

## TEMA 13: GENÉTICA MENDELIANA

1. Conceptos básicos de herencia biológica
2. Las leyes de Mendel
  - 2.1 Primera ley de Mendel
  - 2.2 Segunda ley de Mendel
  - 2.3 Cruzamiento prueba y retrocruzamiento
  - 2.4 Tercera ley de Mendel
  - 2.5 Mendelismo complejo
3. Teoría cromosómica de la herencia
  - 3.1 El redescubrimiento de las leyes de Mendel
  - 3.2 Los genes y los cromosomas
  - 3.3 La confirmación de la teoría cromosómica de la herencia
4. Determinación del sexo
  - 4.1 Sexo debido a los cromosomas sexuales
  - 4.2 Sexo debido a la haplodiploidía
  - 4.3 Sexo debido al equilibrio entre heterocromosomas y autosomas.
  - 4.4 Sexo debido a influencias del ambiente
  - 4.5 Herencia del sexo en plantas
5. Herencia ligada al sexo
  - 5.1 Herencia ligada al sexo
  - 5.2 Caracteres influidos por el sexo
6. Herencia mendeliana de la especie humana.

### **Orientaciones Selectividad:**

Los problemas de genética mendeliana serán incluidos en el examen como preguntas de razonamiento o de interpretación de imágenes. En cualquier caso, los problemas versarán sobre aspectos básicos elementales y de aplicación directa de la herencia mendeliana, no siendo materia de examen los problemas de pedigrí. Se sugiere la realización de ejercicios relacionados con la herencia autosómica, incluyendo los sistemas ABO y Rh (sólo alelo D) de los grupos sanguíneos y con la herencia ligada al sexo, incluyendo los relacionados con el daltonismo y la hemofilia.

### **1. CONCEPTOS BÁSICOS DE GENÉTICA**

- **Gen:** Es un segmento de ADN (excepto en los virus con ARN) con información para un carácter (color, tamaño, forma,...). Mendel desconocía su naturaleza y llamó a los genes “*factores hereditarios*”.
- **Locus:** Es el lugar que ocupa un gen en el cromosoma. El plural de *locus* es *loci*.
- **Individuo haploide (n):** Ser que para cada carácter sólo posee un gen o información.
- **Individuo diploide (2n):** Ser que posee dos genes o informaciones para cada carácter. Estos genes pueden ser iguales o distintos. Puede suceder que se manifiesten ambos genes o que uno impida la expresión del otro.

- **Cromosomas homólogos**: par de cromosomas que se recombinan durante la meiosis. Son aquellos que tienen los mismos *loci*, es decir, tienen los mismos genes, pero pueden contener diferentes alelos. En un ser diploide hay parejas de cromosomas homólogos, lo que significa que cada célula posee dos genes que determinan un carácter. A este par de genes que determinan un carácter se les llama **genes alelos** o **alelomorfos** y están situados en el mismo locus de los cromosomas homólogos
- **Genotipo**: Es el conjunto de genes presentes en un individuo heredado de sus progenitores. Es idéntico en todas sus células. En los organismos diploides la mitad de los genes se heredan del padre y la otra mitad de la madre.
- **Fenotipo**: Es el conjunto de caracteres observables en un individuo, es decir, es la manifestación externa del genotipo. el fenotipo puede no ser idéntico en todas sus células. El fenotipo depende del genotipo y de la acción del medio ambiente. Por ejemplo, el color de la piel, no sólo depende del genotipo sino también del grado de insolación.

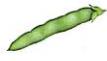
$$\text{Fenotipo} = \text{Genotipo} + \text{Acción ambiental}$$

- **Homocigoto o raza pura**: Un individuo es homocigótico para un carácter, cuando el carácter está determinado por dos genes alelos iguales. Se simboliza con un par de letras iguales (que representan los alelos), ambas mayúsculas o minúsculas.
- **Heterocigoto o híbrido**: Es aquel individuo que para un determinado carácter posee dos alelos diferentes. Se representa por una pareja de letras iguales, pero una mayúscula y la otra minúscula (Aa, Bb,...). En la heterocigosis pueden ocurrir tres casos:
  - a) Que de los dos genes que rigen un carácter, sólo uno de ellos se manifiesta en el fenotipo, mientras el otro queda “oculto” y no se manifiesta. El gen que se manifiesta se llama **dominante** (y se representa con una letra mayúscula); el que queda oculto se denomina **recesivo** (se representa con la misma letra, pero minúscula). En este caso se dice que la herencia es dominante.
  - b) Que los dos alelos tengan la misma “fuerza” para manifestarse, por lo que aparece un fenotipo intermedio, mezcla de los dos que determinan cada alelo por separado. Por ejemplo, gen rojo y gen blanco, darán un carácter de color rosa. En este caso se dice que la herencia es intermedia.
  - c) Que los dos alelos sean “equipotentes”, es decir, que se manifiesten los dos caracteres. Aunque en este caso el fenotipo nuevo que aparece no es una mezcla de ambos alelos. Cuando esto ocurre se habla de codominancia o herencia codominante. Un ejemplo lo tenemos en la herencia de grupos sanguíneos: A, B, AB y 0 en humanos; las personas  $I^A I^A$  son del grupo sanguíneo A, las  $I^B I^B$  son del B y las del  $I^A I^B$  son del grupo AB.

## 2. LAS LEYES DE MENDEL

El monje agustino Gregor Johan Mendel (1822-1884) interesado por descubrir cómo se transmitían los caracteres de una generación a otra, inició, en 1856, sus experimentos con la planta del guisante en los jardines del convento de Brunn (hoy Brno, República Checa). Entre los aciertos de Mendel se encuentran:

- **La elección de la planta del guisante.** Esta planta permite controlar fácilmente el proceso de la polinización. Sus flores realizan la autopolinización, lo que evita la entrada de polen extraño. Además, admite la polinización cruzada; para ello hay que colocar el polen de una planta sobre el pistilo de otra variedad distinta.
- **La obtención de línea genéticamente pura.** Una línea pura es aquella que presenta el mismo fenotipo, generación tras generación para conseguirlas, Mendel cultivó durante varios años, plantas que contenían las características que quería estudiar; en concreto selección siete y no analizó todas al mismo tiempo, sino que centró su atención en el estudio de una sola, cada vez.
- **La aplicación de métodos cuantitativos.** Mendel registró los datos obtenidos y aplicó métodos de análisis estadístico.

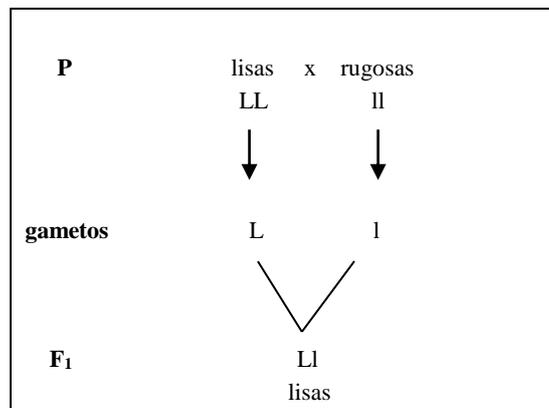
	Dominante	Recesivo
Color de las flores	 roja	 blanca
Posición de las flores	 axial	 terminal
Color de la semilla	 amarillo	 verde
Superficie de la semilla	 lisa	 rugosa
Forma de la vaina	 hinchada	 deshinchada
Color de la vaina	 verde	 amarilla
Altura de la planta	 alta	 baja

Mendel comenzó sus experimentos cruzando plantas de líneas genéticamente puras que constituían la generación parental o P. los descendientes de la generación P son la generación F1 (primera generación filial). La segunda generación filial (F2) se produce por la autofecundación de la generación F1.

A partir de sus observaciones se formularon tres leyes:

### 2.1 PRIMERA LEY DE MENDEL O LEY DE LA UNIFORMIDAD DE LOS HÍBRIDOS DE LA PRIMERA GENERACIÓN FILIAL.

Mendel cruzó dos razas puras, plantas con semillas lisas y plantas con semillas rugosas siempre obtenía plantas con semillas lisas, heterocigóticas o híbridas.



En todos los casos que estudió (semillas verdes o amarillas, etc.), los híbridos resultantes del cruce presentaban un aspecto uniforme e igual al de uno de los progenitores, sin que apareciesen formas intermedias.

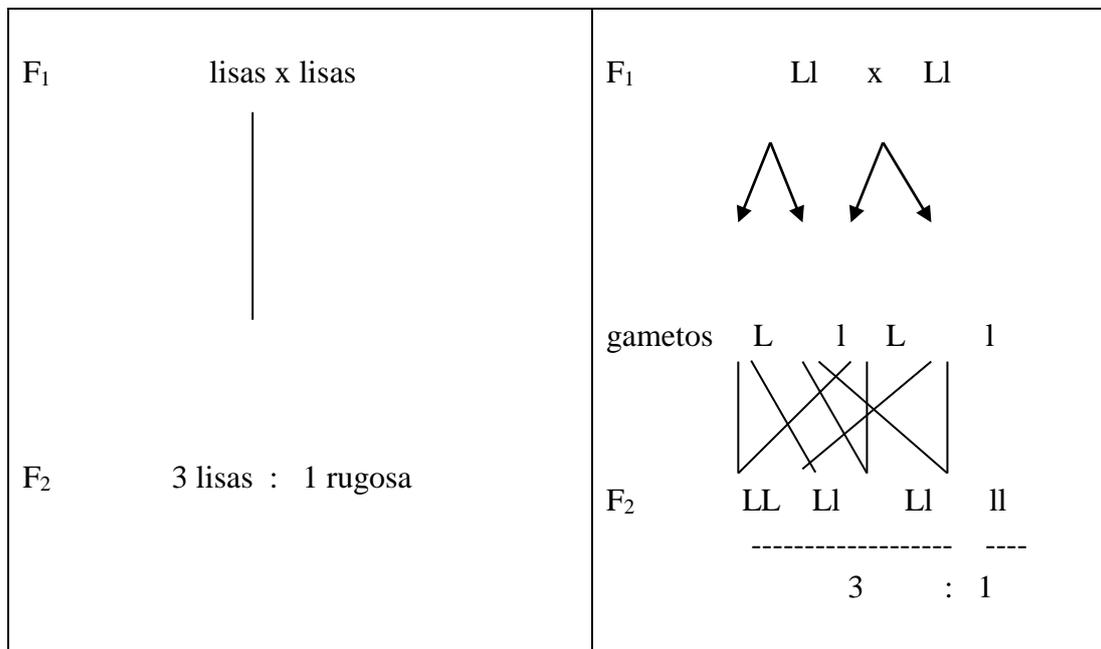
A partir de estas observaciones se puede deducir la primera ley de Mendel: **“Cuando se cruzan dos razas puras u homocigóticas todos los descendientes son híbridos y presentan uniformidad tanto en el genotipo como en el fenotipo (son iguales entre sí)”**.

## **2.2 SEGUNDA LEY DE MENDEL O LEY DE LA SEGREGACIÓN (SEPARACIÓN) DE LOS FACTORES HEREDITARIOS EN LA SEGUNDA GENERACIÓN FILIAL (F<sub>2</sub>).**

¿Qué habría ocurrido con el carácter rugoso? Para averiguarlo Mendel cruzó individuos híbridos de la primera generación filial (F<sub>1</sub>) entre sí (en este caso por autofecundación) y observó que en la F<sub>2</sub> aparecían individuos con semillas lisas e individuos con semillas rugosas, en la proporción 3:1.

El hecho de que al autofecundarse plantas de guisantes con semillas lisas, se obtuvieran plantas con semillas rugosas implicaba que aquellas plantas tendrían la información para la característica rugosa, aunque no la manifestaran. Si no se manifestaba, debería ser porque la otra información (lisa) era dominante. Así pues, la información hereditaria debía encontrarse por duplicado; recibiendo a través de cada célula sexual una sola de estas informaciones. A la característica que se manifiesta, Mendel la llamó **carácter dominante**, y a la que no se manifiesta, **carácter recesivo**. A las partículas o sustancias responsables de transmitir dichas características las denominó **factores hereditarios** (actualmente se les llama genes).

A partir de los resultados anteriores se deduce la segunda ley de Mendel, que dice así: **“cada organismo posee dos factores hereditarios (hoy llamados genes) para cada carácter, que se separan (segregan) durante la formación de los gametos, de modo que cada gameto lleva un solo factor hereditario, de ahí que en la F<sub>2</sub> aparezcan varios genotipos y fenotipos (ya no es uniforme).**



- Frecuencias fenotípicas:  $\frac{3}{4}$  lisas,  $\frac{1}{4}$  rugosas.
- Frecuencias genotípicas:  $\frac{1}{4}$  LL,  $\frac{1}{2}$  Ll,  $\frac{1}{4}$  ll.

### **2.3 CRUZAMIENTO PRUEBA Y RETROCRUZAMIENTO.**

Recibe el nombre de **retrocruzamiento** el cruzamiento entre un individuo y uno de sus progenitores. Cuando el progenitor utilizado es el homocigótico recesivo, se denomina **cruzamiento prueba**, ya que con este método se puede averiguar si un individuo es homocigótico dominante o heterocigótico.

Acabamos de ver que los individuos de la F<sub>2</sub> que presentan los genotipos LL y Ll tienen el fenotipo liso. Como el genotipo no es visible, ¿cómo podremos saber cuál es la planta de semillas lisas homocigótica y cuál la heterocigótica? Para averiguarlo se recurre al retrocruzamiento o cruzamiento prueba, que consiste en cruzar el individuo problema (que no sabemos si es homocigótico, LL, o heterocigótico, Ll) con un homocigótico recesivo (ll) y observar la descendencia. Pueden ocurrir dos casos:

- Que todos los descendientes sean iguales, en nuestro ejemplo: lisos. En este caso la planta lisa era homocigótica (LL).
- Si por el contrario el 50% de los descendientes son lisos y el otro 50% rugosos, es que el individuo problema era liso heterocigótico (Ll).

El cruzamiento prueba tiene una gran importancia práctica, pues con dicha prueba se consigue en la cría animal o en el cultivo de plantas descubrir los individuos de raza pura.

## 2.4 TERCERA LEY DE MENDEL O LEY DE LA TRANSMISIÓN INDEPENDIENTE DE LOS CARACTERES.

Una vez estudiado como se hereda un carácter, Mendel se planteó estudiar también la herencia de dos (dihíbridos) o más caracteres (polihíbrido).

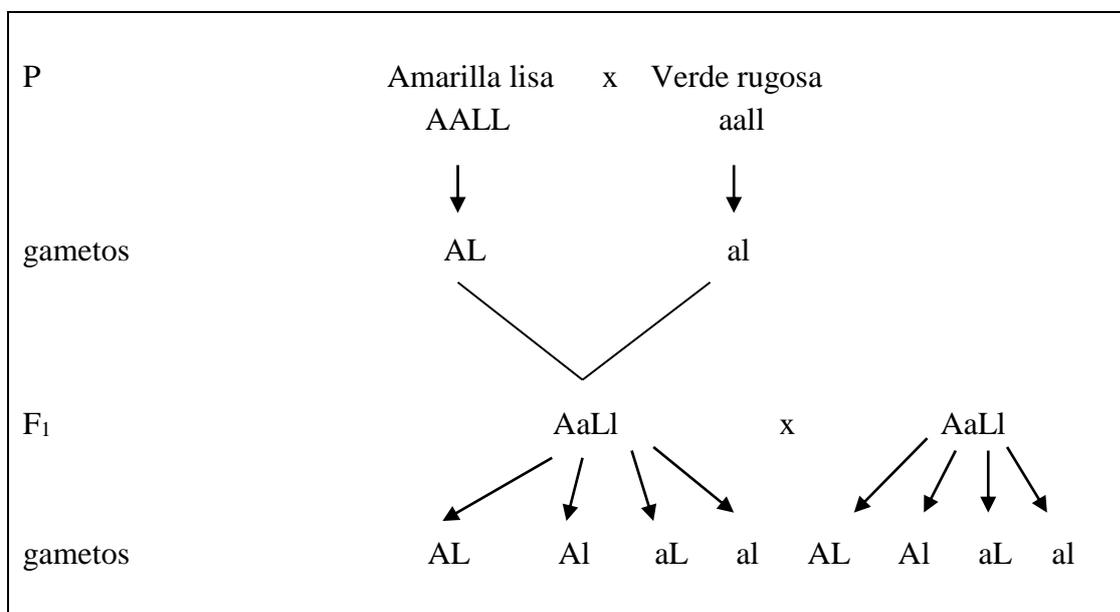
Si se consideran dos caracteres del guisante, como por ejemplo, el color de la semilla (amarilla o verde) y la forma (lisa o rugosa). Al cruzar razas puras de plantas con semillas amarillas y lisas con plantas de semillas verdes y rugosas, todas las plantas de la F<sub>1</sub> fueron de semillas amarillas y lisas. Mendel dedujo que éstos eran los caracteres dominantes.

Al cruzar la F<sub>1</sub> entre sí, Mendel encontró semillas de todos los tipos y en las siguientes proporciones:

- 315 amarillas y lisas
- 108 verdes y lisas
- 101 amarillas y rugosas
- 32 verdes y rugosas

Al dividir estos resultados por el menor se obtienen las proporciones 9:3:3:1. De este modo se puede concluir la tercera ley de Mendel: **“Cada uno de los caracteres que hay en un individuo se transmite a la descendencia con absoluta independencia de los demás, ya que los factores responsables de estos caracteres son heredados independientemente unos de otros, combinándose de todas las formas posibles”**.

A: amarilla                      L: lisa  
a: verde                            l: rugosa



Para representar los datos de la F<sub>2</sub> se recurre a una tabla de doble entrada llamada “**tablero de Punnet**”.

♀ \ ♂	LA	La	IA	la
LA	 LLAA	 LLAa	 LIAA	 LIAa
La	 LLAa	 LLaa	 LIAa	 Llaa
IA	 LIAA	 LIAa	 IIAA	 IIAa
la	 LIAa	 Llaa	 IIAa	 IIaa

Las proporciones fenotípicas de la F<sub>2</sub> son las siguientes:

- Amarillas lisas: .....9/16
- Amarillas rugosas: ..... 3/16
- Verdes lisas: .....3/16
- Verdes rugosas: .....1/16

La tercera ley de Mendel se cumple siempre que los genes de los caracteres estudiados estén en distintas parejas de cromosomas homólogos.

## 2.5 MENDELISMO COMPLEJO.

Existen algunos casos en los que las leyes de Mendel parecen no cumplirse, pero esto no es así, lo que ocurre es que las relaciones entre los genes o el propio efecto génico alteran aparentemente los resultados.

Ya hemos hablado de codominancia y de herencia intermedia, veamos algunos casos más:

### - GENES LETALES.

Un gen letal es aquel que provoca la muerte del individuo antes de que alcance la madurez sexual. Lógicamente, los individuos que mueren no son incluidos en la descendencia y, por tanto, las frecuencias de ésta se verán alteradas.

Se pueden diferenciar varios tipos de genes letales:

- **Según la fase del desarrollo en que actúan:**
  - **Gaméticos:** actúan en los propios gametos, produciendo su muerte o su falta de funcionalidad.
  - **Cigóticos:** actúan en el cigoto, en el embrión o incluso después del nacimiento, pero siempre antes de alcanzar la madurez sexual.
- **Según su dominancia pueden ser:**
  - **Dominantes.** Cuando producen el efecto letal tanto en homocigosis como en heterocigosis. Los individuos con un alelo letal dominante mueren antes de tener descendencia, por lo tanto, el mutante letal desaparece con el propio individuo en el que se originó. Ejemplo: enfermedad de Huntington (esta enfermedad se manifiesta hacia los 40 años y produce una degeneración nerviosa y motora que conduce a la muerte).
  - **Recesivos.** Sólo son mortales en homocigosis. Son los más frecuentes (ej: talasemia).

## - ALELISMO MULTIPLE.

Todos los caracteres estudiados hasta ahora estaban determinados por un gen que presentaba dos formas alélicas. Pero hay casos en los que el gen ha experimentado mutaciones diferentes que permiten la existencia de un gran número de alelos en una población de individuos.

Hay que entender que, aunque en la población existan más de dos alelos distintos para el mismo carácter, cada individuo no puede tener más que dos (uno en cada cromosoma de la pareja de homólogos).

Cuando más de dos alelos son identificados en el *locus* de un gen, se habla de **alelismo múltiple**. Los alelos múltiples siguen las leyes de Mendel, pero al existir más de dos alternativas, los fenotipos que aparecen son más variados.

Hay muchos casos de alelismo múltiple (color de los ojos en *Drosophila*, ...), uno de los más conocidos es la herencia de los **grupos sanguíneos ABO** en el ser humano. Como para este carácter hay tres alelos y con dos letras no se pueden representar tres alelos, se utilizan exponentes o superíndices.

Los grupos sanguíneos ABO se establecen en función de la presencia o ausencia en la membrana de los glóbulos rojos de unas glucoproteínas (antígenos A ó B). Este carácter está regulado por tres alelos:  $I^A$ ,  $I^B$ ,  $i$ . Los dos primeros son codominantes y dominan sobre el tercero que es recesivo:  $(I^A = I^B) > i$ . El alelo  $I^A$  codifica una glucoproteína de la membrana del eritrocito (antígeno A). El alelo  $I^B$  codifica para el antígeno B. Cuando se encuentran los dos alelos  $I^A I^B$  se sintetiza ambas proteínas. El alelo  $i$  no sintetiza ninguna proteína.

Como cada individuo no puede tener más de dos alelos (por ser diploides), son posibles las siguientes combinaciones génicas:

GENOTIPOS	$I^A I^A, I^A i$	$I^B I^B, I^B i$	$I^A I^B$	$ii$
FENOTIPOS (grupos sanguíneos)	A	B	AB	O

## - INTERACCIÓN GÉNICA.

Consiste en la influencia que existe entre genes en la expresión de un fenotipo. Si esta interacción modifica las proporciones mendelianas, recibe el nombre de **epistasia**. En ella, un gen (epistático), que es el influyente, suprime la acción de otro gen no alélico (hipostático), que es el influido. Así, la segregación 9:3:3:1 de la  $F_2$  se ve alterada.

Según sea el alelo epistático, existen varios tipos de epistasia:

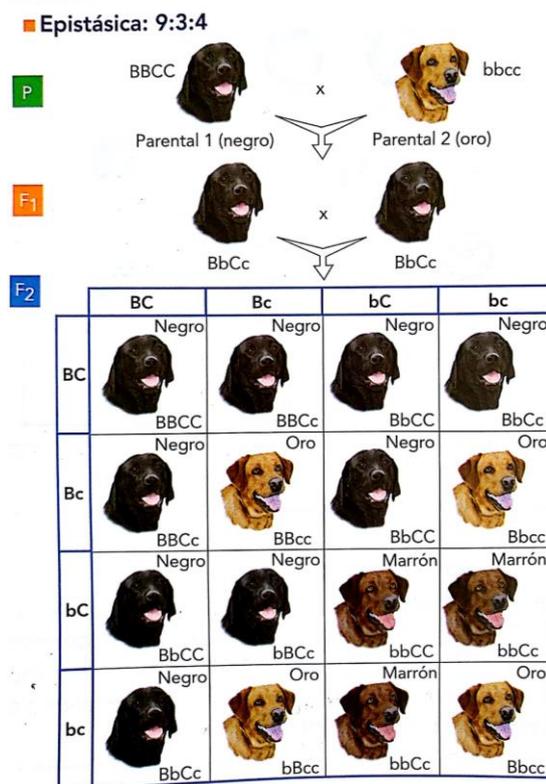
- **Simple dominante:** cuando el alelo dominante de una pareja suprime la acción de otra pareja alélica. Segregación 12:3:1. Por ejemplo, supongamos que existe una pareja alélica que lleva información para el color de las flores en una planta, y otra, para la formación de los pétalos. Esta segunda pareja interviene modificando la expresión de los alelos de la primera, pues si no existen pétalos no se puede saber el color que tendrán. Si el alelo que impide que se formen los pétalos es dominante, la segregación 9:3:3:1 de la F<sub>2</sub> quedará convertida en una segregación 12:3:1, pues habrá 12 plantas sin pétalos, 3 con los pétalos de color dominante y 1 con los pétalos del color recesivo.

Gametos	RP	Rp	rP	rp
RP	RRPP	RRPp	RrPP	RrPp
Rp	RRPp	RRpp	RrPp	Rrpp
rP	RrPP	RrPp	rrPP	rrPp
rp	RrPp	Rrpp	rrPp	rrpp

	RP	Rp	rP	rp
RP				

Interacción génica.  
R: alelo determinante del color.  
P: alelo determinante de la presencia de pétalos.



- **Simple recesiva:** cuando es el alelo recesivo (en homocigosis) de una pareja el que suprime a los alelos de otra pareja. Segregación 9:3:4.

Por ejemplo, la herencia del color del pelaje de los perros de la raza labrador. Hay labradores de color negro, marrón y color oro. Supongamos que el color de pelo negro está controlado por el alelo B, dominante sobre el b, que controla el color marrón. La expresión de estos fenotipos, es decir, la aparición de estos colores está controlada por el alelo C, que permite la aparición de color y el alelo c, que impide la aparición de color. Todos los perros que contengan en genotipo cc, tendrán el pelaje color oro.

### 3. TEORÍA CROMOSÓMICA DE LA HERENCIA

#### 3.1 EL REDESCUBRIMIENTO DE LAS LEYES DE MENDEL.

Mendel publicó sus descubrimientos en 1866, en una revista de poca difusión y en un momento en que el interés científico estaba polarizado hacia otros temas como los experimentos de Pasteur sobre la no existencia de la generación espontánea, o la controversia entre las teorías evolucionistas de Lamarck y la de Darwin.

Darwin había basado su teoría de la evolución en la selección natural y en la variabilidad de la descendencia. Al no conocer los trabajos de Mendel, pese a que en su época ya estaban publicados, nunca supo cuál era el origen de dicha variabilidad.

En 1900, treinta y cuatro años después, en una de las coincidencias más sorprendentes de la investigación científica, tres autores, el holandés De Vries, el alemán Correns y el austriaco Tschermak, por separado y sin conocer los trabajos de Mendel, llegaron a las mismas conclusiones que él. Los tres autores, al revisar la bibliografía, con el fin de preparar una publicación conjunta, descubrieron los trabajos de éste, al que reconocieron su prioridad, por lo que publicaron sus conclusiones como meras confirmaciones de las leyes de Mendel. Desde entonces, Mendel obtuvo el reconocimiento de la comunidad científica.

### **3.2 LOS GENES Y LOS CROMOSOMAS.**

En 1902, dos investigadores, Sutton en Estados Unidos y Boveri en Alemania, también trabajando por separado, al observar el paralelismo que había entre la herencia de los factores hereditarios de Mendel y el comportamiento de los cromosomas durante la meiosis y la fecundación, propusieron que dichos factores hereditarios (genes) se debían encontrar en los cromosomas. Esto es lo que se conoce como la **teoría cromosómica de la herencia** de Sutton-Boveri.

Estos dos investigadores se basaron en que al igual que para cada carácter hay un gen heredado de un progenitor y un gen heredado del otro progenitor, el número de cromosomas también es doble, es decir, de cada tipo de cromosomas hay dos ejemplares, un cromosoma heredado de un progenitor y un cromosoma heredado del otro progenitor (se les denomina cromosomas homólogos). Además, durante la meiosis estos dos cromosomas del mismo tipo se separan, yendo uno a un gameto y el otro al otro, igual a lo propuesto por Mendel para los factores hereditarios.

### **3.3 LA CONFIRMACIÓN DE LA TEORÍA CROMOSÓMICA DE LA HERENCIA.**

Por fin, en 1910, T. Morgan comprobó experimentalmente la hipótesis de Sutton y Boveri, confirmando así la teoría cromosómica de la herencia.

El investigador norteamericano Morgan, estudiaba la herencia en la mosca del vinagre (*Drosophila melanogaster*), insecto que sólo tiene 4 pares de cromosomas, siendo uno de ellos muy pequeño. Morgan observó que había cuatro grupo de caracteres que no se transmitían independientemente, sino que tendían a heredarse juntos, y que uno de los grupos sólo tenía 12 caracteres (los otros tres tenían hasta 150 caracteres), aquello estaba en consonancia con el cromosoma diminuto. Por ello supuso que los genes estaban en los cromosomas y que, por lo tanto, los genes que estaban en el mismo cromosoma tienden a heredarse juntos, los llamó **genes ligados**.

## - LIGAMIENTO Y RECOMBINACIÓN.

Según la tercera ley de Mendel, los diferentes caracteres hereditarios se transmiten de forma independiente unos de otros\*. Sin embargo otras veces se heredan juntos como había comprobado Morgan. Es decir, que la tercera ley de Mendel tiene excepciones.

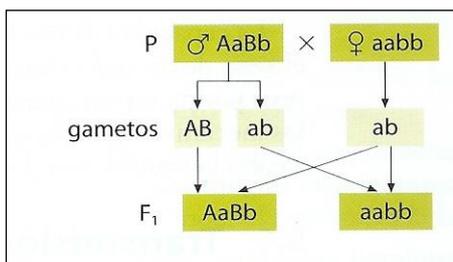
---

\* En realidad; Mendel tuvo suerte, ya que eligió caracteres en los que sus genes estaban en distintas parejas de cromosomas homólogos. Aunque también es posible que realizara otros experimentos en los que no fuera así.

---

Morgan cruzó moscas de cuerpo gris y alas normales (AABB) con moscas de cuerpo negro y alas vestigiales o rudimentarias (aabb) y obtuvo moscas que presentaban el cuerpo gris y las alas normales (AaBb), como era de esperar, ya que el cuerpo-gris y las alas normales son dominantes sobre el cuerpo negro y las alas vestigiales. Sin embargo, al cruzar un macho de estas con hembras de cuerpo negro y alas vestigiales (aabb), solo aparecían los fenotipos parentales (cuerpo gris con alas normales y cuerpo negro con alas vestigiales) y ninguna de cuerpo gris con alas vestigiales o de cuerpo negro con alas normales, como ocurriría si hubiera independencia de los caracteres. De ello dedujo que los loci de los dos alelos A y B se encontraban en el mismo cromosoma, al igual que los loci a y b.

De esta forma, en la gametogénesis solo se producen gametos AB y ab, y al no existir los Ab o aB, no aparecen tampoco individuos AAbb o aaBB.

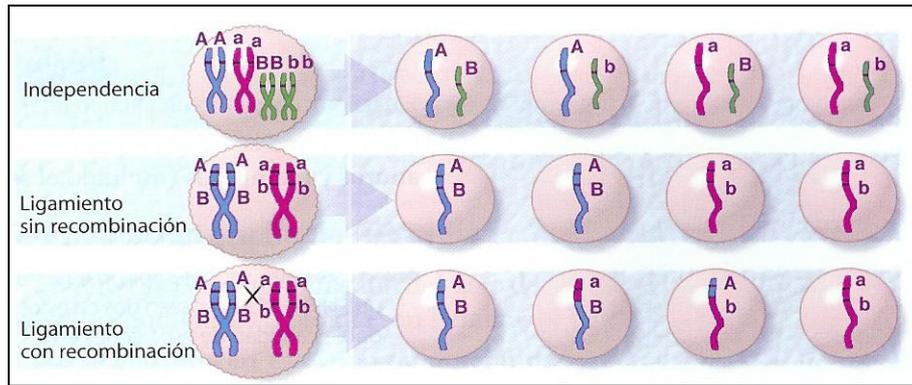


Cuando dos genes se transmiten juntos por estar localizados en el mismo cromosoma, se dice que están o son ligados. En el caso descrito, los dos alelos dominantes (AB) se encontraban en el mismo cromosoma, y los recesivos (ab), en el cromosoma homólogo.

De lo anterior podemos deducir que los genes ligados se transmiten juntos a la descendencia, sin que se produzca su separación en la gametogénesis.

Esto no siempre es cierto. Durante la profase I meiótica, los cromosomas homólogos se emparejan formando los bivalentes. En ellos se produce un intercambio de fragmentos de cromátidas homólogas, proceso denominado sobrecruzamiento o *crossing-over*. De esta forma, genes que se encuentran en el mismo cromosoma pueden pasar al cromosoma homólogo, consiguiéndose, por tanto, su separación, proceso conocido como recombinación génica. Se obtienen, así, gametos recombinados, en los que no habría uno de los dos cromosomas homólogos, sino un cromosoma nuevo, constituido por fragmentos al azar de uno y de otro.

En el siguiente esquema se representan las tres posibilidades existentes en la formación de gametos por un individuo diheterocigótico.



En resumen, la teoría cromosómica de la herencia de Morgan dice:

- Los genes están situados en los cromosomas, uno detrás de otro.
- Los genes situados en un mismo cromosoma, genes ligados, se heredan juntos.
- Mediante el entrecruzamiento de cromátidas homólogas durante la meiosis, pueden separarse genes que antes estaban en un mismo cromosoma (recombinación génica)

#### 4. DETERMINACIÓN DEL SEXO

El sexo de los individuos puede venir definido de formas muy diferentes según el tipo de organismo. El mecanismo más usual, en los organismos diploides, es mediante una pareja de cromosomas (cromosomas sexuales), pero no es el único, ya que en otros casos el sexo puede venir definido por un solo par de genes, por todo un cromosoma e incluso por el número de individuos de cada sexo presentes en una población,...

##### 4.1 SEXO DEBIDO A LOS CROMOSOMAS SEXUALES.

En muchas especies de seres vivos existen dos tipos de cromosomas: los **autosomas**, que son idénticos en ambos sexos, y los **heterocromosomas o cromosomas sexuales** que son diferentes según se trate de un sexo o de otro

Se distinguen dos tipos de heterocromosomas: el X y el Y. La pareja XX determina el **sexo homogamético** (todos los gametos que producen estos individuos son iguales; todos llevan el cromosoma X), y la pareja XY determina el **sexo heterogamético** (estos individuos dan lugar a dos tipos de gametos, unos con el cromosoma X y otros con el Y). Según que el sexo heterogamético corresponda al macho o a la hembra, se distinguen dos mecanismos de herencia del sexo:

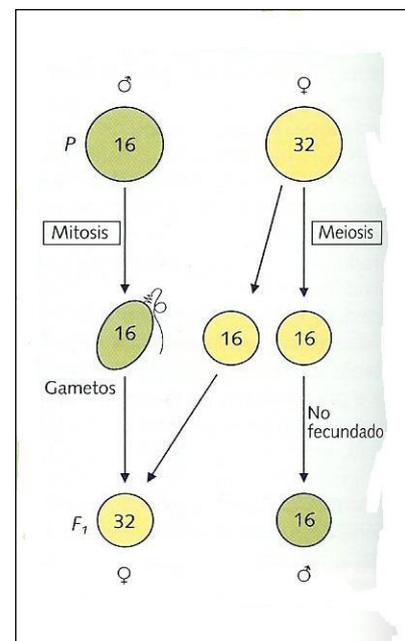
- **Machos heterogaméticos.** Hay especies, como la humana, en las que el macho es XY, y la hembra es XX, y otras especies, como los ortópteros (saltamontes, ..), en las que el macho sólo tiene un heterocromosoma (X0), y la hembra dos (XX).
- **Hembras heterogaméticas.** En las aves la hembra es XY, mientras que el macho es XX. Para

no confundir con el caso anterior, se simbolizan con ZZ el macho y con ZW la hembra. También puede ocurrir, como el caso de algunos lepidópteros (mariposas), que la hembra sólo tenga un heterocromosoma (ZO), y el macho dos (ZZ).

Mecanismos cromosómicos	Macho	Hembra
<b>XY</b> (especie humana, mosca de la fruta, etc.)	XY	XX
<b>ZW</b> (aves, algunos peces, polillas, etc.)	ZZ	ZW
<b>XO</b> (saltamontes, escarabajos, etc.)	XO	XX

#### 4.2 SEXO DEBIDO A LA HAPLODIPLOIDIA.

Este mecanismo se da en las abejas. La reina hace un vuelo nupcial en el cual el zángano (macho) la fecunda, y ella almacena el esperma en un receptáculo seminal. Puede poner dos tipos de huevos: unos que proceden de óvulos fecundados y, por tanto, son diploides, y otros que proceden de óvulos sin fecundar, que son haploides. De los huevos diploides salen larvas que dan lugar a hembras estériles (las obreras), o a reinas, según se alimenten de miel o de jalea real. De los huevos haploides surgen, por partenogénesis, los machos. Así, en estos animales el sexo masculino tiene la mitad de cromosomas que el sexo femenino. Los espermatozoides no se forman por meiosis, sino por miosis.



#### 4.3 SEXO DEBIDO AL EQUILIBRIO ENTRE HETEROCROMOSOMAS Y AUTOSOMAS.

En *Drosophila melanogaster*, el macho normal es XY, pero el cromosoma Y, aunque es indispensable para la fertilidad del macho porque contiene la información sobre la movilidad de los espermatozoides, no incluye ninguna información sobre la masculinidad. Puede haber individuos con cromosoma Y que no sean machos, sino hembras. La información sobre la masculinidad radica en los autosomas. Se ha comprobado que el sexo depende del equilibrio entre la carga de feminidad y la de masculinidad. Cada cromosoma X tiene una carga de feminidad ( $X = 1$ ), y cada juego de autosomas una carga de masculinidad ( $A = 1$ ). Si el cociente  $X/A$  es menor de 0.5, el individuo será un supermacho; si el valor es de 0.5, el individuo será macho; si se encuentra entre 0.5 y 1, será intersexo; si es 1, hembra; y si es superior a 1, será superhembra. Por ejemplo, un individuo que sea  $XXYAA$  presenta una relación

feminidad/masculinidad (X/A) de  $(1+1)/(1+1) = 1$  y, por tanto será una hembra.



Cromosomas X	Juegos de autosomas n	Relación X:n	Tipo sexual
3	2	1,5	Superhembra
4	3	1,33	Superhembra
4	4	1	Hembra tetraploide
3	3	1	Hembra triploide
2	2	1	Hembra
3	4	0,75	Intersexo
2	3	0,66	Intersexo
1	2	0,5	Macho
1	3	0,33	Supermacho

Determinación del sexo en *Drosophila melanogaster*. Relación entre constitución cromosómica y tipo sexual.

#### **4.4 SEXO DEBIDO A INFLUENCIAS DEL AMBIENTE.**

En los gusanos marinos de la especie *Bonellia viridis* se ha observado que las larvas nadan libremente, si al terminar la fase larvaria no encuentran una hembra, se fijan sobre las rocas y se desarrollan como hembras. Sin embargo, si encuentran una hembra, se introducen por los conductos genitales de ésta, convirtiéndose en machos, los cuales llevan una vida parásita (carecen de aparato digestivo) y tienen una única misión, producir espermatozoides.

En resumen, las condiciones bioquímicas que hay en el interior de la hembra son las que provocan la masculinización de las larvas. En este caso no hay heterocromosomas.

Otro ejemplo es el de los cocodrilos, caimanes. Las hembras depositan los huevos en zonas pantanosas, estos huevos darán lugar a individuos de un sexo u otro dependiendo de la temperatura de incubación; si la temperatura del agua es mayor de 27°, todos los individuos eran machos, y si la temperatura es mejor, los individuos serán hembras.

#### **4.5 HERENCIA DEL SEXO EN PLANTAS.**

En las plantas **hermafroditas** (tienen flores con estambres y carpelos a la vez) y en las **monoicas** (plantas que presentan a la vez flores masculinas y flores femeninas) no hay determinación genética del sexo.

Sin embargo en las plantas unisexuales o **dioicas**, la determinación del sexo suele depender de una sola pareja de genes. Hay casos excepcionales, como la planta silene, en los que el sexo está determinado por cromosomas sexuales. Así, las plantas cuyas flores tienen sólo estambres son XY, mientras que las que tienen flores con carpelos son XX.

## 5. HERENCIA LIGADA AL SEXO

Hay caracteres que, sin ser caracteres sexuales primarios (como la presencia de ovarios o testículos), ni caracteres sexuales secundarios (como la barba en el hombre), sólo aparecen en uno de los dos sexos o, si aparecen en los dos, en uno de ellos son mucho más frecuentes. A estos caracteres se les denomina **caracteres ligados al sexo**.

En los organismos cuyo sexo está determinado por los cromosomas sexuales, los genes que se encuentren en estos cromosomas estarán ligados al sexo. La explicación de todo esto se encuentra en que el cromosoma Y y el X son muy diferentes. En ellos se distingue un **segmento homólogo**, donde hay genes que regulan los mismos caracteres, y un **segmento diferencial**, donde se encuentran genes exclusivos del cromosoma X (caracteres ginándricos) y genes exclusivos del cromosoma Y (caracteres holándricos).

Los genes que se localizan en el segmento homólogo se dice que están **parcialmente ligados al sexo**. Mientras que los que se hallan en el segmento diferencial del cromosoma X o del Y están **completamente ligados al sexo**.

### 5.1 HERENCIA LIGADA AL SEXO EN LA ESPECIE HUMANA.

En la especie humana, el cromosoma Y es mucho más pequeño que el X. En el segmento ginándrico de éste se han localizado más de 120 genes. Entre ellos cabe destacar los genes responsables del daltonismo y de la hemofilia.

- **DALTONISMO.**

Es una enfermedad congénita que impide distinguir el color verde del rojo. Se debe a un gen recesivo localizado en el segmento diferencial del cromosoma X:  $X^d$ .

- Para la mujer existen tres genotipos posibles:

$X^D X^D$  = visión normal

$X^D X^d$  = visión normal, pero portadora del daltonismo

$X^d X^d$  = daltónica (0,4% de la población)

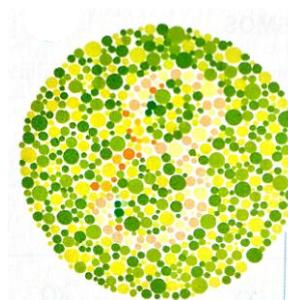
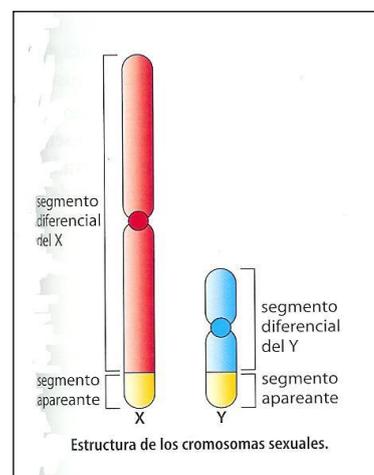
- Para el hombre, sólo hay dos:

$X^D Y$  =visión normal

$X^d Y$  = daltónico (8% de la población)

- **HEMOFILIA.**

Es una enfermedad hereditaria que se caracteriza por la incapacidad de coagulación de la sangre, debido a la mutación de una de las proteínas que participa en la activación de la trombina.



Viene determinada por un gen recesivo situado en el segmento diferencial del cromosoma X, por lo que sigue el mismo tipo de herencia que el daltonismo.

Hasta hace pocos años era muy frecuente que los niños hemofílicos no llegaran a adultos y que, por tanto, no tuvieran descendencia. Como para que nazcan niñas hemofílicas es necesario que el padre sea hemofílico y que la madre al menos sea portadora, es lógico que prácticamente no se conozcan caso de mujeres hemofílicas.

Otras enfermedades son:

- **Distrofia muscular de Duchanne.** Se caracteriza por la pérdida progresiva de tejido muscular asociado con cardiopatías y dificultades respiratorias.  
Esta causada por un gen recesivo ligado al cromosoma X.
- **Síndrome de Hunter.** Es la incapacidad de metabolizar glucosaminoglucanos, lo que ocasiona discapacidad intelectual y torpeza de movimientos.  
También es causado por un gen recesivo localizado en el cromosoma X.
- **Ictiosis.** Es una afección de la piel que se caracteriza por la formación de escamas y cerdas.  
Es causado por un gen dominante localizado en el cromosoma Y (gen holándrico).  
El primer caso estudiado fue el de Edwar Lamberg, nacido en Inglaterra en 1716, llamado el “hombre puercoespín”. Sus seis hijos heredaron la ictiosis y la transmitieron a sus descendientes y ninguna hija la heredó.
- **Hipertriosis.** Abundancia de vello en el pabellón auricular.  
También es causada por un gen dominante localizado en el cromosoma Y (gen holándrico).

**CURIOSIDAD:**

Una gran parte de los genes del cromosoma Y están relacionados con la diferenciación sexual y la fertilidad. Por ejemplo, el gen SRY, localizado en el brazo corto del cromosoma Y, controla el desarrollo sexual masculino, ya que codifica un producto llamado factor de la determinación testicular, que induce el desarrollo de los testículos. Los niños que carecen de esta región del cromosoma Y, aunque posean cromosomas XY, se desarrollan como mujeres.

**5.2 CARACTERES INFLUIDOS POR EL SEXO.**

Son aquellos caracteres que, para manifestarse, dependen del sexo del individuo. Están determinados por genes autonómicos o bien por genes de los segmentos homólogos de los heterocromosomas.

El distinto comportamiento del gen en machos y en hembras se debe a las hormonas sexuales. Un ejemplo de un carácter influido por el sexo es la calvicie hereditaria. En los individuos heterocigóticos el gen de la calvicie se comporta como dominante en los hombres y como recesivo en las mujeres.

C' = calvicie  
C = normal

Genotipos	Fenotipos	
	Hombre	Mujer
CC	Normal	Normal
CC'	Calvo	Normal
C'C'	Calvo	Calva

## 6. HERENCIA MENDELIANA DE LA ESPECIE HUMANA:

### ENFERMEDADES HEREDITARIAS HUMANAS MONOGÉNICAS

Enfermedad	Síntomas principales	Incidencia
<b>Enfermedades recesivas</b>		
Albinismo	Falta de pigmentación en la piel, el pelo y los ojos.	1/22 000
Fibrosis quística	Exceso de mucosidad en los pulmones, el tubo digestivo y el hígado; mayor susceptibilidad a las infecciones; muerte prematura si no se aplica tratamiento.	1/800 de los europeos y americanos
Galactosemia	Acumulación de galactosa en los tejidos; retraso mental; daños en los ojos y en el hígado.	1/100 000
Fenilcetonuria (PKU)	Acumulación de fenilalanina en la sangre; falta de pigmentación en la piel o pigmentación normal; retraso mental si no hay tratamiento.	1/10 000 en EE. UU. y Europa
Anemia falciforme (homocigoto)	Glóbulos rojos falciformes; daños en muchos tejidos.	1/500 de los afroamericanos
Enfermedad de Tay Sachs	Acumulación de lípidos en las neuronas; retraso mental; ceguera; muerte temprana.	1/3 500 de los judíos askenazí
<b>Enfermedades dominantes</b>		
Acondroplasia	Enanismo.	1/25 000
Enfermedad de Alzheimer	Deterioro de las facultades mentales; suele aparecer en edades avanzadas.	sin datos
Enfermedad de Huntington	Deterioro de las facultades mentales y aparición de movimientos incontrolables; aparece en la edad adulta.	1/25 000
Hipercolesterolemia	Exceso de colesterol en la sangre; enfermedades cardíacas.	1/500

## PROBLEMAS DE GENÉTICA

### Herencia de un carácter

- 1.- El albinismo (ausencia de pigmentación) es un carácter recesivo. Halla la  $F_1$  y  $F_2$  partiendo del cruzamiento de un ratón albino con otro normal homocigótico.
- 2.- El color azul de los ojos en el hombre es recesivo respecto del negro. Un hombre de ojos negros y una mujer de ojos azules han tenido tres hijos, dos de ojos negros y uno de ojos azules. ¿Sabrías decir el genotipo de sus padres? ¿Y el de los hijos?
- 3.- Un varón de ojos azules se casa con una mujer de ojos pardos. La madre de la mujer era de ojos azules. El padre de ojos pardos tenía un hermano de ojos azules. Del matrimonio nació un hijo con ojos pardos. Razona cómo será el genotipo de todos ellos, sabiendo que el color pardo domina sobre el color azul.
- 4.- La acondroplasia es una enfermedad determinada por un gen autonómico que da lugar a un tipo de enanismo en la especie humana. Dos enanos acondroplásicos tienen dos hijos, uno es acondroplásico y el otro normal.

- a) ¿La acondroplasia es un carácter dominante o un carácter recesivo?
- b) ¿Cuál es el genotipo de cada uno de los progenitores?
- c) ¿Cuál es la probabilidad de que el próximo descendiente de la pareja sea normal? ¿Y de qué sea acondroplásico? Realiza el esquema del cruce.

5.- Mendel descubrió que en los guisantes la posición axial de las flores es dominante sobre la posición terminal. Representando el alelo para la posición axial con **A** y el alelo para la terminal con **a**, determina las proporciones genotípicas y fenotípicas de los siguientes cruces:

- a)  $Aa \times aa$
- b)  $AA \times aa$
- c)  $Aa \times Aa$

6.- Cruzando dos moscas grises entre sí se obtiene una descendencia de 153 moscas grises y 49 negras. ¿Qué genotipo tendrán los progenitores? ¿Y las moscas grises de la descendencia?

7.- Se cruzan dos plantas de flores de color rosa. Se obtiene una descendencia compuesta por: 110 plantas blancas, 111 plantas rojas y 223 plantas rosas. Explica el tipo de herencia de que se trata. Realiza un esquema del cruzamiento.

8.- Un cobaya de pelo blanco, cuyos padres son de pelo negro, se cruza con otro de pelo negro, cuyos padres son de pelo negro uno de ellos y blanco el otro. ¿Cómo serán los genotipos de los cobayas que se cruzan y de su descendencia?

9.- Un perro de pelo negro, cuyo padre era de pelo blanco, se cruza con una perra de pelo gris, cuya madre era de pelo negro. Sabiendo que el color negro del pelaje domina sobre el blanco en los machos, y que en las hembras negro y blanco presentan herencia intermedia, explica cómo serán los genotipos de los perros que se cruzan y tipos de hijos que pueden tener respecto del carácter considerado.

10.- Dos hembras negras de ratón se cruzan con el mismo macho pardo. En varias camadas, la hembra 1 produjo nueve hijos negros y siete pardos. La hembra 2 produjo 57 negros. ¿Qué se puede decir sobre la herencia de los colores negro y pardo en el ratón? ¿Es posible deducir el genotipo del ratón y de las hembras? En caso afirmativo, di cuales son.

11.- Sabiendo que en los ratones el pelaje negro domina sobre el blanco, ¿cómo se podrá averiguar que un ratón negro es homocigótico o heterocigótico para el carácter negro? Razónalo.

12.- El color gris del cuerpo de la mosca *Drosophila* domina sobre el color negro. Una mosca de cuerpo gris se cruza con otra también gris, la cual a su vez tenía uno de sus padres con cuerpo negro. Del cruzamiento se obtiene una descendencia de moscas todas grises. Razona cómo serán los genotipos de las dos moscas que se cruzan y de la posible descendencia.

13.- Supongamos que en la especie vacuna el pelo colorado domina sobre el berrendo en negro (blanco y negro). Un toro de pelo colorado, se cruza con una vaca de pelo también colorado, pero cuyo padre era berrendo. Del cruzamiento se obtiene un ternero berrendo y otro colorado. Razona cómo serán los genotipos del toro, de la vaca y de los dos terneros.

14.- La forma de los rábanos puede ser alargada, redondeada y ovalada. Cruzando plantas alargadas con redondas se obtienen todas las plantas ovales. Cruzando alargadas con ovales se obtienen 159 plantas alargadas y 159 ovales. Cruzando ovales con redondas se obtuvieron 203 ovales y 203 redondas. Razona los tres cruzamientos indicando como son los genotipos de todas las plantas.

15.- En la especie vacuna, la falta de cuernos **F**, es dominante sobre la presencia **f**. Un toro sin cuernos se cruza con tres vacas:

- a) Con la vaca A que tiene cuernos se obtiene un ternero sin cuernos.
- b) Con la vaca B también con cuernos se produce un ternero con cuernos.
- c) Con la vaca C que no tiene cuernos se produce un ternero con cuernos.

¿Cuáles son los genotipos del toro y de las tres vacas y qué descendencia cabría esperar de estos cruzamientos?

16.- Supongamos que existen plantas con dos variedades para sus frutos: unos dulces y otros amargos, de tal manera que el sabor dulce domina sobre el amargo.

Una planta de fruto dulce se cruza con otra de fruto también dulce y se obtiene una descendencia de plantas todas de fruto dulce. Una de estas plantas obtenidas se cruza ahora con otra de frutos amargos y se obtienen la mitad de las plantas con frutos dulces y la otra mitad con frutos amargos. Razona estos cruzamientos indicando cuáles son los genotipos de todas las plantas.

17.- Varios cobayas negros con el mismo genotipo son apareados y producen 26 descendientes negros y 9 blancos. ¿Cuáles serán los genotipos de los padres?

18.- El pelo corto se debe al gen dominante **L** en los conejos, y el pelo largo a su alelo recesivo **l**. Un cruce entre una hembra de pelo corto y un macho de pelo largo, produjo una camada de conejitos: 1 con pelo largo y 7 con pelo corto.

- a) ¿Cuál es el genotipo de los progenitores?
- b) ¿Qué proporción fenotípica era de esperar en la generación de descendientes?

19.- Un gen dominante **A** determina la textura del pelo de alambre en los perros, su alelo recesivo **a** produce pelo liso. Se cruza un grupo de perros heterocigotos con pelo de alambre y a la generación  $F_1$  se le aplica la cruce de prueba. Determina las proporciones genotípicas y fenotípicas entre la descendencia.

20.- En los zorros, el color del pelaje negro-plateado es determinado por un alelo recesivo **n**, y el color rojo por su alelo dominante **N**. Determina las proporciones genotípicas y fenotípicas esperadas en los siguientes apareamientos:

- a) rojo puro x portador rojo
- b) portador rojo x negro-plateado
- c) rojo puro x negro-plateado

21.- Un hombre calvo cuyo padre no lo era, se casó con una mujer normal cuya madre era calva. Sabiendo que la calvicie es dominante en los hombres y recesiva en las mujeres, explica cómo serán los genotipos del, marido y la mujer, y tipos de hijos que podrán tener.

### Herencia de dos caracteres

22.- El cabello oscuro (**O**) en el hombre es dominante sobre el rojo (**o**). El color pardo de los ojos (**P**) domina sobre el azul (**p**). Un hombre de ojos pardos y cabello oscuro se casó con una mujer también de cabello oscuro, pero de ojos azules. Tuvieron dos hijos, uno de ojos pardos y pelo rojo y otro de ojos azules y pelo oscuro. Indica los genotipos de los padres y de los hijos razonando la respuesta.

23.- La aniridia (ceguera) en el hombre se debe a un factor dominante (**A**). La jaqueca es debida a otro gen también dominante (**J**). Un hombre que padecía aniridia y cuya madre no era ciega, se casó con una mujer que sufría jaqueca, pero cuyo padre no la sufría. ¿Qué proporción de sus hijos sufrirán ambos males?

24.- En el guisante, el carácter “color de la semilla” está determinado por un gen autonómico con dos alelos: el alelo **A** determina el color amarillo y es dominante respecto al alelo **a**, que determina el color verde. El carácter “forma de la semilla” está determinado por un gen autonómico con dos alelos: el alelo **B** determina la semilla lisa y es dominante respecto al alelo **b**, que determina la semilla rugosa.

- a) Se cruzan dos variedades puras, una de semilla amarilla y otra de semilla verde. En la F<sub>2</sub> se obtienen 556 semillas. ¿Cuántas se espera que sean amarillas?
- b) Se cruzan dos variedades puras, una de semillas amarillas y lisas y la otra de semillas verdes y rugosas. En la F<sub>2</sub> se obtienen 3.584 semillas. ¿Cuántas se esperan obtener del fenotipo verdes y rugosas? ¿Cuántas del fenotipo verdes y lisas?
- c) Las plantas de la F<sub>1</sub> anterior se cruzan con la variedad pura de semillas verdes y rugosas. De esta forma se obtienen 852 semillas. ¿Cuántas se espera obtener del fenotipo amarillas y lisas?

25.- El fruto de las sandías puede ser verde liso o a rayas; y alargado o achatado. Una planta de una variedad homocigótica de fruto liso y alargado, se cruzó con otra también homocigótica de fruto a rayas y achatado. Las plantas de la F<sub>1</sub> tenían el fruto liso y achatado. En la F<sub>2</sub> se obtuvieron 9 plantas de fruto liso y achatado, 3 de fruto rayado y achatado, 3 de fruto liso y alargado, y una de fruto rayado y alargado.

Indica: Cuántos pares de factores intervienen en esta herencia. Cuáles son los factores dominantes y por qué. Realiza el cruzamiento expresando los genotipos de la F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>.

26.- En el cobaya, el pelo rizado domina sobre el pelo liso, y el pelo negro sobre el blanco. Si cruzamos un cobaya rizado-negro, con otro blanco-liso homocigóticos para los dos caracteres, indicar cuáles serán los genotipos y los fenotipos de la F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> Y qué proporción de individuos rizados-negros cabe esperar que sean homocigóticos para ambos caracteres.

27.- ¿Cómo serán los genotipos y fenotipos de la descendencia que se podrá obtener al cruzar un individuo de la F<sub>1</sub> del problema anterior, con el progenitor negro-rizado y con el blanco-liso.

28.- El color rojo de la pulpa del tomate depende de la presencia del factor **R** dominante sobre su alelo **r** para el amarillo. El tamaño normal de la planta se debe a un gen **N** dominante sobre el tamaño enano **n**.

Se cruza una planta de pulpa roja y tamaño normal, con otra amarilla y normal y se obtienen: 30 plantas rojas normales; 30 amarillas normales; 10 rojas enanas y 10 amarillas enanas. ¿Cuáles son los genotipos de las plantas que se cruzan? Comprobar el resultado realizando el cruzamiento.

29.- El color blanco del fruto de las calabazas se debe a un gen **B** que domina sobre su alelo **b** para el color amarillo. La forma del fruto puede ser discoidal o esférica.

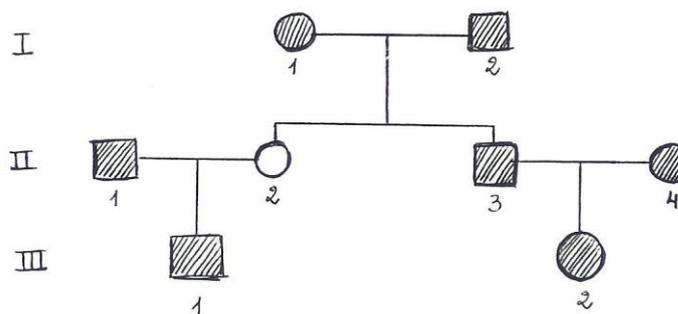
Cruzando una planta blanca-discoidal con otra amarilla-esférica, se obtiene una F<sub>1</sub> en que todas las plantas son discoidales y blancas. Cruzando entre sí dos plantas de la F<sub>1</sub> se obtuvo una F<sub>2</sub> que dio 176 plantas esféricas y 528 discoidales.

Realiza los cruzamientos y señala el número de fenotipos que habrá para el color en las 176 plantas esféricas y en las 528 discoidales, indicando además cuántas de ellas serán homocigóticas y cuántas heterocigóticas para dicho carácter.

### Análisis de pedigrí

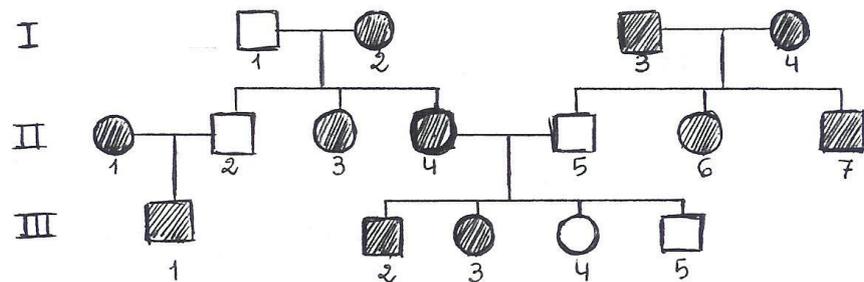
30.- En un pedigrí se acostumbra a representar a las hembras con círculos y a los machos con cuadrados. Cada generación es enumerada con números romanos.

El pelo negro de los cobayas es producido por un gen dominante **N** y el blanco por su alelo recesivo **n**. A menos que haya evidencia de lo contrario, asume que III1 y II4 no llevan el alelo recesivo. Analiza el siguiente pedigrí. Ten en cuenta que los símbolos sólidos representan cobayas negros y los símbolos blancos cobayas blancos.

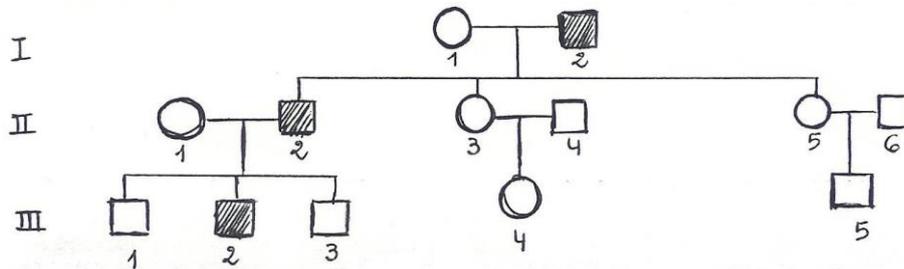


31.- El siguiente pedigrí hace referencia al color de los ojos en la descendencia de una familia. El símbolo blanco indica que el individuo tiene los ojos azules, y el rayado, marrones. El color marrón (**A**) es dominante, y el color azul (**a**), recesivo.

Señala el genotipo de todos los miembros de la familia.



32.- Un gen recesivo **r** es la causa del color rojo del cabello en el hombre. El cabello oscuro se debe al alelo dominante **R**. En el pedigrí asume, a menos de que haya evidencia de lo contrario, que los individuos que se casan con los miembros de esta familia no son portadores del alelo **r**. Los símbolos rayados representan cabello rojo; los blancos, oscuro.



33.- El color del plumaje de los patos silvestres depende de una serie de tres alelos:  $P^L$ ,  $P$  y  $p$ . La jerarquía de dominancia es

$P^L > P > p$ . Determina las proporciones genotípicas esperadas en los siguientes cruzamientos:

- $P^L P^L \times P^L P$
- $P^L P \times Pp$
- $Pp \times PP$

34.- La herencia del color de la piel en las reses se debe a una serie de alelos múltiples con una jerarquía de dominancia como sigue:  $S > s^h > s^c > s$ . El alelo **S** pone una banda de color blanco alrededor de la mitad del animal que se denomina cinturón holandés; el alelo  $s^h$  produce las manchas tipo Hereford; el color sólido es el resultado del alelo  $s^c$ ; y las manchas de tipo Holstein se deben al alelo **s**. Los machos con cinturón holandés homocigóticos son cruzados con hembras con manchas tipo Holstein. Las hembras de la  $F_1$  son cruzadas con machos manchados tipo Hereford con genotipo  $s^h s^c$ . Predice las frecuencias genotípicas y fenotípicas en la descendencia.

### Alelos letales

35.- La talasemia es una enfermedad hereditaria de la sangre del hombre que produce anemia. La anemia severa (talasemia mayor) es encontrada en individuos, homocigóticos ( $T^M T^M$ ) y un tipo más

benigno de anemia (talasemia menor) en los heterocigóticos ( $T^M T^N$ ). Los individuos normales son homocigóticos ( $T^N T^N$ ). Si todos los individuos con talasemia mayor mueren antes de la madurez sexual:

- a) ¿Qué proporción de la  $F_1$  adultos puede esperarse que sea normal en apareamientos de talasémicos de menores con normales?
- b) ¿Qué fracción de  $F_1$  adultos serán anémicos en matrimonios entre talasémicos menores?

### **Grupos sanguíneos**

36.- Recuerda la genética de los grupos sanguíneos ABO en el hombre. Un hombre es sometido a juicio de paternidad (su grupo sanguíneo B) por una mujer del grupo A. El hijo de la mujer es del tipo O.

- a) ¿Es este hombre el padre del niño?
- b) Si este hombre es en realidad el padre del niño especifica los genotipos de ambos progenitores.
- c) Si es imposible que este hombre con grupo sanguíneo B sea el padre del niño con grupo sanguíneo O, independientemente del genotipo de la madre, especifique su genotipo.
- d) Si el hombre fuera del grupo AB, ¿podría ser el padre de un niño del grupo O?

37.- Si de los 12 hijos de Jacob, 3 eran del grupo sanguíneo A, 4 del grupo B, 2 del grupo AB y 3 del grupo O, ¿de qué grupo sanguíneo serían Jacob y su esposa?

### **Herencia ligada al sexo**

38.- Los cromosomas sexuales para la especie humana son XX para la mujer y XY para el varón. Una mujer lleva en uno de sus cromosomas X un gen letal recesivo **I** y en el otro el gen dominante **L** normal. ¿Cuál es la proporción de sexos en la descendencia de esta mujer con un hombre normal?

39.- Contesta las siguientes preguntas:

- a) ¿Es posible que el Sr. Ramón Pérez haya heredado el cromosoma X de su abuela materna? ¿Por qué?
- b) ¿Es posible que el Sr. Ramón Pérez haya heredado el cromosoma Y de su abuelo paterno? ¿Por qué?
- c) ¿Es posible que el Sr. Ramón Pérez haya heredado el cromosoma Y de su abuelo materno? ¿Por qué?

40.- El daltonismo o ceguera parcial para los colores verde y rojo depende de un gen recesivo situado en el cromosoma **X**. Una muchacha de visión normal, cuyo padre era ciego para los colores se casa con un varón de visión normal, cuyo padre también era daltónico. ¿Qué tipo de visión cabe esperar en la descendencia?

41.- Un hombre y una mujer, ambos de visión normal tienen:

- a) Un hijo ciego para los colores que tiene una hija de visión normal
- b) Una hija de visión normal que tiene un hijo ciego para los colores y el otro normal.
- c) Otra hija de visión normal que tiene todos los hijos normales.

¿Cuáles son los genotipos de abuelos, hijos y nietos?

42.- La abuela materna de un varón tiene visión normal, su abuelo materno era daltónico, su madre es daltónica y su padre de visión normal. Razona que tipo de visión tendrá este varón. Si se casa con una mujer genotípicamente igual a sus hermanas, ¿qué tipo de visión se espera en la descendencia?

43.- Una mujer normal, cuyo padre era daltónico, se casa con un hombre daltónico:

- ¿Cuáles son los genotipos posibles para la madre del hombre?
- ¿Qué porcentaje de hijas daltónicas puede esperarse?
- ¿Qué porcentaje de hijos, sin tener en cuenta el sexo, se espera que sean normales?

44.- La hemofilia en el hombre depende de un alelo recesivo de un gen ligado al sexo. Una mujer no hemofílica cuyo padre si lo era se casa con un hombre normal. ¿Qué probabilidad hay de que los hijos sean hemofílicos? ¿Y las hijas?

45.- En la mosca *Drosophila* las alas vestigiales **v** son recesivas respecto al carácter normal, alas largas **V** y el gen para este carácter no se halla en el cromosoma sexual. En el mismo insecto el color blanco de los ojos es producido por un gen recesivo situado en el cromosoma X, respecto del color rojo dominante.

Si una hembra homocigótica de ojos blancos y alas largas se cruza con un macho de ojos rojos y alas largas, descendiente de otro con alas cortas, ¿cómo será la descendencia?

46.- Como ya se ha indicado, en la mosca *Drosophila*, el color blanco de los ojos es producido por un gen recesivo situado en el cromosoma X, respecto del color rojo dominante. También se ha dicho que las alas vestigiales **v**, son recesivas respecto de las alas largas **V**, y que este carácter no se halla ligado al sexo.

Realizamos el cruzamiento de un macho de alas vestigiales y ojos rojos con una hembra de alas largas heterocigótica y ojos rojos portadores del gen blanco. Supongamos además que en el mismo cromosoma X en que va el gen ojos blancos, va también ligado un gen letal recesivo **I**.

Sobre un total de 150 descendientes de la pareja que se cruza, razona qué proporción de hembras y de machos habrá con alas normales y con alas vestigiales.

47.- El albinismo lo produce un gen recesivo **a** frente al gen normal de color moreno **A**.

La hemofilia es producida por un gen recesivo ligado al cromosoma **X**. Un hombre albino y sano se casa con una mujer morena cuyo padre era hemofílico y cuya madre era albina. ¿Qué clase de hijos pueden tener y en qué proporción?

48.- Como ya se ha indicado, en la mosca *Drosophila*, el color blanco de los ojos es producido por un gen recesivo situado en el cromosoma X, respecto del color rojo dominante. También se ha dicho que las alas vestigiales **v**, son recesivas respecto de las alas largas **V**, y que este carácter no se halla ligado al sexo.

Realizamos el cruzamiento de un macho de alas vestigiales y ojos rojos con una hembra de alas largas heterocigótica y ojos rojos portadores del gen blanco. Supongamos además que en el mismo cromosoma X en que va el gen ojos blancos, va también ligado un gen letal recesivo **I**.

Sobre un total de 150 descendientes de la pareja que se cruza, razona qué proporción de hembras y de machos habrá con alas normales y con alas vestigiales.

49.- La aniridia es un tipo de ceguera que está determinada por un alelo dominante autonómico (A) y la hemofilia es determinada por un alelo recesivo ligado al sexo ( $X^h$ ). Una mujer normal por lo que respecta a los dos caracteres tiene hijos con un hombre ciego que no padece hemofilia.

- Si tienen un hijo varón hemofílico que no padece aniridia, ¿cuál es el genotipo de los padres?
- Si la pareja tiene dos hijas más, ¿cuál es la probabilidad de que las dos sean normales respecto a estos caracteres?
- Si la pareja tiene un nuevo hijo varón, ¿cuál es la probabilidad de que padezca las dos enfermedades?

### **Aneuploidía**

50.- En raras ocasiones se encuentra una mujer con notables anormalidades en los caracteres sexuales primarios y secundarios, teniendo sólo un cromosoma X (XO). Las expresiones fenotípicas de esta condición monosómica para el cromosoma X reciben el nombre de síndrome de Turner. Igualmente se ha encontrado hombres con una constitución cromosómica XXYY cuyas anormalidades constituyen el síndrome de Klinefelter.

51.- La ceguera del color es un rasgo recesivo ligado al sexo. Un hombre y su esposa tenían visión normal, pero una de sus hijas es una niña Turner con ceguera para los colores. Haz un diagrama de este cruzamiento incluyendo los gametos que produjeron a esta niña.

52.- En otra familia, la madre es ciega a los colores y el padre tiene una visión normal. Su hijo tiene síndrome de Klinefelter con visión normal. ¿Qué gametos produjeron este niño?

Suponga que los mismos padres produjeron un Klinefelter ciego a los colores, ¿qué gametos produjeron a este niño?

53.- El número diploide normal para el hombre es de 46 cromosomas. Los mongoloides son trisómicos para el cromosoma 21. Se ha encontrado en la literatura por lo menos un caso de mongoloide-Klinefelter. ¿Cuántos cromosomas poseería este individuo?

### **Poliploidía**

54.- La avena de Abisinia (*Avena abyssinica*) parece ser un tetraploide con 28 cromosomas. La avena cultivada común (*Avena sativa*) parece ser un hexaploide en esta misma serie. ¿Cuántos cromosomas tiene la avena común?

55.- La zarzamora europea (*Rubus idaeus*) tiene 14 cromosomas. Otro tipo de mora (*Rubus caesius*) es tetraploide con 28 cromosomas. Los híbridos en estas dos especies son individuos  $F_1$  estériles. Algunos

gametos que no han reducido sus cromosomas en la  $F_1$  son funcionales en los retrocruzamientos. Determinar el número de cromosomas y el nivel de ploidía para cada uno de los siguientes casos:

- $F_1$
- $F_1$  retrocruzada a *R. idaeus*
- $F_1$  retrocruzada a *R. caesius*
- Duplicación cromosómica de  $F_1$  (*Rubus maximus*).

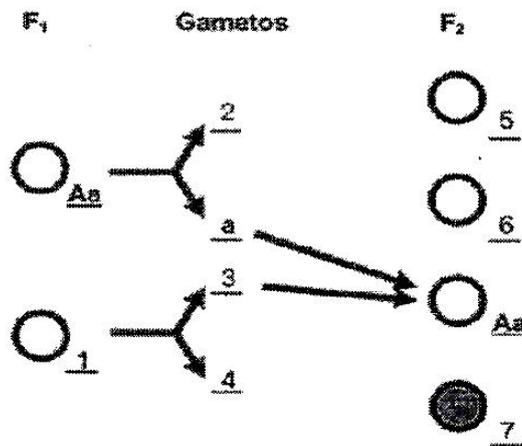
57.- El número diploide de un organismo es 12. ¿Cuántos cromosomas pueden esperarse en:

- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| a) Un monosómico      | d) Un tetrasómico |
| b) Un trisómico       | e) Un monoploide  |
| c) Un doble trisómico | f) Un triploide   |

## Prueba PBAU

1. La imagen representa un experimento de Mendel, y en ella se muestran guisantes de color amarillo (○) y verde (●). Copie el esquema y responda las siguientes cuestiones:

- Sustituya cada número por la letra o las tetras correspondientes [0'7]. Complete el esquema dibujando las flechas que faltan y que relacionan los gametos con los individuos de la  $F_2$  [0'3].



- ¿En qué proporción se presentan los genotipos de la  $F_2$ ? [0'3] ¿Y los fenotipos? [0'2] ¿Qué

prueba podría realizar para averiguar si un guisante amarillo es homocigótico a heterocigótico?, explíquela [0'5]. (2007).

2. En el ganado vacuno la ausencia de cuernos (H) es dominante sobre la presencia de cuernos (h). Un toro sin cuernos se cruzó con dos vacas. Con la vaca A, que tenía cuernos, tuvo un ternero sin cuernos: con la vaca B, que no tenía cuernos, tuvo un ternero con cuernos. ¿Cuáles son los genotipos del toro y de las vacas A y B? [0'3]. Indique las proporciones de los genotipos y los fenotipos que cabría esperar en la descendencia de los dos cruzamientos [0'7]. (2007).

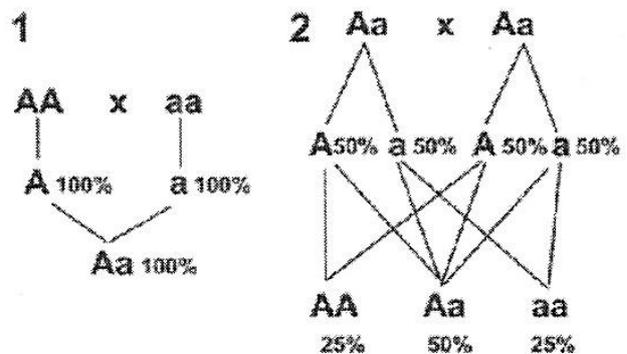
3. En humanos la presencia de una fisura en el iris está regulada por un gen recesivo que se transmite ligado al sexo ( $X^f$ ). De un matrimonio entre dos personas normales nació una

hija con el carácter mencionado. El marido solicita el divorcio alegando infidelidad de la esposa. Explique el modo de herencia del carácter indicando los genotipos del matrimonio y a que conclusión debe llegar el juez en relación a la posible infidelidad de la esposa teniendo en cuenta el nacimiento de la hija que presenta la fisura [1] (2007).

4. Indique las proporciones de los distintos genotipos en la descendencia del cruzamiento  $AaBb \times AaBb$  [1]. Razone la respuesta. (2006).
5. Un animal hermafrodita puede auto-fecundarse, es decir, puede obtener descendencia mediante la fusión de sus Óvulos con sus espermatozoides. Dada que todos los cromosomas de los descendientes derivaran del mismo individuo, tendrán todos los descendientes el mismo genotipo y fenotipo? [1]. Razone la respuesta. (2005).
6. En los humanos la fibrosis quística se produce por el alelo recesivo de un gen autosómico con dos alelos (A: alelo normal; a: alelo de la fibrosis quística). En una pareja en la que la mujer es heterocigótica y el varón presenta fibrosis quística, indique para este gen los tipos y las proporciones de los óvulos de la mujer y espermatozoides del hombre [0'5] y los fenotipos y genotipos de la descendencia [0'5]. Razone las respuestas. (2005).

7. En relación con la figura adjunta responda razonadamente las siguientes cuestiones:

a. ¿Que representan los esquemas 1 y 2? [0'5]. Indique que representan las tetras A y a [0'25] y los pares de tetras AA, Aa y aa? [0'25].



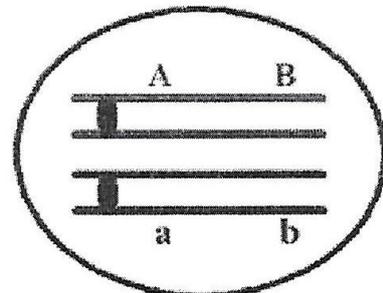
b. Explique los distintos porcentajes que aparecen en los esquemas 1 y 2 [0'25]. Represente el cruce  $Aa \times aa$  utilizando un esquema similar a los de la figura, incluyendo los valores de los porcentajes [0'75]. (2005).

8. Defina que es un cruzamiento prueba y realice un esquema del mismo utilizando símbolos genéticos [1]. Defina herencia intermedia y realice un esquema de la misma usando símbolos genéticos [1]. Utilice para la realización de los esquemas los símbolos A y a. (2006).
9. Defina los siguientes conceptos: gen [0'25], alelo [0'25], homocigoto [0'25] y herencia intermedia [0'25]. Explique la segunda ley de Mendel utilizando un ejemplo [0'5]. ¿En que consiste el cruzamiento prueba? [0'25]. (2006).

10. En cierta especie animal, el pelo gris (**G**) es dominante sobre el pelo blanco (**g**), y el pelo rizado (**R**) sobre el liso (**r**). Se cruza un individuo de pelo gris y rizado, que tiene un padre de pelo blanco y una madre de pelo liso, con otro de pelo blanco y liso.
- ¿Pueden tener hijos de pelo gris y liso? ¿En caso afirmativo, en qué porcentaje? [0'5].
  - ¿Pueden tener hijos de pelo blanco y rizado? En caso afirmativo, ¿en qué porcentaje? [0'5]. Razone las respuestas. (2006).
11. Explique la diferencia entre los siguientes pares de conceptos: gen-alelo [0'5]; homocigótico-heterocigótico [0'5]; herencia dominante-herencia intermedia [0'5]; gen autosómico-gen ligado al sexo [0'5]. (2005).
12. ¿Qué relación existe entre la replicación del ADN, la herencia biológica y la meiosis? Razone la respuesta [1]. (2007).
13. Una pareja de fenotipo normal para la pigmentación tiene un hijo albino. Explique el modo de herencia del albinismo e indique los genotipos de los padres y del hijo [0'5]. ¿Qué proporción de hijos no albinos se puede esperar de la descendencia? [0'25]. 4) ¿de hijos albinos? [0'25]. Razone las respuestas. (2008).
14. ¿Cuál es el origen de la variabilidad genética que se genera durante la producción de gametos en organismos diploides? [0'5]. Explíquelo detalladamente [1]. (2001).
15. En *Drosophila* (la mosca del vinagre) los genes que determinan el color del cuerpo y el tamaño de las alas van en el mismo cromosoma. Consideremos una hembra heterocigótica para ambas características, ¿qué tipo de gametos podría formar si hay recombinación? [0'25] ¿Y si no hubiese recombinación? [0'25]. Si considerásemos una hembra homocigótica para ambos caracteres, ¿qué tipo de gametos podría formar si hay recombinación? [0'25], ¿y si no hubiese recombinación? [0'25]. (2001).
16. Un investigador encuentra que entre los ratones de su laboratorio se ha producido una mutación espontánea en un macho. Tras cruzarlo con una hembra normal, comprueba que en la descendencia ningún macho presenta la mutación, pero en cambio si la presentan todas las hembras. Indique qué tipo de mutación ha podido producirse [0'5]. ¿Qué porcentaje de individuos mutantes cabría esperar en la descendencia si se cruza una hembra mutante (del cruce anterior) con un macho normal? [0'5]. Razone las respuestas. (2009).

17. En el guisante (*Pisum sativum*), el tallo largo (planta alta) es dominante sobre el tallo corto (planta enana). Si una planta homocigótica para el carácter dominante se cruza con una planta enana, indique los genotipos de los progenitores y el genotipo y fenotipo de la F<sub>1</sub> [0'25]. Indique los genotipos, fenotipos y proporciones de la descendencia del cruce de una planta de la F<sub>1</sub> con el progenitor de tallo largo [0'25]. Indique los genotipos, fenotipos y proporciones de la descendencia del cruce de una planta de la F<sub>1</sub> con una planta enana [0'25]. Indique los genotipos, fenotipos y proporciones de la descendencia del cruce de dos plantas heterocigóticas [0'25]. Razone las respuestas. (2009).
18. La tercera ley de Mendel no se cumple en determinados casos. ¿En cuáles? Razone la respuesta [1]. (2009).
19. En la especie humana el color de los ojos es un carácter autosómico donde el alelo de color marrón "A" domina sobre el de color azul "a". Un hombre de ojos marrones, cuya madre tiene ojos azules, tiene dos descendientes con una mujer de ojos azules. ¿Cuáles son los genotipos del hombre y la mujer? [0'25] ¿Y los de los descendientes? [0'25] ¿Cuál es la probabilidad de que esta pareja tenga descendientes con ojos de color azul? [0'25] ¿Y la probabilidad de tener descendientes con ojos marrones? [0'25]. Razone las respuestas. (2009).
20. Ni Luís ni María tienen distrofia muscular de Duchenne (enfermedad ligada al sexo), pero su hijo primogénito sí. Indique si el alelo responsable es dominante o recesivo [0'3]. Y los genotipos de los padres y del hijo [0'3]. Si tienen otro hijo varón, ¿cuál es la probabilidad de que padezca esta enfermedad? [0'2] ¿Y si es una hija? [0'2]. Razone las respuestas. (2009).
21. En una determinada especie de ratones, el pelo negro está determinado por un alelo dominante (A) y el pelo marrón por uno recesivo (a). ¿Qué tipo de cruzamiento se debería realizar con un ejemplar de pelo negro para poder averiguar su genotipo? Razone la respuesta [1]. (2008).

El esquema representa los dos cromosomas homólogos de un dihibrido para dos genes con dos alelos (A, a; B, b) en el periodo G<sub>2</sub> de la interfase previa a la división meiótica. A partir de esta célula y suponiendo que se da un sobrecruzamiento (quiasma) entre ambos genes, dibuje las células resultantes después de la primera [0'5] y de la segunda división meiótica [0'5]. (2008).

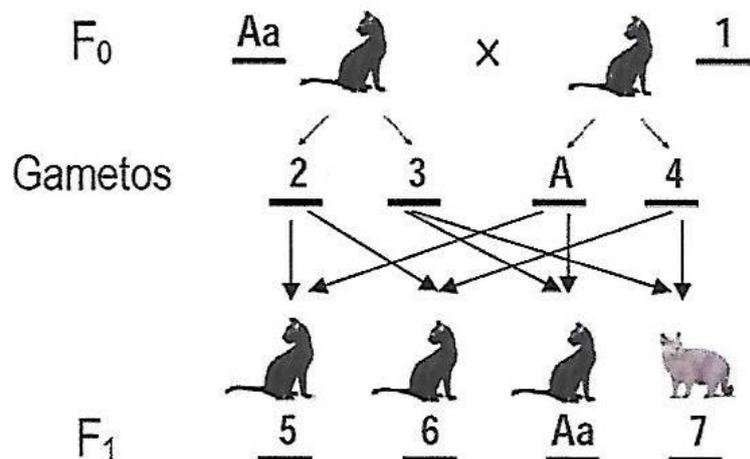


22. El color de la flor de un tipo de violeta está determinado por un gen con dos alelos con herencia intermedia. El alelo **R** determina color rojo y el **r** determina color blanco. Las plantas heterocigóticas tienen flores rosas. En los cruzamientos **Rr x RR**; **rr x Rr** y **Rr x Rr** indique qué

gametos se formarán en cada parental y cuál será el fenotipo de las flores en la siguiente generación [1]. (2008).

23. El color negro de la piel de una especie de ratón depende del alelo dominante (B), y el color blanco de su alelo recesivo (b). Si una hembra de color negro tiene descendientes de piel blanca, ¿cuál es el genotipo de la hembra? [0,5] ¿Qué genotipos y fenotipos podría tener el macho que se cruzó con ella? [0,5]. Razone las respuestas.
24. El pelo corto de los conejos esté determinado por un alelo dominante (B) y el pelo largo por su alelo recesivo (b). El color del pelo está determinado por otro gen con dos alelos, de forma que los individuos de genotipo dominante (N\_) tienen pelo negro y los de genotipo recesivo (nn) tienen pelo color café. En los cruzamientos de conejos dihíbridos de pelo corto y color negro con homocigóticos de pelo largo y color café, ¿qué proporciones genotípicas y fenotípicas pueden esperarse en su prole? Razone la respuesta [1].
25. Una enfermedad hereditaria provocada por un gen recesivo (d) se manifiesta en todos los hombres portadores de ese gen, pero no en todas las mujeres portadoras. ¿Por qué? [0,25]. Indique todos los genotipos posibles de los individuos normales y enfermos de la población respecto a ese carácter [0,75]. Razone las respuestas.
26. Una planta que tiene hojas compuestas y aserradas se cruza con otra planta que tiene hojas simples y lobuladas. Cada progenitor es homocigótico para una de las características dominantes y para una de las características recesivas. ¿Cuál es el genotipo de la generación F1? [0,2] ¿Cuál es su fenotipo? [0,2]. Si se cruzan individuos de la F1, ¿qué fenotipos tendrá la generación F2 y en qué proporción? [0,6]. (Utilice los símbolos C: compuestas, c: simple, A: lobuladas; a: aserrada). Razone las respuestas.
27. La imagen representa un experimento basado en las Leyes de Mendel. En ella se muestra el cruce entre gatos, ambos con pelo de color negro, que da lugar a tres gatitos de color negro y un gatito de color gris. Con los datos que se indican, conteste las siguientes cuestiones:

- a) Deduzca qué gametos corresponderán con los números 2, 3 y 4 [0,3], indique los genotipos para el color del pelo de los gatos 1, 5, 6 y 7

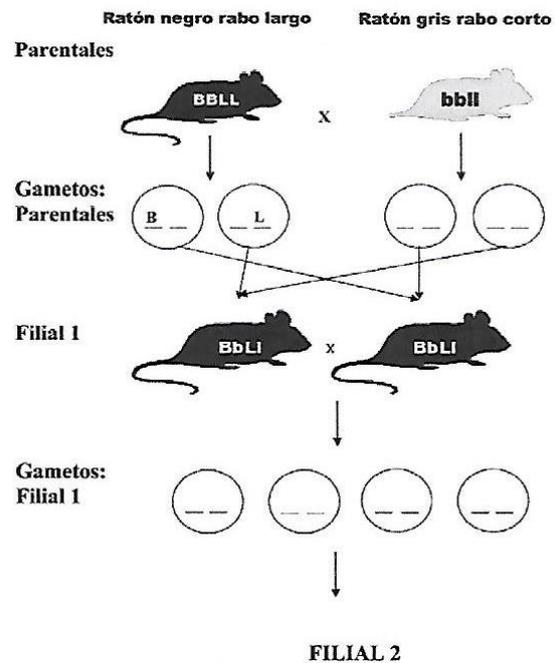


- [0,4]. ¿En qué proporción se presentan los genotipos de la descendencia? [0,3].
- b) ¿Cuáles serían las proporciones de los genotipos y los fenotipos de la F1 si el cruce se hubiera producido entre los gatos 1 y 7? [0,5] ¿Y si el cruce se hubiera producido entre los gatos 5 y 7? [0,5].
28. Explique la diferencia entre las siguientes parejas de conceptos: gen y alelo [0,5], homocigoto y heterocigoto [0,5], herencia dominante y herencia intermedia [0,5], gen autosómico y gen ligado al sexo [0,5].
29. Una pareja sólo puede tener descendientes del grupo sanguíneo B heterocigóticos o del grupo 0. Indique el genotipo [0,25] y el fenotipo [0,25] de la pareja. Explique cuál es la probabilidad en esa pareja de tener descendientes del grupo sanguíneo 0 [0,25] y cuál la de tener descendientes del grupo B [0,25]. Razone las respuestas.
30. En las vacas, el color negro del pelo está determinado por un alelo recesivo (n) mientras que el blanco lo está por el alelo dominante (N). La producción de leche de las vacas blancas es mucho mayor que la de las vacas negras. Para evitar tener más vacas negras el ganadero necesita conocer cuáles de las vacas blancas son portadoras del alelo recesivo. Proponga y explique un cruzamiento que permita al ganadero saber qué vacas blancas son portadoras del alelo recesivo. Razone la respuesta [1].
31. Defina: cruzamiento prueba [0,5] y herencia intermedia [0,5]. Explíquelos mediante cruzamientos utilizando los símbolos A y a [1].
32. Un incendio ha producido grandes cambios en el fenotipo, aunque no en el genotipo, de los individuos de una población de ratones. ¿Serán esos cambios heredados por los descendientes? [0,4]. Un agente químico ha producido cambios en el genotipo, aunque no en el fenotipo, de los individuos de una población. ¿Serán esos cambios heredados por los descendientes? [0,6]. Razone las respuestas.
33. Enuncie las Leyes de Mendel realizando un esquema [1,2]. Explique en qué consiste el cruzamiento prueba y realice un esquema del mismo [0,8].
34. Explique la diferencia entre los siguientes pares de conceptos: gen, alelo [0,5], homocigoto-heterocigoto [0,5], herencia dominante-herencia intermedia [0,5], gen autosómico-gen ligado al sexo [0,5].
35. El color negro del pelo de una especie de ratón depende del alelo dominante (B), y el color blanco de su alelo recesivo (b). Si una hembra de color negro tiene descendientes de pelo

blanco, ¿cuál es el genotipo de la hembra? [0,5] ¿Qué genotipos y fenotipos podría tener el macho que se cruzó con ella? [0,5]. Razone las respuestas representando los esquemas de los posibles cruces.

36. ¿Cuáles serán los posibles genotipos de los descendientes de una pareja formada por un individuo heterocigótico del grupo sanguíneo A y otro del grupo AB? [0,25] ¿En qué proporción se dará cada uno de esos genotipos? [0,25] ¿Y cuáles serán los fenotipos y en qué proporción se darán? [0,5]. Razone las respuestas realizando los cruces necesarios.

37. A la vista del esquema, que corresponde a un cruce de ratones que se diferencian para dos caracteres representados por las letras "be" para el color del pelo (negro o gris) y "ele" para la longitud del rabo (largo o corto), responda razonadamente las siguientes cuestiones:



- ¿Qué tipo de gametos desde el punto de vista genético pueden dar los ratones parentales? [0,4]. En función de la F1 resultante, ¿Cuáles son los alelos dominantes para cada uno de los dos caracteres? [0,2] ¿Qué tipo de gametos pueden producir los individuos de la F1? [0,4].
- Indique todos los posibles genotipos que aparecerán en la F2 [0,45]. Indique los fenotipos y sus proporciones de la F2 [0,55].

41. En una pareja uno de los miembros es del grupo sanguíneo AB y factor Rh negativo y el otro es del grupo A y factor Rh positivo, siendo uno de los progenitores de este último del grupo 0 y factor Rh negativo. Indique los genotipos de la pareja [0,4], los gametos producidos por cada uno (0,3) y la frecuencia genotípica de la descendencia (0,3). Razone las respuestas representando los esquemas de los posibles cruces.

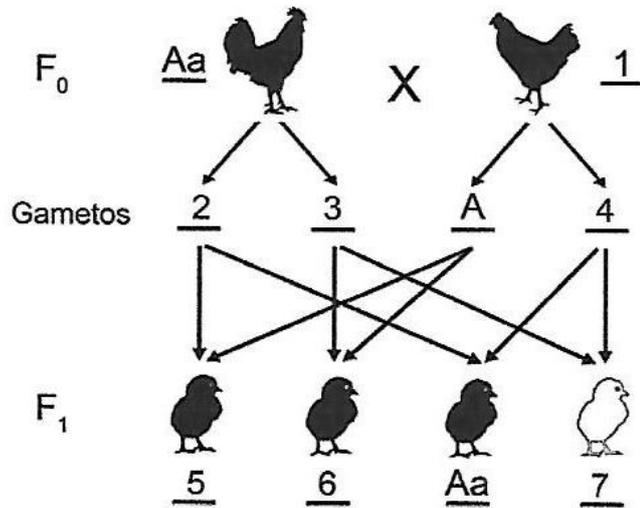
42. Una mujer daltónica se hace la siguiente pregunta: ¿Cómo es posible que yo sea daltónica si mi madre y mi abuela no lo son? Proponga una explicación a este caso [0,5]. El marido de esta mujer tiene visión normal, ¿Puede la pareja tener hijas daltónicas? [0,5]. Razone la respuesta.

43. El albinismo es un carácter autosómico recesivo (a) con respecto a la pigmentación normal (A). Indique cómo serían los descendientes que tendría un hombre albino en los siguientes casos: a)

con una mujer de pigmentación normal homocigótica (0,25); b) con una mujer de pigmentación normal cuya madre era albina (0,25); c) con una mujer de pigmentación normal uno de cuyos abuelos era heterocigótico (0,5). Razone los cruzamientos representando los esquemas de los posibles cruces.

44. La imagen adjunta representa un experimento basado en las Leyes de Mendel. En ella se muestra el cruce entre un gallo y una gallina, ambos con plumas de color negro, que da lugar a tres pollitos de color negro y un pollito de color gris. Con los datos que se indican, conteste las siguientes cuestiones:

a) Deduzca qué alelos corresponderán a los números 2,3 y 4 (0,3). Indique los genotipos para el color de las plumas de los animales 1, 5, 6 y 7 [0,4]. ¿En qué proporción se presentan los genotipos de los descendientes? [0,3].



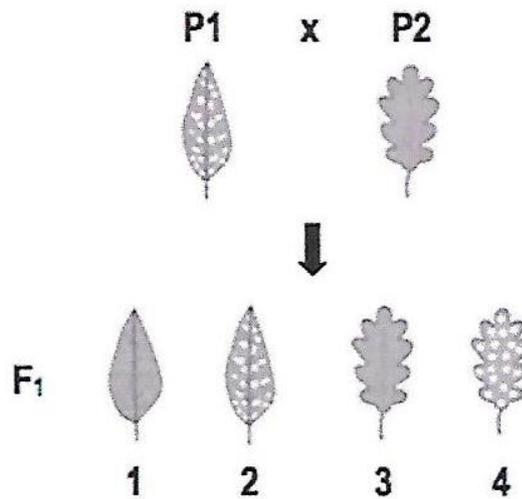
b) ¿Cuáles serían las proporciones de los genotipos y los fenotipos de la F1 si el cruce se hubiera producido entre los pollos 1 y 7? [0,6] ¿Y si el cruce se hubiera producido entre los ejemplares 5 y 7? [0,4]. Razone las respuestas representando los esquemas de los posibles cruces,

45. Enuncie La primera Ley de Mendel [0,5] e indique en qué consiste el retrocruzamiento [0,5]. Explique la diferencia entre genes autosómicos y genes ligados al sexo [0,5]. ¿Cumplen las proporciones mendelianas los cruzamientos para genes ligados al sexo? Razone la respuesta [0,5].

46. El gen de la hemofilia ( $X^{hl}$ ) es recesivo respecto al gen normal ( $X^H$ ). Indique el genotipo y el fenotipo de la posible descendencia entre una mujer portadora y un hombre no hemofílico [0,8]. ¿Qué proporción de los hijos varones serán hemofílicos? [0,2]. Razone las respuestas representando los esquemas de los posibles cruces.

47. La descendencia de una pareja está constituida únicamente por mujeres portadoras de La hemofilia y por hombres sanos. Indique el genotipo y el fenotipo de ambos progenitores. Razone las respuestas representando los esquemas de los posibles cruces [1].

48. Una planta de jardín presenta dos variedades (P1 y P2). La variedad P1 tiene hojas de borde liso y moteadas (manchas distribuidas al azar), y la variedad P2 tiene hojas de borde lobulado y sin motear. El carácter borde liso (B) es dominante sobre el carácter lobulado (b) y el carácter no moteado (M) es dominante sobre el carácter moteado (m). Se cruza una planta P1 con una P2 y los resultados obtenidos se indican en el esquema. A la vista de los mismos, conteste las siguientes cuestiones:



- a) Deduzca los genotipos de P1 y P2 [0,6] e indique los gametos que formarán cada una de ellas [0,2].  
 ¿Cuál es el genotipo de las plantas 1 y 4 de la F1? [0,2].
- b) Indique el genotipo de la planta número 2 de la F1 y explique cuáles serían los genotipos de la F2 resultante del cruce de esta planta con la número 4 [0,8]. ¿Cuáles serían las proporciones fenotípicas esperadas de cada uno de ellos? [0,2]. Razone las respuestas representando los esquemas de los posibles cruces.

49. ¿Cuáles serán los genotipos posibles de los descendientes de una mujer portadora del gen del daltonismo y un hombre de visión normal? [0,25] ¿Cuál es la probabilidad de que alguno de sus descendientes sea daltónico? [0,25]. Si tienen hijas, ¿cuál es la probabilidad de que sean daltónicas? [0,25] ¿Cuál es la probabilidad de tener un descendiente portador del daltonismo? [0,25]. Razone las respuestas representando los esquemas de los posibles cruces.

50. Enuncie la primera ley de Mendel [0,5] e indique en qué consiste el retrocruzamiento [0,5]. Explique la diferencia entre genes autosómicos y genes ligados al sexo [0,5]. ¿Cumplen las proporciones mendelianas los cruzamientos para genes ligados al sexo? Razone la respuesta [0,5].

51. ¿Cómo es posible que una persona manifieste una enfermedad hereditaria que ninguno de sus padres muestra? [0,5] ¿Sería posible que los descendientes de esta persona no padecieran la enfermedad? [0,5]. Razone las respuestas representando los esquemas de los posibles cruces.

52. En los gatos, el pelo corto (A) es dominante sobre el pelo largo (a). La tabla adjunta recoge los resultados de una serie de cruzamientos en los que se indican los fenotipos de los parentales y de la progenie. Indique los genotipos de los parentales y los descendientes de cada cruzamiento. [1]. Razone las respuestas representando los esquemas de los cruces que confirmen los resultados.

Cruce	Parentales	Descendientes
1	corto x largo	½ cortos y ½ largos
2	corto x corto	Todos cortos
3	corto x largo	Todos cortos
4	largo x largo	Todos largos
5	corto x corto	¾ cortos y ¼ largos

53. En un hospital han nacido tres niños prematuros. Debido a un conato de incendio, las incubadoras fueron trasladadas a otra zona del hospital perdiéndose la identificación de los mismos. Teniendo en cuenta que los grupos sanguíneos de las tres parejas de padres y de los recién nacidos son los indicados en las tablas adjunta, indique qué niño corresponde a cada pareja [1]. Razone las respuestas representando los esquemas de los posibles cruces (utilice para representar los alelos la siguiente notación: alelo A: I<sup>A</sup>, alelo B: I<sup>B</sup>; alelo O: i).

Pareja	Grupo sanguíneo
1	A x O
2	AB x O
3	A x AB

Recién nacidos	Grupo sanguíneo
Manuel	B
Miguel	AB
Antonio	O

54. Un ganadero compró una pareja de borregos con lana blanca que suponía de raza pura. Todos los cruces entre estos dos borregos dieron lugar a borregos blancos. Sin embargo, en algunos cruces entre estos descendientes aparecieron borregos negros. Explique cómo es posible que haya habido descendencia de borregos negros [0,5]. ¿Qué haría usted para demostrar si los borregos que compró eran de raza pura? [0,5]. Razone las respuestas representando los esquemas de los posibles cruces.