

TEMA 3

Leyes de la herencia

13 diciembre de 2024
Fecha de creación

ÍNDICE de CONTENIDOS

1. La teoría cromosómica de la herencia
2. Conceptos básicos en genética clásica
3. Experimentos de Mendel
4. Las leyes de Mendel
5. Genes letales
6. Determinación del sexo
7. Genes ligados al sexo
8. Herencia en relación con el sexo
9. Consanguinidad



CRITERIOS de EVALUACIÓN

B.3.10. Formular los principios de la genética mendeliana, aplicando las leyes de la herencia en la resolución de problemas y establecer la relación entre las proporciones de la descendencia y la información genética.

Fenotipo

"Manifestaciones físicas del individuo más o menos modificadas por el medio ambiente."

Fenotipo (del griego, ser visible / del griego, huella)

El **fenotipo** (feno = aparecer, tipo = huella) es la cualidad física que tiene los organismos

Genotipo

"Conjunto de genes que tiene un individuo"

Genotipo (del griego, nacimiento / del griego, huella)

El **genotipo** (geno = nacimiento, tipo = huella) es la información genética que tiene un individuo y que la puede transmitir a su descendencia

Homocigótico

"Igual tipo de genes"

Homocigótico (del griego, igual / del griego, calidad)

Homocigótico [homo = igual, cigoti = unido e ico = cualidad] es la célula creada por la unión de dos gametos de igual constitución

Heterocigótico

"Distintos tipos de genes"

Heterocigótico (del griego, distinto / del griego, calidad)

Heterocigótico [hetero = distinto, cigoti = unido e ico = cualidad] es la célula creada por la unión de dos gametos de distinta constitución

La biología está constituida sobre el conjunto de grandes ideas: teoría celular, teoría de la evolución, la teoría cromosómica y la teoría microbiana de la enfermedad

- la **teoría celular** que concibe a la célula como la unidad viva autónoma más pequeña de la que están hechos todos los organismos y responde a la pregunta ¿de qué están hechos los organismos?
- la **teoría de la evolución** que tiene como objetivo aclarar ¿por qué las especies cambian con el tiempo y contesta a la pregunta ¿de dónde vinieron las especies?
- la **teoría cromosómica** que pone de manifiesto que los genes se encuentran en los cromosomas y responde a la pregunta ¿por qué los descendientes se parecen a sus progenitores? Así
- la **teoría microbiana de la enfermedad** establece que los enfermedades infecciosas son provocadas por microorganismos específicos y responde a la pregunta ¿una amplia grupo de enfermedades son causadas por microorganismos?



Todo lo que sabemos sobre la biología



MÉTODO CIENTÍFICO

ha permitido dar explicaciones generales de observaciones o fenómenos biológicos que reciben el nombre de teorías

Todo lo que sabemos de la biología se recoge en cuatro teorías (explicación general de una observación o fenómeno) que reciben el nombre pilares fundamentales de la biología

1 La teoría cromosómica de la herencia 🐜

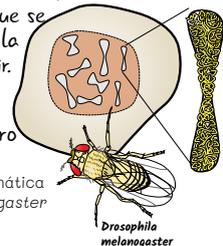
La teoría cromosómica de la herencia establece que los genes forman parte de los cromosomas y que los genes se localizan en unos lugares concretos llamados locus.

1.1 Postulados de la teoría cromosómica de la herencia 🐜

La teoría cromosómica de la herencia fue propuesta por Thomas Hunt Morgan y su equipo cuando estudiaron la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*). Llegaron a una serie de conclusiones que se puede resumir en los siguientes postulados:

1 ¿QUÉ SON los CROMOSOMAS?

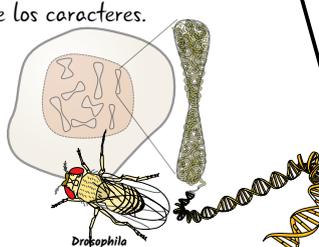
Un cromosoma es una estructura condensada de una molécula de ADN (ácido desoxirribonucleico) que se hace visible cuando la célula se va a dividir.



Cada especie tiene un número constante de cromosomas.
Por ejemplo, cualquier célula somática de la especie *Drosophila melanogaster* tiene 8 cromosomas.

2 ¿DÓNDE y QUÉ SON los GENES?

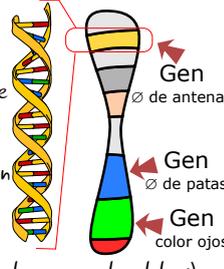
En los cromosomas se encuentran los genes, unos fragmentos de la molécula de ADN que portan la información de la expresión de los caracteres.



3 ¿CÓMO SE ORDENAN los GENES?

Los cromosomas se dividen en bandas. Cada banda representa un tipo de gen específico.

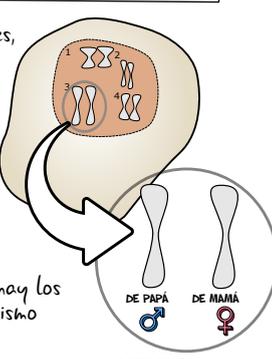
Los genes se encuentran alineados unos detrás de otro, ocupando un lugar concreto dentro del cromosoma (llamado locus, en plural loci).



4 ¿Los CROMOSOMAS ESTÁN EMPAREJADOS?

En los organismos diploides, 2n, los cromosomas del mismo tamaño y aspecto, se encuentran formando parejas que reciben el nombre de cromosomas homólogos (uno procede del padre y el otro de la madre).

En los cromosomas homólogos hay los mismo tipos de genes y en el mismo orden.

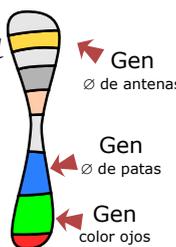


CROMOSOMAS HOMÓLOGOS Nº 3

5 ¿CÓMO SE LLAMA A TODOS los GENES que hay en un MISMO CROMOSOMAS ?

El grupo de genes que hay en cada cromosoma recibe el nombre de genes ligados, porque dichos genes solo están en un cromosoma y no se repiten en ninguno otro.

Σ genes de un cromosoma = genes ligados



6 ¿Los CROMOSOMAS HOMÓLOGOS SUFREN RECOMBINACIÓN GENÉTICA?

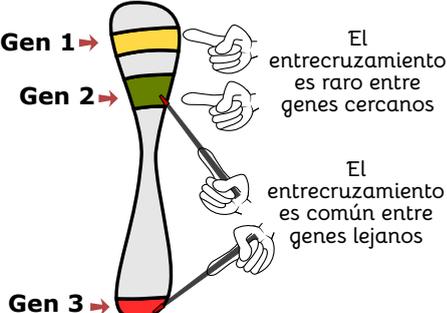
Si, los cromosomas se intercambian los genes, al menos en cada meiosis. La frecuencia de recombinación es proporcional a la distancia física que existe entre ellos en el cromosoma. A mayor distancia, mayor será la frecuencia de recombinación (a NO heredarse juntos). A menor distancia, menor será la frecuencia de recombinación.

Gen 1 → El entrecruzamiento es raro entre genes cercanos

Gen 2 → El entrecruzamiento es común entre genes lejanos

Gen 3 →

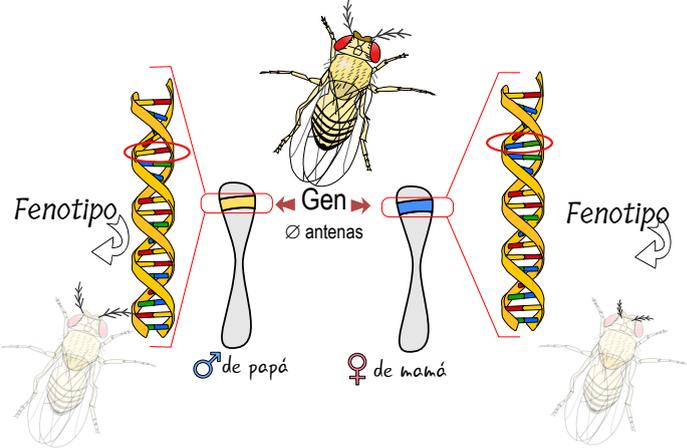
"Los genes próximos tienden a heredarse juntos y los más alejados tienden a no heredarse juntos"



7 ¿Los GENES sufren ALTERACIONES?

Los genes sufren mutaciones en su secuencia de sus nucleótidos. En ocasiones, tales mutaciones, afecta al fenotipo.

Fenotipo



♂ de papá ♀ de mamá



2 Conceptos básicos en genética clásica

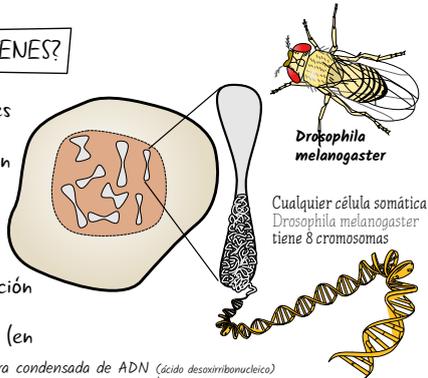
Los conceptos básicos de genética son los siguientes: genes, alelos, series alélicas, genotipo, fenotipo, caracteres genéticos, homocigótico, heterocigótico, interacción génica alélica, dominancia completa, dominancia intermedia y codominancia

1 ¿QUÉ SON los GENES?

Los **genes** son las unidades físicas que portan la información de la expresión de los caracteres y se encuentran en los cromosomas.

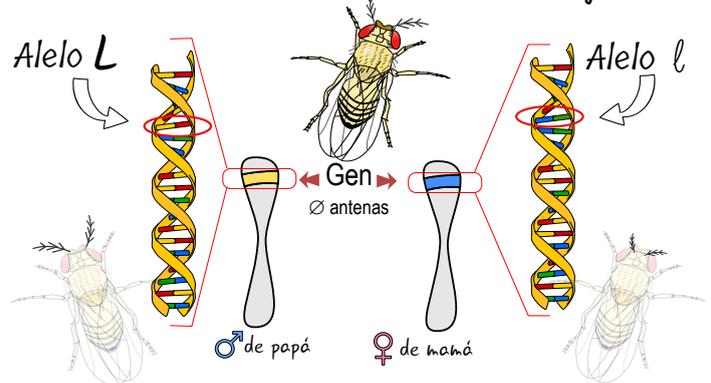
Cada gen ocupa una posición fija en su cromosoma, que recibe el nombre de locus (en **latín**)

El locus es una estructura condensada de ADN (ácido desoxirribonucleico) presente en las células, su número es constante en cada especie.



2 ¿QUÉ SON los ALELOS?

Los **alelos** son las variantes o alternativas de un gen, surgidas por mutación; es decir, cambios en la secuencia de nucleótidos. Todos los alelos de un gen controlan un mismo carácter y, por tanto, se localizan en el mismo locus cromosómico. A esas alternativas se le asigna una letra

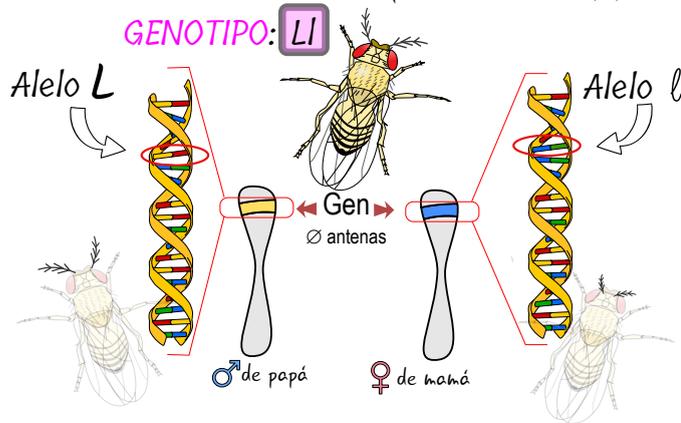


3 ¿QUÉ SON las SERIES ALÉlicas?

Las **series alélicas** es el conjunto de más de dos alternativas de un mismo gen para un mismo carácter.

4 ¿QUÉ ES el GENOTIPO?

El **genotipo** es la información genética que posee un organismo en particular. En organismos diploides, hay dos juegos de cromosomas que tienen los loci, uno es heredado de mamá y el otro heredado de papá



5 ¿QUÉ ES el FENOTIPO?

El **fenotipo** es el conjunto de rasgos o caracteres observables en el organismo. Estos rasgos pueden ser físicos, fisiológicos o conductuales.

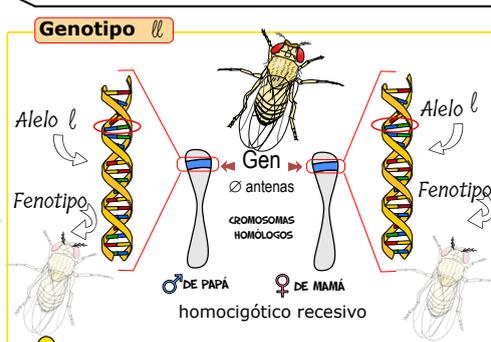
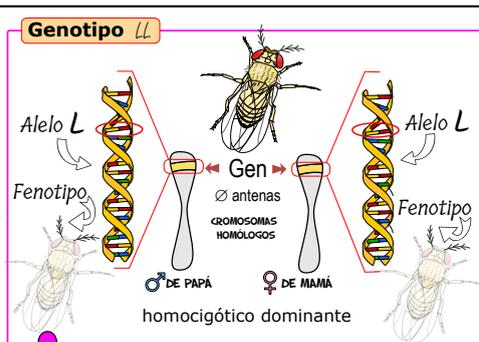
Rasgos morfológicos (= Fenotipo)	Rasgos fisiológicos
 <p>Yo tengo los ojos y el pelo de mi padre</p>	 <p>Yo tengo el carácter de mi madre</p>
 <p>Yo tengo los ojos y el pelo de mi madre</p>	 <p>Yo tengo el carácter de mi padre</p>

En rigor el fenotipo es la expresión del genotipo bajo la influencia de factores ambientales, gráficamente quedaría así:

$$\text{Fenotipo} = \text{genotipo} + \text{ambiente}$$

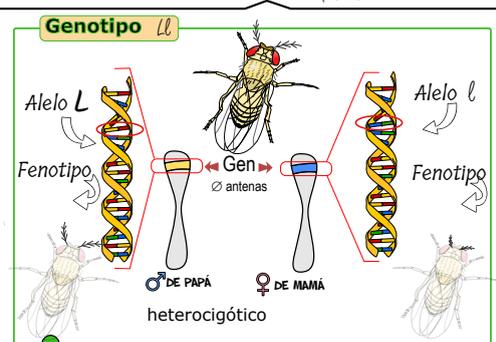
6 ¿QUÉ ES HOMOCIGÓTICO?

Homocigóticos o raza pura presenta los mismos alelos; es decir, la información de mamá y papa es la misma



7 ¿QUÉ ES HETEROCIGÓTICO?

Heterocigóticos o híbrido presenta los distintos alelos; es decir, la información de mamá y papa es la misma



El código de las letras ...

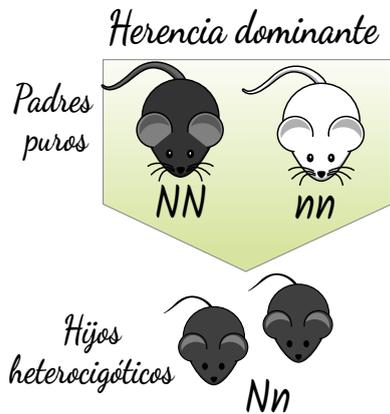
- Los alelos de un mismo carácter se les asigna una letra del abecedario. ¿Cuál? La letra inicial del adjetivo del carácter dominante. En nuestro caso, las antenas largas dominan sobre las cortas
- la letra mayúscula (L) indica que el alelo es dominante (= que sí se manifiesta)
- la letra minúscula (l) que es recesivo (= que no se manifiesta)



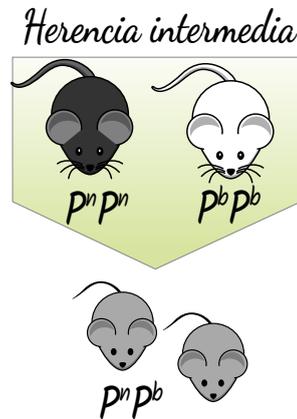
8

¿TIPOS de DOMINANCIAS?

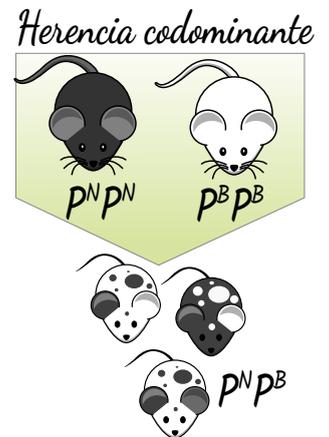
La interacción génica entre alelos de un mismo gen se pone de manifiesto en los individuos heterocigóticos y puede ser de tres clases: dominancia completa, intermedia o codominancia.



La **dominancia completa** ocurre cuando en el estado heterocigoto hay un gen dominante y otro gen recesivo, sólo se expresa la información del gen dominante.



La **dominancia intermedia** ocurre cuando el estado heterocigoto no hay gen recesivo ni dominante, pues, **ambas informaciones genéticas se mezclan y se expresan**



La **dominancia codominante** ocurre cuando el estado heterocigoto no hay gen recesivo, sino que **ambos** se comportan como **dominantes**. Se parece a la herencia intermedia, pero a diferencia de esta última, **ambas características se manifiestan a la vez sin mezclarse**.

3 Experimentos de Mendel

La éxito de los experimentos de Mendel se debió a cuatro factores: elección objeto de estudio, se fijó en caracteres cualitativos claros y distinguibles, metodología rigurosa y análisis estadísticos de los resultados obtenidos.

➤ **Elección del objeto de estudio:** Mendel eligió la planta del guisante (*Pisum sativum*) para realizar sus experimentos por varias razones:

¿Por qué eligió *Pisum sativum*?

a) Ocupan poco espacio y presentan un crecimiento rápido

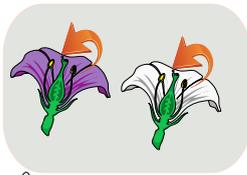


c) Eran baratos y fácil de obtener  + 

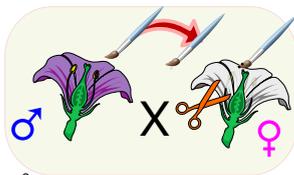
d) Producen muchos descendientes 

e) Presentan caracteres fáciles de observar

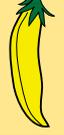
b) Autopolinización y polinización cruzada



Autopolinización
De forma natural la flor se poliniza a sí misma



Polinización cruzada
De forma artificial, se corta los pistilos de la flor para evitar la autopolinización y se deposita polen de otra flor

Semilla		Flor		Vaina		Tallo
Forma	Cotiledones	Color	Lugar	Forma	Color	Tamaño
						

➤ Se fijó en siete caracteres cualitativos con dos alternativas claras y distinguibles

Semilla		Flor		Vaina		Tallo
#1 Forma	#2 Cotiledones	#3 Color	#4 Lugar	#5 Forma	#6 Color	#7 Tamaño
			 Vainas axilares - Las flores crecen a los lados -			 Largo (~3m)
Lisa	Amarillo	Blanco		Lisa	Amarillo	
			 Vainas terminales. - Las flores crecen en la cúspide -			 Corto (~30cm)
Arrugado	Verde	Violeta		Constreñido	Verde	

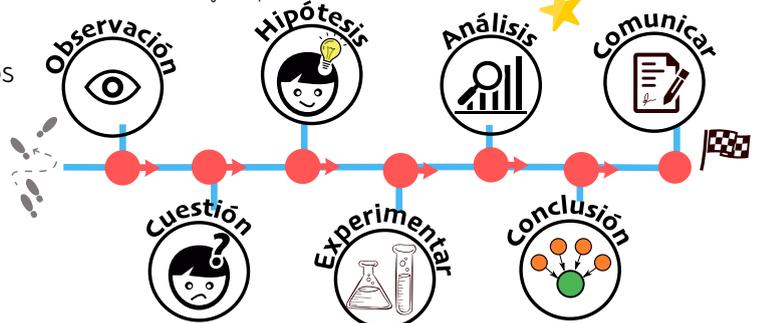
➤ Aplicó el método científico de manera rigurosa y

➤ Hizo análisis estadísticos de los resultados obtenidos



MÉTODO CIENTÍFICO

Manera de trabajar para alcanzar el conocimiento



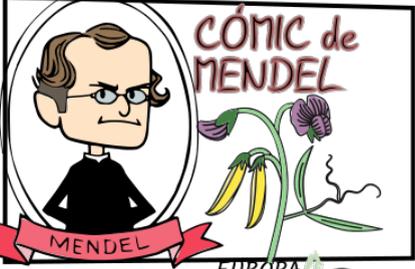
Leyes de Mendel

Las leyes de Mendel son tres. Las dos primeras leyes se refieren a un carácter y la tercera se refiere a dos caracteres.

4.1 Primera ley o principio de uniformidad

Si cruzamos un individuo puro dominante (AA) con otro individuo puro recesivo (aa), todos los descendientes son iguales entre sí (fenotípicamente y genotípicamente (Aa)) e iguales al progenitor dominante. Da igual la dirección de cruzamiento

En resumen, la primera ley de Mendel, también conocida como el principio de uniformidad, establece que cuando se cruzan dos individuos de raza pura, es decir, dos dominantes (AA + AA = AA), dos recesivos (aa + aa = aa) o uno puro dominante y uno puro recesivo (AA + aa = Aa), la descendencia es toda igual



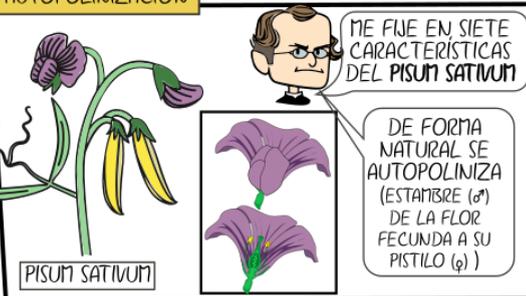
1ª PRIMER EXPERIMENTO 1ª de MENDEL

BRNO, AÑO 1868



EUROPA

AUTOPOLINIZACIÓN



PISUM SATIVUM

DE FORMA NATURAL SE AUTOPOLINIZA (ESTAMBRE (♂) DE LA FLOR FECUNDA A SU PISTILO (♀))

EXPERIMENTO #1

POLINIZACIÓN CRUZADA DE LÍNEAS PURAS



COGÍ UNAS TIJERAS Y CORTÉ LOS ESTAMBRES (♂) DE LAS FLORES BLANCAS



RECOGÍ EL POLLEN DEL ESTAMBRE (♂) DE FLOR MORADA DE LÍNEAS PURAS.



DEPOSITÉ EL POLLEN DEL PINCEL EN LOS PISTILOS (♀) DE LA FLORES BLANCAS DE LINEA PURA.



ESPERÉ A QUE LA FLOR SE CONVIRTIERA EN FRUTO Y RECOLECTÉ 100 SEMILLAS Y LUEGO ...
... PLANTÉ LAS SEMILLAS.





OBSERVÉ QUE **TODAS** LAS PLANTAS VOLVIAN A TENER LAS FLORES MORADAS

EXPERIMENTO #2

POLINIZACIÓN CRUZADA DE LÍNEAS PURAS INVIRTIENDO LOS SEXOS



COGÍ UNAS TIJERAS Y CORTÉ LOS ESTAMBRES (♂) DE LAS FLORES MORADAS



RECOGÍ EL POLLEN DEL ESTAMBRE (♂) DE FLOR BLANCA DE LÍNEAS PURAS.



DEPOSITÉ EL POLLEN DEL PINCEL EN LOS PISTILOS (♀) DE LA FLORES MORADAS DE LÍNEAS PURAS.



ESPERÉ A QUE LA FLOR SE CONVIRTIERA EN FRUTO Y RECOLECTÉ 100 SEMILLAS Y LUEGO ...
... PLANTÉ LAS SEMILLAS.





OBSERVÉ QUE **TODAS** LAS PLANTAS VOLVIAN A TENER LAS FLORES MORADAS

ESTE TIPO DE EXPERIMENTO LO REPITIÓ PARA CADA UNO DE LOS SIETE CARACTERES Y LLEGÓ A ESTAS CONCLUSIONES:

- 1** Todos los descendientes son iguales entre sí e iguales a unos de los progenitores.
- 2** Da igual de dónde se coja el polen, porque el experimento no cambia.
- 3** El carácter que se manifiesta es el dominante y el que no se manifiesta es el recesivo.

4.2 Segunda ley o principio de segregación

Si cruzamos dos individuos heterocigóticos para un carácter (Aa), el 75 % los descendientes presentarán el fenotipo del progenitor dominante y el otro 25 % el fenotipo del recesivo. Da igual la dirección de cruzamiento

La segunda ley de Mendel, también conocida como Ley de la Segregación de los Caracteres Hereditarios, establece que los caracteres hereditarios se transmiten de generación en generación en pares separados.

Esto significa que cada individuo contiene dos copias de cada gen, una recibida de cada progenitor. Estas dos copias se separan durante la producción de gametos, por lo que los gametos contienen solo una copia de cada gen.

CÓMIC de MENDEL

BRNO, AÑO 1868

EUROPA

BRNO

Francia, Alemania, Polonia, Rep. Checa, Eslovaquia, Austria, Hungría

2º EXPERIMENTO 2º de MENDEL

AUTOPOLINIZACIÓN DEL PISUM SATIVUM

LAS FLORES DEL PISUM SATIVUM SE AUTOPOLINIZAN PORQUE HAY UNOS PÉTALOS QUE CUBREN LOS ÓRGANOS SEXUALES DE LA PLANTA

PISUM SATIVUM

ÓRGANOS SEXUALES

PISTILO (órgano sexual femenino)

ESTAMBRE (órgano sexual masculino)

POLINIZACIÓN CRUZADA

1 COGÍ UNAS TIJERAS Y CORTÉ LOS ESTAMBRES DE LAS FLORES BLANCAS

2 RECOGÍ EL POLEN DE LOS ESTAMBRES DE LAS FLORES VIOLETAS

3 IMPREGNÉ LOS PISTILOS DE LAS FLORES BLANCAS CON EL POLEN RECOGIDO DE LAS FLORES VIOLETAS

4 ESPERÉ A QUE LA FLOR SE CONVIRTIERA EN FRUTO

RECOLECTÉ 100 SEMILLAS Y LUEGO...

PLANTÉ LAS SEMILLAS

5 OBSERVÉ QUE TODAS LAS PLANTAS VOLVÍAN A TENER LAS FLORES VIOLETAS

SEGUNDA GENERACIÓN FILIAL

6 A LA PRIMAVERA SIGUIENTE SEMBRÉ 929 GUISANTES. Y ESPERÉ A LA FLORACIÓN

SALIERON COLOR VIOLETA 705/929

EN TÉRMINOS ESTADÍSTICOS ES APROXIMADAMENTE 75 %

SALIERON COLOR BLANCO 224/929

EN TÉRMINOS ESTADÍSTICOS ES APROXIMADAMENTE 25 %

ESTE TIPO DE EXPERIMENTO LO REPITIÓ PARA CADA UNO DE LOS SIETE CARACTERES Y LLEGÓ A ESTAS CONCLUSIONES:

LAS FLORES DE COLOR BLANCO VUELVEN APARECER EN LA SEGUNDA GENERACIÓN FILIAL (F₂)

LAS FLORES DE COLOR violeta SON MÁS ABUNDANTES QUE LAS DE COLOR BLANCO E UNA PROPORCIÓN DE 3 A 1 (3:1)



4.3 Tercera ley o principio de la combinación independiente

Los diferentes rasgos son heredados independientemente unos de otros, no existe relación entre ellos, por lo tanto el patrón de herencia de un rasgo no afectará al patrón de herencia de otro.

La tercera ley de Mendel se conoce como la ley de la herencia independiente, y establece que la segregación de los caracteres heredables, como el color de los ojos, el color del pelo, etc., ocurre de forma independiente.

Esto significa que los genes que controlan los distintos caracteres se transmiten de forma separada, sin que un carácter afecte a la transmisión de otro.

Esto explica por qué algunos caracteres heredables no se mezclan entre sí sino que se mantienen presentes a través de las generaciones sin cambios.

Por ejemplo, una persona puede tener los ojos azules y el pelo castaño, mientras que su hijo puede tener los ojos castaños y el pelo negro, sin que esto afecte a la transmisión de los dos caracteres.

CÓMIC de MENDEL

EUROPA

BRO, AÑO 1868

Rep. Checa

BRNO

3^{er} TERCER EXPERIMENTO 3^{er} de MENDEL

NOS FIJAMOS EN DOS CARACTERES

Flor
(SU COLOR)

BLANCO

VIOLETA

Vaina
(SU FORMA)

LISO

CONSTRINIDO

SE ME OCURRIÓ LA IDEA DE REPETIR EL EXPERIMENTO #1 Y #2 CON DOS CARACTERES. ME FIJÉ EN DOS RASGOS A LA VEZ.

PISUM SATIVUM

PROGENITORES

POLINIZACIÓN CRUZADA DE PLANTAS PURAS

COGÍ UNAS TIJERAS Y CORTÉ LOS ESTAMBRES DE LA PLANTA QUE TENÍA FLORES BLANCAS Y LA VAINA CONSTRINIDA. LUEGO

RECOGÍ EL POLEN DE LA PLANTA CON FLORES VIOLETAS Y LA VAINA LISA Y, POR ÚLTIMO,

IMPREGNÉ LOS PISTILOS DE LAS FLORES BLANCAS CON EL POLEN RECOGIDO DE LAS FLORES VIOLETAS

ESPERÉ A QUE LA FLOR SE CONVIRTIERA EN FRUTO.

RECOLECTÉ 100 SEMILLAS Y LUEGO ...

PLANTÉ LAS SEMILLAS

OBSERVÉ QUE **TODAS** LAS PLANTAS VOLVÍAN A TENER LAS FLORES VIOLETAS Y VAINAS LISAS

SEGUNDA GENERACIÓN FILIAL

AUTOPOLINIZACIÓN DE LA GENERACIÓN FILIAL 1 (F1)

A LA PRIMAVERA SIGUIENTE SEMBRÉ 1004 GUIZANTES.

Y ESPERÉ A LA FLORACIÓN

<p>9/16</p> <p>SALIERON CON COLOR VIOLETA Y VAINA LISA 563/1004</p>	<p>3/16</p> <p>SALIERON CON COLOR VIOLETA Y VAINA CONSTRINIDA 181/1004</p>	<p>3/16</p> <p>SALIERON CON COLOR BLANCO Y VAINA LISA 185/1004</p>	<p>1/16</p> <p>SALIERON CON COLOR BLANCO Y VAINA CONSTRINIDA 63/1004</p>
---	--	--	--

ESTE TIPO DE EXPERIMENTO LO REPITIÓ PARA CADA UNO DE LOS SIETE CARACTERES Y LLEGÓ A ESTAS CONCLUSIONES:

EN LA PRIMERA GENERACIÓN FILIAL, F1, TODOS LOS DESCENDIENTES SON IGUALES ENTRE SÍ E IGUALES A UNO DE LOS PROGENITORES PARA CADA CARÁCTER

EN LA SEGUNDA GENERACIÓN FILIAL, F2, EL CARÁCTER COLOR SE TRANSMITE CON INDEPENDENCIA DEL CARÁCTER FORMA, ERGO SE PUEDEN ORIGINAR COMBINACIONES NUEVAS QUE NO EXISTÍAN EN LA GENERACIÓN PARENTAL, COMO BLANCAS-LISAS Y VIOLETAS-CONSTRINIDAS

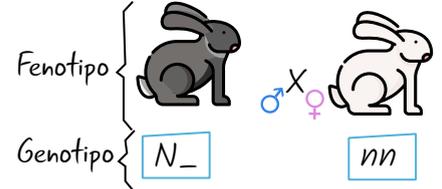
4.4 Cruzamiento prueba

El **retrocruzamiento** o **cruzamiento prueba** es una técnica que se utiliza en genética para averiguar el tipo de genotipo (híbrido o homocigótico) de un individuo que presenta un fenotipo dominante y desconocemos su ascendencia (quiénes son sus padres). ¿Hay alguna diferencia entre retrocruzamiento y cruzamiento prueba?

El **retrocruzamiento** es una técnica que consiste en cruzar un individuo de fenotipo dominante (= individuo problema) con otro individuo parental de fenotipo recesivo para averiguar el genotipo del individuo problema fenotipo dominante.

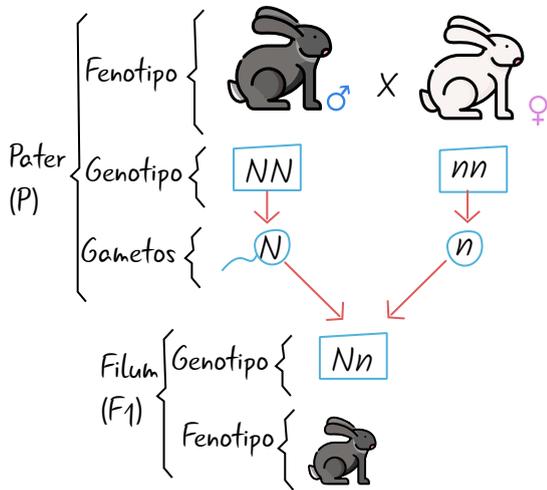
El **cruzamiento prueba** es una técnica que consiste en cruzar un individuo de fenotipo dominante (= individuo problema) con otro individuo (no parental) de fenotipo recesivo para averiguar el genotipo del individuo problema.

PROBLEMA. En una especie animal, la pareja alélica (B-b) determina el color: el alelo dominante B produce color gris; el alelo recesivo b produce color blanco. De una población de ejemplares de color gris, de los que se desconoce su ascendencia, se precisan seleccionar ejemplares homocigóticos para emplearlos posteriormente como reproductores. ¿Qué cruzamientos realizaría para seleccionar a dichos homocigóticos? Justifique la respuesta con los cruzamientos oportunos

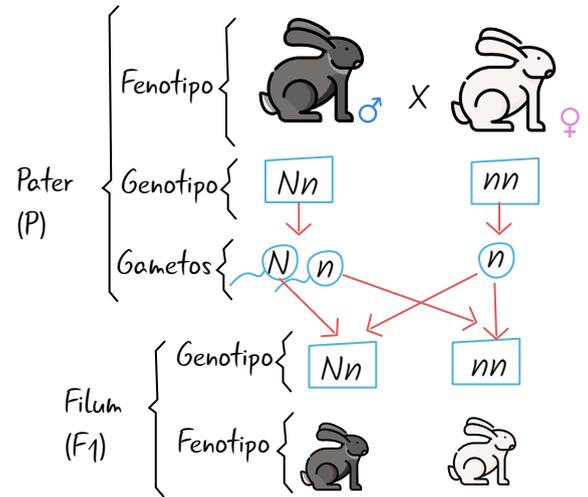


Tenemos un grupo de conejos grises, pero no sabemos si su genotipo es híbrido o puro dominante. Para salir de la duda, tenemos que cruzar cada individuo de color gris con una hembra o macho de color blanco y observar cómo serán los gazapos. Habrá dos tipos de situaciones: todos los gazapos sean grises; por tanto, el genotipo será puro; o bien, que los gazapos sean la mitad grises y la otra mitad blancos.

Situación #1 Camada todos los gazapos grises



Situación #2 Camada 50% grises y 50% blancas



Los genes letales

En muchos casos, las **proporciones mendelianas** (3:1 ó 9:3:3:1) no se cumplen. Es el caso de la herencia intermedia, codominancia, genes letales, alelismo múltiple, genes ligados al mismo cromosoma, genes ligados al sexo y la influencia del sexo en determinados caracteres.

Un **gen es letal** cuando uno de los dos alelos o los dos alelos son los causantes de la muerte del individuo. Esto se debe a que todo gen porta la información necesaria para sintetizar una biomolécula, cuando esa biomolécula no cumple su función o lo hace de manera deficiente, el organismo muere. Esto modifica las proporciones fenotípicas y genotípicas usuales en la descendencia según las leyes de Mendel. Tales alelos pueden ser tanto dominantes como recesivos.

Los genes letales suelen estar relacionados con factores ambientales adversos; por ejemplo una planta que posea un gen que produzca poca clorofila cuando se encuentre en un ambiente de poca luz la planta morirá.

➤ **Genes letales dominantes:** Cuando el gen posee, al menos, un **alelo dominante** que resulta letal para el individuo. Puede aparecer por homocigosis o heterocigosis y ocasiona la muerte en el periodo prenatal o postnatal temprano, sin que el individuo llegue a alcanzar la madurez sexual.

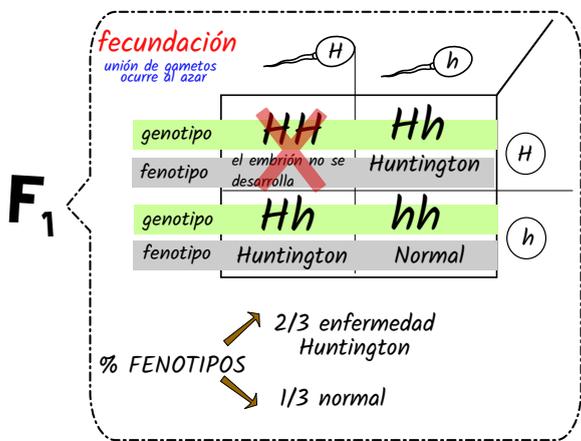
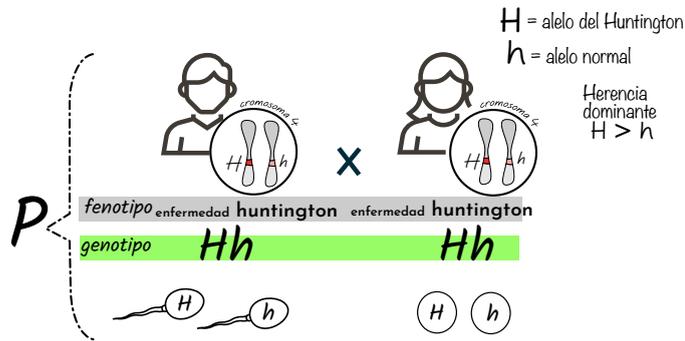
➤ **Genes letales recesivos:** Cuando el gen posee **dos alelos recesivos** que resultan letales para el individuo. Solo manifiesta su efecto letal en homocigosis, de forma que los individuos heterocigóticos son portadores del alelo letal, pero no mueren a causa del alelo que llevan su genotipo. Es el ejemplo de los ratones amarillos que cuando manifiestan dos alelos recesivos letales sobre un mismo gen el individuo perece.



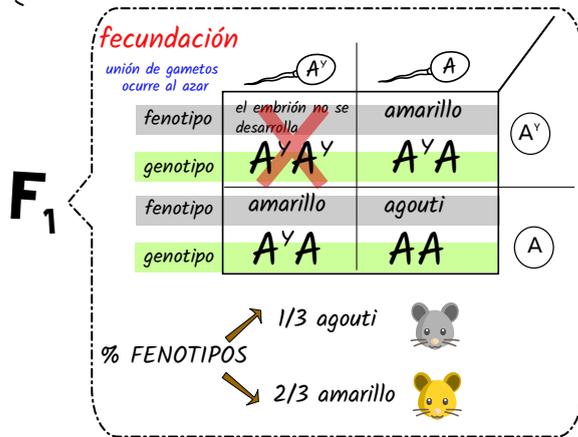
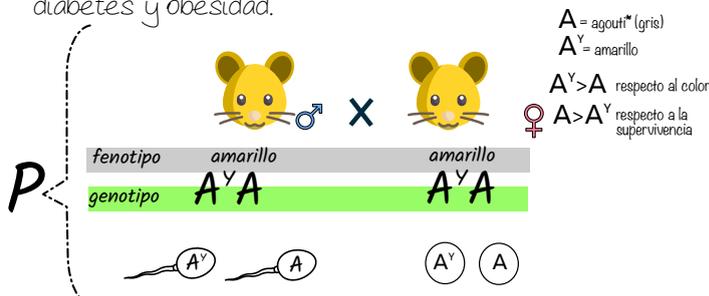
Los genes letales son aquellos que cuando se expresan, provocan la muerte del organismo. Pueden ser dominantes o recesivos. Los genes letales suelen ser pleiotrópicos; es decir, manifiestan más de un efecto fenotípico distinto. El alelo A^Y produce el color amarillo, diabetes y obesidad.

• **Genes letales dominantes:** su aparición provoca la muerte del individuo que lo porta en el período prenatal o postnatal temprano (sin actividad sexual para reproducirse)

• **Genes letales recesivos:** el individuo que los porta es homocigótico recesivo y nacen muertos; luego los heterocigóticos son portadores del alelo letal, pero no mueren. Por ejemplo es el caso de los ratones de pelo je amarillo, donde el alelo A^Y produce el color amarillo, diabetes y obesidad.



¿Mueren o no los homocigóticos?



% Fenotípica: 2:1 \neq 3:1 de la 2ª Ley de Mendel

* pelaje que muestra dos o más bandas de pigmentación. Como resultado, la apariencia general del pelaje agouti suele ser gris o marrón opaco, aunque también es posible el amarillo opaco.

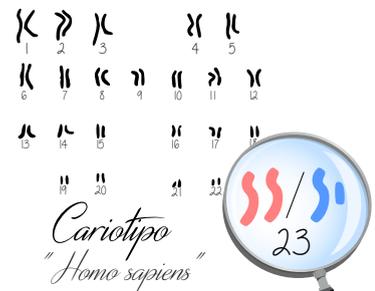
6 Determinación del sexo

La determinación del sexo es el proceso por el cual se establecen las características sexuales de un organismo. La determinación del sexo es distinta en cada especie. Hay distintas maneras para determinar el sexo, vamos a estudiar los más importante, que son: determinación cromosómica, cariotípica, ambiental y génica.



La determinación cromosómica del sexo

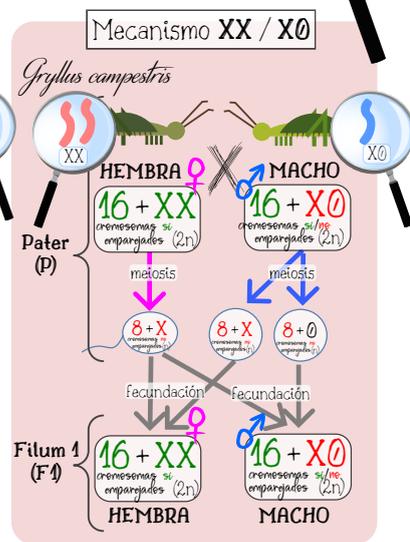
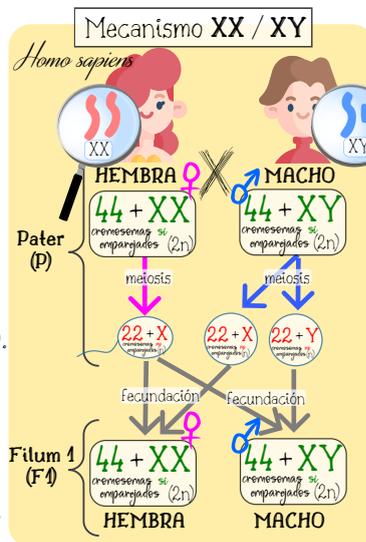
EL SEXO DE MUCHAS ESPECIES, YA SEA MACHO, HEMBRA O HERMAFRODITA, ESTÁ DETERMINADO POR EL TIPO DE CROMOSOMAS SEXUALES QUE TENGA. SI UN INDIVIDUO TIENE DOS CROMOSOMAS SEXUALES IGUALES (HOMOGAMÉTICO), SU SEXO SERÁ MASCULINO O FEMENINO, PERO SI TIENE CROMOSOMAS SEXUALES DIFERENTES (HETEROGAMÉTICO), SU SEXO SERÁ EL OPUESTO.



Hembras homogaméticas

CORRESPONDE A ESPECIES DONDE LAS **HEMBRAS** TIENEN DOS CROMOSOMAS SEXUALES IGUALES (HOMOGAMÉTICOS); MIENTRAS QUE, LOS MACHOS TIENEN DOS CROMOSOMAS SEXUALES DIFERENTES (HETEROGAMÉTICOS). HAY DOS MECANISMOS: XX/XY Y EL XX/X0.

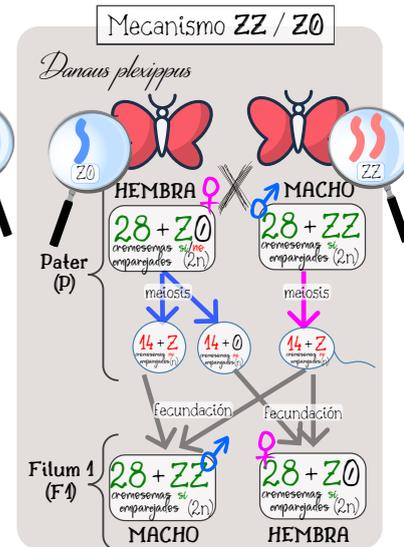
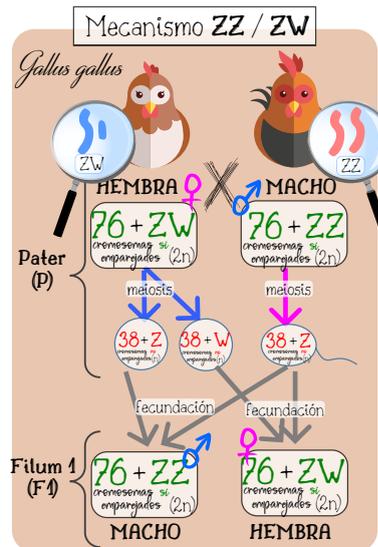
- **Mecanismo XX/XY** típico de los mamíferos, equinodermos, moluscos y algunos artrópodos
 - ➔ Las **hembras** son homogaméticas (XX);
 - ➔ Los **machos** presentan cromosomas heterogaméticos (XY).
- **Mecanismo XX/X0** típico algunos insectos como los saltamontes
 - ➔ Las **hembras** son homogaméticas (XX);
 - ➔ Los **machos** presentan cromosomas heterogaméticos (X0).



Hembras heterogaméticas

CORRESPONDE A ESPECIES DONDE LAS HEMBRAS DOS HETEROCROMOSOMAS DESIGUALES (HETEROGAMÉTICOS); MIENTRAS QUE, EL MACHO TIENE DOS HETEROCROMOSOMAS IGUALES (HOMOGAMÉTICOS). HAY DOS MECANISMOS: ZZ Y EL Z0.

- **Mecanismo ZZ y ZW** típico de las aves y reptiles
 - ➔ Las **hembras** son heterogaméticas (ZW);
 - ➔ Los **machos** presentan cromosomas homogaméticos (ZZ).
- **Mecanismo ZZ y Z0** típico algunos lepidópteros (mariposas)
 - ➔ Las **hembras** son heterogaméticas (Z0);
 - ➔ Los **machos** presentan cromosomas homogaméticos (ZZ).



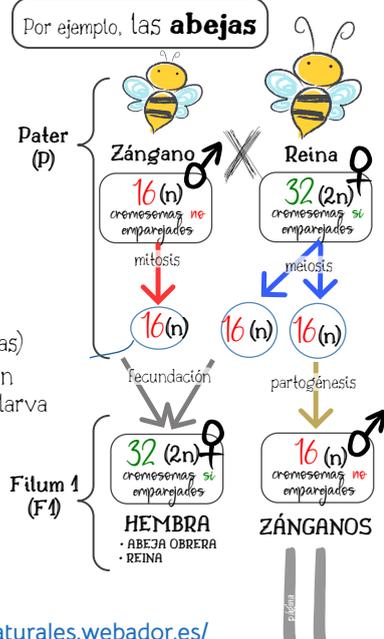
La determinación cariotípica del sexo

HAY ESPECIES QUE EL SEXO (SER MACHO, HEMBRA, HERMAFRODITA) ESTÁ DETERMINADO POR LA CANTIDAD DE CROMOSOMAS (JUEGO DE CROMOSOMAS) QUE TENGA EL INDIVIDUO: DIPLOIDE O HAPLOIDES.

Insectos sociales

Hormigas, termitas y abejas

- En insectos sociales como hormigas, termitas y abejas
 - ➔ Las **hembras** son **diploides (2n)**: todos sus cromosomas están emparejados (pareja de cromosomas). La abejas diploides (tienen dos juegos de cromosomas) serán hembras diploides; por tanto, surgen cuando los huevos sí han sido fecundados. Un dato curioso es que el tipo de alimentación de la larva determina que sean hembras obreras o hembras reina.
 - ➔ Los **machos** son **haploides (n)**: es decir, solo hay un juego de cromosomas. Las abejas haploides (tienen un juego de cromosomas) serán machos haploides (zánganos); por tanto, surgen cuando los huevos **no** han sido fecundados. El huevo se desarrolla gracias a un proceso biológico llamado **partogénesis** (= óvulo no fecundado se desarrolla en un individuo completo, sin fertilización por parte de un espermatozoide).



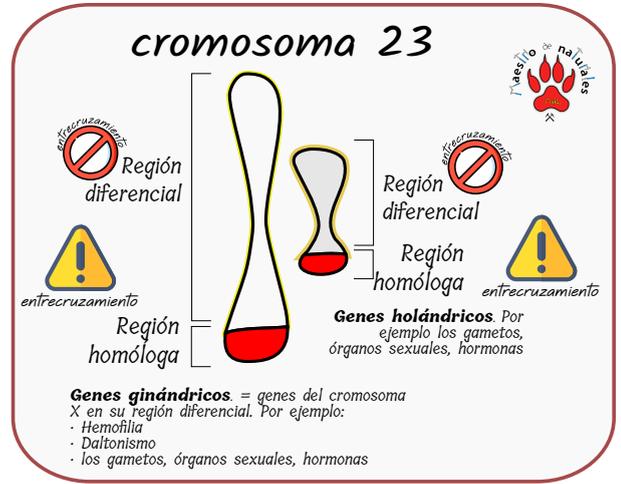
7 Los genes ligados al sexo

Los genes ligados son aquellos que se encuentran muy próximos en el mismo cromosoma y se transmiten juntos a la descendencia; es decir, tienden a heredarse juntos. Por tanto, son una excepción a la 3ª Ley de Mendel. En muchas especies, entre ellas la humana, el cromosoma X es más grande que el cromosoma Y. Esta diferencia de tamaño es responsable de que existan dos zonas: segmento homólogo y segmento diferencial.

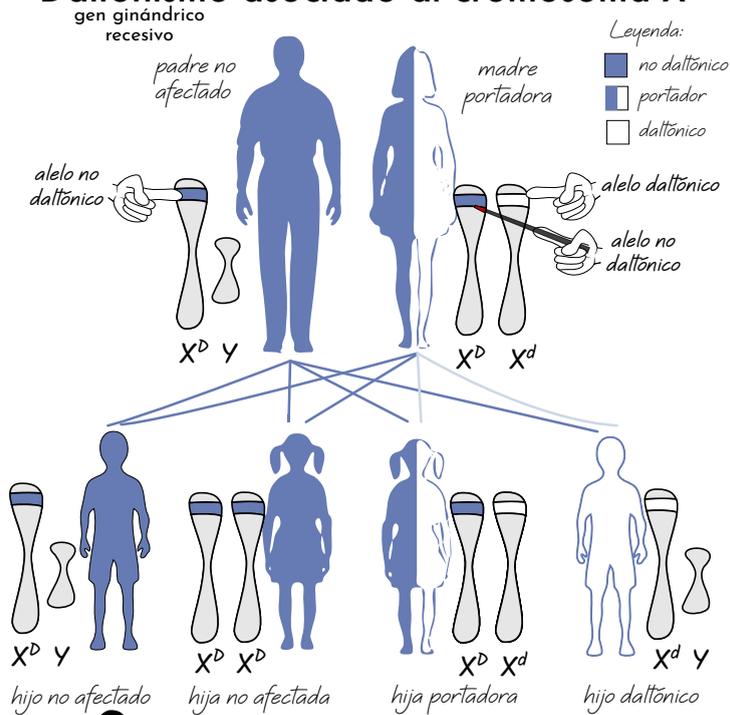
➤ el **segmento o región homólogo** donde aparecen genes comunes en el cromosoma X y el cromosoma Y, por ejemplo ¿?. Este segmento sí se aparean y, por tanto, estos genes tiende a heredarse juntos.

➤ el **segmento o región diferencial** donde aparecen genes exclusivos del cromosoma X (genes ginándricos, del griego gyne = mujer y andros = hombre) o genes exclusivos del cromosoma Y (genes holándricos, del griego holo = todo y andros = hombre), por ejemplo la formación de los testículos. Este segmento no se aparean y, por tanto, estos genes tiende a heredarse juntos. Para entender lo que viene a continuación recuerda que ...

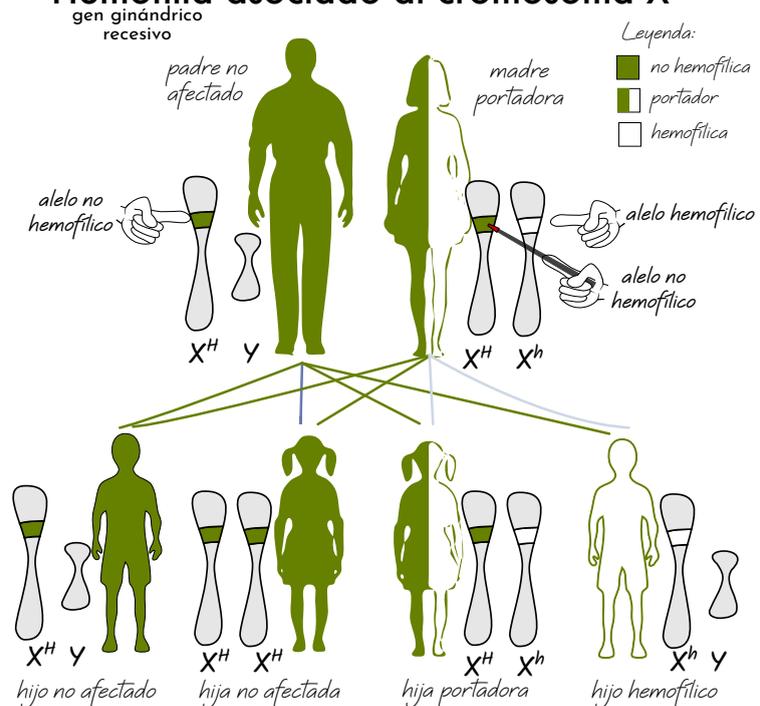
- los hombres tienen un cromosoma X y un cromosoma Y. Los genes que se encuentren en la región diferencial se expresan ya sean dominantes o recesivos.
- las mujeres tienen dos cromosomas XX, luego los genes recesivos sólo se expresan si se encuentran en los dos cromosomas y si son heterocigóticas para ese carácter serán portadoras.



Daltonismo asociado al cromosoma X



Hemofilia asociado al cromosoma X



8 La herencia en relación al sexo

El sexo puede condicionar o influir en la expresión de ciertos genes ubicados en los cromosomas autosomas. Dicho de otra manera, hay genes que se encuentran en cromosomas no sexuales que se expresan de una manera u otra dependiendo del sexo de la persona

8.1 La herencia condicionada por el sexo

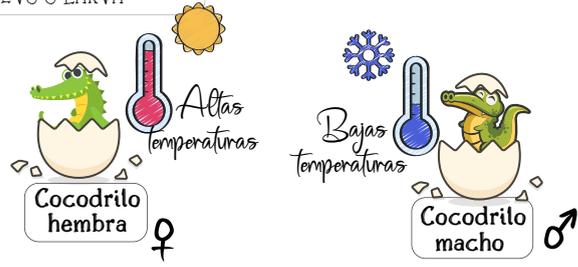
La herencia condicionada por el sexo son aquellos genes (no situados en cromosomas sexuales) que se expresan si hay estructuras anatómicas o fisiológicas en el individuo que los porta. Por ejemplo, el gen producir leche en el ganado vacuno solo se manifiesta en las hembras; aunque los machos portan el gen, pero no lo expresan porque no tienen estructuras mamarias desarrolladas.

La determinación ambiental del sexo

HAY ESPECIES QUE EL SEXO (SER MACHO, HEMBRA, HERMAFRODITA) ESTÁ DETERMINADO POR LAS CONDICIONES AMBIENTALES DONDE SE DESARROLLA EL HUEVO O LARVA

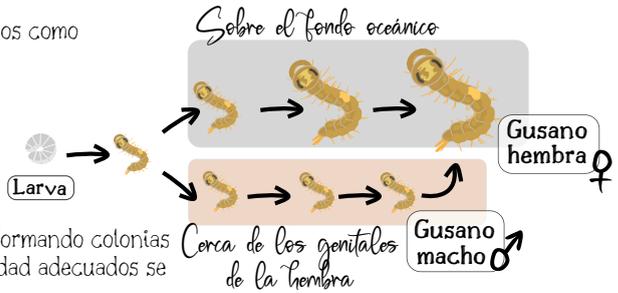
Debido a la **temperatura**, Los grandes saurios (cocodrilos, caímes y aligátors), los individuos nacen machos o hembras dependiendo de la temperatura de incubación de los huevos.

- Nacen hembras, si el huevo se ha incubado a temperatura superiores a 27 °C (altas temperaturas)
- Nacen machos, si el huevo se ha incubado a temperatura inferiores a 27 °C (bajas temperaturas)

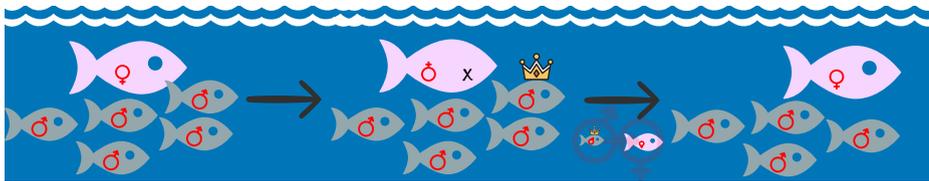


Debido al **hábitat donde vida la larva**, Hay larvas de gusanos marinos como la Bonelia viridis, que si se desarrolla

- sobre el fondo marino, da lugar a la hembra
- en los conductos genitales de la hembra, da lugar a un macho



Debido a **cambios en el entorno**, Hay especies de peces que viven formando colonias que solo hay una hembra, cuando ésta muere, un macho de tamaño y edad adecuados se transforma en hembra y ocupará su lugar.



Población de peces con una matriarca (1 hembra y muchos machos)

Población de peces sin una matriarca (muchos machos)

Población de peces con una nueva matriarca (1 hembra nueva y muchos machos)

La determinación génica del sexo

HAY ESPECIES QUE EL SEXO (SER MACHO, HEMBRA, HERMAFRODITA) ESTÁ DETERMINADO POR UNA PAREJA DE GENES CON DIFERENTES ALELOS.

En plantas

Pepinillo del diablo - Echinium elaterium -

En la **serie alélica**, la característica masculina es dominante frente al hermafroditismo, y ésta es dominante frente a la femenina.

- En las plantas como el pepinillo del diablo a^D (masculinidad) > a^+ (hermafroditismo) > a^d (femenidad)



El carácter masculino viene determinado por los genotipos:



El carácter hermafrodita viene determinado por los genotipos:



El carácter femenino viene determinado por los genotipos:



1 Escanée el código qr, lee el artículo y reflexiona sobre los leído.



En el caso de los humanos, mamíferos marsupiales y placentarios el sexo no depende de todo el cromosoma Y, sino de un solo gen situado en el brazo corto del cromosoma Y. Este gen, denominado **SRY** (sex-determining region Y), codifica la **proteína TDF** (testis-determining factor), también denominada proteína SYR, que es una de las responsables de que, a partir de la séptima semana de gestación, se inicie la formación de los **testículos** del feto. Su translocación al cromosoma XX explica que algunos hombres que sean XX (uno de cada 20.000) y algunas mujeres que sean XY (una de cada 50.000)

8.2 La herencia influenciada por el sexo

La herencia influida por el sexo son aquellos genes situados en los autosomas (no situados en cromosomas sexuales) que se expresan dependiendo del tipo de hormonas sexuales que porte el individuo.

Estos genes se expresan con más frecuencia en un sexo que en otro debido, generalmente, a la acción de las hormonas masculinas. Normalmente esta influencia se da en los heterocigotos. Los caracteres influidos por el sexo más comunes son: la calvicie en la especie humana, longitud de dedos en la especie humana y la presencia/ausencia de cuernos en la especie bovina.

La CALVICIE EN LA ESPECIE HUMANA

La calvicie es **dominante** en los **hombres** y **recesiva** en las **mujeres**. Esto significa que para se manifieste en la **mujeres** debe estar en **homocigosis recesiva**; mientras que, en el **hombre** se manifiesta indistintamente en **homocigosis recesiva** y también en **heterocigosis**.

Calvicie influido por el sexo

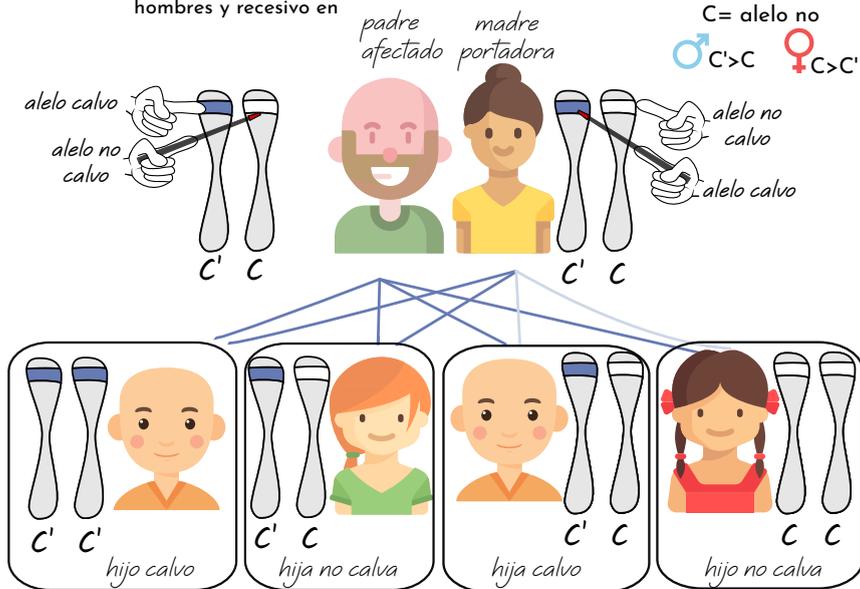
gen dominante en hombres y recesivo en

Leyenda:

C' = alelo calvo

C = alelo no

♂ C' > C ♀ C > C'



La PRESENCIA o AUSENCIA DE CUERNOS EN LA ESPECIE OVINA.

Sigue las mismas pautas de comportamiento que la calvicie en el hombre.

La LONGITUD del DEDO ÍNDICE y ANULAR EN LA ESPECIE HUMANA

El dedo índice puede ser igual o de mayor longitud que el anular, siendo este carácter **dominante** en las **mujeres** y **recesivo** en los **hombres**. Dicho de otra manera, el que el dedo índice sea de menor longitud que el anular es **recesivo** en las **mujeres** y **dominante** en los **varones**.

Longitud del dedo índice respecto al dedo anular influido por el sexo

gen recesivo en hombres y dominante en mujeres

Leyenda:

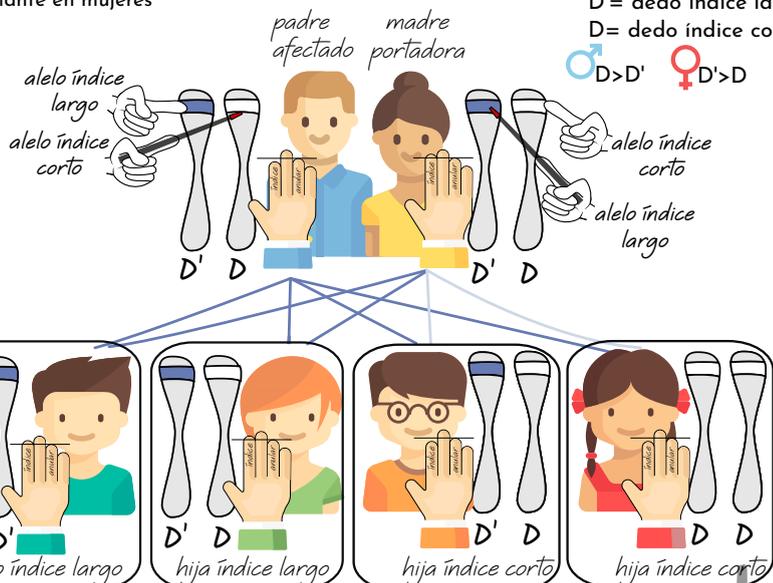
D' = dedo índice largo

D = dedo índice corto

♂ D > D' ♀ D' > D



D' = dedo índice más largo que el anular
D = dedo índice más corto que el anular



9 Consanguinidad

La consanguinidad (= vínculo de sangre) es la relación de parentesco de sangre entre un individuo y otros que comparten los mismos antepasados (antecesores comunes). Los grados de consanguinidad serán, por lo tanto, las diferentes generaciones existentes en una misma familia y familias afines y se clasifican en cuatro grados:

- Primer grado de consanguinidad: hijos, padres
- Segundo grado de consanguinidad: hermanos, abuelos, nietos
- Tercer grado de consanguinidad: bisabuelos, biznietos, sobrinos, tíos
- Cuarto grado de consanguinidad: primos, sobrino-nietos, tíos-abuelos

La **afinidad**, por el contrario, es una relación de parentesco que vincula a las personas mediante un vínculo de tipo legal, no sanguíneo, como por ejemplo el matrimonio. Hay dos grados de afinidad:

- Primer grado de afinidad: suegros, yernos/nueras
- Segundo grado de afinidad: cuñados, abuelos del cónyuge, cónyuges de los hermanos

El grupo sanguíneo es un sistema de clasificación de la sangre humana de acuerdo a la presencia o ausencia de sustancias adheridas, los **antígenos**, en la **superficie de los glóbulos rojos**. En total hay más de 300 antígenos que pueden estar, o no estar, en la superficie de los glóbulos rojos y que son los que clasifican a la sangre en 33 grupos sanguíneos. Los dos grupos sanguíneos más importantes son el sistema ABO y el sistema factor Rh, porque afectan casi a la mayoría de la población.

9.1 Grupo sanguíneo ABO

El sistema de grupo sanguíneo ABO establece la presencia de uno, ambos, o ninguno de las proteínas antígenas A y B en la membrana de los glóbulos rojo humanos. Hay cuatro grupos sanguíneos A, B, AB y O, según tengan o no esas proteínas en la membrana del glóbulo rojo. Este carácter está codificado por tres alelos: I^A , I^B e i . Los alelos I^A e I^B son codominantes entre sí y dominan sobre el alelo i ($I^A = I^B > i$). Pues bien, el sistema ABO es un ejemplo de alelismo múltiple

El alelismo múltiple se produce cuando en un mismo gen podemos encontrarnos tres o más alelos. Al conjunto de alelos posibles en el mismo gen recibe el nombre de serie alélica. Además, se puede presentar entre ellos relaciones de dominancia, dominancia intermedia o codominancia.

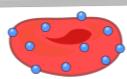
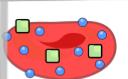
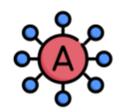
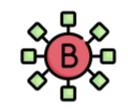
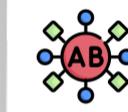
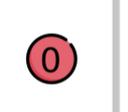
Un **antígeno** suele ser una molécula ajena o tóxica para el organismo (por ejemplo, una proteína derivada de una bacteria) que, una vez dentro del cuerpo, atrae y se une con alta afinidad a un anticuerpo específico.

Una de las excepciones a las leyes de Mendel

Alelismo múltiple | 3 alelos distintos
grupo sanguíneo ABO

La membrana plasmática de los glóbulos rojos contiene en su superficie diferentes glucoproteínas, las cuales son los responsables de los diferentes tipos de sangre.

- Si la membrana plasmática del glóbulo rojo tiene las glucoproteínas A; entonces, decimos que pertenecen al grupo sanguíneo A.
- Si tiene las glucoproteínas B, forman el grupo sanguíneo B.
- Si tienen ambas glucoproteínas, son del grupo AB.
- Si no tiene ninguna de las anteriores, será del grupo O.

	Grupo A	Grupo B	Grupo AB	Grupo O
Eritrocitos (glóbulos rojos)				
Esquema de eritrocitos (glóbulos rojos)				
Antígenos (proteínas que hay en la membrana plasmática)	Antígeno A	Antígeno B	Antígeno A y B	No hay antígenos
Anticuerpos (glucoproteínas que hay en el plasma sanguíneo)	Anti-B	Anti-A	Ningunos	Anti-A y Anti-B
Genotipos posibles (cromosoma 9)	$I^A I^A$ $I^A i$	$I^B I^B$ $I^B i$	$I^A I^B$	$i i$

José Manuel Huertas Suárez

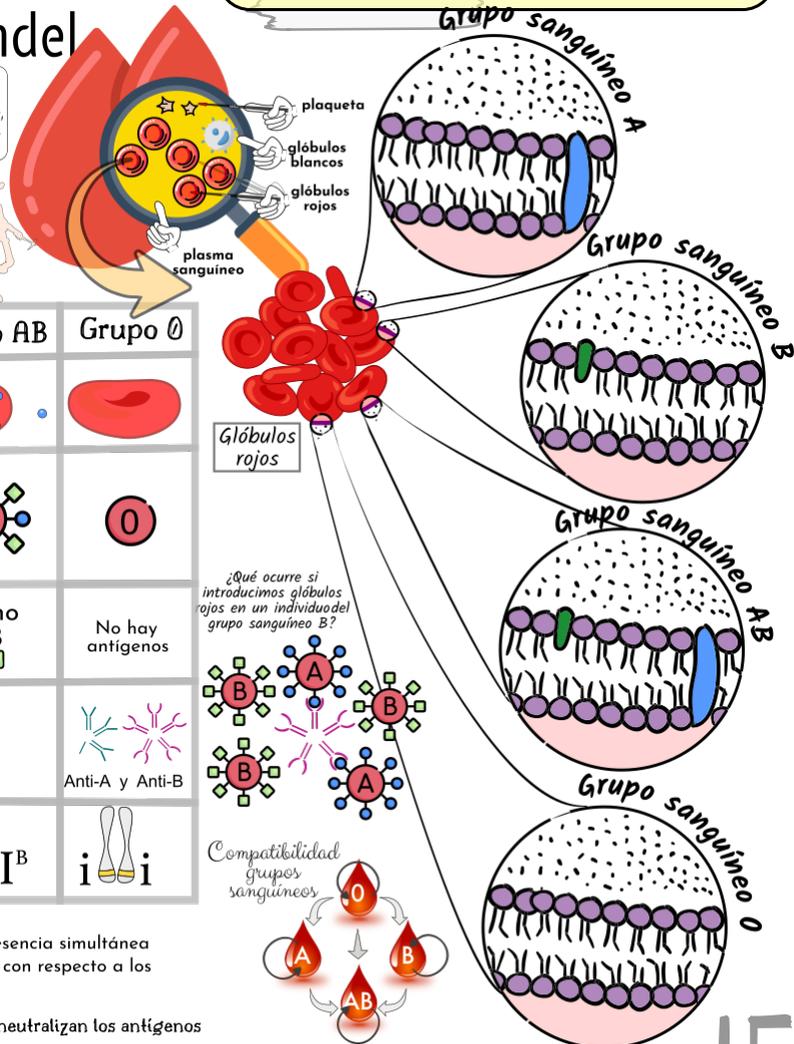


Codominancia y dominancia ($I^A = I^B > i$)

($I^A = I^B$) > i . Es decir, I^A y I^B son codominantes lo que significa que la presencia simultánea de los alelos I^A y I^B producen dos antígenos A y B. El alelo i es recesivo con respecto a los alelos I^A y I^B .



Antígeno = proteínas
Anticuerpo = glucoproteínas que identifican y neutralizan los antígenos



¿Qué ocurre si introducimos glóbulos rojos en un individuo del grupo sanguíneo B?

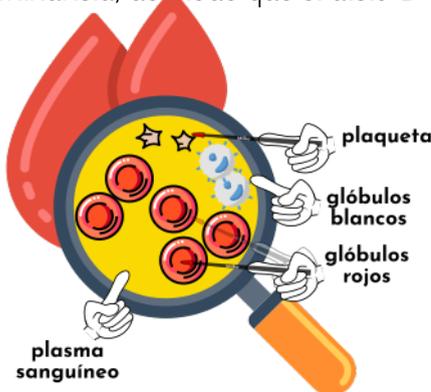


José Manuel Huertas Suárez



9.2 Grupo sanguíneo Rh

El sistema de grupo sanguíneo Rh establece la presencia en la membrana de los glóbulos rojo humanos una proteína antígenas llamada factor rhesus (Rh). Hay dos grupos sanguíneos grupo sanguíneo positivo (Rh+) o grupo sanguíneo negativo (Rh-), según tengan o no esas proteínas respectivamente. Este carácter está codificado por dos alelos: D, que **sí** fabrica la proteína y el alelo d, que **no** fabrica la proteína. Los alelos D y d son presenta una relación de dominancia; de modo que el alelo D domina sobre el alelo d (D>d).



La membrana celular de los glóbulos rojos contiene en su superficie diferentes proteínas, las cuales son las responsables de los diferentes tipos de sangre. Primero se descubrieron las proteínas A y la B; así que, la sangre se clasificó en cuatro grupos sanguíneos: grupo A, grupo B, grupo AB y grupo O.

Años más tarde, se descubrió otra proteína en los glóbulos rojos en los Macacos Rhesus y se la denominó **proteína D**. Puesto qe esa proteína puede estar (D) o no (d) en la membrana de los glóbulos rojos, podemos clasificar la sangre en dos grupos: grupo positivo (D) y grupo negativo (d)



El factor Rhesus (Rh) es una proteína que se encuentra en la superficie de los glóbulos rojos.

Si tu sangre contiene esta proteína, eres Rh positivo. Si tu sangre carece de esta proteína, eres Rh negativo. Un dato curioso es que el Rh positivo es el grupo sanguíneo más frecuente.

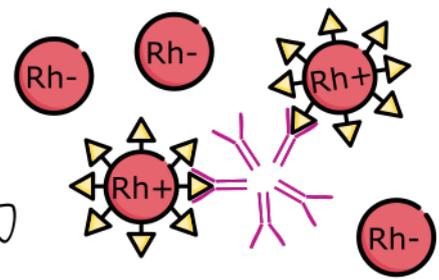


José Manuel Huertas Suárez

Herencia completa. D>d. Es decir, el alelo D es dominante sobre alelo d, el cual es recesivo.

Fenotipos posibles (= lo que ves)	Factor Rh positivo	Factor Rh negativo
Esquema eritrocitos (glóbulos rojos)		
Tienen antígenos (= proteínas que hay en la membrana plasmática)	Antígeno D o Antígeno Rh positiva	No tiene
Anticuerpos en el plasma sanguíneo	No tiene	Anti-D
¿Qué hacen los anticuerpos cuando detectan un antígeno?	Nada, porque no tienen anticuerpos	El anticuerpo Anti-D se une al antígeno D
Genotipos posibles (= información que hay en los genes)	+ + + -	- -
Genotipos en letra	DD Dd	dd

Recuerda.
alelo D (con proteína) = grupo Rh+ es dominante sobre alelo d = grupo Rh- (sin proteína).



Los donantes con Rh negativo pueden donar tanto a receptores negativos como a positivos, y los positivos solamente a los positivos.



Una persona del grupo sanguíneo negativo no puede recibir sangre del grupo sanguíneo positivo, porque los anticuerpos del grupo sanguíneo negativo aglutinan a los glóbulos rojos del grupo sanguíneo positivo.

