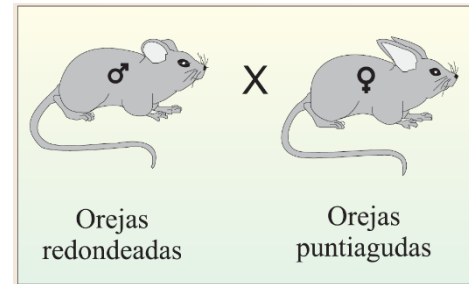


Boletín de Actividades (V)

La herencia y la transmisión de los caracteres

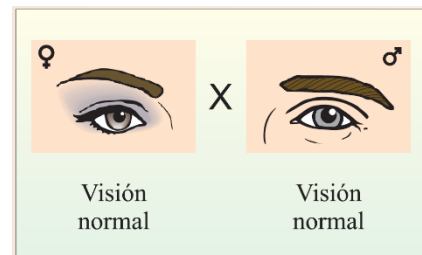
1. Establece las diferencias entre: (a) Gen y alelo. (b) Homocigoto y heterocigoto. (c) Gen dominante y gen recesivo. d) Mutación génica y mutación cromosómica.
2. Explica por qué dos organismos con distinto genotipo pueden tener el mismo fenotipo.

3. En una población de ratones se puede distinguir que hay individuos que difieren en cuanto a la forma de la oreja. La mayor parte de los individuos tienen la oreja redondeada y sólo unos pocos tienen la oreja puntiaguda. En un laboratorio de genética se ha cruzado un individuo macho de oreja redondeada con otro hembra de oreja puntiaguda, encontrándose en su descendencia hijos con oreja redondeada y otros con oreja puntiaguda.



- (a) ¿Cuál es la causa de que en una población donde el carácter normal es «orejas redondeadas» aparezcan individuos de «orejas puntiagudas»?
- (b) ¿Se trata de un caso de herencia dominante o intermedia? ¿Por qué?
- (c) Si la forma de las orejas viene determinada por una pareja de genes alelos y representamos por (R) el alelo dominante y por (r) el recesivo, indica el fenotipo y el genotipo tanto del macho como de la hembra respecto a la forma de las orejas.
- (d) ¿Cuáles son los alelos de los padres? ¿Qué alelos pueden tener los óvulos y los espermatozoides?
- (e) ¿Cuáles son los genotipos y los fenotipos posibles de los hijos de este cruce?
- (f) ¿Cuál de todos los individuos (padres e hijos) es homocigótico y heterocigótico respecto al carácter de la forma de las orejas? ¿Cuál de los homocigóticos es dominante y cuál es recesivo?

4. El daltonismo es una enfermedad hereditaria que se debe a un gen alterado (D) que se encuentra en el cromosoma X. Para que se presente la enfermedad en la mujer es necesaria que sea homocigótica respecto a este gen ($X^D X^D$), mientras que para que se exprese en el hombre basta que esté presente en el único cromosoma X que tiene ($X^D Y$). Un matrimonio de ojos normales tuvo varios hijos de los que uno era daltónico, mientras que ninguna hija fue daltónica.



- (a) ¿Cómo es posible que del cruce de dos personas con visión normal salga un niño daltónico?
- (b) ¿Cómo será el genotipo y fenotipo de la madre y del padre?
- (c) ¿Cómo serán los posibles genotipos y fenotipos de los hijos que puedan tener?
- (d) ¿Qué genotipo tendría que tener la mujer del hijo daltónico para que entre sus descendientes pudiera aparecer una mujer daltónica?

5. En los carneros, la lana negra se debe a un alelo recesivo, b, y la lana blanca a su alelo dominante, B. Al cruzar un carnero blanco con una oveja negra, en la descendencia apareció un borrego negro. Deduce los genotipos de los parentales y realiza un esquema del cruzamiento.
6. Cruzando dos moscas grises se obtuvo una descendencia de 153 moscas grises y 49 negras. Indica el genotipo de los progenitores y de las moscas grises de la descendencia.
7. En las ovejas, la oreja peluda es dominante sobre la oreja desnuda. Una oveja heterocigótica se cruza con una oveja de oreja desnuda. Se pide:
 - (a) ¿Cómo son las orejas de la oveja heterocigótica?
 - (b) En la F1, ¿qué proporción cabe esperar de ovejas con orejas peludas?
 - (c) Si se cruzan dos individuos heterocigotos de la F1 ¿Qué probabilidad de ovejas con las orejas desnudas habrá en la descendencia?



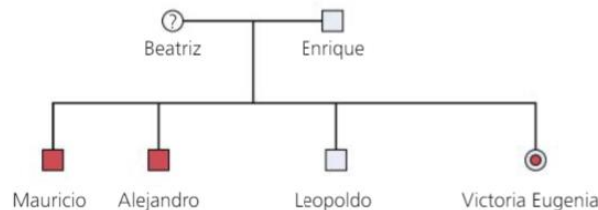
8. El color moteado del pelo de los conejos depende de un alelo dominante (A) frente a su alelo recesivo (a) que determina el color uniforme. Asimismo, el pelo corto depende de otro alelo dominante (B) frente al alelo recesivo (b) que determina pelo largo. Se realiza el siguiente cruzamiento: AaBB x aabb. Se pide:
 - (a) ¿Qué porcentaje de conejos de pelo moteado y corto se esperará en la F1?
 - (b) ¿Qué porcentaje de conejos de pelo moteado y largo se esperará en la F2 resultando del cruce de dos conejos moteados de pelo corto obtenido en la F1?

9. En el dondiego de noche (*Mirabilis jalapa*), el color rojo de las flores lo determina el alelo R, codominante con el alelo B que determina el color blanco, siendo rosas las flores de las plantas heterocigóticas. Si una planta con flores rojas se cruza con otra de flores blancas, ¿cuál será el fenotipo de las flores de la F1 y de la F2 resultante de cruzar entre sí dos plantas cualesquiera de la F1, y cuál será el fenotipo de la descendencia obtenida de un cruzamiento de las F1 con su genitor rojo, y con su genitor blanco?

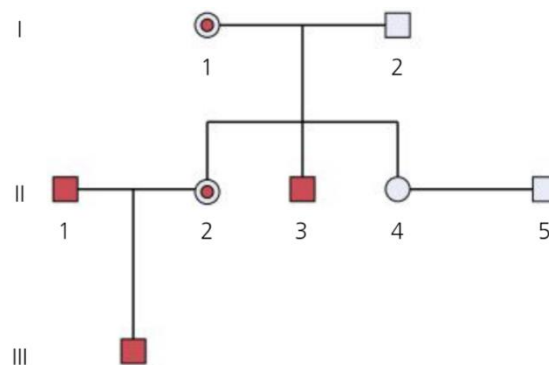
10. Como ya sabes, el daltonismo depende de un gen recesivo ligado al sexo. Juan es daltónico y sus padres tenían visión normal. Se casa con María, que tiene visión normal. Su hijo, Jaime, es daltónico.
 - (a) Explica cómo son los genotipos de Juan, María, Jaime, el padre de Juan y la madre de Juan.
 - (b) ¿Qué otra descendencia podría tener Juan y María?

11. En una clínica se mezclan por error 4 recién nacidos cuyos grupos sanguíneos son 0, A, B, AB. Los grupos sanguíneos de las cuatro parejas de padres son: a) AB y 0; b) A y 0; c) A y AB; d) 0 y 0. Indica qué niño corresponde a cada pareja.

12. Indica el genotipo y el fenotipo de la reina Beatriz, respecto del carácter hemofílico, si sus descendientes presentaron los fenotipos que muestra el árbol genealógico siguiente:



13. En el árbol genealógico, los símbolos rojos representan a personas afectadas de hemofilia, un trastorno determinado por un alelo recesivo ligado al sexo:



- (a) Si la mujer II-2 tuviese dos hijos varones, ¿cuál sería la probabilidad de que ninguno de ellos fuera hemofílico?
 - (b) ¿Cuál es la probabilidad de que un hijo varón de la pareja II-4 y II-5 sea hemofílico?
14. Actualmente la ingeniería genética está desarrollando diversas técnicas para conseguir mejoras en la salud y la alimentación, entre otras cosas. Un laboratorio está interesado en conseguir habas que resistan las heladas en países donde este fenómeno es corriente. Para ello, se han fijado que hay un pez que vive en el Polo Norte que resiste muy bien temperaturas inferiores a 0° C y han logrado aislar el gen responsable de esta propiedad.



- (a) Explica qué procedimiento seguiría este laboratorio para conseguir un plantón de haba resistente a las heladas.
- (b) Dado el éxito de este experimento, el laboratorio quiere producir muchas habas con esta propiedad, y que por tanto sean genéticamente idénticas. Explica el procedimiento a seguir.
- (c) Un ganadero ha conseguido una variedad rara de cabra que produce mucha leche y le gustaría tener un rebaño en la que todas las cabras tengan esta cualidad. Explica cómo se lograría esto con la biotecnología.
15. Busca información y comenta alguna aplicación de las siguientes técnicas de ingeniería genética: clonación, PCR y secuenciación del ADN.
16. La genética clínica se dedica a la atención de personas y familias con enfermedades hereditarias. Contesta a las siguientes cuestiones sobre el asesoramiento o consejo genético que podría recibir una pareja formada por una mujer portadora, pero no afectada, de una enfermedad ligada al cromosoma X, y un varón sano.
- (a) ¿Sufrirán las hijas de esta pareja la enfermedad? ¿Y los hijos?
- (b) Si alguna de las hijas de esta pareja tuviera descendencia con un varón que padeciera la enfermedad, ¿podrían tener algún hijo o hija con esta enfermedad?
- (c) Representa el cruce y explica qué pasaría si fuera el hombre el que tuviera en su cromosoma el gen de esta enfermedad.
- (d) Representa el cruce y explica qué pasaría si fuera una enfermedad asociada al cromosoma Y.

1. El objetivo de esta actividad es que se trabajen algunos conceptos de la unidad, estableciendo las diferencias entre ellos.

(a) Un gen es un fragmento de ADN que lleva información para un determinado carácter. Un alelo es cada una de las variantes que existen de ese gen. Cada carácter está determinado por dos alelos, que están localizados en cada pareja de cromosomas homólogos.

(b) Un organismo es homocigótico (o puro) para un carácter cuando los dos alelos que contiene para ese carácter tienen la misma información; y es heterocigótico (o híbrido) para ese carácter cuando los dos alelos contienen información diferente.

(c) Un alelo es dominante cuando se expresa siempre que está presente (tanto en homocigosis como en heterocigosis) y recesivo cuando solo se expresa en homocigosis.

(d) Una mutación génica se produce por un cambio en la secuencia de nucleótidos de un gen determinado, mientras que las mutaciones cromosómicas afectan a los cromosomas, por lo que, si la mutación afecta a una región grande del cromosoma, se ven alterados muchos genes.

2. Dos organismos con diferente genotipo pueden mostrar el mismo fenotipo, debido a que los genes pueden tener diferentes alelos, que no siempre se expresan. A diferencia de los alelos recesivos, los alelos dominantes se expresan siempre que están presentes. Por lo tanto, los organismos que presentan en su fenotipo el carácter dominante (mismo fenotipo) pueden ser tanto homocigóticos como heterocigóticos (diferente genotipo).

3. Se presenta un problema de herencia de un determinado carácter (forma de la oreja de los ratones), en torno al cual se da repaso a los conceptos básicos de la herencia: mutación, herencia dominante o recesiva, diferencia entre genotipo y fenotipo, alelos, etc.

(a) Si en una población un determinado carácter es minoritario, quiere decir que al menos uno de la pareja de genes que lo codifica ha sufrido una pequeña alteración por algún agente externo (por ejemplo, radiaciones solares), haciendo que exprese un carácter ligeramente diferente al que produce el gen mayoritario que podemos llamar «normal». Este proceso de alteración genética se llama **mutación** y es la base de la variabilidad genética en una población.

(b) Puesto que lo que se observa son individuos con la oreja redondeada y otros con oreja puntiaguda y en la descendencia no se observe que se vayan

«mezclando» esos caracteres, sino que siempre se presentan aisladamente, diremos que se trata de un caso de herencia dominante y no de herencia intermedia. Podemos pensar que, si no hay otros factores que lo modifique, el carácter dominante es el que se presenta en mayor proporción en la población, en este caso las orejas redondeadas.

(c) El fenotipo se refiere al conjunto de caracteres observables. Si nos limitamos al carácter que hemos llamado «forma de las orejas» podemos decir:

Macho: fenotipo: orejas redondeadas.

Hembra: fenotipo: orejas puntiagudas.

El genotipo es el conjunto de genes que contiene la información genética, que determina cómo va a ser el fenotipo. El macho tiene orejas redondeadas, pertenece al fenotipo dominante, por lo que bastará con que uno de los genes alelos sea el dominante, aunque también podría ser que los dos genes alelos fuesen dominantes.

Macho: fenotipo orejas redondeadas; genotipo: (Rr) o (RR).

La hembra representa el fenotipo recesivo, por lo que necesariamente ha de tener los dos genes alelos recesivos.

Hembra: fenotipo orejas puntiagudas; genotipo: (rr).

(d) A partir del fenotipo podemos tener duda sobre el genotipo de ese individuo. Así ocurre con el genotipo del padre. Sin embargo, un análisis de la descendencia también puede informarnos sobre el genotipo de los padres. Si el macho hubiese sido homocigótico dominante (RR), no hubiera podido salir ningún hijo recesivo ya que en el cruce de alelos siempre debería haber uno dominante, siendo todos los hijos (Rr), por lo que todos los hijos serían de orejas redondeadas. Puesto que no ha sido así, concluimos que el genotipo del macho era (Rr). Por lo tanto, la pareja de alelos que determinan la forma de las orejas los del padre son (R) dominante, y el otro recesivo (r). De la madre, los dos alelos son r.

Los óvulos y espermatozoides son células con la mitad de los cromosomas de una célula normal. Contienen sólo un alelo de los dos posibles. En este caso, los espermatozoides podrán contener el alelo (R) o bien el alelo (r). Los óvulos sólo pueden contener el alelo (r).

(e) Si hacemos el cruce a partir de los genotipos de los padres (Rr) x (rr), obtendremos que el macho produce espermatozoides de dos tipos (R y r), mientras que la hembra produce óvulos de un solo

tipo (r). Las combinaciones posibles son: 2 (Rr) (orejas redondeadas) y 2 (rr) (orejas puntiagudas).

Hijos: genotipo: Rr fenotipo: «orejas redondeadas»
genotipo: rr fenotipo: «orejas puntiagudas»

		Espermatozoides	
		R	r
Óvulos	r	Rr redondeada	rr puntiaguda
	r	Rr redondeada	rr puntiaguda

(f) Homocigótico significa que los dos alelos son del mismo tipo. La madre es homocigótica (rr) y el padre heterocigótico (Rr). Los hijos son homocigóticos recesivos (rr) los que tienen orejas puntiagudas y heterocigóticos (Rr) los de orejas redondeadas. No puede haber homocigóticos dominantes (RR), porque la madre no tiene el alelo R.

4. Estamos ante un caso de herencia ligada al sexo. Como se recordará, el sexo se hereda a partir de los llamados «cromosomas sexuales», que en la mujer son iguales (XX) y en el hombre desiguales (XY). Mientras que la mujer sólo puede producir gametos con cromosoma X, el hombre puede producir de dos tipos: X e Y. Pero estos cromosomas, además de tener genes relacionados con el sexo, tienen también otros genes, como los responsables de la visión de los colores. Una mutación en este gen incapacita para esta visión, y la persona es «daltónica». Como tal mutación se puede transmitir a la descendencia, junto a los restantes genes del cromosoma X.

(a) Para que dos personas no daltónicas tengan un hijo daltónico ($X^D Y$) es preciso que el gen (D) se encuentre en el cromosoma X de la madre o en el del padre. En este caso, el padre no lo puede tener ya que si lo tuviera sus cromosomas sexuales serían ($X^D Y$) y sería daltónico, en contra de lo que dice el enunciado. Luego debe tenerlo la madre y puesto que ésta tampoco es daltónica, debe ser heterocigótica respecto a ese gen ($X^D X$), ya que si fuera homocigótica ($X^D X^D$) sería daltónica, lo que iría en contra del enunciado que dice que ambos son normales.

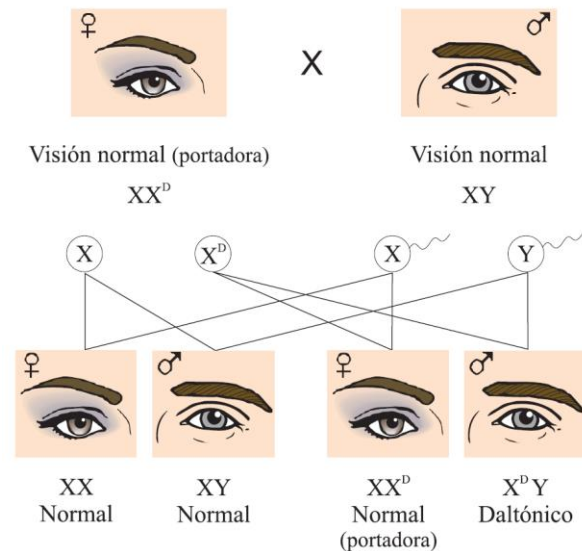
(b) En la línea de lo anteriormente expuesto, el genotipo y fenotipo es el siguiente:

Padre: genotipo: XY fenotipo: normal
Madre: genotipo: $X^D X$ fenotipo: normal (portadora)

(c) Haciendo el cruce correspondiente y teniendo en cuenta todos los tipos posibles de espermatozoides y óvulos de cada progenitor, el genotipo y fenotipo sería el siguiente:

Varones: genotipo: XY fenotipo: normal
genotipo: $X^D Y$ fenotipo: daltónico
Hembras: genotipo: XX fenotipo: normal
genotipo: $X^D X$ fenotipo: normal (portadora)

(d) Para que el hijo daltónico ($X^D Y$) pueda tener una hija daltónica ($X^D X^D$), es preciso que su mujer tenga esta misma mutación, ya sea como portadora ($X^D X$) o como daltónica ($X^D X^D$).



5. Al ser dominante el color blanco, los genotipos y los fenotipos que podemos encontrar en la población de ovejas, con respecto a este carácter, son: BB (color blanco), Bb (color blanco) y bb (color negro). Por lo tanto, la oveja negra del cruzamiento que describe el problema es homocigótica y su genotipo es bb. Por el contrario, el genotipo del carnero blanco puede ser tanto BB como Bb. En el primer caso, toda la descendencia sería heterocigótica y, por lo tanto, de color blanco, según la primera Ley de Mendel. Por lo tanto, al encontrarse un borrego negro en la descendencia, deducimos que el carnero blanco que se ha cruzado con la oveja negra es Bb. El esquema del cruzamiento simplificado es el siguiente:

Bb (carnero blanco) x bb (oveja negra)



½ Bb (blancos) ½ bb (negros)

6. Si al cruzar moscas grises, la descendencia posee dos fenotipos diferentes (color gris y color negro), quiere decir que no estamos cruzando dos variedades puras; esto es, que al menos una de las moscas cruzadas es heterocigótica. Si tenemos en cuenta el número de moscas de la descendencia, vemos que la proporción en la que aparecen los dos fenotipos es 3:1 (aproximadamente). Esta proporción es la esperada, según la segunda ley de Mendel para el cruzamiento entre dos organismos heterocigóticos, siendo el fenotipo de los parentales y el carácter que aparece en mayor proporción en la descendencia el rasgo dominante. El esquema de cruzamiento es el siguiente:

Aa (color gris) x Aa (color gris)



¼ AA (color gris) ½ Aa (color gris) ¼ aa (color negro)

Luego, el genotipo de los progenitores es Aa, mientras que el genotipo de las moscas grises de la descendencia puede ser AA (1/3 de las moscas grises) o Aa (2/3 de las moscas grises).

7. (a) Si asignamos P al alelo de la oreja peluda y p al alelo de la oreja desnuda, el genotipo de una oveja heterocigótica es Pp y su fenotipo será oreja peluda.

(b) A partir de un tablero de Punnett, la F1 será:

	P	<i>p</i>
<i>p</i>	Pp	<i>pp</i>
<i>p</i>	Pp	<i>pp</i>

La proporción de ovejas con orejas peludas es del 50%.

(c) Si cruzamos dos individuos heterocigóticos (Pp) de la F1, tendremos:

	P	<i>p</i>
P	PP	Pp
<i>p</i>	Pp	<i>pp</i>

La probabilidad de ovejas con las orejas desnudas a partir de dos individuos heterocigóticos de la F1 es del 25%.

8. (a) Las posibles combinaciones de los distintos pares de alelos son: AB, AB, aB y aB para un progenitor y ab, ab, ab y ab para el otro progenitor. A partir del tablero de Punnett correspondiente, se deduce que habrá un 50% de conejos de pelo moteado corto, (AaBb).

gametos	ab	ab	ab	ab
AB	AaBb	AaBb	AaBb	AaBb
AB	AaBb	AaBb	AaBb	AaBb
aB	aaBb	aaBb	aaBb	aaBb
aB	aaBb	aaBb	aaBb	aaBb

(b) Las posibles combinaciones para los distintos pares de alelos son AB, Ab, aB y ab para cada progenitor. A partir del tablero de Punnett, se deduce que conejos de pelo moteado y largo (A_bb) de la F2 son un 25% de los casos (4/16).

gametos	AB	Ab	aB	ab
AB	AA BB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

9. (a) En el primer cruce, el 100% de los descendientes de la F1 serán rosas (RB). Esto puede verse en el tablero de Punnett siguiente:

gametos	R	R
B	RB	RB
B	RB	RB

Si cruzamos dos plantas cualesquiera de la F1, se obtienen 25% rojas, 25% blancas y 50% rosas.

gametos	R	B
R	RR	RB
B	RB	BB

En el caso del cruce de una planta de la F1 con el progenitor rojo, el fenotipo de la descendencia es 50% flores rojas y 50% flores rosas:

gametos	R	R
R	RR	RR
B	RB	RB

Por último, en el caso del cruce de una planta de la F1 con el progenitor blanco, el fenotipo de la descendencia es 50% flores blancas y 50% flores rosas:

gametos	B	B
R	RB	RB
B	BB	BB

10. (a) El genotipo de Juan debe ser X^dY . El del padre de Juan debe ser XY (visión normal). El de la madre de Juan debe ser XX^d , pues debe ser portadora para que Juan sea daltónico. María debe ser portadora (XX^d) para que Jaime sea portador (X^dY).

(b) Con respecto a la descendencia, a partir del tablero de Punnett se observa que el 50% de las hijas serán portadoras, y el otro 50% padecerá la enfermedad. El 50% de los hijos serán sanos, y el otro 50% padecerá la enfermedad.

gametos	X^d	Y
X	XX^d	XY
X^d	X^dX^d	X^dY

11. En esta actividad está relacionada con las excepciones a las leyes de Mendel, en particular la herencia codominante.

Como sabemos, existen tres alelos para la determinación del grupo sanguíneo humano, los alelos A, B y 0. Los alelos A y B son dominantes sobre el alelo 0, que es recesivo, mientras que entre los alelos A y B son codominantes. Veamos los genotipos que pueden tener cada uno de los recién nacidos y cuáles pueden ser los grupos sanguíneos de sus padres:

- El recién nacido de grupo 0 es homocigótico recesivo (00). Por lo tanto, es hijo/a de la pareja (d), ambos de grupo 0.
- El recién nacido de grupo A, puede tener los siguientes genotipos: AA o A0. Puede ser hijo/a de las parejas (a), (b) y (c).
- El recién nacido de grupo B, puede tener los siguientes genotipos: BB o B0. Puede ser hijo/a de las parejas (a) y (c).
- El recién nacido de grupo AB tiene genotipo AB. Por lo tanto, es hijo/a de la pareja (c).

Por lo tanto, los progenitores de los cuatro recién nacidos son: la pareja (d) del recién nacido de grupo 0; la pareja (b) del recién nacido de grupo A; la pareja (c) del recién nacido de grupo B; y la pareja (d) del recién nacido de grupo AB.

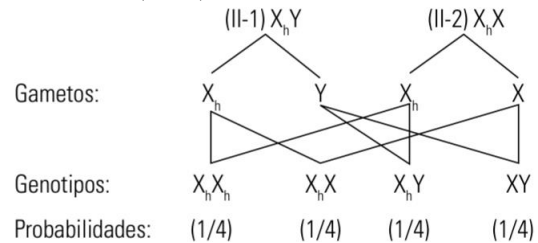
12. Se observa que la reina Beatriz tuvo dos hijos hemofílicos (Mauricio y Alejandro), de genotipo X_hY , y una hija normal portadora de la hemofilia, de genotipo X_hX . Puesto que su marido Enrique era

normal respecto de este carácter (XY), hemos de inferir que el alelo X_h responsable de la hemofilia en los hijos varones y del carácter portador de la hija Victoria Eugenia debe proceder de la reina Beatriz, que sería **normal portadora de la hemofilia**, de genotipo X_hX .

13. Como aparece un varón hemofílico (II-3), significa que la madre (I-1) era portadora, y por tanto la hija (II-2) también lo es, ya que el padre no era hemofílico. Los genotipos de los individuos que aparecen son:

- I-1 X_hX II-3 X_hY
- I-2 XY II-4 XX
- II-1 X_hY II-5 XY
- II-2 X_hX III X_hY

(a) La probabilidad de que ningún hijo (hombre o mujer) sea hemofílico procediendo del cruce II-1 con II-2 es de 1/4 (25 %).



(b) Si la mujer fuese portadora (X_hX), la probabilidad de que un hijo varón sea hemofílico es de 1/4 (25 %); como la mujer es normal, es imposible que aparezca un individuo hemofílico (probabilidad = 0).

14. (a) Para lograr esta variedad transgénica, se tendría que localizar el gen en pez del Polo Norte, cortarlo y luego pegarlo a un plásmido para que a su vez éste lo transfiera a una célula de haba, que luego se desarrollará in vitro dando lugar a una planta (haba) con dicho gen.

(b) Esta planta luego se multiplica por reproducción asexual, dando lugar a estirpes con dicho gen. Éste sería el sistema de clonación natural que tienen las plantas, a diferencia de los animales.

(c) Aquí aplicaríamos la técnica de la clonación. Tomamos una célula adulta de la cabra que nos interesa y tomamos su núcleo para trasplantarlo a un cigoto de otra cabra al que se le ha extirpado su núcleo. De este modo, la cabra que resulta de ese cigoto artificial tendrá los caracteres de la cabra que deseamos tener. Bastará tener cabras de distinto sexo para reproducirlas de forma habitual, si bien aquí tendríamos el problema de que al ser cabras hermanas podrían acumular genes recesivos, algunos de los cuales podrían ser letales u originar enfermedades hereditarias, por lo que lo

adecuado es disponer de dos cabras de distinto sexo para proceder a la clonación de cada una de ellas y así iniciar una estirpe.

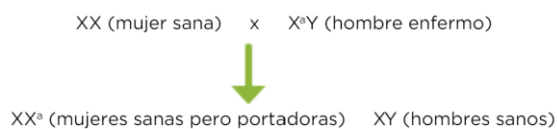
15. Se trata de una actividad de respuesta abierta. Algunos ejemplos son: la obtención de fármacos como la insulina (clonación); la detección de agentes patógenos (PCR); y el diagnóstico de enfermedades genéticas (secuenciación de ADN).

16. Se trata de un problema de herencia ligada al sexo, en el contexto de una consulta de consejo genético.

(a) Las hijas de esta pareja no sufrirán la enfermedad, pues heredarán un alelo X sano del padre, aunque sí podrán ser portadoras si heredan el alelo enfermo de la madre. Todas las hijas serán sanas y tendrán una probabilidad del 50% de ser portadoras. Los hijos de esta pareja sí podrán sufrir la enfermedad, con una probabilidad del 50%, según hereden el alelo sano o enfermo de la madre.

(b) Si alguna de las hijas portadoras de esta pareja tuviera descendencia con un varón que padeciera esta enfermedad, podría tener hijos enfermos siempre que su madre fuera portadora de la enfermedad y heredase el cromosoma enfermo. Las hijas siempre heredarían el cromosoma X del padre que porta la enfermedad; si, además, la madre es portadora de la enfermedad y heredan el cromosoma X alterado, las hijas también padecerán la enfermedad.

(c) Si fuera el hombre el portador de esta enfermedad y, por lo tanto, al ser hemicingótico, enfermo, el cruce sería el siguiente:



(d) Si la enfermedad estuviera asociada al cromosoma Y:

