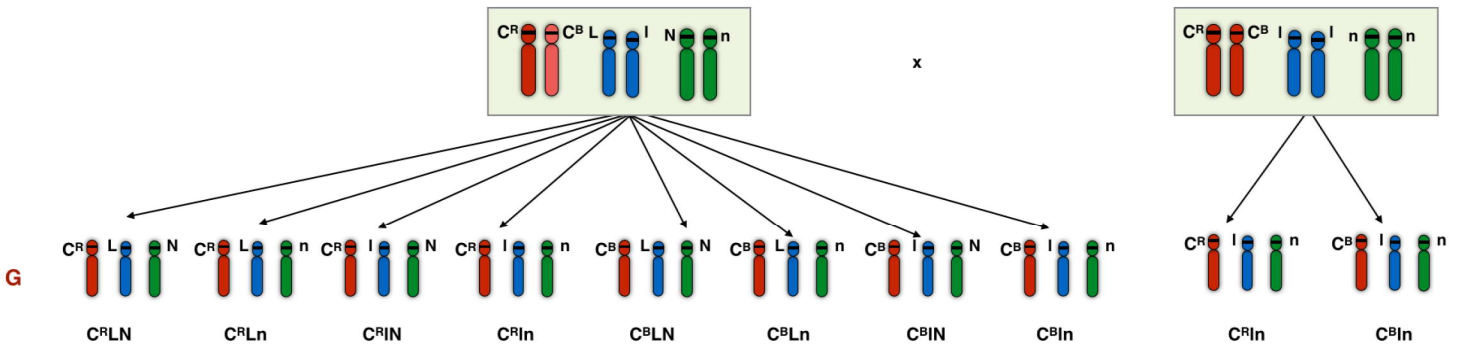


F<sub>1</sub> x rosas rugosas enanas  
 C<sup>R</sup>C<sup>B</sup>L<sup>I</sup>N<sup>n</sup> x C<sup>R</sup>C<sup>B</sup>l<sup>I</sup>nn

C<sup>R</sup> rojas  
 C<sup>B</sup> blancas  
 L lisas  
 l rugosas  
 N normales  
 n enanas



	C <sup>R</sup> L <sup>N</sup>	C <sup>R</sup> L <sup>n</sup>	C <sup>R</sup> l <sup>N</sup>	C <sup>R</sup> l <sup>n</sup>	C <sup>B</sup> L <sup>N</sup>	C <sup>B</sup> L <sup>n</sup>	C <sup>B</sup> l <sup>N</sup>	C <sup>B</sup> l <sup>n</sup>
C <sup>R</sup> l <sup>n</sup>	rojas lisas normales	rojas lisas enanas	rojas rugosas normales	rojas rugosas enanas	rosas lisas normales	rosas lisas enanas	rosas rugosas normales	rosas rugosas enanas
C <sup>B</sup> l <sup>n</sup>	rosas lisas normales	rosas lisas enanas	rosas rugosas normales	rosas rugosas enanas	blancas lisas normales	blancas lisas enanas	blancas rugosas normales	blancas rugosas enanas

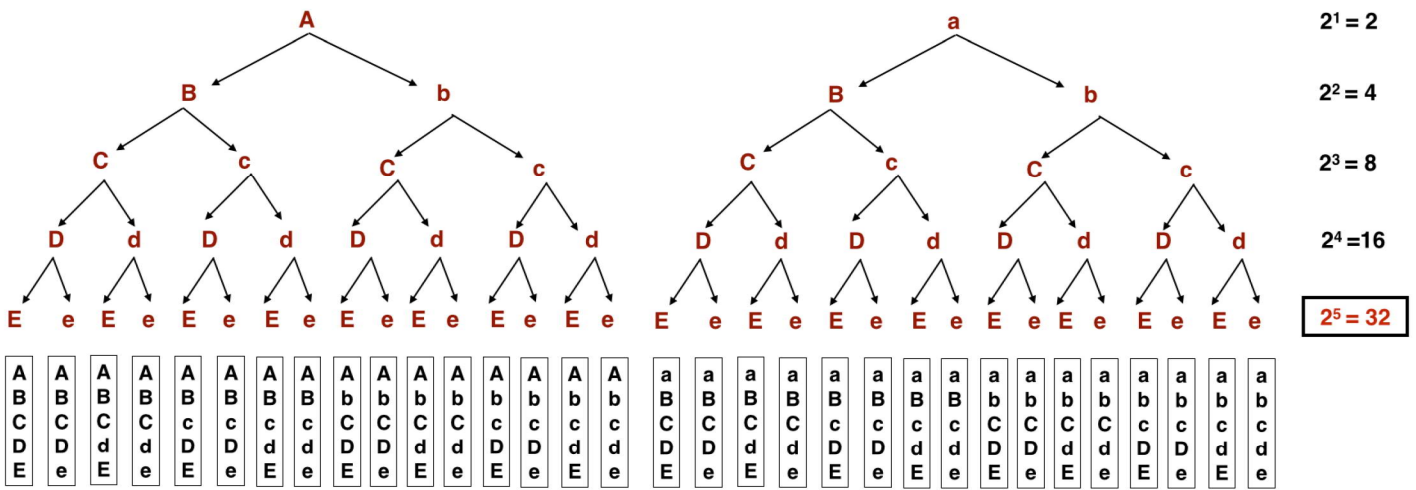
**Fenotipos esperados**

rojas lisas normales  
 rojas lisas enanas  
 rojas rugosas normales  
 rojas rugosas enanas  
 blancas lisas normales  
 blancas lisas enanas  
 blancas rugosas normales  
 blancas rugosas enanas  
  
 rosas lisas normales  
 rosas lisas enanas  
 rosas rugosas normales  
 rosas rugosas enanas  
  
 $1/16 = 0,0625$      $0,0625 \times 804 = 50,25$   
 $2/16 = 0,125$      $0,125 \times 804 = 100,5$

Frecuencias fenotípicas esperadas coinciden con las frecuencia fenotípicas obtenidas en el cruzamiento

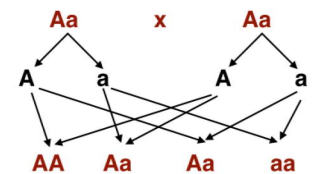
33. Se autofecunda un individuo heterocigótico que presenta los siguientes cinco genes independientes: *AaBbCcDdEe*.

- a) ¿Cuántos gametos genéticamente distintos puede producir?
- b) ¿Cuál es la frecuencia esperada de descendientes *AaBbCcDDEE*?



Número de gametos que se pueden formar con **n genes** independientes que presentan **dos alelos diferentes** =  $2^n$

P	AaBbCcDdEe	x	AaBbCcDdEe
Probabilidad de que salga Aa es 1/2	AA	Aa	aa
Probabilidad de que salga Bb es 1/2	BB	Bb	bb
Probabilidad de que salga Cc es 1/2	CC	Cc	cc
Probabilidad de que salga DD es 1/4	DD	Dd	dd
Probabilidad de que salga EE es 1/4	EE	Ee	ee

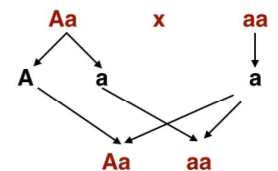


Probabilidad de que salga AaBbCcDDEE es  $1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/4 \cdot 1/4 = 1/128 = 0,007812$  0,78%

34. Dado el cruzamiento, y suponiendo que los genes son independientes,  $Aa Bb Cc Dd Ee \times aa Bb cc Dd ee$

- ¿Qué proporción de la descendencia será genótipicamente como el primer parental? ¿Y cómo el segundo parental?
- ¿Qué proporción de la descendencia será fenotípicamente como el primer parental? ¿Y cómo el segundo parental?

P	AaBbCcDdEe	x	aaBbccDdee
Proporciones para A	AA	aa	
Proporciones para B	BB	Bb	bb
Proporciones para C	Cc	cc	
Proporciones para D	DD	Dd	dd
Proporciones para E	EE	ee	



Probabilidad genotipo como primer parental AaBbCcDdEE es  $1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 = 1/32 = 0,03125$  3,12%

Probabilidad genotipo como segundo parental aaBbccDdee es  $1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 = 1/32 = 0,03125$  3,12%

Probabilidad fenotipo como primer parental ABCDE es  $1/2 \cdot 3/4 \cdot 1/2 \cdot 3/4 \cdot 1/2 = 9/128 = 0,0703$  7,03%

Probabilidad fenotipo como primer parental aBcDe es  $1/2 \cdot 3/4 \cdot 1/2 \cdot 3/4 \cdot 1/2 = 9/128 = 0,0703$  7,03%

## ALELISMO MÚLTIPLE

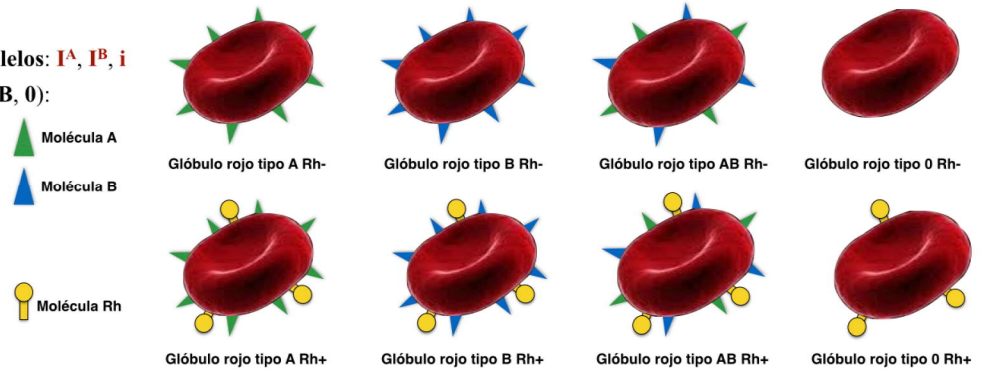
**35.** Indicar proporciones genotípicas y fenotípicas de la descendencia de un hombre de grupo sanguíneo 0 Rh negativo con una mujer dihíbrida de grupo A Rh positivo.

Los **grupos sanguíneos** indican el **tipo de moléculas que se encuentran en la membrana de los glóbulos rojos** de la sangre:  
 Una persona es de **grupo sanguíneo A** si tiene **moléculas de tipo A** en la superficie de sus glóbulos rojos  
 Una persona es de **grupo sanguíneo B** si tiene **moléculas de tipo B** en la superficie de sus glóbulos rojos  
 Una persona es de **grupo sanguíneo AB** si tiene **moléculas de tipo A y moléculas de tipo B** en la superficie de sus glóbulos rojos  
 Una persona es de **grupo sanguíneo 0** si **no tiene moléculas de tipo A ni de tipo B** en la superficie de sus glóbulos rojos

Esta característica está determinada por **tres alelos: I<sup>A</sup>, I<sup>B</sup>, i** (también se representan sencillamente por **A, B, 0**):

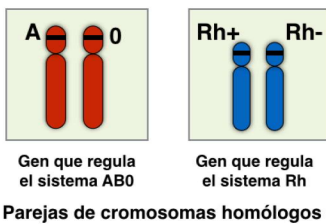
- I<sup>A</sup>** provoca que se forme la molécula A
- I<sup>B</sup>** provoca que se forme la molécula B
- i** no hace nada

**I<sup>A</sup>** e **I<sup>B</sup>** son **codominantes entre sí** y los dos son **dominantes respecto al alelo i**.



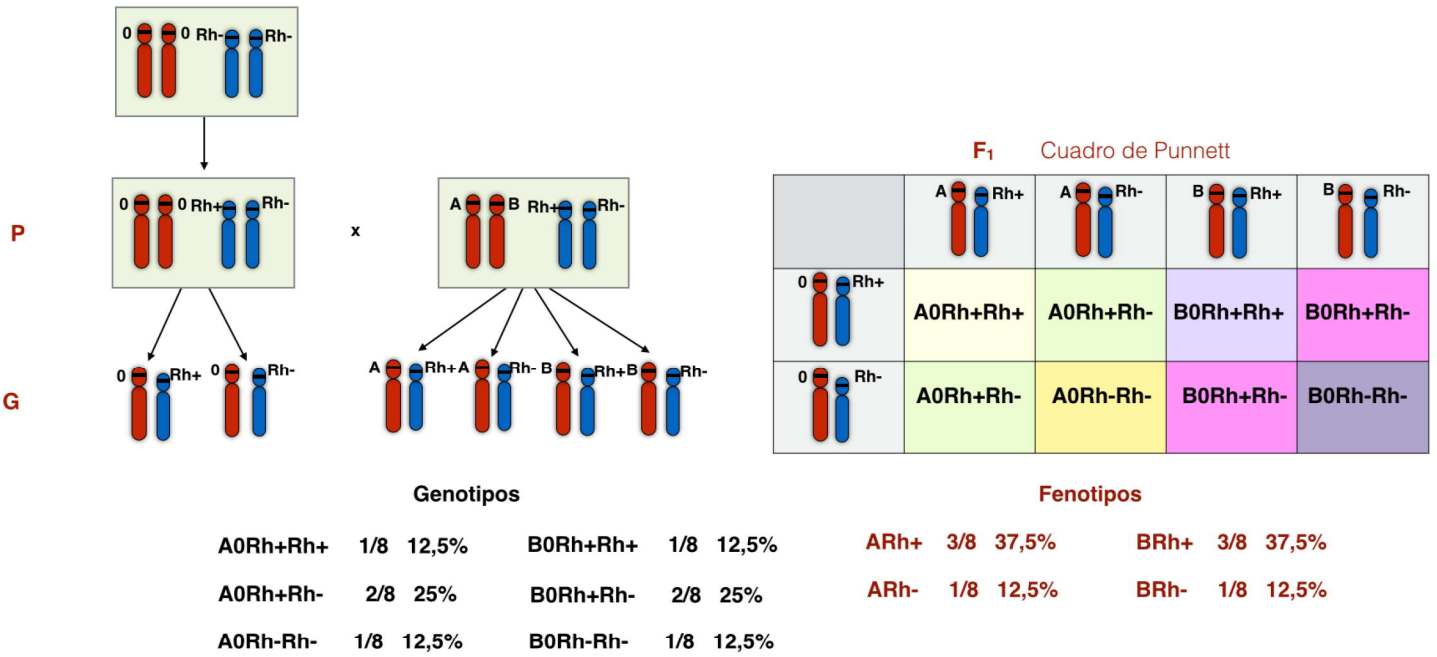
El **sistema Rh** también indica un **tipo de molécula que se encuentra en la membrana de los glóbulos rojos** de la sangre. Está regulado por **un gen diferente** al del sistema ABO. Podemos decir que el gen presenta dos alelos: el **alelo Rh+** (dominante) que hace que se forme la molécula Rh y **alelo Rh-** (recesivo) que no se forme dicha molécula. Si existe la molécula Rh en los glóbulos rojos decimos que el fenotipo es Rh+; si no la tienes decimos que el fenotipo es Rh-

Cada persona presenta:  
**dos alelos para el sistema ABO** en una pareja de cromosomas homólogos y  
**dos alelos para el sistema Rh** en otra pareja diferente de cromosomas homólogos.

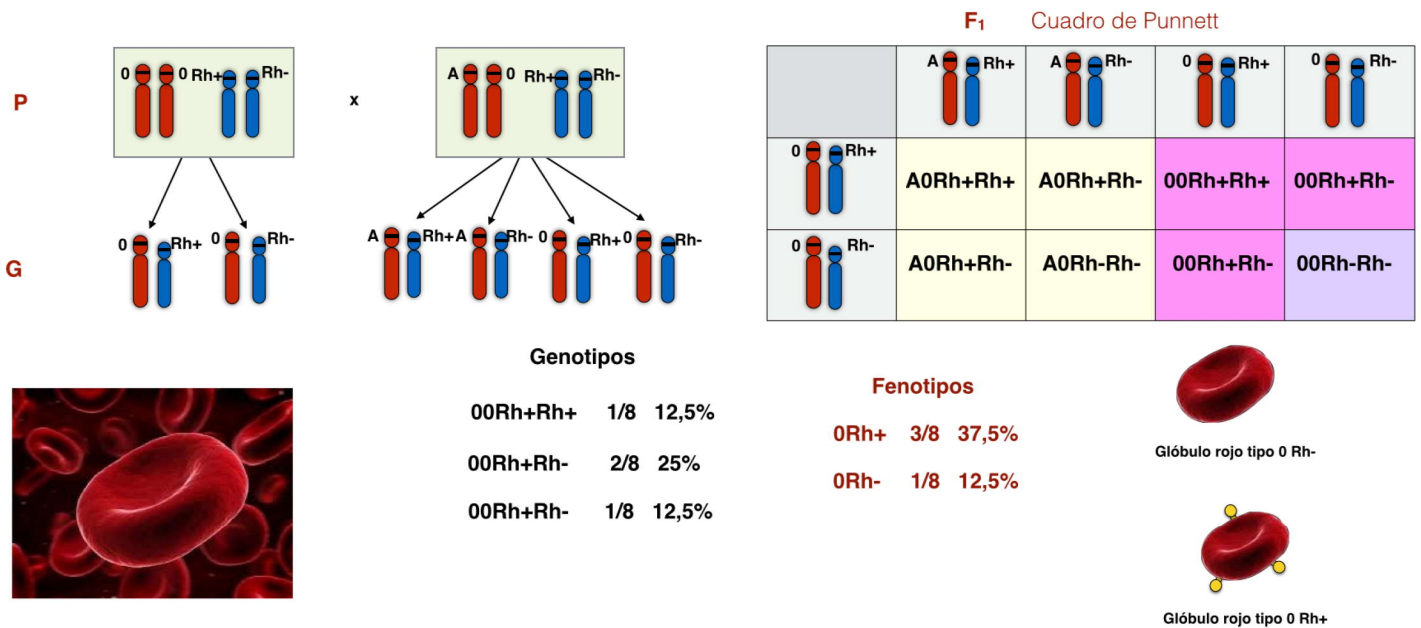


Genotipo (alelos)	Fenotipo (grupo sanguíneo)
AA	grupo A
A0	grupo A
AB	grupo AB
BB	grupo B
B0	grupo B
00	grupo 0

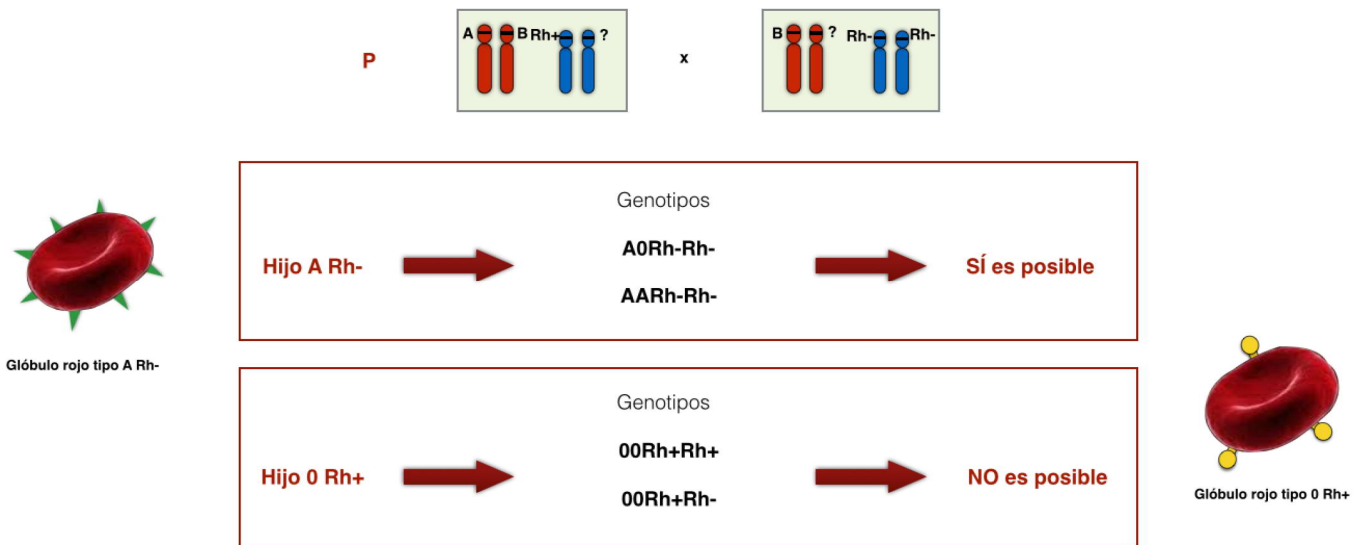
Genotipo (alelos)	Fenotipo (grupo sanguíneo)
Rh+Rh+	grupo Rh+
Rh+Rh-	grupo Rh+
Rh-Rh-	grupo Rh-



36. ¿Qué proporciones de individuos de grupo sanguíneo 0 Rh positivo y de individuos 0 Rh negativo cabe esperar entre una mujer monohíbrida de grupo 0 Rh positivo y un hombre dihíbrido de grupo A positivo?



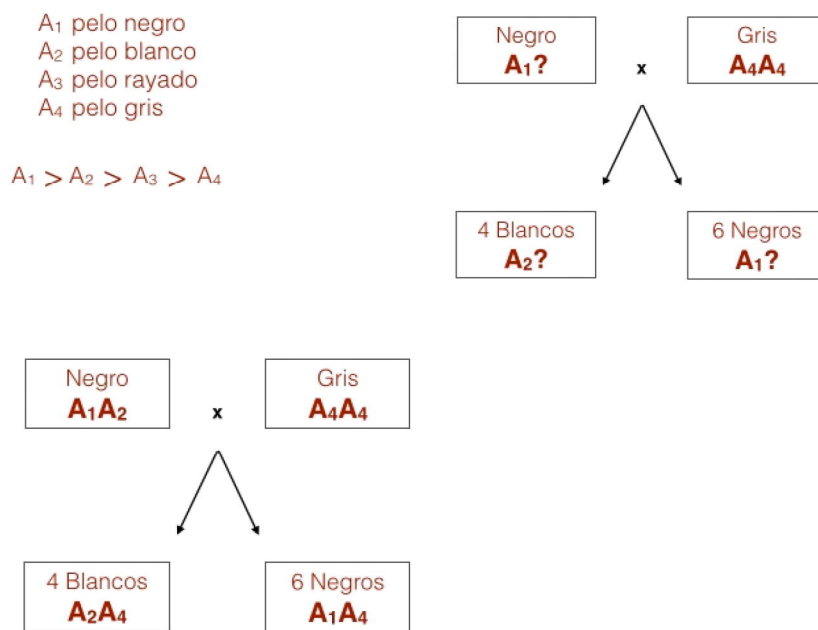
37. Indicar si una hombre de fenotipo AB Rh positivo y una mujer de grupo B Rh negativo podrían tener un hijo A Rh negativo o un hijo O Rh positivo.



38. En una determinada raza de ratones el color del pelo está controlado por una serie alélica: A<sub>1</sub> determina un pelaje negro, A<sub>2</sub> blanco, A<sub>3</sub> rayado y A<sub>4</sub> grisáceo. El alelo A<sub>1</sub> domina sobre el A<sub>2</sub>, éste sobre el A<sub>3</sub> y éste sobre el A<sub>4</sub>.

Al cruzar un ratón negro y otro gris se obtuvo una camada formada por cuatro ratones blancos y seis negros.

- ¿Cuáles serán los genotipos de los ratones que se cruzan?
- De los ratones de la camada, ¿cuántos se esperaba que fueran blancos?



Genotipos	Fenotipos
A <sub>2</sub> A <sub>4</sub> 1/2 50%	Bancos 50%
A <sub>1</sub> A <sub>4</sub> 1/2 50%	Negros 50%

De la camada esperamos que sean blancos el 50%, es decir, 10/2 = 5

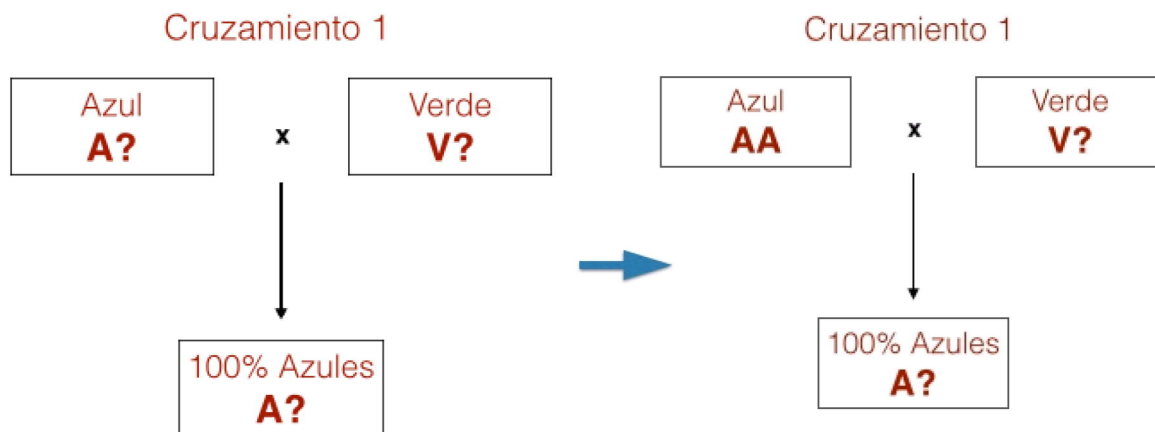
**39.** En cierta especie de escarabajo, la cubierta de las alas puede ser verde, azul o turquesa. A partir de una población mezclada de laboratorio se realizaron cruzamientos controlados para determinar la forma de herencia del color de las alas. Los resultados fueron los siguientes:

Cruzamiento	Parentales	Descendientes
1	azul x verde	todos azules
2	azul x azul	¾ azules, ¼ turquesas
3	verde x verde	¾ verdes, ¼ turquesas
4	azul x turquesa	½ azul, ½ turquesas
5	azul x verde	½ azules, ¼ verdes, ¼ turquesas

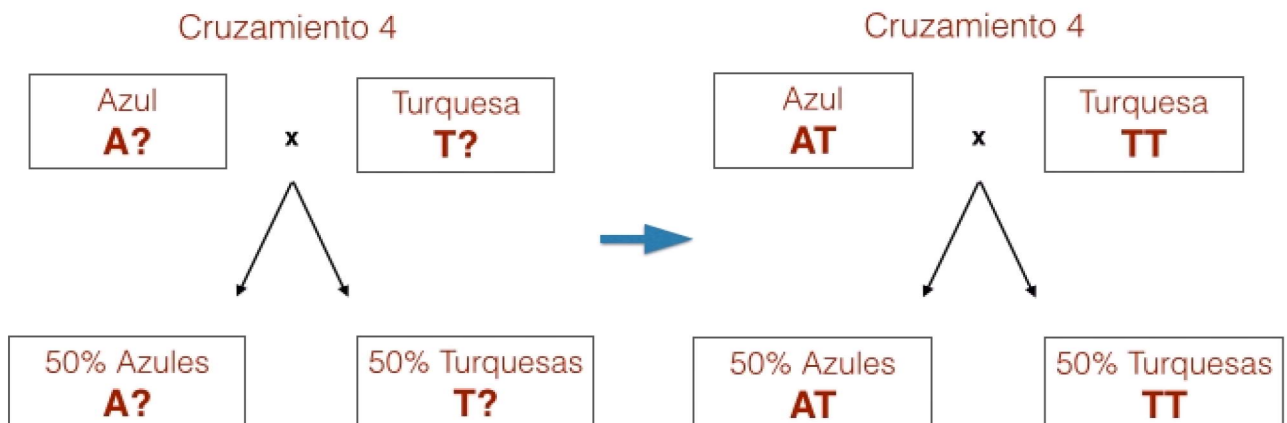
- a) Indicar las bases genéticas del color de las alas en esta especie.  
 b) Escribir los genotipos de los parentales 1, 4 y 5, y los de sus descendientes.

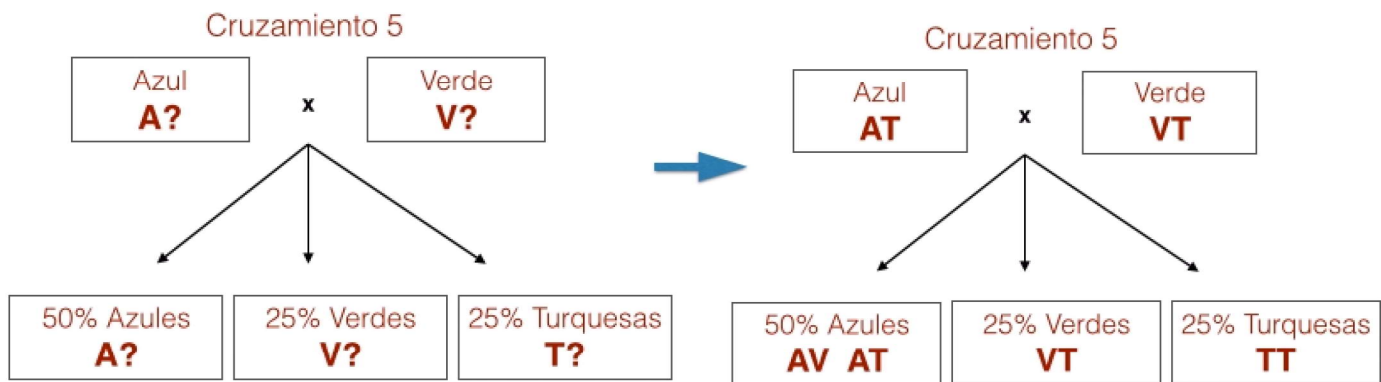
Cruzamiento 1:  $A \times V \rightarrow A$  →  $A > V$   
 Cruzamiento 2:  $A \times A \rightarrow A \text{ y } T$  →  $A > T$   
 Cruzamiento 3:  $V \times V \rightarrow V \text{ y } T$  →  $V > T$

**Serie alélica  $A > V > T$**



El genotipo del progenitor de color verde puede ser VV o VT





**40.** El color de los conejillos de Indias está regulado por una serie alélica constituida por cuatro alelos: N (determina que el color sea negro), S (determina que el color sea sepia), C (color crema) y A (albino), cuya relación es  $N > S > C > A$ .

Se han cruzado conejillos de distintos colores, con los siguientes resultados:

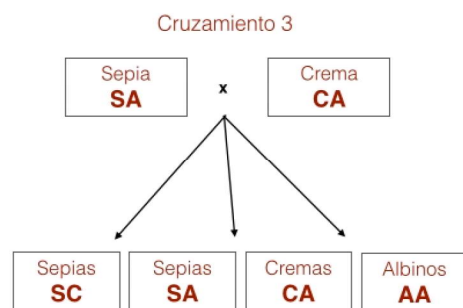
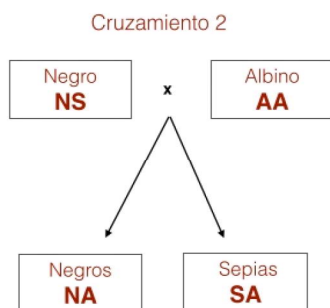
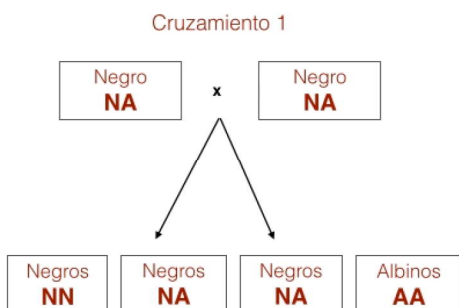
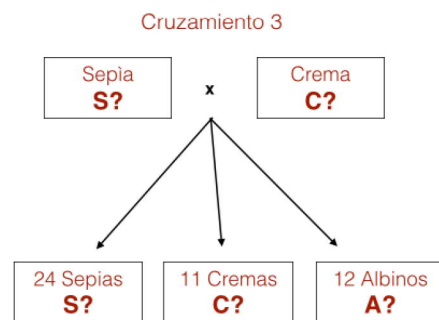
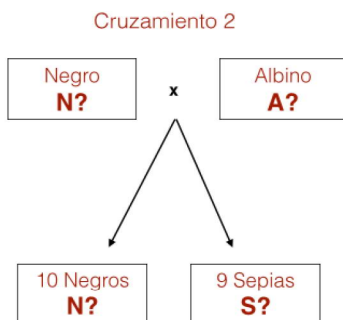
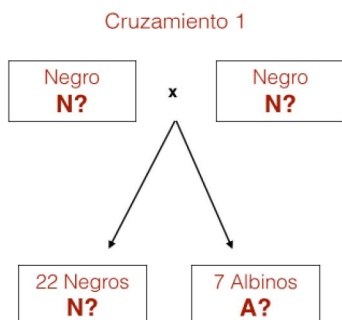
Cruzamiento	Fenotipos parentales	Fenotipos de la descendencia			
		N	S	C	A
1	N x N	22	0	0	7
2	N x A	10	9	0	0
3	S x C	0	24	11	12

Encontrar los genotipos y fenotipos de los parentales y descendientes de dichos cruzamientos.

N negro  
S sepia  
C crema  
A albino

Serie alélica  $N > S > C > A$

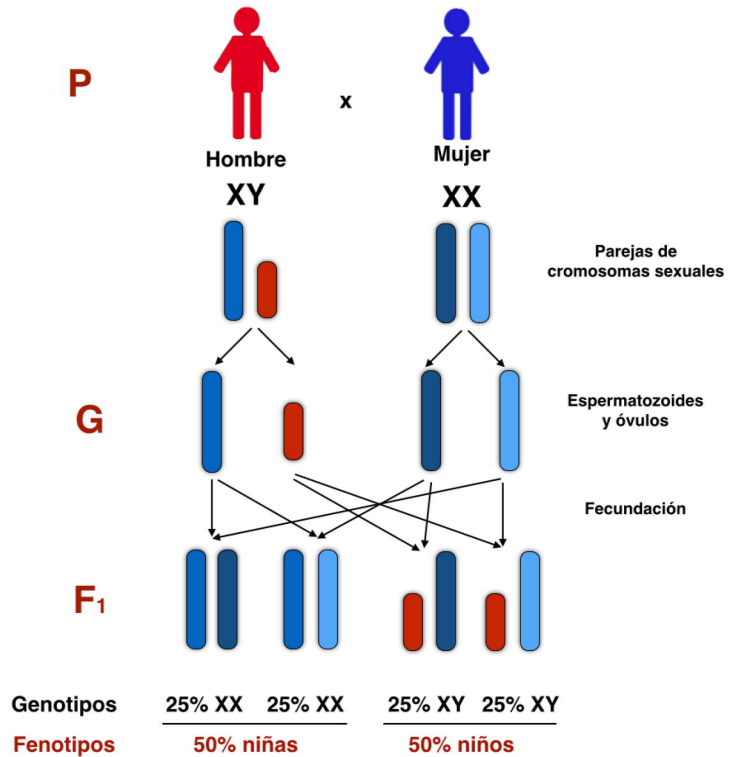
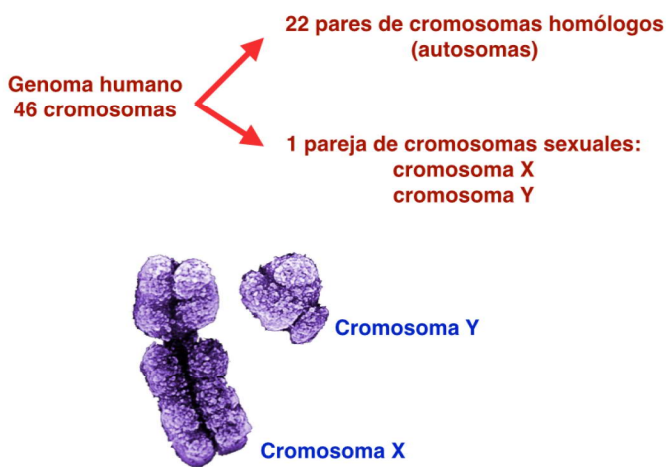
Cruzamiento 1 22 N : 7 A → 3:1  
 Cruzamiento 2 10 N : 9 S → 1:1  
 Cruzamiento 3 24 S : 11 C : 12 A → 2:1:1



## HERENCIA LIGADA AL SEXO

41. Indicar cuál es la probabilidad de que un hombre y una mujer

- a) tengan primero un hijo varón y posteriormente una hija.
- b) tengan dos descendientes de distinto sexo.
- c) tengan dos niños y dos niñas.



a)  $p(\text{hijo varón}) \times p(\text{hija}) = 1/2 \times 1/2 = 1/4 = 0,25 \quad 25\%$

b)  $p(\text{dos descendientes de distinto sexo}) =$   
 $p(\text{hijo varón-hija}) + p(\text{hija-hijo varón}) =$   
 $(1/2 \times 1/2) + (1/2 \times 1/2) = 1/4 + 1/4 = 2/4 = 1/2 \quad 50\%$

c)  $p(\text{dos niños primero y dos niñas después}) =$   
 $p(\text{dos hijos varones}) \times p(\text{dos hijas}) =$   
 $(1/2 \times 1/2) \times (1/2 \times 1/2) = 1/4 \times 1/4 = 1/16 = 0,0625 \quad 6,25\%$



42. Se han cruzado dos conejillos de indias y en la descendencia aparecen 52 hembras y 24 machos. ¿Qué explicación puede tener esta distribución de sexos?

Proporción de sexos esperada:

50% hembras, 50% machos 1:1

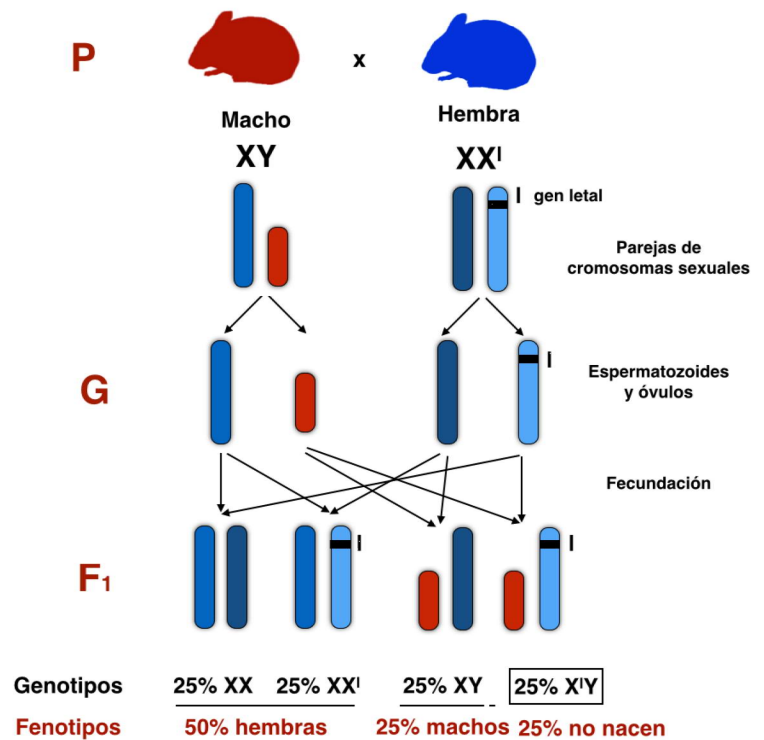
Proporción de sexos real o experimental:

52 hembras, 24 machos  $52/24 = 2,17 \approx 2:1$

¡Faltan la mitad de los machos!

El cromosoma X tiene un gen letal que es recesivo.

Sólo nacen la mitad de los machos: los que reciben un cromosoma X que carece del gen letal



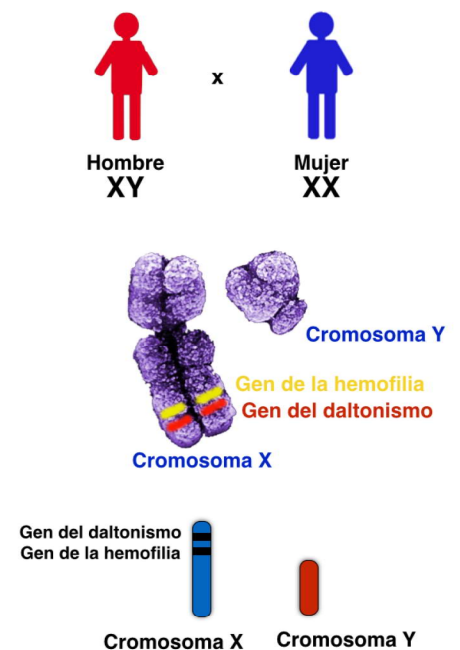
43. Teniendo en cuenta que la hemofilia está provocada por un alelo recesivo ligado al cromosoma X ¿cuál será la proporción de hemofílicos en la descendencia de un matrimonio formado por una mujer normal cuyo padre era hemofílico y un hombre normal cuyo padre también era hemofílico?

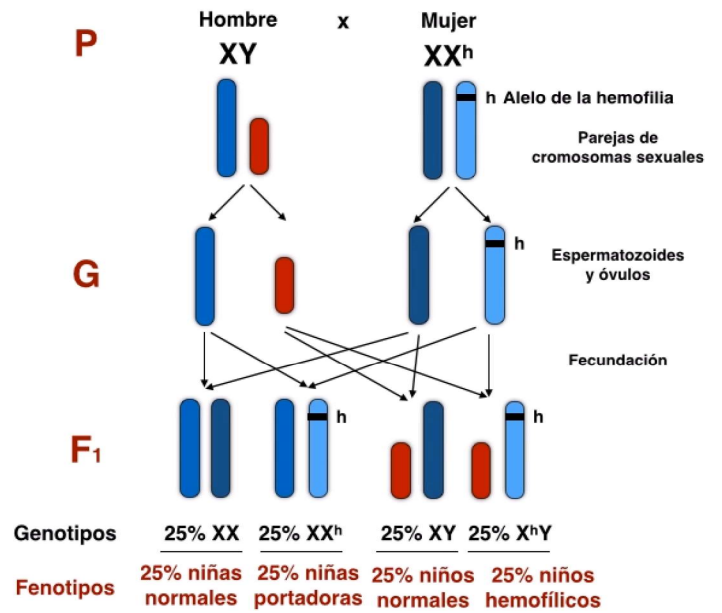
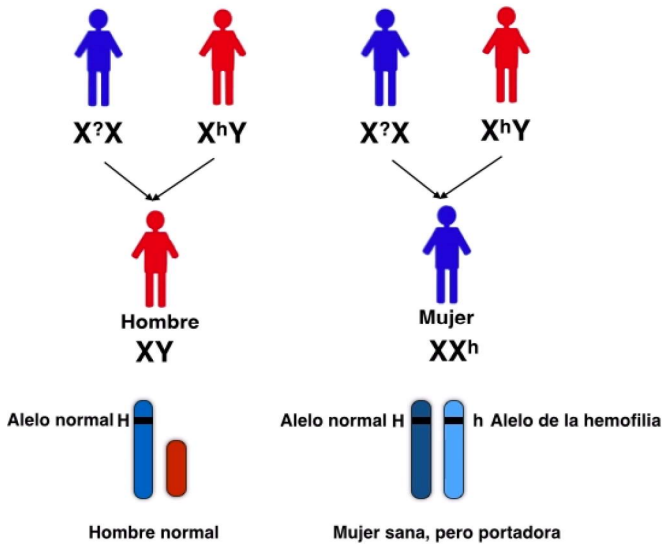
El cromosoma X es mucho mayor que el cromosoma Y

El cromosoma X contiene muchos genes que no existen en el cromosoma Y (decimos que se encuentran en la porción no homóloga del cromosoma X)

Es lo que ocurre, por ejemplo, con el gen que provoca daltonismo (dificultad para diferenciar determinados colores) y con la hemofilia (dificultad para que la sangre pueda coagular)

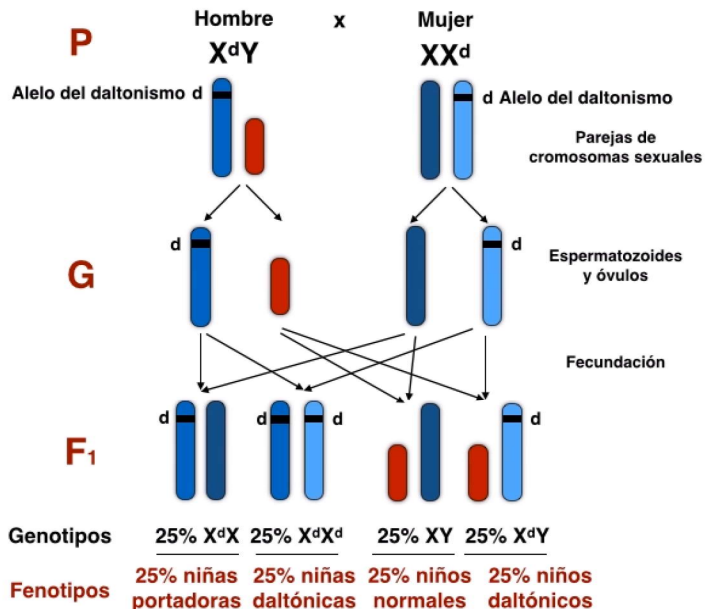
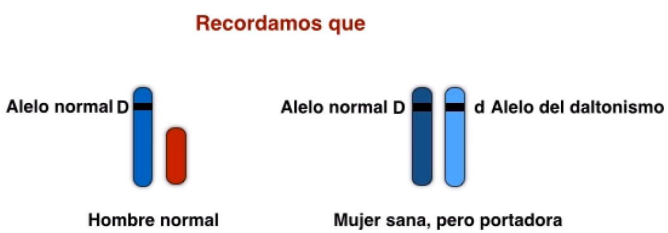
En el caso de estos genes situados en la porción no homóloga del cromosoma X las mujeres son diploides para esas características dado que tienen dos cromosomas X pero los hombres sólo tienen un gen para esa característica pues el cromosoma Y carece de esos genes





En la herencia ligada al sexo generalmente sólo se representa el alelo que provoca la disfunción (en el ejemplo el alelo h que provoca la hemofilia y no el alelo que determina normalidad, en el ejemplo H). Así pues cuando aparece  $XX^h$ , se interpreta que un cromosoma X tiene el alelo h y el otro cromosoma X presenta el alelo H.

44. Teniendo en cuenta que el daltonismo está provocado por un alelo recesivo ligado al cromosoma X ¿qué proporción genotípica y fenotípica cabe esperar en la descendencia de un hombre daltónico con una mujer portadora del daltonismo? Si esta pareja tiene seis hijos ¿qué proporción esperamos que sean daltónicos?



De 6 hijos esperamos que sean daltónicos el 50%, es decir, 3

De las niñas (2), esperamos que sean portadoras el 50%, es decir, 1

**45.** La distrofia muscular de Duchenne es una enfermedad mortal ligada al cromosoma X que está provocada por un alelo recesivo. La variante agresiva de la enfermedad genera atrofia muscular que provoca invalidez en la infancia y muerte prematura.

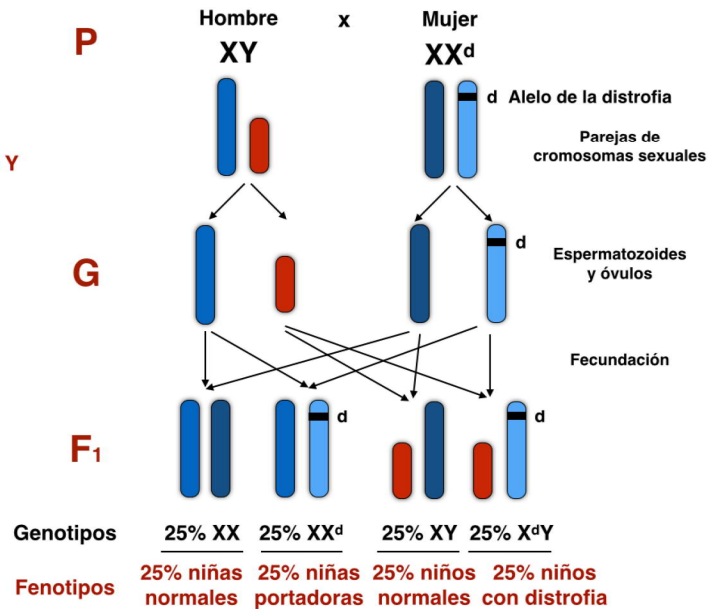
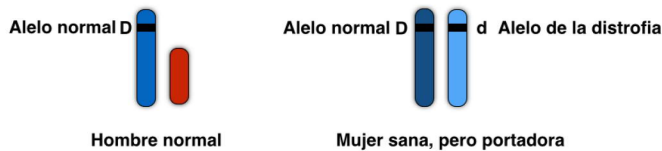
Indicar proporciones genotípicas y fenotípicas de la descendencia de una mujer normal portadora de la enfermedad y un hombre normal.

Recordamos que

**El cromosoma X es mucho mayor que el cromosoma Y**

**El cromosoma X contiene muchos genes que no existen en el cromosoma Y**

**Las mujeres son diploides para esas características pero los hombres sólo tienen un gen**



**46.** Un hombre normal procrea con una mujer no hemofílica cuyo padre sí lo era. Calcule la probabilidad de la pareja de tener:

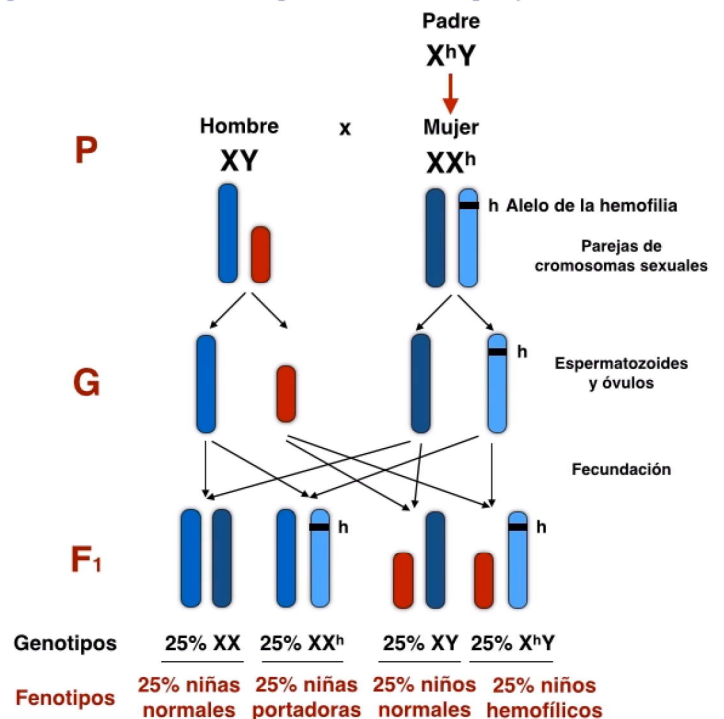
- un varón hemofílico
- dos descendientes no hemofílicos
- un varón hemofílico y una mujer portadora
- un niño varón normal y una niña normal no portadora
- el primer descendiente varón hemofílico y el segundo descendiente mujer normal no portadora.

a)  $p(\text{varón hemofílico}) = 1/4 = 0,25 \quad 25\%$

b)  $p(\text{dos descendientes no hemofílicos}) = p(\text{no hemofílico}) \times p(\text{no hemofílico}) = 3/4 \times 3/4 = 9/16 = 0,5625 \quad 56,25\%$

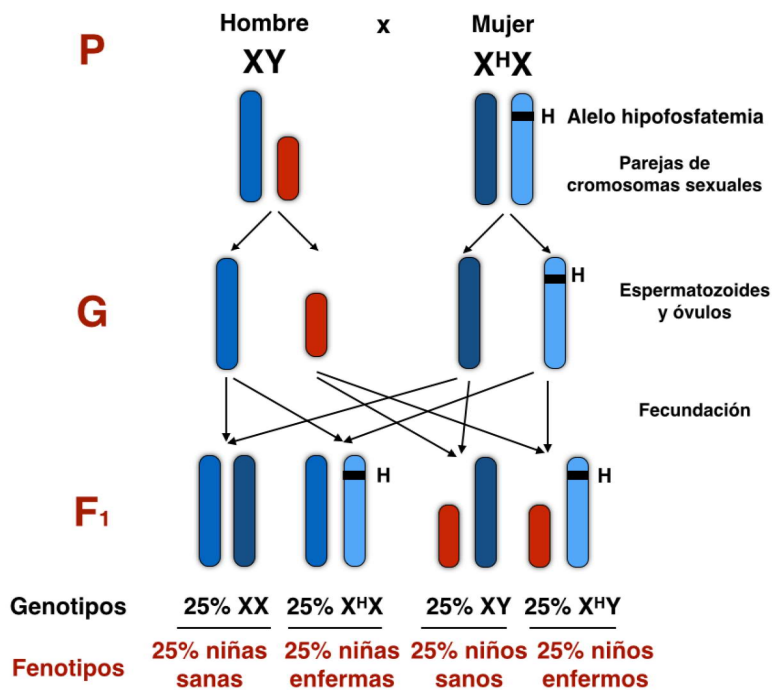
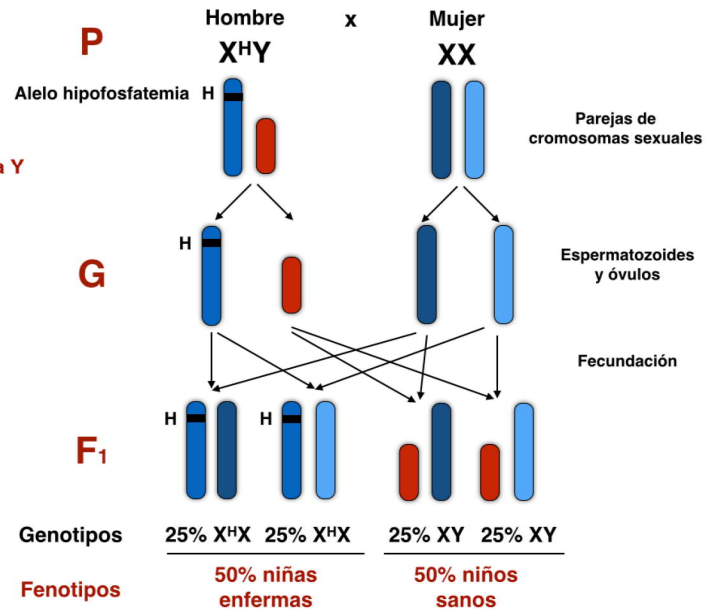
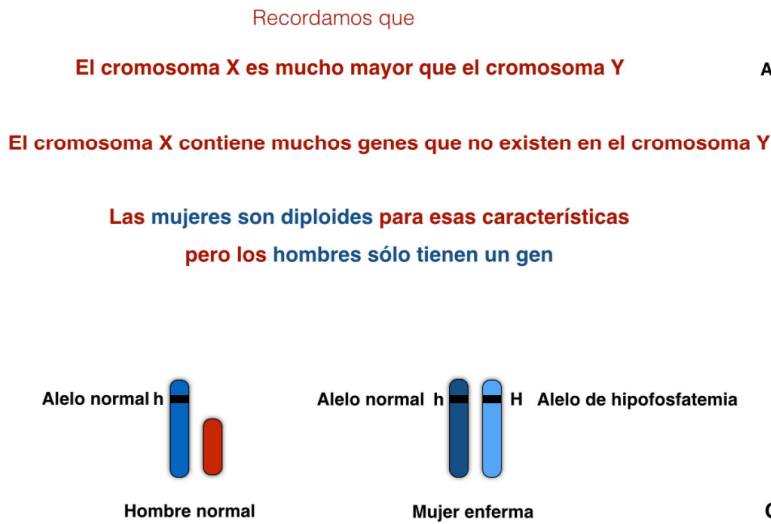
c)  $p(\text{un niño normal y niña no portadora}) = p(\text{1º un niño normal y 2º niña no portadora})$   
o bien  $p(\text{1º niña portadora y 2º niño normal}) = (1/4 \times 1/4) + (1/4 \times 1/4) = 1/16 + 1/16 = 2/16 = 0,125 \quad 12,5\%$

d)  $p(\text{1º un niño hemofílico y 2º niña no portadora}) = (1/4 \times 1/4) = 1/16 = 0,0625 \quad 6,25\%$



47. La hipofosfatemia es un tipo de raquitismo provocado por un alelo dominante ligado al cromosoma X. ¿Qué fenotipos se esperan en la descendencia de las siguientes parejas?

- a) hombre afectado y mujer normal
- b) mujer afectada hija del matrimonio anterior y hombre normal.

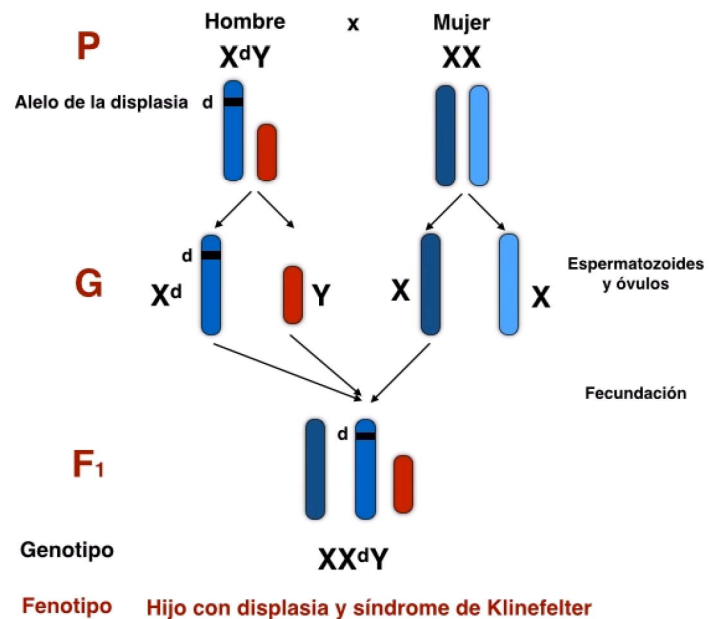


**48.** Un hombre presenta displasia ectodérmica anhidrótica (enfermedad de la piel caracterizada por la ausencia de glándulas sudoríparas, provocada por un alelo recesivo ligado al cromosoma X) y una mujer sana no portadora tienen un hijo con síndrome de Klinefelter (XXY) con displasia.

Explicar qué progenitor ha contribuido con el gameto anormal y por qué se ha producido.

El hijo ha tenido que recibir de el cromosoma X que porta el alelo de la displasia: el cromosoma X<sup>d</sup> que presenta el padre.  
 Y también ha tenido que recibir el cromosoma Y del padre.  
 Por tanto el espermatozoide paterno llevaba los dos cromosomas sexuales: el X y el Y.  
 La madre ha proporcionado un óvulo normal, con un sólo cromosoma X.

La explicación es que durante la meiosis que se realiza en los testículos del padre para formar las células reproductoras se ha producido un error: unos espermatozoides han recibido los dos cromosomas sexuales (X e Y) y otros no han recibido ninguno de estos cromosomas.



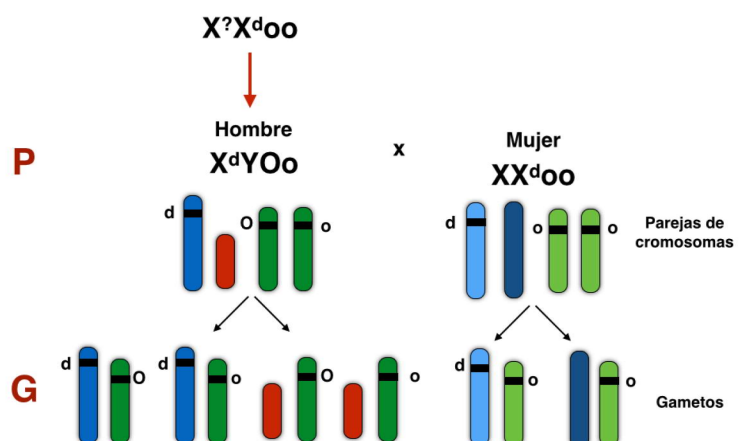
**49.** En la especie humana el color claro de los ojos se debe a un gen autosómico, recesivo frente a su alelo dominante para el color oscuro. ¿Qué probabilidad tienen una mujer de ojos claros y portadora del daltonismo y un hombre daltónico y de ojos oscuros (hijo de una mujer de ojos claros) de tener una niña daltónica de ojos claros?

Recordamos que

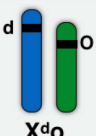

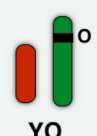

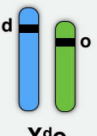
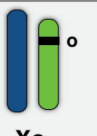
El cromosoma X es mucho mayor que el cromosoma Y

El cromosoma X contiene muchos genes que no existen en el cromosoma Y

Las mujeres son diploides para esas características pero los hombres sólo tienen un gen



F<sub>1</sub> Cuadro de Punnett

	 X <sup>d</sup> O	 X <sup>d</sup> o	 YO	 Yo
 X <sup>d</sup> o	X <sup>d</sup> X <sup>d</sup> Oo niñas daltónicas ojos oscuros	X <sup>d</sup> X <sup>d</sup> oo niñas daltónicas ojos claros	X <sup>d</sup> YOo niños daltónicos ojos oscuros	X <sup>d</sup> Yoo niños daltónicos ojos claros
 X <sup>o</sup>	X <sup>d</sup> X <sup>o</sup> Oo niñas portadoras ojos oscuros	X <sup>d</sup> X <sup>o</sup> oo niñas portadoras ojos claros	XYOo niños normales ojos oscuros	XYoo niños normales ojos claros

$p$  (Niña daltónica con ojos claros) =  $1/8 = 0,125$  12,5%

50. Indicar los genotipos de estas dos familias:

- mujer daltónica y hemofílica cuya madre no era daltónica ni hemofílica y cuyo padre era hemofílico daltónico.
- hombre daltónico no hemofílico cuya madre era normal pero portadora del daltonismo y de la hemofilia y cuyo padre era hemofílico daltónico.

