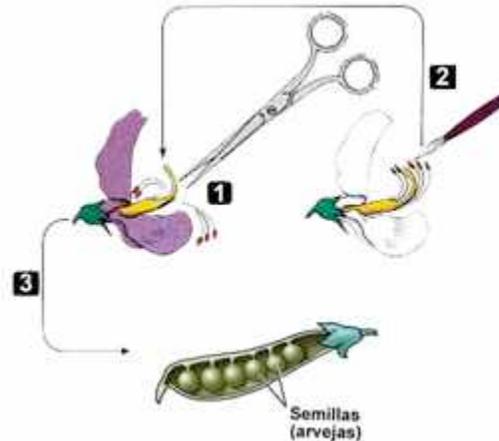
"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa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



1 Con una tijera, se cortan los estambres de una de las flores (púrpura)

2 Con un pincel, se transfiere el polen de la flor blanca a la flor púrpura

3 Las flores púrpuras producen semillas que permiten el desarrollo de nuevas plantas.



Por ejemplo, podés cruzar una planta de arvejas con flores púrpura y otra con flores blancas. Después es cuestión de esperar a que se formen las semillas y plantarlas. Cuando de esas semillas crecen plantas, se puede ver de qué color serán las flores de las nuevas plantas. ¿De qué color serán? ¿Blancas, púrpuras, rosas, una combinación de púrpura y blanco, azules o amarillas? La tía le explicó entonces a Geneto que las plantas podían cruzarse, para sacar lo mejor de cada una, pero que había que tener mucha paciencia, porque a veces las cosas no salían del todo bien. O llevaba muchos años. Además, no todas las plantas podían cruzarse entre ellas. Ella había probado por años pero nunca había podido hacer que sus malvones tuvieran el perfume de las rosas. Ni que las margaritas lograsen el color de sus violetas. Geneto, pensó: “¿por qué no se pudo lograr que una rosa sea azul como las petunias? cuando sea grande, voy a estudiar para averiguarlo”. Y así fue. Cuando Geneto terminó la escuela, estudió genética y se especializó en plantas. Entonces, se enteró que investigadores habían encontrado la manera de hacer lo que su tía nunca había podido. ¿Cómo hacían? Habían descubierto que cada ser vivo tiene una especie de receta muy larga donde están escritas todas sus características. Y algo mucho mejor, todas las recetas de todos los seres estaban escritas en el mismo idioma. Entonces, podía cortarse un pedacito de una receta y pegarla en otra! Y además, podían elegir el pedacito que quisieran (un gen), sin tener que mezclar la receta entera. Por supuesto, que no es fácil de hacerlo y no se puede hacer cualquier cosa que a uno se le ocurra. Pero sí se pueden hacer más cosas que las que hacía su tía Margarita, y más rápido. Un científico, por ejemplo, había averiguado qué genes hacen que las petunias sean azules... y le pasó esos genes a la rosa, que ahora eran rosas azules. A medida que iba estudiando descubrió que había muchos otros descubrimientos soñados, como por ejemplo, pasarle la información de las vacunas a las bananas para que no tuvieran que pinchar más a los chicos para darles vacunas! Otro, que había sufrido mucho porque no lo dejaban comer todas las papas fritas que quería, porque engordaban mucho, estaba trabajando en unas papas que al freírse no absorbieran tanto aceite ni engordaran. A Geneto las ideas se le agolpaban en la cabeza y no lo dejaban dormir: podía sacar información de los cactus y hacer plantas para los balcones de la gente como él, que siempre se olvidaba 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.



regarlas. Podía hacer tantas cosas, que se puso a trabajar enseguida. Y sugirió que todos participaran con descubrimientos e ideas.

Propuestas para trabajar con esta actividad:

- Se sugiere que cada alumno o el grupo de trabajo dibuje su idea en una cartulina y la presente a sus compañeros.
- Para incentivar las ideas se pueden hacer algunas preguntas a modo de guía o disparador, por ejemplo: ¿Qué cambios les gustaría introducir en las frutas o en otras plantas? ¿Manzanas más dulces, sandías menos pesadas, bananas con vacunas incorporadas, etc.? ¿Y qué cambios se podrían introducir en animales?
- Discutir entre todos si las propuestas son pertinentes y si tienen en cuenta su aporte al bienestar de las personas y/o de la comunidad. Se puede plantear una discusión y votación para aprobar el desarrollo que sugiere cada alumno. Cada aprobación o rechazo de un producto debe estar seguida de una argumentación convincente y sólida.

**Nota:** A modo de guía se puede pegar en el aula la Lámina “Biotecnología Vegetal. Los beneficios de la biotecnología moderna que cambiarán nuestro futuro” del kit “La Bioteca” en [http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/docs/laminas/l-hi/bio\\_vegetal.pdf](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/docs/laminas/l-hi/bio_vegetal.pdf).

#### **Actividad 4. Análisis de Novedades**

A partir de la lectura y análisis de las Novedades se propone repasar los conceptos vistos en el Cuaderno.

##### **Novedad 1. Gen que adelanta las cosechas**

Publicado el: 27/01/2006 en <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/>

Científicos santafesinos trabajan sobre un gen del girasol que podría adelantar el ciclo de los cultivos y, al mismo tiempo, le daría resistencia a herbicidas. Aún está en etapa experimental. El equipo de profesionales que lidera la científica del Conicet, Raquel Chan, viene estudiando las propiedades del gen del girasol Hahb10 que, en los ensayos realizados en el laboratorio de biología celular y molecular de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de Santa Fe, se comprobó que adelanta un 25% la floración con el mismo nivel de producción de semillas. Las pruebas se realizan en plantas transgénicas experimentales que también resultaron resistentes al paraquat, el herbicida más usado del mundo después del glifosato. Desde Bioceres, que aportó u\$s 240.000 para financiar el proyecto, calculan que el descubrimiento podría generar interesantes cambios en la agricultura. Por ejemplo, adelantar la cosecha de trigo para ganar tiempo en la siembra de soja de segunda -y lograr mejores rindes, o bien obtener variedades de la oleaginosa que permitan aprovechar las épocas de lluvia y evitar las de sequía. La doctora Chan explicó que el descubrimiento permitiría "usar más veces el mismo campo en una misma unidad de tiempo", "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.



aunque aclaró que todavía resta saber cómo se comportará el gen en plantas de interés agronómico, ya -que hasta el momento- sólo se hicieron las pruebas en especies de laboratorio. Por su parte, Mariana Giacobbe, gerente general de Bioceres, explicó los alcances que tendría conseguir trigos que adelanten la fecha de cosecha. "Por cada día de retraso en la siembra de soja de segunda se pierden entre 35 y 40 kilos en el rendimiento; así que si se logra adelantar 10 días, se ganarían 350 kilos por hectárea", detalló. Giacobbe aclaró que aún resta conocer más en profundidad el gen Hahb10 para entrar en la segunda etapa del proyecto, en la cual se intentará introducirlo en cultivos comerciales. El descubrimiento tomó estado público en diciembre a partir de la publicación del caso en la revista científica japonesa *Plant and Cell Physiology*. Se trata del segundo logro entre la UNL, Conicet y Bioceres, que el año pasado ya habían anunciado el descubrimiento de las propiedades de otro gen del girasol -el Hahb4- que confiere tolerancia a la sequía y ya está siendo probado en trigo, soja y maíz. Recién después de finalizar los ensayos con el Hahb4 -que se realizan en Córdoba, Rosario y EE.UU.- intentarán introducir el Hahb10 en cultivos comerciales; de modo tal que las sojas o los trigos precoces recién podrían llegar a los productores en 8 o 10 años.

### Preguntas para el análisis de la Novedad 1:

1. ¿Qué rama de la genética se aplicó para el desarrollo descrito en esta Novedad? **Rta:** por lo expuesto en el texto se trata de un estudio de **genética molecular** para poder aislar el gen y luego estudiar su función, y también de **ingeniería genética** para introducir dicho gen en otras especies de laboratorio con fines básicos (estudiar mejor la función del gen) y con idea de usarlo en desarrollos biotecnológicos.
2. ¿Qué tipo de desarrollo biotecnológico se sugiere en la nota? **Rta:** insertar en la soja el gen de girasol que interviene en la floración para adelantar la cosecha maximizando el rendimiento.
3. ¿Cuál sería la ventaja de este desarrollo? **Rta.** podría generar interesantes cambios en la agricultura. Por ejemplo, adelantar la cosecha de trigo para ganar tiempo en la siembra de soja de segunda -y lograr mejores rindes, o bien obtener variedades de la oleaginosa que permitan aprovechar las épocas de lluvia y evitar las de sequía.
4. ¿Qué tipo de institución llevó a cabo la investigación? **Rta:** La Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fé Argentina, con el apoyo económico de una institución privada Bioceres.

### Novedad 2. Proyecto genoma de cebada

Publicado el : 06/04/2006 en <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/>

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos destinó 5 millones de dólares para un proyecto que pretende identificar y mejorar la cebada, con el fin de aumentar los rendimientos y la calidad del cultivo. En el nuevo proyecto participarán científicos de 19 países de todo el mundo. Se trata de hacer un mapa genómico de la cebada e identificar a los genes responsables de controlar el rendimiento, la calidad alimenticia y de la malta, y también la resistencia a enfermedades. En

"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.



realidad no es la primera vez que se va a estudiar el genoma de la cebada. El año pasado, las asociaciones de la industria de alimentos y bebidas del Reino Unido aportaron unos 3 millones de dólares para un proyecto de investigación para identificar los genes económicamente más importantes de la cebada. El proyecto, realizado por el Instituto de Investigación Agrícola de Escocia, la Universidad de Birmingham y el Instituto Nacional de Botánica Agrícola, espera rendir sus primeros resultados en 2007. El lanzamiento del nuevo proyecto coincide con la acumulación de un conjunto importante de evidencias que revelan la importancia que puede tener la cebada para la salud. Estos beneficios incluyen la reducción de los niveles de colesterol y otros factores de riesgo asociados con exceso de peso y la diabetes de tipo 2. Los datos y resultados de la investigación sobre genes de cebada están disponibles para científicos, productores y la industria, a través del sitio público del proyecto: [www.barleycap.org](http://www.barleycap.org).

#### Preguntas para el análisis de la Novedad 2:

1. ¿Qué rama de la genética se aplicará para el desarrollo descrito en esta Novedad?

Rta: Por ser un estudio actual, se aplicarán seguramente técnicas de marcadores moleculares para realizar el mapa genómico, y se identificarán genes de interés agronómico y nutricional (estudiarán la función y mecanismo de acción de sus genes), por lo cual se trata de estudios de genética molecular.

2. ¿Qué aportes podría traer este estudio? Rta: a partir de evidencias que revelan la importancia que puede tener la cebada para la salud, se podrían emplear genes de la cebada para la reducción de los niveles de colesterol y otros factores de riesgo asociados con exceso de peso y la diabetes de tipo 2. A su vez se avanzará en el desarrollo del mapa genético de esta especie, lo cual acelerará posteriormente los programas de mejoramiento asistido por marcadores moleculares. Además, la cebada es tomada como especie referente para estudios genéticos de otras especies como el sorgo o algunas gramíneas con tolerancia a frío, patógenos etc, con lo cual los avances en genética molecular de esta especie permitirán avanzar también en el conocimiento de otras especies.

3. ¿Qué tipo de institución llevó a cabo la investigación? Rta: el Instituto de Investigación Agrícola de Escocia, la Universidad de Birmingham y el Instituto Nacional de Botánica Agrícola hicieron los primeros aportes económicos en 2005. En el año 2006, se suman 5 millones más aportados por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos para que el proyecto pueda ser realizado con la participación de científicos de 19 países distintos.

#### Material de consulta

"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° 20

1. *Introducción al análisis genético*. Griffiths, A.J.F., Miller, J.H., Suzuki, D.T., Lewontin, R.C., and Gelbart, W.M. 1996., 6ta Edición. (1997) Interamericana-McGraw-Hill. Este libro de genética abarca en forma clara y detallada todos los temas de genética.
2. *BIO...¿QUÉ? Biotecnología, el futuro llegó hace rato*. Alberto Díaz. Colección "Ciencia que ladra...". Siglo XXI Editores y Universidad Nacional de Quilmes Editorial. 2005.
3. *Biotecnología y mejoramiento vegetal*. Echenique Viviana, Rubinstein Clara, Mroginski Luis, (editores). Ediciones INTA y ArgenBio (2004).

"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.