



PAU
Mayores de 25 años

Contenidos

Biología

Metabolismo, herencia y genética molecular: Genética mendeliana

1. Mendel y la herencia



Prezi necesita Flash Player 11.1 o una versión mejor. [Actualízala aquí.](#)

Las leyes de Mendel suponen el inicio de la genética como ciencia. En ellas se establecen normas sobre la transmisión de los caracteres a los descendientes que fueron publicadas entre 1885 y 1886, pero que no fueron consideradas por la comunidad científica hasta su redescubrimiento en 1900.

Estas leyes son el resultado de la investigación realizada por este monje agustino austriaco, mediante la realización de cruces forzados en plantas de guisante de jardín (*Pisum sativum*) y la observación de los patrones de herencia seguidos por determinadas características de las mismas.



Imagen en Wikimedia Commons de
[Liberal Freemason](#) bajo
[Dominio Público](#)

Importante

Cuando Mendel hizo dichas investigaciones y postuló sus leyes, no tenía ningún conocimiento sobre la molécula en la que reside la información genética, ni sabía de la existencia de genes ni cromosomas, por lo tanto, aunque actualmente expliquemos sus leyes y conclusiones usando términos relacionados con los conceptos anteriores, él nunca utilizó esa terminología ni las

leyes y conclusiones usando terminos relacionados con los conceptos anteriores, el nunca utilizo esa terminología ni los razonamientos de localización de alelos que hoy en día podemos usar.

2. Conceptos básicos de genética

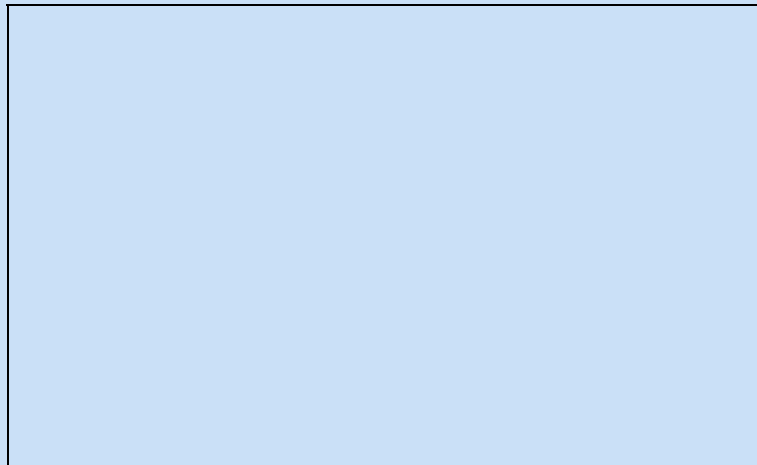


Vamos a exponer aquí una serie de conceptos básicos que son fundamentales para que puedas entender los mecanismos que regulan la transmisión de los caracteres hereditarios de una generación a las siguientes.

Son términos que se emplean habitualmente en genética, que nos van a facilitar la comprensión de las leyes que rigen la herencia.

Importante

En el siguiente vídeo se describen los conceptos más importantes que necesitas para comprender la interpretación de las investigaciones de Mendel. Para que los puedas repasar también se definen por escrito a continuación:



Concepto de gen y alelo

Un gen es un fragmento de ADN que contiene la información necesaria para determinar un carácter. Dicho de una forma más sencilla, un gen determina un carácter.

Pero ¿qué es un carácter? Un carácter sería una característica observable en un individuo, por ejemplo, el color de los ojos, también lo sería el color del pelo, la forma de una hoja, el grupo sanguíneo...

Para cada gen situado en un cromosoma habrá otro situado en el cromosoma homólogo, en el mismo lugar, que llevará información para el mismo carácter. A estos genes se les llama alelos. La información que tienen los genes alelos puede ser la misma o puede ser distinta.

Vamos a ponerte un ejemplo. Imagina que en un cromosoma existe un gen "**N**" que determina el color negro del pelaje de los gatos. En el cromosoma homólogo habrá otro gen, que vamos a llamar "**n**" que determina el color blanco; "**N**" y "**n**" son alelos.

Importante

No debemos olvidar que, siempre que se trate de un organismo diploide, para cada carácter han de existir dos alelos, uno de origen paterno y el otro de origen materno. Estos alelos serán iguales o no, por ejemplo, la pareja alélica puede ser **NN** o **Nn** o **nn**.

Concepto de genoma

El genoma es la totalidad de la información genética con la que cuenta un individuo, o, dicho de otra forma, el conjunto de genes que posee un individuo.

Concepto de genotipo y fenotipo

Entendemos por **genotipo** el conjunto de genes que posee un individuo, aunque normalmente con este término hacemos referencia a un carácter o unos caracteres determinados. Si el genotipo está referido a un único carácter, vendrá determinado por la pareja de alelos.

El carácter más o menos observable que determina un genotipo concreto constituye el **fenotipo**.

Vamos a ver la diferencia con un ejemplo. El color del pelaje del gato vendrá determinado por la pareja de alelos Nn y el color del pelo es negro. El **genotipo es "Nn" y el fenotipo es "negro"**.

Importante

¡Sólo se hereda el genotipo!

Homocigótico y heterocigótico

Un individuo es **homocigótico** (puro) para un carácter cuando sus dos alelos son iguales, por ejemplo, el color del pelo viene determinado por la pareja alélica "NN".

Decimos que un individuo es **heterocigótico** (híbrido) para un carácter cuando sus dos alelos son distintos, por ejemplo, el color del pelo lo determinan la pareja "Nn".

Herencia dominante, alelo dominante y recesivo.

Hablamos de **herencia dominante** cuando un alelo (**dominante**) se expresa en el fenotipo mientras que el otro (**recesivo**) queda oculto. El alelo dominante se representa en mayúscula mientras el recesivo se representa en minúscula. Dominante "H"; recesivo "h".

En el caso del pelaje de los gatos, el alelo que determina el color negro (N) es dominante sobre el que determina el color blanco (n). El genotipo Nn tendrá un fenotipo negro.

HERENCIA DOMINANTE		
Color de ojos en gatos		
Genotipo		Fenotipo
Homocigótico	MM	Marrón
	mm	Blanco
Heterocigótico	Mm	Marrón

Comprueba lo aprendido

Indica si la frase que vas a leer a continuación te parece correcta:

Un gen o alelo recesivo solo se manifiesta en el fenotipo cuando se encuentra en homocigosis.

☐ Verdadero ☐ Falso

Ejercicio resuelto

Define gen, homocigótico, genotipo, fenotipo y recombinación.

[Mostrar retroalimentación](#)

Las experiencias de Mendel comenzaron con la obtención de dos **razas puras** de plantas que diferían en un carácter. Para ello realizó autofecundación durante varias generaciones seguidas que le permitieran asegurarse la pureza de las líneas. Mendel desechaba aquellos ejemplares que producían descendencia variada para el carácter en cuestión y volvía a cruzar aquellos que producían descendencia homogénea e idéntica a los progenitores para el carácter que intentaba seleccionar. Después de varias generaciones produciendo una descendencia totalmente homogénea, los consideraba razas o líneas puras y aptas para la posterior experimentación.



Imagen en Flickr de
[doctor muerte](#) bajo CC



Imagen en Flickr de
[Yoidore Tenshi](#) bajo CC

Lo que Mendel denominó razas puras, fue lo que posteriormente se conoció como individuos **homocigotos** para un carácter; es decir, individuos que poseían la misma información genética, para ese carácter, en las dos copias del cromosoma portador del responsable de dicho carácter.

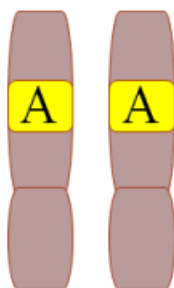


Imagen en Flickr de
[juanmaaijo](#) bajo CC

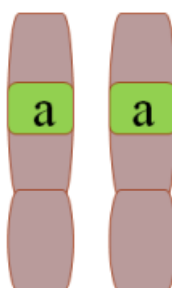


Imagen en Flickr de
[juanmaaijo](#) bajo CC

Raza pura carácter
semilla amarilla
(Homocigoto AA)

Raza pura carácter
semilla verde
(Homocigoto aa)

3.1. Primera ley

Con las dos razas puras obtenidas, realizó el experimento que le permitió enunciar su **primera ley**, o "**Ley de la uniformidad de la F₁**". En las presentaciones adjuntas puedes observar el experimento y sus resultados. En la primera de ellas de la misma manera que lo observó Mendel en su jardín (sin conocimientos genéticos previos), en la segunda teniendo en cuenta la explicación genética del hecho (puedes ir pasando simultáneamente ambas y comparándolas):

Resultado del cruce de razas puras



Primera ley



La generación inicial, en la que se cruzaban los dos ejemplares de línea pura se denominó generación "**P**" o **generación parental**. La primera generación de plantas descendientes es lo que se conoce desde entonces como "**F₁**" o **primera generación filial**.

Importante

A esta ley se le llama también "**ley de la uniformidad de los híbridos de la primera generación filial**", y dice que cuando se realiza un cruzamiento entre dos individuos raza pura para un carácter que difieren en el fenotipo, todos los individuos de la primera generación filial (F₁) presentan el mismo fenotipo.

Al carácter que desaparecía en esa primera generación filial lo llamó carácter **recesivo**, y al único representado en la F₁ carácter **dominante**.

Mendel no tenía idea de la existencia de los cromosomas ni de la localización de los genes, pero introdujo una forma de representar los caracteres, asignando una letra mayúscula al **carácter dominante (A)** y una letra minúscula al **carácter recesivo (a)**. Suponía que cada individuo recibía una copia del factor que confiere el carácter de la planta que actúa como madre y otra de la que actúa como padre.

Comprueba lo aprendido



Imagen en Flickr de [Ben124](#) bajo CC



Imagen en Flickr de [iklash](#) bajo CC

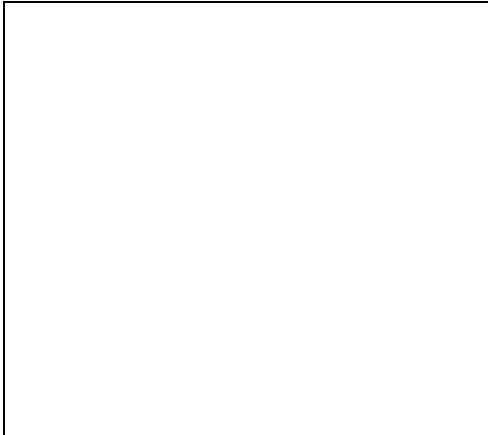
El resultado del cruce de un ratón gris de raza pura con una hembra albina, también raza pura, es una camada de 5 hembras y 3 machos, todos ellos de color gris ¿podemos deducir algo sobre la herencia del color del pelaje en esta especie?

- ☐ El carácter "color del pelaje gris" es dominante.
- ☐ El carácter "color del pelaje albino" es dominante.
- ☐ No tenemos información suficiente para deducir nada.

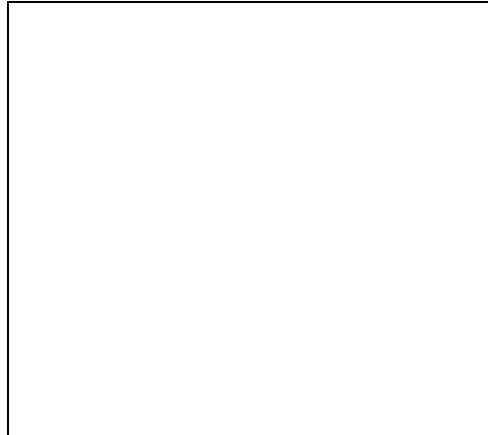
3.2. Segunda ley

Mendel quiso comprobar lo que ocurría al cruzar los híbridos de la F1. En las presentaciones adjuntas puedes observar el experimento y sus resultados. En la primera de ellas de la misma manera que lo observó Mendel en su jardín (sin conocimientos genéticos previos), en la segunda teniendo en cuenta la explicación genética del hecho (puedes ir pasando simultáneamente ambas y comparándolas):

Cruce de híbridos



Segunda ley



La descendencia resultante de cruzar individuos de la F1, fue denominada F2 o **segunda generación filial**.

Importante

Esta ley se denomina también "**ley de la segregación de los factores hereditarios o alelos**". Al cruzar entre sí dos individuos de la primera generación filial (F1), obtenidos en el cruce que vimos en la primera ley, aparecen entre los individuos de la segunda generación filial (F2) individuos con el carácter que se había mantenido oculto en la F1. Ello es posible porque los alelos (o factores hereditarios como los llamó Mendel) se separan al originarse los gametos y se pueden volver a unir al formar el cigoto que da lugar al nuevo individuo.

Comprueba lo aprendido



Imagen en Flickr de [hvelarde](#) bajo CC




Imagen en Flickr de [hvelarde](#) bajo CC

De los cruces de una planta de tomates cherry de raza pura para el color rojo del fruto con otra de raza pura para el color amarillo del mismo, se obtiene una descendencia formada por 723 semillas que, al ser sembradas, producen plantas de tomate con frutos de color rojo.

Cuando se cruzan entre sí plantas correspondientes a esta primera generación, se obtiene una descendencia formada por 820 semillas.

¿Cuál de las **proporciones fenotípicas** que se proponen es más probable que se produzca?

 **Sugerencia**

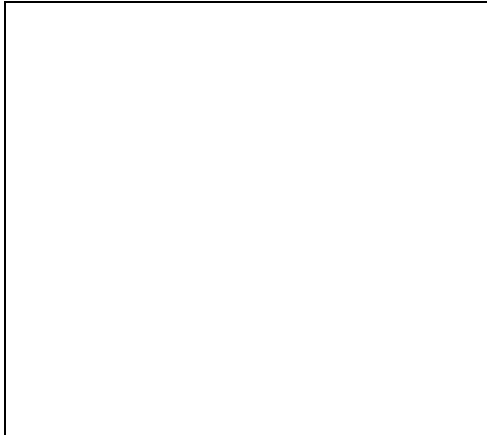
- ☐ 615 semillas que producen plantas con **tomates amarillos** y 205 que producen plantas con **tomates rojos**.
- ☐ 610 semillas que producen plantas con **tomates rojos** y 210 que producen plantas con **tomates amarillos**.
- ☐ 420 semillas que producen plantas con **tomates rojos** y 400 que producen plantas con **tomates amarillos**.

3.3. Tercera ley

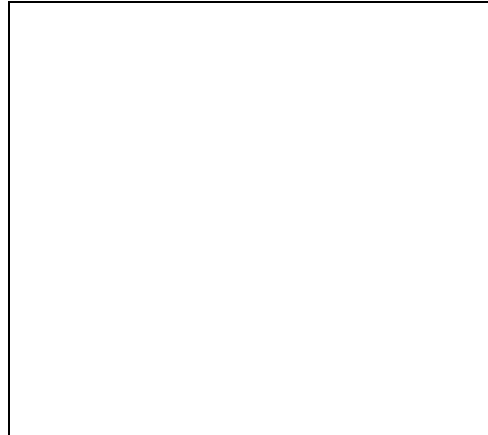
Después de estudiar la herencia de los caracteres de forma independiente, Mendel quiso comprobar si cuando se estudiaba más de un carácter de forma simultánea, existía alguna dependencia entre ellos a la hora de manifestarse. Para ello partió de individuos que eran raza pura para dos caracteres (en lugar de para uno solo como hizo al principio).

Usa las presentaciones del mismo modo que en apartados anteriores:

Cruce de razas puras para dos caracteres



Tercera ley



Importante

La tercera ley de Mendel se conoce como "**ley de la herencia independiente de caracteres**" y dice que los caracteres son independientes y se combinan al azar. En la transmisión de dos o más caracteres, cada pareja de alelos que controla un carácter, se transmite de manera independiente de cualquier otro par de alelos que controlen otro carácter en la segunda generación, combinándose de todos los modos posibles.

Comprueba lo aprendido





Imagen en Flickr de Ma- bajo CC



Imagen de Flickr de Ma- bajo CC

Del cruce de dos plantas tropicales de flores de color **rojo intenso** y **hojas lisas** se obtiene una descendencia de **48 plantas**, **25** de las cuales tienen **flores rojas** y **hojas lisas**, **11 flores rojas** y **hojas lobuladas**, **8** tienen **flores rosa** y **hojas lisas** y las **4** restantes, **flores rosa** y **hojas lobuladas**.

1. ¿Cuáles de los caracteres son dominantes?

- ☐ El color rosa de la flor y el aspecto lobulado de la hoja.
- ☐ El color rojo de la flor y el aspecto lobulado de la hoja.
- ☐ El color rojo de la flor y el aspecto liso de la hoja.
- ☐ El color rosa de la flor y el aspecto lobulado de la hoja.

2. ¿Qué descendencia esperarías del cruce de dos plantas de flores rosas y hojas lobuladas?

- ☐ La misma frecuencia que en el cruce anterior.
- ☐ Mitad de flores rojas y hojas lisas y mitad de flores rosas y hojas lobuladas.
- ☐ Toda la descendencia igual que las progenitoras.

3. ¿Sería el mismo el resultado si en lugar de cruzar dos plantas con esas características se hiciera una autofecundación de una de ellas?

- ☐ No, las proporciones variarían.
- ☐ Las proporciones obtenidas serán las mismas.

4. Teoría cromosómica de la herencia. Genes y cromosomas



Importante



Imagen en Proyecto Biosfera bajo CC

A mediados del siglo XIX, cuando Mendel realizó sus experimentos con guisantes, el estudio del ADN y de la célula no había alcanzado el grado de desarrollo que poseen en la actualidad. Muchos conceptos que ahora son de uso cotidiano, como gen, cromosoma, meiosis... o no se conocían o no se sabía su función (el término gen, por ejemplo, ni siquiera existía, Mendel hablaba de unidades o factores de herencia).

Algunos científicos trataron de dar una explicación a las leyes de Mendel, sobre todo era necesario aclarar el papel que desempeñaban los cromosomas y la meiosis en la herencia.

A principios del siglo XX T. H. Morgan elaboró la denominada **Teoría Cromosómica de la Herencia**. Esta teoría dice:

1. Los genes se localizan en los cromosomas.
2. Cada gen ocupa un lugar concreto en el cromosoma, que se denomina *locus* (en plural *loci*).
3. Los genes se encuentran dispuestos linealmente a lo largo del cromosoma.
4. Los alelos se encuentran en los cromosomas homólogos, por esta razón existe un par para cada carácter.

Dado que los genes se localizan en los cromosomas, a continuación puedes ver en unas imágenes un ejemplo del paralelismo que existe entre la segunda Ley de Mendel y la separación y fusión de cromosomas que se produce durante la meiosis y la fecundación respectivamente.

Imagen en INTEF de [Lourdes Luengo](#) bajo CC

Imagen en INTEF de [Lourdes Luengo](#) bajo CC

Comprueba lo aprendido

1. Lee detenidamente la frase que viene a continuación. ¿Estás de acuerdo con lo que en ella se dice?

Sabiendo que los genes se encuentran dispuestos linealmente a lo largo de los cromosomas, la Tercera Ley de Mendel no se cumple en que caso de que los caracteres que estemos estudiando estén determinados por genes que se encuentren en el mismo cromosoma.

☐ Verdadero ☐ Falso

2. ¿Estas de acuerdo con la expresión: "Un cromosoma es un conjunto de genes"?

☐ Verdadero ☐ Falso

3. ¿Es cierto que los alelos ocupan el mismo locus en cromosomas homólogos?

☐ Verdadero ☐ Falso

5. Apéndice



Ya hemos visto lo fundamental sobre genética mendeliana que tienes que saber para superar la prueba, pero si el tema te interesa y quieres aprender o curiosear algunas cosas interesantes... profundiza en el apéndice.



Imagen en Flickr de [NVinacco](#) bajo CC

5.1. Curiosidades



Curiosidad










Semilla		Flor	Vaina		Tallo	
Forma	Cotiledones	Color	Forma	Color	Lugar	Tamaño
 Gris y Redondo	 Amarillo	 Blanco	 Lleno	 Amarillo	 Vainas axiales, Las flores crecen a lo largo	 Largo (~3m)
 Blanco y Arrugado	 Verde	 Violeta	 Constreñido	 Verde	 Vainas terminales, Las flores crecen arriba	 Corto (~30cm)
1	2	3	4	5	6	7

Imagen en Wikimedia Commons de [Lady of Hats](#) bajo [Dominio Público](#)

Mendel eligió el guisante como modelo porque reunía las siguientes características:

- Bajo coste.
- Tiempo de generación corto.
- Elevada descendencia.
- Diversas variedades dentro de la misma especie con caracteres constantes y fácilmente diferenciables (en la imagen de la derecha puedes observarlos).

A pesar de las ventajas, tenía como inconveniente ser una planta autógama (se autofecunda). Esto lo solucionó eliminando las anteras y embolsando las flores para evitar cruzamientos espontáneos no controlados.

Curiosidad

Al finalizar las presentaciones sobre la tercera ley de Mendel, has visto una forma de representar el reparto de los alelos procedentes de los gametos en un diagrama que se denomina **cuadro de Punnet**. En este [enlace](#) puedes obtener mayor información acerca de los usos de este tipo de representación.

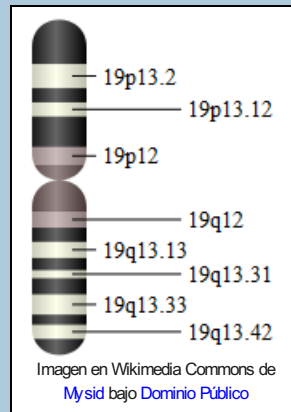
	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Imagen en Wikimedia Commons de [Juanmaalijo](#) bajo [Dominio Público](#)

Curiosidad

Las proporciones que obtuvo Mendel, solo se cumplen de forma aproximada cuando los genes están **libres**. Si los genes estuviesen **ligados** (van en el mismo cromosoma) se transmitirían siempre juntos, a menos que se produjese **recombinación** entre ellos. Esto da lugar a que en genes ligados aparezcan fundamentalmente descendientes con los fenotipos de alguno de los parentales. Solo aparecen fenotipos distintos de estos en los casos en que hay recombinación entre ellos. La frecuencia con que

parentales. Solo aparecen fenotipos distintos de estos en los casos en que hay recombinación entre ellos. La frecuencia con que aparecen estos fenotipos diferentes de los de ambos parentales da idea de la mayor o menor distancia a la que se encuentran ambos genes en el cromosoma, y sirven, por tanto, para realizar mapas cromosómicos.



Curiosidad

En las distintas especies hay diferentes maneras de determinar el sexo que va a tener un individuo. La determinación puede ser:

- **Ambiental:** es el medio en el que viven el que determina el sexo que desarrolla un individuo (la temperatura, la presencia de machos o hembras y otros factores, pueden ser determinantes en el sexo del individuo).
- **Genética no cromosómica:** el sexo es determinado por algunos genes, no por cromosomas completos.
- **La presencia y el número de heterocromosomas o cromosomas sexuales:** es lo que ocurre en mamíferos, aves e insectos.

Curiosidad

La hemofilia es una enfermedad casi exclusivamente masculina, porque cuando los dos alelos X^h se juntan, los embriones son abortados antes de que el embarazo llegue a término. Por ello, al calcular frecuencias y probabilidades en la descendencia de individuos portadores, estas se ven alteradas. De los porcentajes totales hay que descontar los que no llegan a nacer.

Curiosidad

¿Serías capaz de deducir las frecuencias fenotípicas esperadas en la descendencia de una mujer portadora de la hemofilia y de un hombre hemofílico?

El **hombre hemofílico** tendrá un genotipo X^hY y la **mujer portadora** XX^h , por lo tanto, los gametos que pueden formar uno y otro son los siguientes:

- El hombre, gametos X^h e Y .
- La mujer, gametos X y X^h .

El diagrama o cuadro de Punnet correspondiente sería:

	X^h	Y
X	XX^h	XY
X^h	X^hX^h	X^hY

Si no se tratase de hemofilia, sino de otra enfermedad en la que los alelos no fuesen letales en homocigosis (como por ejemplo el daltonismo) se podría decir que las frecuencias fenotípicas esperadas en la descendencia serían:

- El 50% de los varones serían sanos y el 50% restante hemofílicos.
- El 50% de las mujeres serían sanas (portadoras) y el 50% restante hemofílicas.

Sin embargo, hemos comentado anteriormente que las hembras homocigotas con el alelo X^h no llegan a nacer, por lo que lo correcto sería decir:

- El 50% de los varones serían sanos y el 50% restante hemofílicos.
- El 100% de las mujeres serían sanas pero portadoras de la hemofilia.

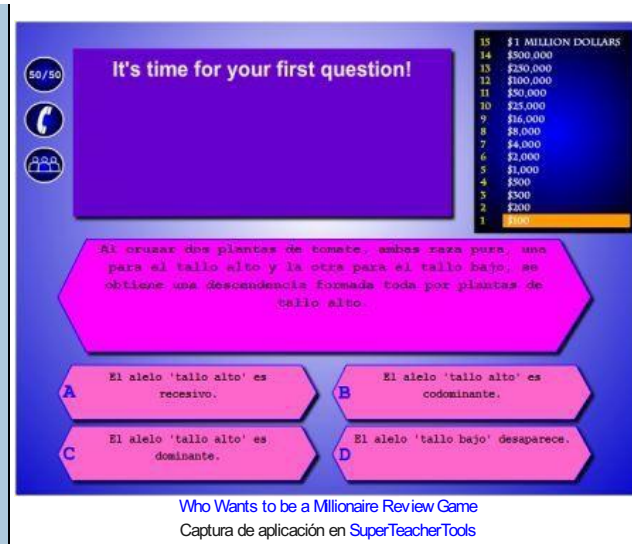
Curiosidad

Aunque no de forma generalizada, en algunos árboles genealógicos, se indican también los individuos portadores, sombreando solo la mitad del símbolo que los representa o con un punto en el centro del mismo, y los fallecidos con una línea diagonal que los atraviesa:



Curiosidad

¿Crees que sabes suficiente genética mendeliana como para acudir a un concurso de TV sobre ese tema? ¿Te podrías hacer millonario? Pulsa sobre la imagen y podrás jugar on-line con esta aplicación libre que emula al famoso concurso.



5.2. Para saber más



Para saber más

Cuando Mendel realizó sus experiencias, se desconocía la existencia del ADN y, por tanto, que este se localizaba en los cromosomas. Los investigadores de finales del siglo XIX y principios del XX elaboraron la **teoría cromosómica de la herencia** mendeliana, según la cual los genes residen en los cromosomas. Observaron que había un paralelismo entre la herencia de lo que Mendel designó **factores hereditarios** y el comportamiento de los **cromosomas** durante la meiosis y el proceso de fecundación, por lo que dedujeron que los factores hereditarios residían en los cromosomas. Esto sirvió de base para formular la teoría cromosómica de la herencia unos años más tarde.

Consultando los siguientes enlaces puedes obtener información adicional sobre los experimentos que permitieron enunciarla y sobre las deducciones que se llevaron a cabo:

- [Teoría cromosómica de Sutton y Boveri.](#)
- [Teoría cromosómica de la herencia.](#)

Para saber más

La mayoría de los caracteres que estudió Mendel y, en concreto, los que hemos estudiado en las investigaciones que le permitieron enunciar sus leyes, eran debidos a la acción de un gen con dos alelos; sin embargo, no todos se transmiten de la misma manera ni producen la misma frecuencia de distribución entre sus descendientes. Algunos ejemplos de esos otros modos de herencia:

de herencia.

Semidominancia: algunos caracteres están controlados por dos alelos en los que ninguno de los dos domina sobre el otro, sino que en heterocigosis producen fenotipos intermedios.



Imagen en Flickr de JelleS bajo CC



Imagen en Flickr de megnut bajo CC



Imagen en Flickr de alefol bajo CC

Un gen con varios alelos dominantes, recesivos y codominantes: es el caso de la herencia de los grupos sanguíneos ABO en la especie humana. Los glóbulos rojos del individuo pueden presentar diferentes tipos de antígenos que pueden dar lugar a la formación o no de distintos anticuerpos en individuos con grupos diferentes.

	Grupo A	Grupo B	Grupo AB	Grupo O
Sangre roja célula				
Anticuerpos	 Anti-B	 Anti-A	Ningunos	 Anti-A y Anti-B
Antígenos	A antígeno	B antígeno	A y B antígeno	No antígenos

Imagen en Wikimedia Commons de SonicChao bajo Dominio Público

Para saber más

Grupo A	Grupo B	Grupo AB	Grupo O

Imagen en Wikimedia Commons de SonicChao bajo Dominio Público

El **grupo A** se corresponde con los genotipos: **AA** o **A0**

El **grupo B** se corresponde con los genotipos: **BB** o **B0**

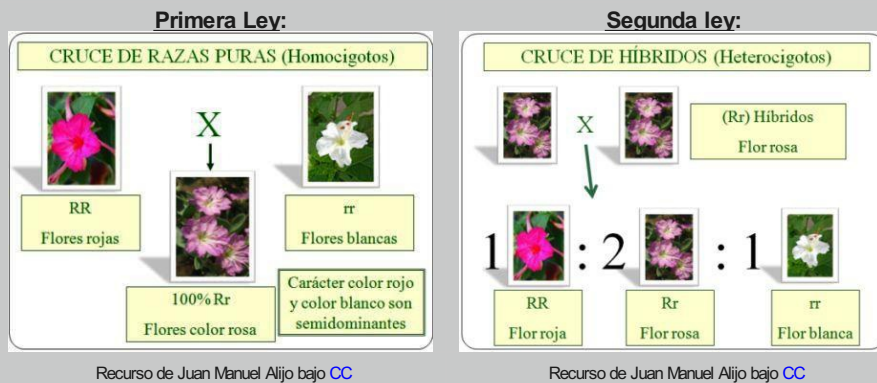
El **grupo AB** se corresponde con el genotipo: **AB**

El **grupo 0** se corresponde con el genotipo: **00**

Los fenotipos "grupo A" y "grupo B" aparecen tanto en homocigosis como en heterocigosis con el alelo 0, puesto que al dominar tanto A como B sobre 0, son los primeros los que se manifiestan. El fenotipos "grupo AB" solo se presenta cuando coinciden los dos alelos codominantes A y B y el fenotipo "grupo 0" aparece solo cuando no existe ninguno de los que dominan sobre el 0, es decir, cuando el genotipo es homocigoto 00.

Para saber más

En ambos casos de **semidominancia**, las **frecuencias fenotípicas** de la descendencia obtenida en los cruces realizados por Mendel se ven alteradas, manteniéndose las **frecuencias genotípicas**:



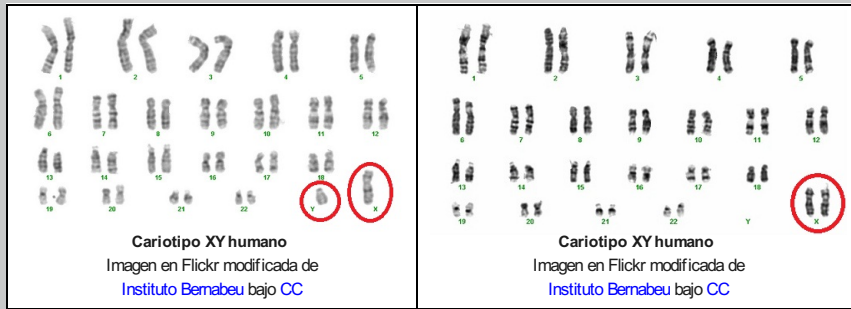
Para saber más

Existen diversos tipos de genes que producen modificaciones importantes en las proporciones genotípicas y fenotípicas esperadas en la descendencia:

1. El primero de los casos es el que describimos anteriormente de los **genes ligados**. En los enlaces que se te ofrecen a continuación podrás aprender más acerca de ellos:
 - [Desde Mendel a las moléculas.](#)
 - [Genes ligados.](#)
2. El segundo caso es el de los **genes letales y deletéreos**. Encontrarás más información en los enlaces siguientes:
 - [Genes letales en Wikipedia.](#)
 - [Mendelismo complejo.](#)
3. El tercer caso lo constituyen las **Epistasias** o **interacciones génicas**:
 - [Epistasias en Wikipedia.](#)
 - [Mendelismo complejo.](#)

Para saber más

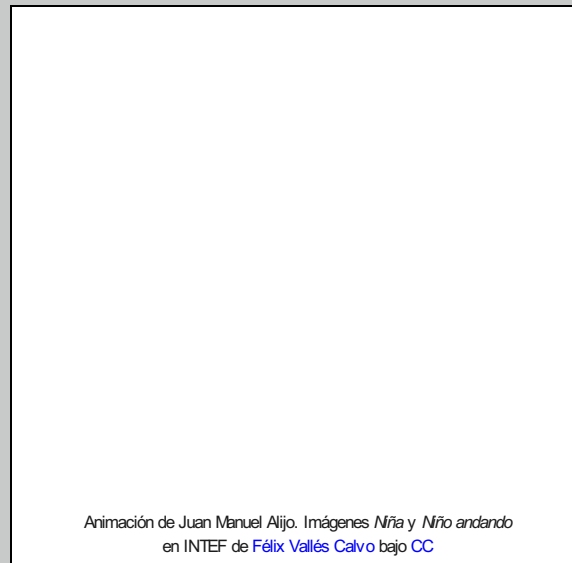
En la especie humana, la diferencia entre los individuos masculinos y los femeninos radica en una sola pareja de cromosomas, los conocidos como cromosomas sexuales. Las 22 parejas de cromosomas restantes, son siempre totalmente homólogos, pero los sexuales, solo son homólogos en el caso de las mujeres:



La determinación del sexo del embrión, viene dada por el tipo de cromosoma sexual que haya recibido durante la meiosis el espermatozoide implicado.

El óvulo, al provenir de una célula con dos cromosomas X, sólo puede presentar este tipo de cromosoma sexual. El espermatozoide, en cambio, proviene de una célula con cromosoma X e Y, pudiendo recibir uno u otro en el reparto que se produce en la división meiótica.

Observa la animación siguiente:

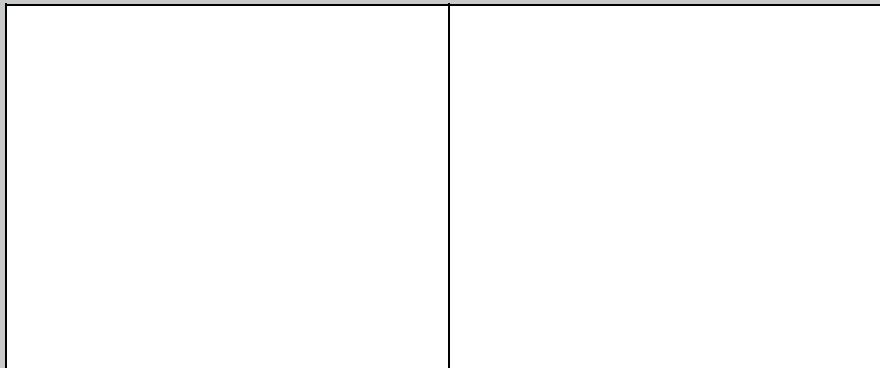


Para saber más

Los cromosomas sexuales, al igual que los autosomas, llevan asociados genes que controlan determinados caracteres; sin embargo, la manifestación de estos no se produce de la misma manera que ocurre en los anteriores, porque estos no son homólogos en ambos sexos.

En la especie humana, los genes ligados al sexo pueden ir en el cromosoma X o en el cromosoma Y:

- **Caracteres ligados al cromosoma Y o de herencia holándrica:** son caracteres que sólo pueden manifestar y transmitir los individuos varones. Todos los hijos varones de un hombre con el carácter, lo manifiestan. Ninguna hija del hombre lo recibe. Un ejemplo de estos es la hipertriosis auricular (excesivo crecimiento del vello en el interior de las orejas).
- **Caracteres ligados al cromosoma X:** suelen ser caracteres recesivos, pero al no aparecer dos copias en ambos sexos, no se manifiestan de la misma manera en ellos. En las mujeres tienen que aparecer en homocigosis para manifestarse, mientras que en hombres se manifiestan con aparecer en el único cromosoma X. Algunos ejemplos de este tipo de herencia son el **daltonismo** y la **hemofilia**.



Para saber más

La relación de genotipos y fenotipos posibles para ambos sexos en relación con el daltonismo y la hemofilia la puedes observar en esta tabla:

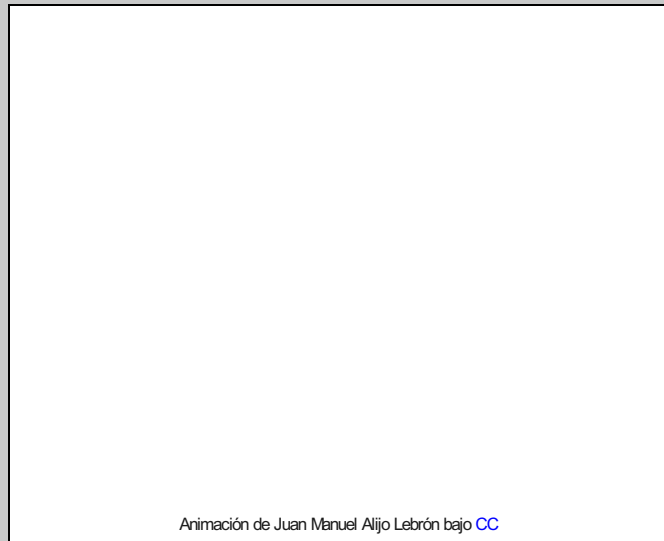
Genotipos posibles (Daltonismo)	Fenotipos	Genotipos posibles (Hemofilia)	Fenotipos
XX	Mujer de visión normal, no portadora del carácter	XX	Mujer normal, no portadora del carácter
X ^d X	Mujer de visión normal, portadora del carácter	X ^h X	Mujer normal, portadora del carácter
X ^d X ^d	Mujer daltónica	X ^h X ^h	Mujer hemofílica (no llegan a nacer)
XY	Hombre de visión normal	XY	Hombre normal
X ^d Y	Hombre daltónico	X ^h Y	Hombre hemofílico

Para saber más

Los árboles genealógicos son representaciones de las relaciones familiares entre individuos que permiten seguir la combinación de alelos a lo largo de las generaciones. Para utilizar correctamente un árbol genealógico hay que tener en cuenta varias consideraciones importantes:

- Cada individuo recibe un alelo de su padre y otro de su madre.
- Con los fenotipos y sabiendo las relaciones de interacción entre alelos puede deducirse parte o todo el genotipo de un individuo.
- Estudiando ascendientes y descendientes puede completarse en genotipo parcial o totalmente.

Los árboles genealógicos utilizados en genética usan símbolos que están estandarizados. En el siguiente vídeo puedes ver cuáles son y qué representan los principales:



Animación de Juan Manuel Alijo Lebrón bajo [CC](#)

Para saber más

En el siguiente [enlace](#) encontrarás una relación de 28 problemas resueltos que te ayudarán a practicar lo que has aprendido desde el principio de este tema.

¡Ánimo! ¡Verás como no te resultan difíciles!