

Pág. 263

**PARA COMENZAR**

- Algunas características heredables son la forma de los ojos, el color de los ojos, el color del pelo, la forma de la nariz, la altura, la estructura corporal, el color de la piel, etc. Tres características no heredables son una cicatriz, la habilidad de tocar un instrumento y la capacidad de hablar un idioma. Las primeras son características que están en el ADN que el individuo recibe de sus progenitores mientras que las segundas son las que se han adquirido durante la vida.
- Se debería cruzar el caballo albino con los no albinos y escoger los descendientes que mostraran un mayor grado de albinismo para reproducirlos entre sí. Este proceso se debería repetir muchas veces hasta conseguir que todos los descendientes ya nacieran albinos.
- La reproducción sexual, ya que en la reproducción asexual todos los descendientes son idénticos al único progenitor y, por tanto, no hay ningún cambio genético.
- R. L.

Pág. 265

- 1 Porque en el cruce entre guisantes raza pura lisa con raza pura rugosa, pese a que en la  $F_1$  todos los descendientes eran lisos, en la  $F_2$  había individuos de semillas lisas e individuos de semillas rugosas, concretamente había el triple de individuos de semillas lisas que de semillas rugosas.

De este experimento dedujo que la información biológica sobre cada carácter biológico estaba por duplicado, ya que los individuos de la  $F_1$ , por un lado tenían la información para producir la forma lisa, porque ellos la presentaban, y por otro lado también tenían la información para producir la forma rugosa, pues algunos de sus descendientes la presentaban, y lógicamente la habían recibido de sus progenitores.

- 2 Los factores que se manifiestan siempre son los dominantes y los que solo lo hacen en ausencia del dominante son los factores recesivos.

Mendel demostró este hecho cruzando entre sí las plantas de la  $F_1$  (que presentaban el mismo fenotipo) y obtuvo una segunda generación filial ( $F_2$ ) con individuos de semillas lisas (3/4) e individuos de semillas rugosas (1/4).

De este experimento dedujo que el factor que controlaba ese carácter se encontraba por duplicado, y que cada organismo poseía dos factores hereditarios para cada uno de sus caracteres, uno heredado de un progenitor y otro del otro. Así, las plantas de la  $F_1$  tendrían ambos factores distintos, aunque solo se expresaba uno de ellos.

Pág. 266

3

		Ley de la uniformidad	Ley de la segregación
Fenotipo	Generación parental	Liso × rugoso	Liso × liso
	Generación filial	Liso	Liso y rugoso
Proporciones filiales	Genotipo	100 % heterocigoto (Ll)	25 % homocigoto dominante (LL) 50 % heterocigoto (Ll) 25 % homocigoto recesivo (ll)
	Fenotipo	100 % liso	75 % liso 25 % rugoso

Pág. 267

- 4 El cuadro de Punnett con los genotipos y fenotipos (indicados entre paréntesis) de la  $F_2$  es el siguiente:

$F_2$	LA	La	IA	la
LA	LLAA (liso amarillo)	LLAa (liso amarillo)	LIAA (liso amarillo)	LIAa (liso amarillo)
La	LLAa (liso amarillo)	LLaa (liso verde)	LIAa (liso amarillo)	Llaa (liso verde)
IA	LIAA (liso amarillo)	LIAa (liso amarillo)	IIAA (rugoso amarillo)	IIAa (rugoso amarillo)
la	LIAa (liso amarillo)	Llaa (liso verde)	IIAa (rugoso amarillo)	IIaa (rugoso amarillo)

En la F<sub>2</sub> se generan 9 genotipos con las siguientes proporciones:

LLAA: 1/16      LIAa: 4/16      IIAA: 1/16  
 LLaa: 2/16      LLaa: 1/16      IIAa: 2/16  
 LIAA: 2/16      Llaa: 2/16      Ilaa: 1/16

De los 9 genotipos solo hay 4 fenotipos diferentes con las siguientes frecuencias:

Liso amarillo: 9/16      Rugoso amarillo: 3/16  
 Liso verde: 3/16      Rugoso verde: 1/16

Pág. 269

**SABER HACER**

- 5 a) Dominante.  
 b)  $Aa \times Aa$ .  
 c) La probabilidad de no ser acondroplásico es de 0,25 (1/4) y de ser acondroplásico es de 0,75 (3/4).
- 6 AABb: 1/16      AaBB: 2/16      aaBb: 2/16  
 AABb: 2/16      aaBB: 1/16      Aabb: 2/16  
 AAbb: 1/16      AaBb: 4/16      aabb: 1/16
- 7 El cruzamiento que se propone es un cruzamiento prueba. Por tanto, el genotipo de la generación filial F<sub>1</sub> se presenta con las mismas proporciones que la frecuencia gamética del individuo heterocigótico, en este caso concreto: 25 % GgMm, 25 % Ggmm, 25 % ggMm y 25 % ggmm.

El cruzamiento prueba tiene gran interés genético: consiste en cruzar un individuo con el homocigótico recesivo, respecto de los caracteres que estamos examinando y permite averiguar la frecuencia gamética del individuo heterocigótico, pudiéndose descubrir los heterocigóticos en el tipo de herencia dominante.

- 8 Utilizamos los alelos A: pelo negro; a: pelo blanco; B: cola larga y b: cola corta. El cruzamiento indicado es  $AaBb \times aabb$ .
- a) Se trata de un cruzamiento prueba, por lo que en la F<sub>1</sub> se obtienen los siguientes genotipos y fenotipos.

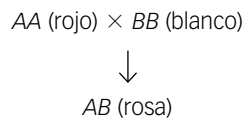
F <sub>1</sub>	AB	Ab	aB	ab
ab	AaBb (negro cola larga)	Aabb (negro cola corta)	aaBb (blanco cola larga)	aabb (blanco cola corta)

- b) Las proporciones de la F<sub>1</sub> es la misma para todos los genotipos, 0,25 (1/4).
- 9 a) Toro: Pp; vaca A: pp; vaca B: Pp; vaca C: pp.  
 b) El cruce es  $Pp \times pp$  y la proporción de la F<sub>1</sub> es: 1/2 con cuernos y 1/2 sin cuernos.  
 c) El cruce es  $Pp \times Pp$  y la proporción de la F<sub>1</sub> es: 3/4 sin cuernos y 1/4 con cuernos.
- 10 Utilizamos los alelos A: ausencia de molares y a: presencia de molares.

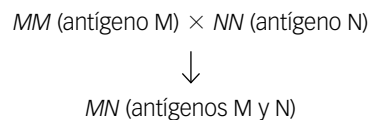
- a) Si la hija tiene molares, su fenotipo será aa. Por tanto, los padres, que no tienen molares, presentarán el alelo a en su genotipo. El genotipo del padre y de la madre es Aa, y el de la hija, aa.
- b) La probabilidad de que tengan otra hija con molares es 0,25 (1/4).
- c) La proporción de heterocigóticos (Aa) de la descendencia es de 0,5 (1/2).

Pág. 271

- 11 La herencia con dominancia incompleta es aquella en la cual los alelos no presentan una dominancia completa, es decir, el alelo dominante no anula completamente la información del alelo recesivo de forma que, los híbridos (heterocigotos) muestran un «fenotipo intermedio» entre las dos razas puras. Ejemplo: sea A color rojo y B color blanco:



En la herencia codominante, los dos alelos son equipotentes y no hay dominancia de uno sobre otro. Los híbridos presentan características de las dos razas puras a la vez. Ejemplo: sea M presencia de antígeno M y N presencia de antígeno N



**SABER HACER**

- 12 a) El total de la descendencia (100 %) será de genotipo Pp y de fenotipo intermedio entre plumas rizadas y lisas.  
 b) La mitad de la descendencia (50 %) será de genotipo Pp y tendrá plumas intermedias.
- 13 a) Mujer: I<sup>A</sup>i; Hombre: I<sup>B</sup>i; Hijo: ii.  
 b) 0,25 (1/4).  
 c) 1/64.

Pág. 273

- 14 La proporción fenotípica de la F<sub>2</sub> sin diferenciar entre machos y hembras es, 75 % ojos rojos y 25 % ojos blancos. Se corresponde con la ley de la segregación de Mendel.

Pág. 274

- 15 Primer cruzamiento prueba  $b^+b^+vg^+vg^+ \times bbvvgv$

F <sub>1</sub>	b <sup>+</sup> vg <sup>+</sup>
bvg	b <sup>+</sup> bvg <sup>+</sup> vg

Segundo cruzamiento prueba  $b^+bvg^+vg \times bbvgvg$

F <sub>2</sub>	$b^+vg^+$	$b^+vg$	$bvg^+$	$bvg$
$bvg$	$b^+bvg^+vg$	$b^+bvgvg$	$bbvg^+vg$	$bbvgvg$

- 16 Mendel habría obtenido los mismos resultados que Morgan en sus experimentos, puesto que los individuos del primer cruzamiento son razas puras para dos caracteres en los dos casos.

Tanto en los experimentos de Mendel como en los de Morgan, se cumple la primera ley de Mendel, puesto que la F<sub>1</sub> es de genotipo híbrido. En la especie de moscas *Drosophila melanogaster* se deduce por los resultados de la F<sub>1</sub> que el color gris del cuerpo domina sobre el negro y que las alas normales dominan sobre las vestigiales; pero al ser genes parcialmente ligados, se obtiene una F<sub>2</sub> con diferentes proporciones a lo esperado según los experimentos de Mendel.

Si comparamos los caracteres estudiados por Mendel en cuanto a la forma y color de las semillas con los resultados de Morgan y sus proporciones, entonces las proporciones que Mendel habría obtenido serían:

*LLAa* 41,5 % lisas amarillas.

*Llaa* 8,5 % lisas verdes.

*lLAa* 8,5 % rugosas amarillas.

*ltaa* 41,5 % rugosas verdes.

Pág. 275

- 17 Los genes ligados suelen heredarse juntos. Cuando dos genes ligados se heredan por separado, se puede concluir que se ha producido un entrecruzamiento entre ambos genes durante la meiosis.
- 18 La frecuencia de recombinación entre dos genes ligados aumenta cuanto más separados estén esos genes en el cromosoma, dado que la probabilidad de que se produzca un entrecruzamiento es más elevada entre genes que están muy separados que entre los que están más próximos.

#### SABER HACER

- 19 Cuanto mayor es la distancia entre los genes ligados, más alta es, lógicamente, la frecuencia de recombinación. Por tanto, los genes B y C que se heredan por separado con menos frecuencia que los genes A y B, habrán tenido una frecuencia de recombinación menor, lo que significa que se encuentran más próximos entre sí que A y B.
- 20 La frecuencia de recombinación se calcula con el porcentaje de descendencia recombinante. Los descendientes recombinantes en este caso son Aabb y aaBb, en total 30 individuos (15 + 15).
- a) La frecuencia de recombinación de A y B será  $(30/1000) \cdot 100 = 3\%$ .

- b) Considerando que cada 1% de recombinaciones entre genes ligados equivale a una unidad de distancia en el mapa del cromosoma, la distancia de estos dos genes equivale a 3 centimorgan.

Pág. 276

- 21 Hacen referencia a la cantidad de autosomas de cada especie.

Pág. 277

- 22 Si posee 17 cromosomas, será macho (X0). En sus células somáticas tendrá 16 autosomas (8 parejas) y en sus células sexuales (espermatozoides) tendrá 8 autosomas.

Pág. 279

- 23 a) Porque al ser el gen de la hemofilia recesivo y ser un gen ginándrico, para que aparezca una mujer hemofílica es necesario que este gen esté en sus dos cromosomas X, mientras que en el hombre es suficiente que esté en su único cromosoma X.
- b) El gen hemofílico de la reina Victoria pudo aparecer por mutación a partir del gen no hemofílico.

Pág. 280

#### SABER HACER

- 24 a) Las hembras serán el 100% de ojos rojos, y los machos serán el 50% de ojos blancos y el 50% de ojos rojos.
- b) Será el 100% de ojos blancos porque ninguno de los dos progenitores tiene el gen ojos rojos.
- c) Las hembras serán la mitad de ojos blancos y la mitad de ojos rojos; los machos también serán la mitad de ojos blancos y la otra mitad de ojos rojos.
- 25 Si la mujer es daltónica, tendrá un genotipo  $X^dX^d$ , y el hombre al no ser daltónico no portará ningún gen para el daltonismo, por tanto, será  $X^+Y$ .

La probabilidad de que los hijos varones sean daltónicos ( $X^dY$ ) es del 100%, puesto que la mujer siempre aportará  $X^d$  en sus gametos y el hombre aportará el cromosoma Y.

Pág. 281

#### SABER HACER

- 26 a) 2/3.
- b)  $(2/3) \cdot (1/2) = 1/3$ .

Pág. 282

#### PARA REPASAR

- 27 Un alelo es cada una de las variantes que puede tener un gen que controla un determinado carácter. El alelo dominante predomina sobre el recesivo. Por ejemplo, en el

guisante para el carácter color de la semilla hay dos alelos, el amarillo, que se comporta como dominante, y el verde, que se comporta como recesivo. El alelo dominante se representa con mayúscula (A) y el recesivo con minúscula (a).

Homocigoto o raza pura hace referencia a los organismos diploides en los que, para un carácter, poseen ambos alelos iguales. Puede ser dominante (AA) o recesivo (aa).

El cruzamiento prueba es el cruce de un individuo «problema» con un individuo homocigótico recesivo. Se utiliza en los casos de herencia dominante para averiguar si un individuo es homocigoto o heterocigoto. Si en la descendencia aparecen homocigóticos recesivos, se demuestra que el individuo problema es heterocigoto. Por ejemplo:  $AaBb \times aabb$  genera una descendencia con cuatro genotipos diferentes en la misma proporción:  $AaBb$  (0,25),  $Aabb$  (0,25),  $aaBb$  (0,25) y  $aabb$  (0,25). Si el cruzamiento es con un homocigoto,  $AABB \times aabb$ , la descendencia será toda heterocigota,  $AaBb$ .

La herencia codominante es aquella en la que los dos alelos son equipotentes y no hay dominancia de uno sobre otro. Los híbridos presentan características de las dos razas puras a la vez. Por ejemplo, en la herencia de los grupos sanguíneos humanos M-N, se diferencian 3 tipos de individuos: los M, que presentan el antígeno M y cuyo genotipo es  $MM$ , los N, que presentan el antígeno N y cuyo genotipo es  $NN$  y, los que presentan ambos antígenos a la vez, cuyo genotipo es  $MN$ .

**28** Los factores hereditarios no antagónicos, como son los que informan sobre la forma y los que informan sobre el color de las semillas, mantienen su independencia a través de las generaciones, agrupándose al azar en los descendientes.

Para la representación ver el cuadro amarillo de la página 267 del libro del alumno.

**29 a)** Sí, porque el hombre recibe el cromosoma X de la madre, y este puede no haber experimentado la recombinación.

**b)** Sí, porque el cromosoma Y pasa del padre al hijo varón.

**c)** No, ya que las mujeres no tienen cromosoma Y.

**30 a)** Cierta.

**b)** Falsa.

**c)** Cierta.

**d)** Falsa.

**31 a)**  $3/4 \cdot 556 = 417$  semillas amarillas.

**b)**  $1/16 \cdot 3584 = 224$  semillas verdes y rugosas.

**32 a)** Son la pareja de cromosomas que contienen los genes que regulan un mismo grupo de caracteres. Cada miembro de la pareja procede de uno de los progenitores y, por tanto, la información sobre esos caracteres puede ser igual o diferente.

**b)** Las mujeres tienen 23 pares de cromosomas homólogos y los hombres solo presentan 22 parejas de cromosomas homólogos (las 22 parejas de cromosomas autosómicos, ya que el cromosoma X no es homólogo del cromosoma Y).

**c)** En las células diploides humanas hay 44 autosomas y 2 heterocromosomas.

**d)** Los heterocromosomas de las mujeres son los dos cromosomas X y los heterocromosomas de los hombres son el cromosoma X y el cromosoma Y.

**e)** La mitad serán mujeres, y la otra mitad, hombres.

**f)** En el sexo masculino, porque, como los hombres solo tienen un cromosoma X, casi todos sus genes se manifiestan, aunque sean recesivos. En cambio, las mujeres, al tener dos ejemplares del cromosoma X, si los genes anómalos son recesivos (que es la situación habitual), para que se manifiesten deben estar presentes en los dos cromosomas X, lo que hace disminuir la probabilidad de aparición de este tipo de enfermedades.

**33 a)**  $aaX^hX^+ \times AaX^+Y$ .

**b)** 0,25.

**c)** 0,25.

**34 a)** Todos amarillos.

**b)** Tanto los machos como las hembras serán la mitad amarillos y la mitad de color común.

**c)** Todos los machos amarillos y todas las hembras de color común.

**d)** Todos de color común.

**e)** La mitad de los machos amarillos, y la otra mitad de color común, y todas las hembras normales.

**35 a)** 0,25.

**b)** 0.

**c)** Porque, a diferencia del daltonismo, la hemofilia sin tratamiento adecuado puede comportar fácilmente la muerte del individuo, con lo cual disminuye la frecuencia del gen para la hemofilia en la población. No desaparece totalmente porque como es un gen recesivo, se transmite de heterocigoto a heterocigoto sin que la selección lo elimine del todo, y porque vuelven a aparecer gracias a la mutación recurrente del gen normal a gen hemofílico.

**36 a)** El genotipo del hombre es  $Mn$  y los descendientes de este cruce serían 50 % de ojos marrones y 50 % de ojos azules.

**b)** 75 % de ojos marrones y 25 % de ojos azules.

**c)** Se aplica la ley de la segregación: los dos factores hereditarios que informan sobre un mismo carácter no se fusionan o mezclan, sino que permanecen diferenciados durante toda la vida del individuo y se segregan, es decir, se separan y se reparten en el momento de la formación de los gametos (Ver la representación de la ley de la segregación en la página 266 del libro del alumno).

Pág. 283

#### PARA PROFUNDIZAR

**37 a)** A la vista de los datos, el alelo  $p$  tiene una doble función: por una parte es el causante de la pigmentación (en cuyo caso, se comporta como alelo dominante frente al normal  $P$ ) y, por otro lado, en homocigosis es letal,

comportándose como alelo recesivo. Por tanto, los individuos  $PP$  son normales, los  $Pp$  son pigmentados y los  $pp$  mueren.

Si cruzamos ratones pigmentados entre sí:

<b>Genotipo parental (fenotipo)</b>	$Pp$ (pigmentados) $\times$ $Pp$ (pigmentados)
<b>Gametos</b>	$P + p \times P + p$
<b>Genotipo filial <math>F_1</math> (fenotipo)</b>	$PP$ (normal) + $2 Pp$ (pigmentados) + $pp$ (letal)

Puesto que los individuos con dotación genotípica  $pp$  mueren, la descendencia estará formada por 1/3 de individuos normales y por 2/3 de individuos pigmentados.

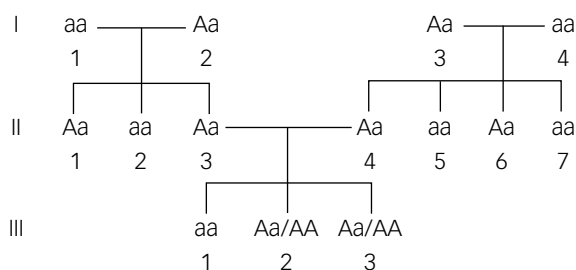
- b)** Si se aparean libremente estos descendientes, pueden darse tres posibilidades:
- Que se crucen individuos normales ( $PP$ ) entre sí: la descendencia será normal.
  - Que se crucen ratones pigmentados ( $Pp$ ) entre sí: la descendencia será la explicada en el cuadro anterior para la generación  $F_1$ .
  - Que se crucen ratones normales ( $PP$ ) con pigmentados ( $Pp$ ): la descendencia será del 50% normal y del 50% pigmentados.

- 38 A.** Se trata de una herencia recesiva ligada al sexo. Uno de los hijos varones hereda el gen de la hembra (portadora) y una hija hembra también lo hereda (es portadora). Es ligado al sexo, ya que con un solo alelo el macho está afectado (cromosoma X) y es recesivo porque si no todas las hembras estarían afectadas.

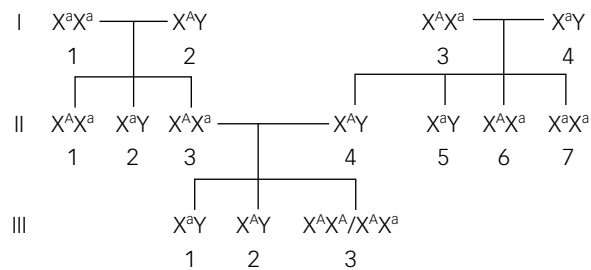
**B.** Se trata de un gen autosómico recesivo. A partir de la hembra afectada toda la descendencia es portadora (no afectada), compatible con la ley de la uniformidad de Mendel. Del cruce de dos individuos portadores resultan individuos afectados y portadores, compatible con la ley de la segregación de Mendel.

- 39 a)** El alelo que determina la alternativa representada en azul es dominante. Si nos fijamos en el cruce entre los individuos II3 y II4, si el alelo fuera recesivo, ambos individuos serían homocigotos recesivos y en su descendencia no podría aparecer ningún individuo no afectado.

**b)**



**c)**



- 40** Los progenitores serán  $CyCySbSb$  y  $Cy^+Cy^+Sb^+Sb^+$ , por tanto, todos los descendientes serán  $CyCy^+SbSb^+$ . Si estos se cruzan con individuos  $Cy^+Cy^+Sb^+Sb^+$ , las proporciones genotípicas y fenotípicas serán:

$F_2$	$CySb$	$CySb^+$	$Cy^+Sb$	$Cy^+Sb^+$
$Cy^+Sb^+$	$CyCy^+$ $SbSb^+$	$CyCy^+$ $Sb^+Sb^+$	$Cy^+Cy^+$ $SbSb^+$	$Cy^+Cy^+$ $Sb^+Sb^+$
	(1/4 alas curvadas y quetas en forma de rastrojo)	(1/4 alas curvadas y quetas normales)	(1/4 alas normales y quetas en forma de rastrojo)	(1/4 alas y quetas normales)

Por tanto, la probabilidad de que las moscas con quetas en forma de rastrojo además posean las alas curvadas es:

$$\frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{4} + \frac{1}{4}} = \frac{1}{2}$$

Pág. 285

### CIENCIA EN TU VIDA

- 41** En 2015 el único estudio existente era el realizado en hombres y, por lo tanto, con datos concretos solo se podía hablar de la influencia de la obesidad paterna. Dado que también heredan esos genes las hijas, es evidente que no están en el cromosoma Y, por lo que también los poseen las madres. En conclusión, también las futuras madres deben evitar el sobrepeso. Dado que una vez se ha formado el cigoto, los padres ya no aportan más genes al descendiente y que las marcas en los genes se forman a partir de los hábitos alimentarios, ha de ser meses antes cuando los progenitores han de evitar el sobrepeso. En el caso de las mujeres embarazadas, también lo han de hacer durante el embarazo, ya que durante este tiempo los genes de sus hijos experimentarán marcas distintas en función del alimento disponible en la sangre materna.
- 42** En la genética mendeliana ya se distingue entre el genotipo y el fenotipo y se sabe que el fenotipo no solo depende del genotipo, sino también de la influencia del ambiente, como por ejemplo pasa con el color de la piel, que en parte depende de los genes y en parte de la insolación recibida. Basándose en ello, no hay contradicción entre epigenética

y genética mendeliana, pero sí la hay si la expresión de los genes que modifica el ambiente es heredable, es decir, cuando es un caso no solo de epigenética, sino de «herencia epigenética». En este caso, las leyes de la genética mendeliana no podrían explicar la aparición de ciertos fenotipos. Por ejemplo, la tendencia innata a comer más en los hijos de padres con sobrepeso y la no tendencia a hacerlo en los hijos de los padres delgados, pese a que todos ellos tienen los mismos genes que intervienen en este proceso metabólico.

- 43** Que en las teorías evolutivas actuales se descarta la herencia de los caracteres adquiridos, como propone el lamarckismo, ya que se considera que un cambio en los hábitos no puede modificar la secuencia del ADN del individuo en el sentido de propiciar una ventaja, la cual pasaría a sus descendientes. En cambio, la epigenética, que puede definirse como el «conjunto de mecanismos que regulan la expresión de los genes» ha aportado muchos casos en que la expresión puede ser inducida por el ambiente e incluso puede ser heredable. Así pues, no se puede descartar una cierta herencia de algunos caracteres adquiridos en el proceso evolutivo.