

TEMA Nº 12.- GENÉTICA MENDELIANA**INTRODUCCIÓN**

Es evidente que el parecido entre individuos de una misma genealogía se debe a que poseen una serie de rasgos morfológicos y fisiológicos iguales. Los caracteres comunes entre progenitores y descendientes solo pueden ser transmitidos a través del único eslabón que une a ambas generaciones, los gametos. La tendencia de los individuos a parecerse a sus progenitores se llama **herencia biológica**.

La **Genética** es la rama de la Biología que se ocupa de:

- a) **Los caracteres hereditarios de los seres vivos.**
- b) **Los factores que los producen.**
- c) **Su naturaleza.**
- d) **El mecanismo de transmisión a través de las generaciones.**
- e) **Su acción en el organismo.**

Los factores hereditarios reciben el nombre de **genes**, y están localizados en las moléculas de **ADN**. Éste, asociado a proteínas, se organiza en estructuras llamadas **cromosomas**, que, a su vez, se localizan en los núcleos de las células Eucariotas en forma de cromatina o en el nucleóide de las células Procariotas.

Cada **gen** ocupa una posición determinada en un cromosoma que se denomina **locus**, y contiene la información necesaria para la síntesis de una proteína.

El **ADN** es una molécula con capacidad de autorreplicación y, debido a esto, a veces es posible que en estas replicaciones se produzcan alteraciones espontáneas o inducidas en dicha molécula. Estos cambios reciben el nombre de **mutaciones** (tema nº 11) y pueden alterar la información contenida en un gen. De este modo el **gen** puede ser cambiado en dos o más formas alternativas denominadas **genes alelomorfos** o simplemente **alelos**. Las formas alélicas de un **gen** están situadas en posiciones correspondientes de los cromosomas homólogos.

Todos los genes de un cromosoma están ligados entre sí, perteneciendo al mismo **grupo de ligamiento**. El número de estos **grupos de ligamiento** es igual al número haploide de cromosomas. Los **genes** que constituyen un **grupo de ligamiento** no se transmiten independientemente, realizándose la transmisión independiente sólo en el caso de **genes** que pertenecen a **grupos de ligamiento** distintos es decir a cromosomas distintos.

1.- CONCEPTOS BÁSICOS EN GENÉTICA

a) **Alelo**: Cada uno de los diferentes genes que pueden estar en un mismo **locus**. Controlan los mismos caracteres. Si hay muchos se dice que forman una **serie alélica**. A los diferentes **alelos** se les denomina también factores antagónicos. Los **alelos** se sitúan en los cromosomas homólogos.

b) **Alelos letales**: Son los que poseen una información para un carácter tan importante que sin él se muere. Suelen ser recesivos por lo que solo se manifiestan en Homocigocis.

c) **Carácter**: Cada una de las particularidades morfológicas y fisiológicas de un ser vivo. Un carácter se puede manifestar de formas distintas. Ejemplo: ojos azules, verdes, etc.

- d) Carácter cualitativo:** Se tiene o no.
- e) Carácter cuantitativo:** El que presenta una variación continua en la población.
- f) Carácter específico:** El que es propio de una especie. Por ejemplo, tener pelos o cuernos.
- g) Carácter particular:** El que es propio de un individuo. Por ejemplo tener las antenas más largas o más cortas en una especie de insectos.
- h) Citogenética:** Estudio, mediante microscopía, de las estructuras celulares relacionadas con la herencia biológica.
- i) Cromosomas homólogos:** Son aquellos que tienen los mismos **loci**, se pueden agrupar pues por parejas, tríos, tétradas, etc., dependiendo de que el organismo sea diploide (2n), triploide (3n), tetraploide (4n) etc.
- j) Dihíbridos:** Individuos heterocigóticos para dos pares de genes.
- k) Diploide:** Individuo que para cada carácter posee dos genes, que pueden ser iguales o distintos, pudiendo manifestarse ambos o que uno impida la expresión de otro.
- l) Fenotipo:** Conjunto de caracteres observables en un organismo. Dependen del genotipo y de la acción ambiental.

Genotipo + Acción ambiental = Fenotipo

Ejemplo: El color de la piel viene determinado por el genotipo y también por el grado de insolación.

m) Gen: Es la unidad de material hereditario. Es un fragmento de ácido nucleico que lleva información para un carácter. Corresponde a lo que Mendel denominó factor hereditario.

n) Genética: Ciencia que estudia la herencia biológica, es decir, la transmisión de los caracteres morfológicos y fisiológicos que pasan de un ser vivo a sus descendientes.

ñ) Genética Mendeliana: Es el estudio de la herencia biológica mediante experimentos de reproducción. Intenta averiguar cual es la información biológica de los individuos a partir de las proporciones matemáticas en que se hereda cada carácter.

o) Genética molecular: Estudio de las moléculas que contienen la información biológica y de los procesos bioquímicos de su transmisión. A partir de esa información se deducen cómo serán los caracteres.

p) Genotipo: Conjunto de genes presentes en un organismo.

q) Haploide: Individuo que para cada carácter solo posee un gen.

r) Herencia codominante: Se da cuando los alelos son equipotenciales. En los híbridos se manifiestan los dos caracteres. (Ejemplo: grupos sanguíneos A, B, y AB).

s) Herencia dominante: Se da cuando un alelo, llamado dominante, no deja manifestarse al otro, llamado recesivo, cuando se encuentran en heterocigocis. (Ejemplo: color de la semilla del guisante *Pisum sativum*).

t) Herencia intermedia: Se da cuando uno de los alelos muestra una dominancia incompleta sobre el otro, así los híbridos tienen un fenotipo intermedio entre las dos razas puras (Ejemplo: flores de *Mirabilis jalapa*, dondiego de noche).

u) Heterocigoto: (híbrido) Individuo que para un carácter posee dos alelos diferentes.

u) Homocigoto: También llamado raza pura; individuo que para un carácter posee dos alelos iguales.

v) Locus: Lugar que ocupa un gen en el cromosoma. El plural de locus es **loci**. En un **locus** de un haploide hay un solo gen, en el de un diploide dos, etc.

w) Polihíbridos: Individuos heterocigóticos para muchos pares de genes.

x) Retrocruzamiento: Mecanismo, que se usa, en los casos de herencia dominante, para averiguar si un individuo es híbrido o de raza pura. Se verá más adelante, consiste en cruzar ese individuo de fenotipo dominante, del que se desconoce su genotipo, con el homocigótico recesivo. Mediante este método se puede averiguar el genotipo de dicho individuo.

2.- EXPERIENCIAS DE MENDEL

Gregor (Johann) Mendel nació en 1822 en Heinzendorf (Austria). Hijo de campesinos católicos vivió su infancia en Moravia y compartió con su padre la afición al cultivo de árboles frutales. En 1843 ingresó en la orden de los agustinos y estudió los resultados de los cruzamientos entre las variedades de guisantes (*P. sativum*) en los jardines del convento de Brünn (actualmente Brno, República Checa). Sus trabajos, publicados con el título de "**Experimentos sobre híbridos de plantas**" en la revista de la Sociedad Naturalista de Brno durante el año 1865, no fueron bien acogidos por la comunidad científica del momento. Coincide con un momento en que el interés científico estaba polarizado por **Darwin** y **Lamarck**, y la constancia de los hereditarios de **Mendel** no parecía compatible con la Evolución, si bien en realidad constituía su explicación científica. Si **Darwin** hubiera conocido los trabajos de **Mendel**, hubiera podido explicarse algunas de las dificultades de su teoría evolutiva.

Murió en 1884 sin ver reconocida la importancia de sus trabajos. Poco antes de morir se expresaba así:

"Aunque mi vida haya conocido momentos de amargura, debo reconocer, agradecido, que el número de horas felices ha sido muchísimo más elevado. Mis trabajos experimentales han sido motivo constante de satisfacción. Estoy plenamente seguro que no pasará mucho tiempo hasta que el mundo entero reconozca los resultados de mis experimentos".

Mendel tuvo la idea de analizar la transmisión de cada carácter por separado, sin tener en cuenta los demás. Para ello puso en práctica el denominado **método de hibridación**, que consiste en cruzar individuos de la misma especie, pero pertenecientes a dos razas puras para un cierto carácter, es decir, que producen constantemente descendencia homogénea para ese carácter, y observar cómo se transmite ese carácter en las siguientes generaciones. Llegó a la conclusión de que los caracteres hereditarios estaban determinados por lo que él denominó **factores o unidades hereditarias**, cuya naturaleza desconocía, y que suponía se encontraban localizados en los gametos.

Mediante niveles de cruzamiento recogió muchos datos sobre la frecuencia con la que se transmitían cada una de las características de la planta, y, a partir de ellos, estableció las probabilidades con que aparecen los caracteres de los progenitores en la descendencia. Postuló una serie de leyes sobre herencia de los caracteres biológicos, conocidas como las **Leyes de Mendel**.

La primera y la segunda están referidas a la herencia de un solo carácter (**monohíbridos**), mientras que la tercera se refiere a la transmisión simultánea de dos caracteres (**dihíbridos**).

En 1900, tres autores por separado, **De Vries** (Holanda), **Covreus** (Alemania) y **Tschermak** (Austria) redescubrieron los hallazgos de **Mendel**.

Según **Mendel** el valor y la utilidad de los experimentos están determinados por la idoneidad del material elegido para la finalidad que perseguimos.

Mendel seleccionó los siete caracteres, claramente antagónicos, que se muestran en la tabla de la figura 12.1.

CARACTERES SELECCIONADOS POR MENDEL		
Lisa	Forma de la semilla	Rugosa
Axial	Posición de la flor	Terminal
Ancha	Forma de la vaina	Estrecha
Alto	Tamaño del tallo	Enano
Amarilla	Color de la semilla	Verde
Roja	Color de la flor	Blanca
Amarilla	Color de la vaina	Verde

Figura 12.1.- Caracteres antagónicos seleccionados por Mendel.

2.1.- Primera ley de Mendel

Mendel escogió plantas de **semilla amarilla** y otras de **semilla verde**, cerciorándose de que se trataban de razas puras, y las cruzó entre ellas de una forma artificial esperando que crecieran los descendientes.

Al realizar esta prueba encontró que los descendientes siempre presentaban el mismo carácter, es decir, **todos los descendientes tenían la semilla amarilla** (figura 12.2).

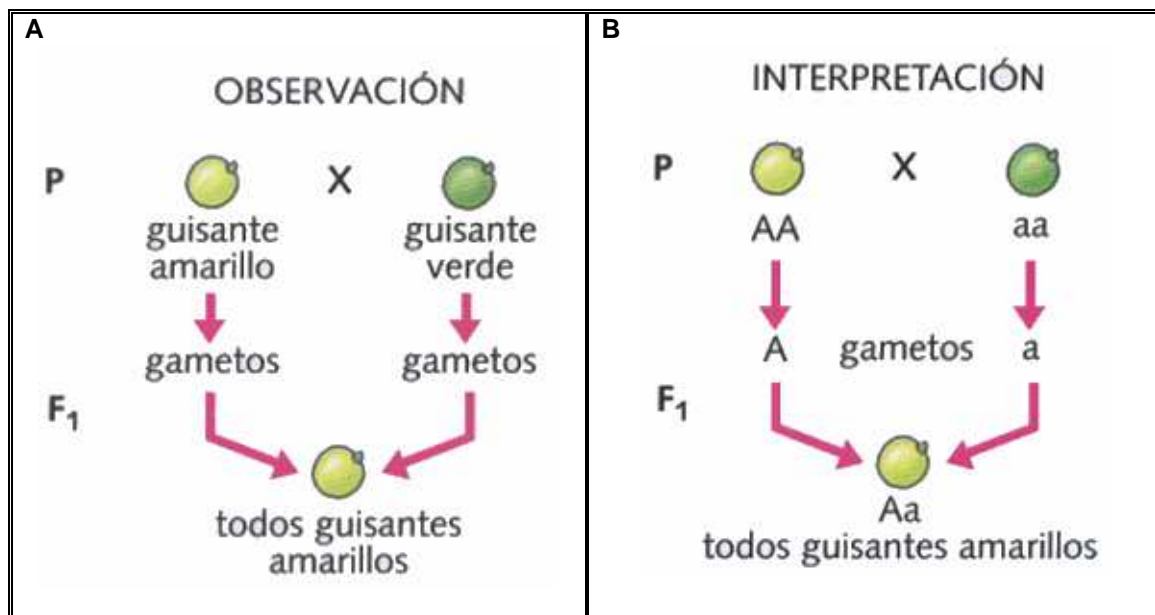


Figura 12.2.- A. Observación realizada por Mendel. B. Interpretación actual, asignando letras mayúsculas a los genes dominantes y minúsculas a los recesivos. Las plantas de semillas amarillas son homocigóticas dominantes **AA** y las plantas de semillas verdes son homocigóticas recesivas **aa**. Todas las plantas de la primera generación **F₁**, son híbridas **Aa** y muestran fenotipo amarillo. El alelo "**A**" es dominante sobre el alelo "**a**" que es recesivo **A>a**.

Dedujo así su primera ley, llamada "**LEY DE LA UNIFORMIDAD DE LA PRIMERA GENERACIÓN FILIAL**", cuyo enunciado dice: "**Todos los descendientes del cruce entre dos razas puras son iguales entre sí genotípicamente y fenotípicamente**"

2.2.- Segunda ley de Mendel

Surgió la necesidad de dar respuesta al resultado anterior. ¿Había desaparecido el carácter que determinaba el color verde?

Mendel dejó que las plantas obtenidas en el experimento anterior se autofecundaran entre sí para obtener la segunda generación filial. A los dos primeros individuos de diferentes razas puras los llamó generación **P** (progenitores o parental). A los descendientes de estos **F₁** (primera generación filial) y a los descendientes de estos **F₂** (segunda generación filial).

Al cruzar entre sí a los individuos de la **F₁** obtuvo dos clases de individuos, unos de semilla amarilla y otros de semilla verde, en proporciones de **3 : 1** a favor del carácter amarillo. Esto implicaba que las plantas amarillas de la **F₁** deberían tener información hereditaria para el carácter verde, y si en ellas no se manifestaba debía ser porque la información para el carácter de tipo amarillo era dominante. Así pues la información hereditaria debería encontrarse por duplicado. A la característica amarilla **Mendel** la llamó **carácter dominante** y a la que no se manifestaba en la **F₁**, es decir a la verde, le llamó **carácter recesivo**. A las partículas o sustancias responsables de transmitir dichas características a los descendientes las denominó **factores hereditarios** (figura 12.3).

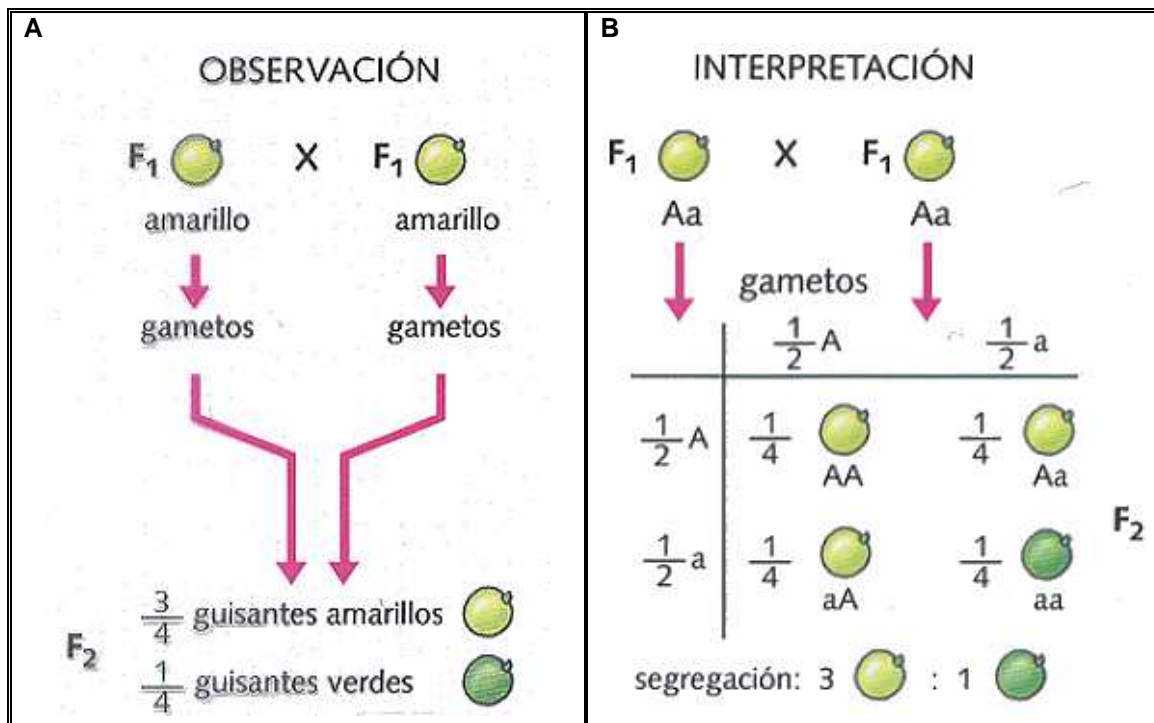


Figura 12.3.- A. Observación realizada por Mendel. B. Interpretación actual mediante la utilización de una tabla de Punnett.

A partir de estos resultados se deduce la segunda ley de **Mendel**, llamada "**LEY DE LA SEGREGACIÓN O DE LA DISYUNCIÓN INDEPENDIENTE DE LOS GAMETOS**", cuyo enunciado dice: "**Los dos factores hereditarios que informan para 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**".

Mendel consideró que no todas las semillas amarillas de la **F₂** eran iguales, tendría que haber el doble de amarillas portadoras del carácter verde que de amarillas de razas puras, eso lo comprobó dejando que se autofecundaran y encontró que había el doble de plantas que daban descendencia amarilla y verde en proporción 3:1, que de plantas que daban sólo plantas con semilla amarilla.

2.3.- Herencia intermedia

Existen casos en que los dos alelos que determinan un mismo carácter son equipotentes y, por tanto, ninguno de los dos es capaz de mostrarse dominante sobre el otro. Esto ocurre por ejemplo con el color de las flores del dondiego de noche (*M. jalapa*). En este caso existe un alelo **R** que determina flores de **color rojo** y otro alelo **B** que determina flores de **color blanco**. Al cruzar plantas de flores rojas con plantas de flores blancas, todos los descendientes de la **F₁** muestran el mismo genotipo **RB** y todos muestran un fenotipo intermedio entre los fenotipos de los progenitores, es decir aparecen individuos de flores de **color rosa** (figuras 12.4 y 12.5).

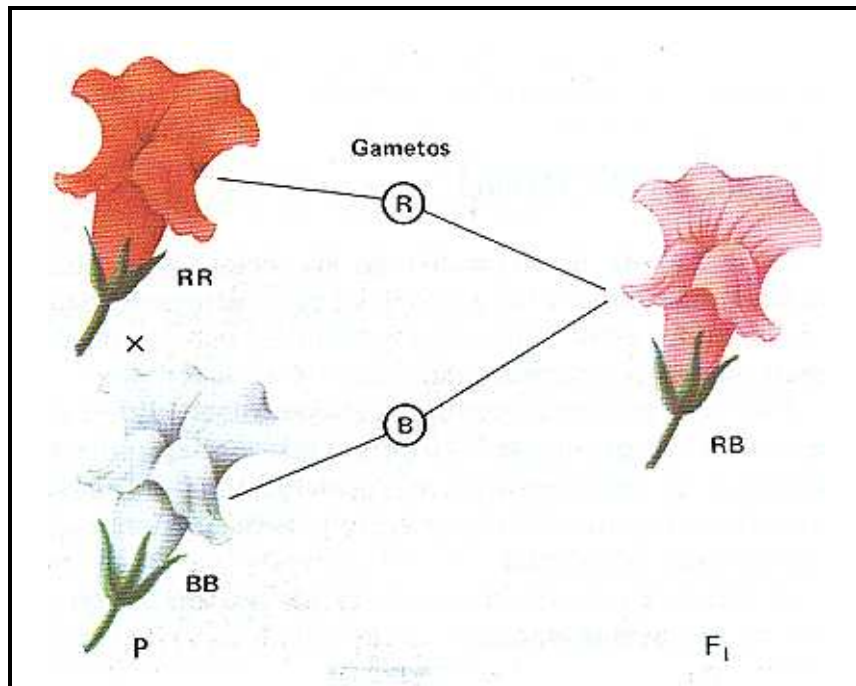


Figura 12.4.- Primera ley de Mendel en el caso de herencia intermedia.

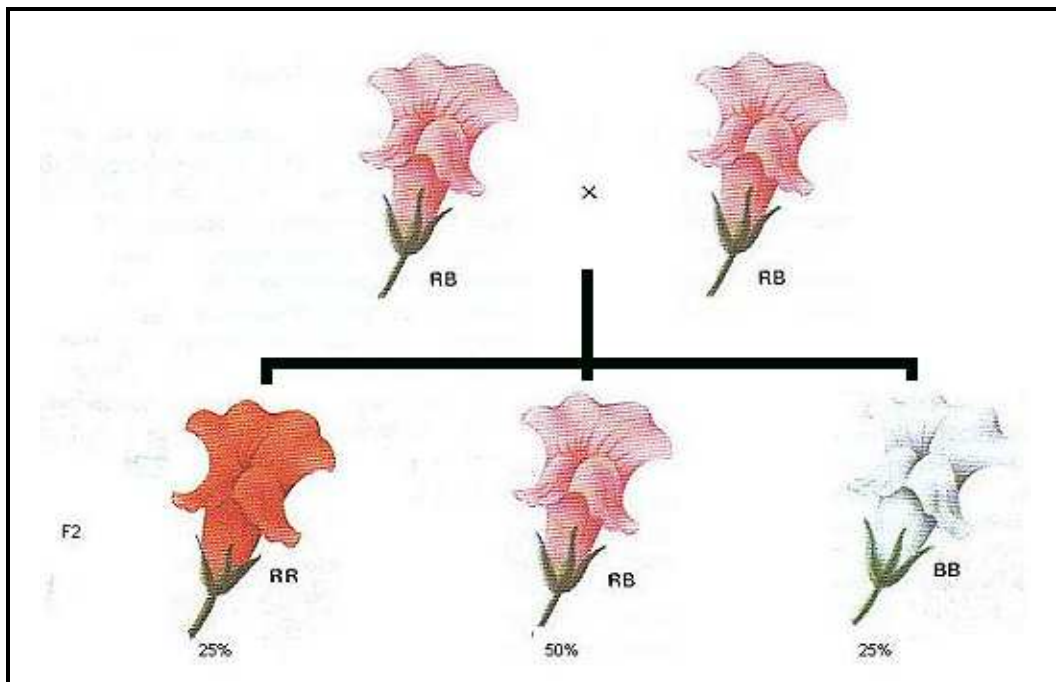


Figura 12.5.- Segunda ley de Mendel en el caso de herencia intermedia. Los porcentajes genotípicos y fenotípicos son iguales.

Como se puede deducir rápidamente se sigue cumpliendo la primera ley de Mendel pues la F_1 sigue siendo uniforme genotípicamente y fenotípicamente. En la segunda generación las proporciones genotípicas se mantienen igualmente pero las fenotípicas se modifican y se hacen iguales a las genotípicas, es decir, en la F_2 aparecerá un **25%** de individuos de genotipo **RR** y fenotipo rojo, un **50%** de individuos de genotipo **RB** y de fenotipo rosa y un **25%** de individuos de genotipo **BB** y de fenotipo blanco.

Existe un tipo de herencia parecida a la herencia intermedia que es fácilmente confundible con ella, se trata de la denominada **herencia codominante**. Este tipo de herencia consiste en que los individuos heterocigóticos en lugar de presentar un fenotipo intermedio entre el de las dos razas puras, muestran un fenotipo en el que se muestran las características fenotípicas de las dos razas puras. Un caso tipo es la herencia de los grupos sanguíneos en la especie humana. Existen cuatro grupos sanguíneos, A, B, AB y O. Los individuos de grupo AB muestran un fenotipo que recoge las características fenotípicas de los del grupo A y los del grupo B (se desarrollará en la resolución de problemas).

2.4.- Cruzamiento prueba y retrocruzamiento

Recibe el nombre de **cruzamiento prueba** el proceso utilizado para determinar si un individuo que muestra el fenotipo dominante es homocigótico o heterocigótico. Consiste en cruzar el individuo problema con un individuo que sea homocigótico recesivo y observar la descendencia (figura 12.6).

El **retrocruzamiento** es un cruzamiento que se lleva a cabo con uno de los progenitores, que si se trata del progenitor recesivo es un cruzamiento prueba, aunque para esta comprobación puede ser cualquier homocigótico recesivo.

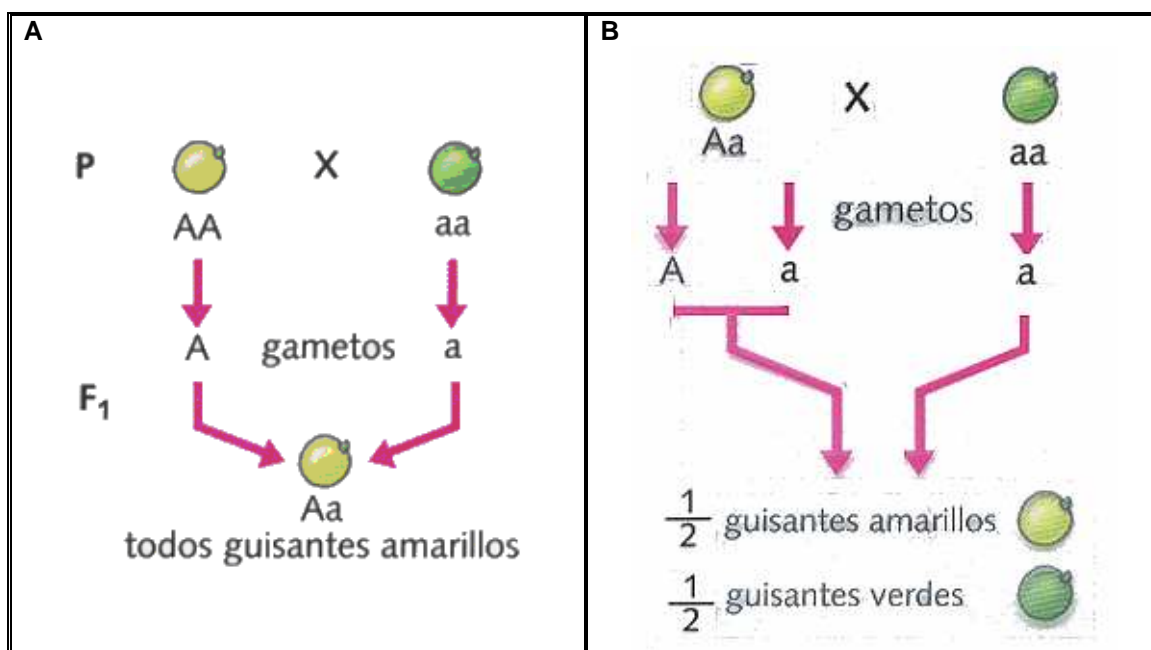


Figura 12.6.- Cruzamiento prueba. A. Si el individuo objeto del estudio es homocigótico dominante, al cruzarlo con uno homocigótico recesivo todos los descendientes mostrarán el fenotipo recesivo. B. Si es heterocigótico, al cruzarlo con el homocigótico recesivo la mitad de los descendientes serán de fenotipo dominante y la mitad de fenotipo recesivo.

2.5.- Tercera ley de Mendel

Los experimentos considerados hasta ahora atienden al comportamiento de los factores hereditarios con un solo carácter, o, dicho de otro modo, de un solo tipo de caracteres antagónicos.

Mendel fue más lejos y realizó un cruce entre plantas de guisante que diferían claramente en dos caracteres.

Cruzó plantas de semillas amarillas y lisas con otras de semillas verdes y rugosas, y obtuvo una descendencia homogénea de plantas de semillas amarillas y lisas, que posiblemente eran dihíbridos; luego permitió la autofecundación de estas plantas y de las 566 semillas que recogió en F_2 encontró que: 315 eran amarillas y lisas; 108 eran verdes y lisas; 101 eran amarillas y rugosas y, por último, 32 eran verdes y rugosas.

Dividiendo los resultados obtenidos por el menor de ellos se obtiene: $315/32=9$; $108/32=3$; $101/32=3$; $32/32=1$, es decir, la proporción entre ellas es 9:3:3:1 (figura 12.7).

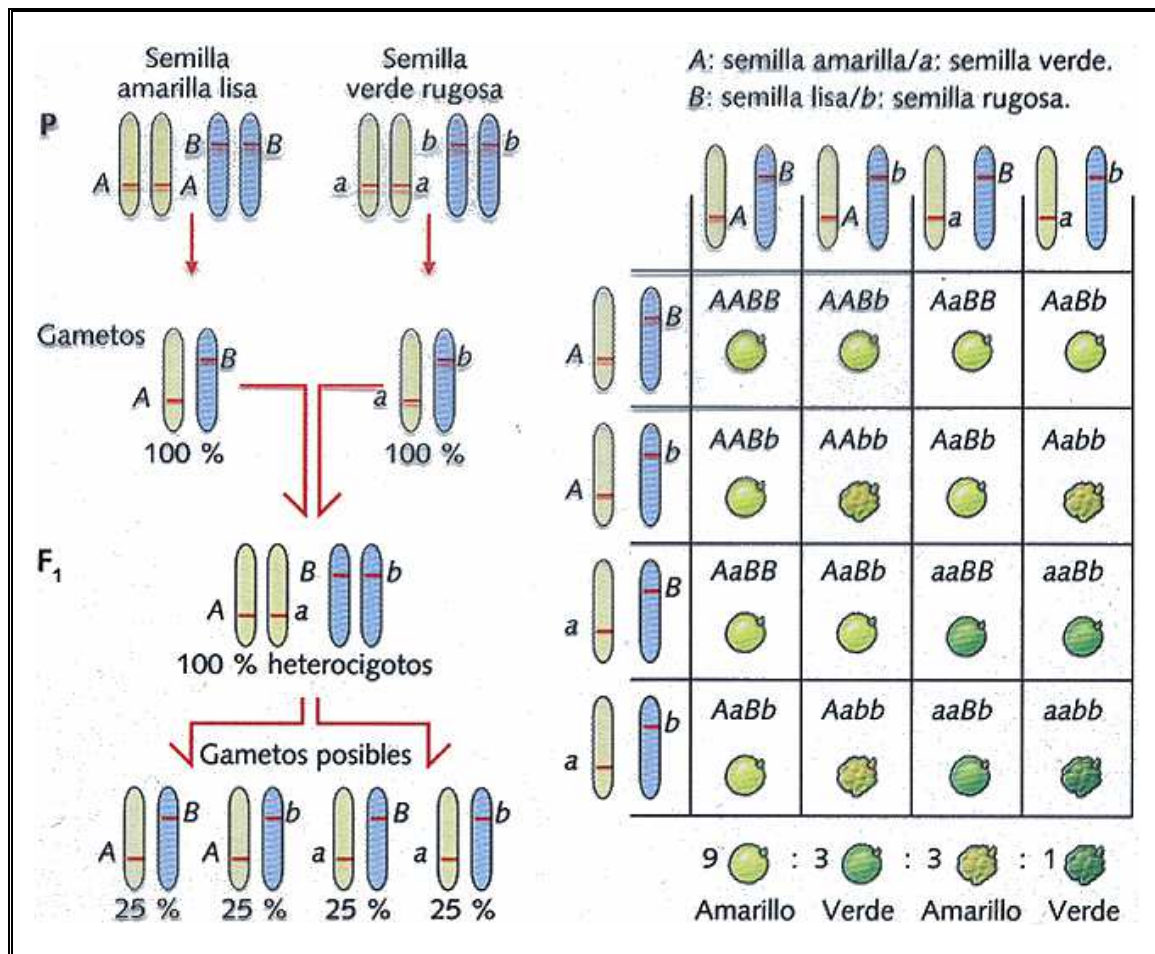


Figura 12.7.- Tercera ley de Mendel. Se muestra la localización de los genes alelos en los cromosomas homólogos así como la tabla de Punnett con las posibles combinaciones.

En cuanto a los fenotipos los resultados se expresan así:

9/16 de semilla amarilla y lisa.

3/16 de semilla amarilla y rugosa.

3/16 de semilla verde y lisa.

1/16 de semilla verde y rugosa.

Si consideramos cada carácter independientemente, los porcentajes responden a lo obtenido en la segunda ley: 75% amarillos y 25% verdes, en el caso del color. 75% lisos y 25% rugosos, en el caso de la forma de la semilla.

En base a estos datos **Mendel** enunció la tercera Ley o "**LEY DE LA TRANSMISIÓN INDEPENDIENTE DE LOS CARACTERES**", cuyo enunciado dice: "**Los factores hereditarios no antagónicos mantienen su independencia a través de las generaciones, agrupándose al azar en los descendientes**".

3.- FORMULACIÓN ACTUAL DE LAS LEYES DE MENDEL

A) **Primera ley:** "EL cruce de dos razas puras da una descendencia híbrida uniforme tanto genotípica como fenotípicamente".

B) **Segunda ley:** "Al cruzar entre sí los híbridos de la F_1 , los caracteres antagónicos que poseen se separan y se reparten entre los distintos gametos, apareciendo varios fenotipos en la descendencia".

C) **Tercera ley:** "Los distintos caracteres no antagónicos se heredan independientemente unos de otros, combinándose al azar en la descendencia".

4.- TEORÍA CROMOSÓMICA DE LA HERENCIA

En 1902, **W. S. Sutton** en Estados Unidos y **T. Boveri** en Alemania, tras observar el paralelismo que existe entre los factores hereditarios y el comportamiento de los cromosomas durante la meiosis y la fecundación, propusieron que los factores hereditarios estaban en los cromosomas. Esta afirmación constituye la base de la teoría cromosómica de la herencia.

En 1902, **Mc Clung** descubrió que, en algunos insectos los individuos de sexo masculino ♂ presentaban un número impar de cromosomas y denominó **X** al que no tenía pareja. Así, al reproducirse, los machos originaban dos tipos de espermatozoides, unos con el cromosoma **X** y otros sin él. Eran pues **heterogaméticos**.

En 1905, **Wilson y Stevens**, comprobaron, en un hemíptero, que el cromosoma **X** se hallaba en las hembras por duplicado. Así los ♂ serían **X0** y las ♀ serían **XX**. Se había encontrado una explicación para la herencia del sexo y para la proporción **1:1** entre los sexos. A la vez se confirmaba la relación entre la herencia de los caracteres y los cromosomas.

En 1909, **T. H. Morgan**, trabajó con *D. melanogaster* y encontró que los ♂ tenían tres pares de cromosomas homólogos a los que llamó **autosomas** y un par que eran parecidos entre sí pero no idénticos, a uno lo denominó **X** y al otro **Y**, y a ambos los denominó **heterocromosomas**. También se les llama cromosomas sexuales pues son los responsables del sexo del individuo. Las ♀ son **XX**, y los ♂ **XY**.

En 1911, **Morgan** descubrió, también en *D. melanogaster* que muchos caracteres se heredaban juntos. Después de hacer muchos cruces encontró cuatro grupos de genes que se heredaban ligados. Al grupo correspondiente al cromosoma **X** le llamó **primer grupo de ligamiento**.

De todos sus estudios dedujo: **LOS GENES ESTÁN EN LOS CROMOSOMAS, Y, POR TANTO, LOS QUE ESTÁN EN EL MISMO CROMOSOMA TIENDEN A HEREDARSE JUNTOS Y SE DENOMINAN GENES LIGADOS.**

Al cruzar ♂ de ojos blancos y alas reducidas (caracteres recesivos ligados al **X**) con ♀ normales, de tipo salvaje, obtuvo, en la F_2 cuatro tipos de machos: salvaje; ojos normales y alas cortas; ojos blancos y alas normales; y ojos blancos y alas reducidas. Todo esto era incompatible con que el carácter ojos blancos y alas reducidas se debiera a dos genes ligados que siempre se heredaban juntos. Tampoco se ajustaban los resultados a la herencia totalmente independiente que proponía **Mendel**, ya que son más frecuentes los individuos en los que se mantienen los dos genes ligados. Esto hizo suponer a **Morgan** que los genes se disponen linealmente en los cromosomas y estos se pueden entrecruzar (**sobrecruzamiento**, **crossing-over**) e intercambiarse fragmentos (**recombinación genética**).

Esto estaba de acuerdo con los estudios de citología sobre los cromosomas. Se había observado que en la Meiosis, durante la primera profase, las cromátidas homólogas se entrecruzaban (**Janssens, 1909**). Esto explicaría la relativa independencia con que se pueden heredar los genes que pertenecen a un mismo cromosoma. Esto fue confirmado en 1931 por **C. Stern**, en trabajos con *D. melanogaster*, y por **M. S. Creighton** y **B. McClintock**, en trabajos con maíz (*Zea mays*). Provocaban con rayos-X unas deformaciones en cromosomas

portadores de genes ligados, después del cruce se comprobaba que las deformaciones se encontraban en localizaciones diferentes, los genes ligados se heredaban por separado.

Esto confirmó totalmente la teoría cromosómica de la herencia y permitió hacer compatibles las leyes de **Mendel** con la agrupación de miles de genes ligados en un solo cromosoma, así la teoría cromosómica puede reducirse a tres puntos:

- a) Los genes están en los cromosomas.
- b) Su disposición es lineal, uno detrás de otro.
- c) Mediante sobrecruzamiento (*crossing-over*) se produce recombinación.

5.- GENES LIGADOS

La transmisión independiente de los genes, que plantea la tercera ley de Mendel, tiene un límite, pues, lógicamente, los genes situados en el mismo cromosoma permanecerán asociados al producirse la meiosis y se transmitirán unidos; son los genes ligados. Después del redescubrimiento de las leyes de Mendel, se demostró que la tercera ley presenta algunas excepciones. Dichas excepciones aparecen cuando los genes que controlan caracteres diferentes se encuentran en el mismo par de cromosomas homólogos, es decir son genes ligados que tienden a transmitirse juntos a la descendencia.

En 1911 **T. H. Morgan**, al estudiar como se transmitían dos caracteres el color del cuerpo y la longitud de las alas en *Drosophilla melanogaster* puso de manifiesto este tipo de transmisión genética. El color del cuerpo puede ser gris, determinado por un alelo b^+ negro determinado por un alelo b ; mientras que la forma de las alas es normal, determinada por un alelo vg^+ o reducidas (vestigiales), determinada por un alelo vg .

Se realizó un cruzamiento utilizando razas puras de moscas de color gris y alas vestigiales con otras de color negro y alas vestigiales, y se obtuvo una generación dihíbrida de moscas de color gris y alas normales, lo que venía a demostrar que se seguía cumpliendo la primera ley de Mendel (figura 12.8)



Figura 12.8.- Cruzamiento entre razas puras.

A continuación permitieron el cruzamiento de los individuos de la F_1 esperando obtener una segregación fenotípica de 9:3:3:1, tal y como postulaba la tercera ley de Mendel y, sin embargo el resultado obtenido no se correspondía con el esperado, y tampoco para el caso de que estos genes se heredasen ligados.

Para tratar de explicar la causa de estos resultados, aparentemente anómalos, realizaron un cruzamiento prueba entre una hembra dihíbrida de la F₁ y un macho homocigótico recesivo para ambos caracteres. Se trata de un cruzamiento que permite fijarse en el progenitor dihíbrido, ya que el otro produce únicamente gametos que portan los alelos recesivos y, por tanto, no determina el fenotipo de los descendientes. Los resultados obtenidos de este cruzamiento prueba no correspondían a los esperados (figura 12.9)

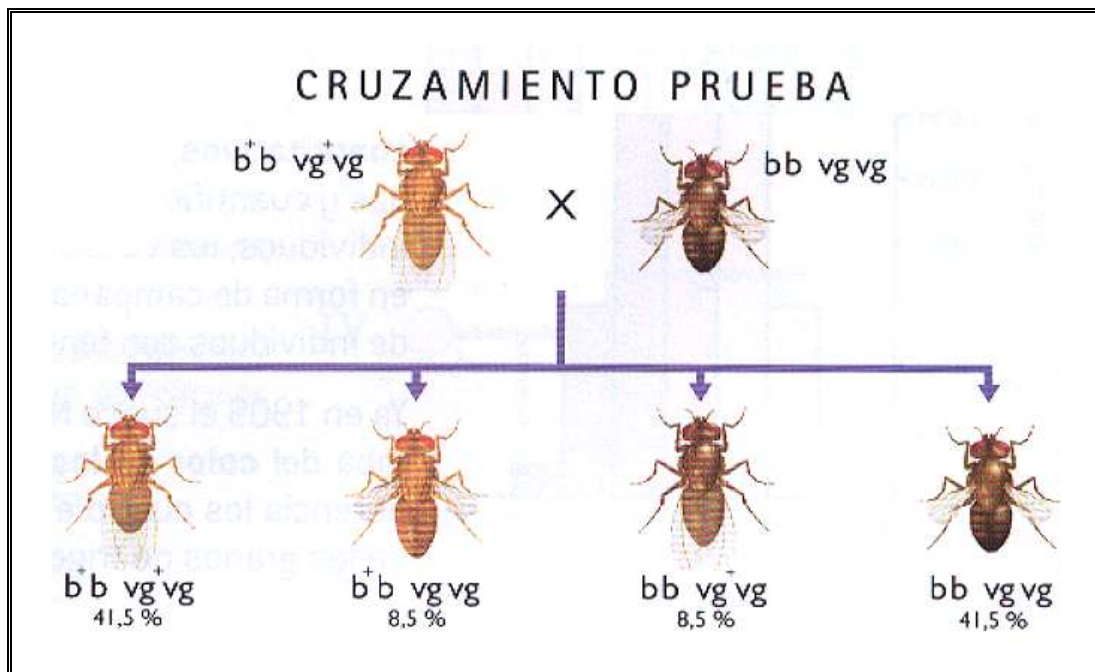


Figura 12.9.- Resultados del cruzamiento de prueba.

La explicación dada por Morgan a los resultados obtenidos fue la siguiente: los genes implicados en la transmisión de estos caracteres se encuentran en un mismo cromosoma, es decir son ligados, pero el ligamiento no es total, esto significa que estos resultados son posibles siempre que los cromosomas en los que se encuentran situados estos genes intercambien fragmentos, lo que se produce como resultado del sobrecruzamiento que ocurre en la Profase I. El resultado del entrecruzamiento es el intercambio de genes o recombinación genética, que lleva a la formación de nuevas combinaciones de genes. En el cuadro siguiente se muestra la comparación entre los resultados esperados y los obtenidos en el cruzamiento prueba.

ESTUDIO COMPARATIVO DE RESULTADOS EN EL CRUZAMIENTO PRUEBA				
Resultados	Fenotipos	Genotipos	%	Explicación
Esperados si la herencia fuese independiente	Gris ala normal	$b^+ b \text{ vg}^+ \text{ vg}$	25	La hembra produce cuatro tipos de gametos que se combinan al azar con el único tipo producido por el macho dando una descendencia cuya segregación fenotípica es 1:1:1:1.
	Gris vestigial	$b^+ b \text{ vg} \text{ vg}$	25	
	Negro normal	$b b \text{ vg}^+ \text{ vg}$	25	
	Negro vestigial	$b b \text{ vg} \text{ vg}$	25	
Esperados si el ligamiento es total	Gris normal	$b^+ b \text{ vg}^+ \text{ vg}$	50	Si los genes están en el mismo cromosoma tienden a heredarse juntos. La hembra producirá sólo dos tipos de gametos ($b^+ \text{ vg}^+$ y $b \text{ vg}$), que tras la fecundación con el único tipo de gameto masculino dará una descendencia cuya segregación fenotípica sería 1:1.
	Negro vestigial	$b b \text{ vg} \text{ vg}$	50	
Obtenidos	Gris normal	$b^+ b \text{ vg}^+ \text{ vg}$	41'5	En el 83% de los descendientes no ha existido recombinación, apareciendo las características de los progenitores, y sólo en el 17% existe recombinación y aparecen combinaciones fenotípicas nuevas.
	Gris vestigial	$b^+ b \text{ vg} \text{ vg}$	8'5	
	Negro normal	$b b \text{ vg}^+ \text{ vg}$	8'5	
	Negro vestigial	$b b \text{ vg} \text{ vg}$	41'5	

6.- LA HERENCIA DEL SEXO

Se habla de seres sexuales o con sexo cuando los individuos son capaces de dar o recibir material genético. Al individuo que da el material genético le denominamos sexo positivo (+) y al que lo recibe sexo negativo (-). Este proceso de intercambio de material genético se denomina sexualidad, y en los seres inferiores no está ligado a la reproducción.

En los seres con reproducción sexual, los fenómenos de reproducción y sexualidad se confunden, ya que se realizan a la vez y con un mismo fin: la aparición de nuevos individuos a partir de distintas recombinaciones genéticas y, por tanto, con una inmensa variabilidad entre los descendientes. En los individuos de reproducción asexual la variabilidad es fruto de la frecuencia de las mutaciones.

6.1.- Determinación del sexo

El sexo puede venir definido por un solo par de genes, por un cromosoma, por varios cromosomas, etc. El caso más importante es cuando el sexo se debe a los llamados cromosomas sexuales.

En muchas especies existen dos tipos de cromosomas: los Autosomas, que son idénticos en todos los individuos independientemente del sexo que presenten, y los heterocromosomas que aparecen en número diferente dependiendo del sexo, es decir son distintos en los individuos de sexo masculino y en los de sexo femenino.

Se distinguen dos tipos de heterocromosomas: el cromosoma **X** y el cromosoma **Y**.

La pareja **XX** determina sexo homogamético (Todos los gametos de estos individuos llevan el cromosoma **X**).

La pareja **XY** determina el sexo heterogamético (Dan lugar a dos tipos de gametos, unos con **X** y otros con **Y**). Según el sexo heterogamético corresponda al macho o a la hembra se distinguen dos mecanismos de herencia del sexo.

A.- Machos heterogaméticos:

Especie humana: ♂ **XY**; ♀ **XX**

Ortópteros: ♂ **X0**; ♀ **XX**

B.- Machos homogaméticos:

Aves: ♂ **XX**; ♀ **XY (ZW)**

Lepidópteros: ♂ (**ZZ**); ♀ (**Z0**)

En ambos casos la herencia es al 50%

6.2.- Herencia ligada al sexo

Hay caracteres que sin ser caracteres sexuales sólo aparecen en uno de los dos sexos. Veamos algunos ejemplos en la especie humana.

A) Hemofilia: Enfermedad hereditaria que se caracteriza por la no coagulación de la sangre.

Se transmite ligada al cromosoma **X**, pudiéndose encontrar los siguientes genotipos:

XX	♀ normal ;	XX^h	♀ portadora ;	X^hX^h	♀ letal
XY	♂ normal ;	X^hY	♂ hemofílico		

B) Daltonismo: Incapacidad de distinguir el color verde del rojo.

Se transmite ligado al cromosoma X

XX	♀ normal ;	X^DX	♀ portadora ;	X^DX^D	♀ daltónica
XY	♂ normal ;	X^DY	♂ daltónico		

RELACIÓN DE PROBLEMAS DE GENÉTICA MENDELIANA

HERENCIA DE UN SOLO CARÁCTER

1º.- El pelo de los cobayos es un rasgo dominante determinado por un gen **N**; su recesivo **n** condiciona pelo blanco. Cuando un cobayo negro se cruza con uno blanco, ambos de raza pura, ¿qué fracción de la **F₂** se espera que sea heterocigótica?

2º.- Varios cobayos negros con el mismo genotipo son apareados y producen 29 descendientes negros y 9 blancos. ¿Cuál es el genotipo de los padres?

3º.- Si a un cobayo negro hembra se le hace una cruce de prueba y da origen a, por lo menos, un descendiente blanco, determínese: **a)** El genotipo y el fenotipo del progenitor paterno. **b)** El genotipo de esta hembra.

4º.- Cobayos heterocigóticos negros son cruzados entre sí: **a)** ¿Cuál es la probabilidad de que los tres primeros descendientes sean alternativamente negro-blanco-negro o blanco-negro-blanco? **b)** ¿Cuál es la probabilidad de que en una descendencia de tres ratones dos sean negros y uno blanco en cualquier orden? (*Este problema se resuelve mediante el cálculo de probabilidades combinadas*).

5º.- Los colores del pelaje de la raza de ganado Shorthorn representan un ejemplo clásico de alelos codominantes. El pelo rojo está determinado por un genotipo **C^RC^R**, el pelo blanco por un genotipo **C^BC^B** y, por último, el pelo roano (manchas blancas y rojas) por el genotipo heterocigótico **C^RC^B**. **a)** Cuando dos Shorthorn roanos se cruzan entre sí ¿qué proporciones genotípicas y fenotípicas se esperan en la descendencia?. **b)** Si se cruza un Shorthorn rojo con uno roano, y la **F₁** es cruzada entre si para producir la **F₂**, ¿qué porcentaje de **F₂** será roano?

6º.- En *D. melanogaster*, los ojos de color sepia se deben a un alelo recesivo **s**; el color común, ojos rojos, a su alelo dominante **s⁺**. Si hembras con ojos sepia son cruzadas con machos comunes puros. ¿Qué proporciones genotípicas y fenotípicas podemos esperar si los machos de la **F₂** son cruzados retrógradamente con las hembras progenitoras de ojos sepia?

7º.- En el hombre la falta de pigmentación en la piel, albinismo, viene determinada por un alelo recesivo **a**; la pigmentación normal viene determinada por su alelo dominante **A**. Dos progenitores normales tienen un hijo albino. Determinar la probabilidad de que: **a)** El siguiente hijo sea albino. **b)** Los dos hijos siguientes sean albinos. **c)** Que tengan dos hijos, uno normal y otro albino. (*Probabilidades combinadas*).

8º.- El pelaje amarillo de una raza de roedores viene determinado por un genotipo homocigótico **C^AC^A**, el color blanco por otro genotipo **C^BC^B** y los individuos heterocigóticos **C^AC^B** muestran un fenotipo intermedio de color crema. ¿Qué proporciones genotípicas y fenotípicas se esperan del cruce de dos cobayos de color crema?

9º.- La forma de los rábanos puede ser larga **LL**, redonda **RR** u oval **LR**. Si se cruzan rábanos largos con rábanos ovales y después se permite que la **F₁** se cruce al azar entre sí, ¿qué proporciones genotípicas y fenotípicas esperamos en la **F₂**?

10º.- El color gris, de tipo común, del cuerpo de *D. melanogaster* está determinado por el gen dominante n^+ , su alelo recesivo n produce cuerpo de color negro. Cuando una mosca de tipo común de línea pura se cruza con otra de cuerpo negro, ¿qué fracción de la F_2 de tipo común se espera que sea heterocigótica?

11º.- Cuando dos moscas de tipo común (grises) se cruzan entre sí, se obtiene una descendencia compuesta por 152 moscas grises y 48 moscas negras. ¿Cuál será la constitución génica de los progenitores?

12º.- En el dondiego de noche, el color rojo de las flores lo determina un alelo C^R , dominante incompleto sobre el alelo que determina el color blanco C^B , siendo de color rosa las flores de las plantas heterocigóticas. Si una planta de flores rojas se cruza con otra de flores blancas. a) ¿Cuál será el fenotipo de las flores de la F_1 y de la F_2 ? b) ¿Cuál será el fenotipo de la descendencia obtenida al cruzar las plantas de la F_1 con los progenitores blanco y rojo respectivamente?

13º.- En el ratón (*Mus musculus*), el color del pelo está determinado por una serie alélica. El alelo A es letal en Homocigocis y produce color amarillo en heterocigocis; el color agoutí está determinado por el alelo A_1 y el negro por el alelo a . $A > A_1 > a$. Determinar las proporciones genotípicas y fenotípicas de la descendencia obtenida al cruzar un ratón amarillo y un agoutí, ambos heterocigóticos.

14º.- Considerando que el caballo tiene un complemento diploide de 60 cromosomas y que el asno tiene 66 cromosomas: a) Predecir el número de cromosomas que se encontrarán en la descendencia híbrida producida por un asno y una yegua. b) ¿Cuál es el número máximo de bivalentes que teóricamente pudieran formarse en la profase I del híbrido?

15º.- En las células somáticas del ratón (*M. musculus*) hay 40 cromosomas: a) ¿Cuántos cromosomas recibe el ratón de su padre? b) ¿Cuántos autosomas se encuentran en un gameto del ratón? c) ¿Cuántos cromosomas sexuales hay en un óvulo del ratón? d) ¿Cuántos autosomas se encuentran en las células somáticas de la hembra?

16º.- En una raza de ratones existen tres variedades para el color del pelaje: **amarillo, crema y blanco**. Al cruzar dos ratones de **color crema** se obtienen descendientes de las tres variedades. Deduce qué tipo de herencia presenta este carácter planteando el cruce

17º.- El pelo negro de los borregos se debe a un alelo n , recesivo frente a un alelo N que determina pelo blanco. Al cruzar un **carnero blanco** con una **oveja blanca** se obtiene un **borreguito blanco**. Cuando éste se cruza con una **oveja negra** nace un **corderito negro**. ¿Puedes deducir el genotipo de cada uno de los animales citados?

18º.- Si el padre de un niño de grupo sanguíneo O es del grupo A y la madre del grupo B , ¿qué fenotipos pueden presentar los hijos que puedan tener?

19º.- Un hombre demanda el divorcio de su esposa alegando infidelidad de esta. Tanto el primero como el segundo de sus hijos, a los que reconoce, son de grupos sanguíneo O y AB respectivamente. Tienen un tercer hijo, al que el padre no reconoce como suyo, es de tipo sanguíneo B . a) ¿Puede esta información servir de base para la demanda de esposo? b) Se hizo otra prueba en el sistema de grupos sanguíneos MN . El tercer hijo era de grupo M mientras que el padre era de grupo N . ¿Puede esta información ser usada como prueba determinante?

20º.- Una mujer normal, cuyo padre padecía hemofilia, contrae matrimonio con un hombre hemofílico. ¿Cuál serán los genotipos y los fenotipos posibles de los descendientes?

21º.- El albinismo es la falta de pigmento en la piel y en el pelo. Está determinado por un gen recesivo a . Un hombre albino, cuyos padres son normales, se casa con una mujer normal, cuya madre es albina. Entre sus hijos nace uno que es albino. Construye el árbol genealógico de la familia indicando el genotipo de cada miembro.

22º.- La ceguera total a los colores se hereda de forma recesiva autosómica. Las personas afectadas por esta enfermedad tienen la visión reducida a tonos grises y es un poco mejor en situaciones de iluminación débil. Dos personas desean contraer matrimonio y, aunque su visión es normal, ambos tienen uno de los padres afectado de ceguera total a los colores. ¿Qué probabilidad tienen de tener hijos afectados por la enfermedad?

23º.- Deduce las proporciones fenotípicas y genotípicas que se esperan en la descendencia de una mujer de grupo sanguíneo **AB** y un hombre de grupo sanguíneo **O**.

24º.- La sordomudez en la especie humana viene determinada por un genotipo recesivo **nn**, mientras que los individuos normales son de genotipo **N-**. Un varón sordomudo se casa con una mujer normal para dicho carácter. La madre de la mujer era sordomuda y el padre normal. Del matrimonio nace un hijo normal. Razona cómo será el genotipo de todos los individuos citados.

25º.- La diabetes juvenil se debe a un gen recesivo. Una pareja normal tiene un hijo diabético. ¿Qué probabilidad existe de que tengan otro hijo que presente la enfermedad?

26º.- El color del pelo en los gatos viene determinado por dos alelos situados en el cromosoma **X**, un alelo **X^A** que determina color negro y otro alelo **X^B** que determina color amarillo. Los individuos de genotipo **X^AX^B** son de color manchado. Una gata, de color negro, tiene dos gatitos manchados y uno amarillo. ¿Cuál es el genotipo del padre y el sexo y el genotipo de los tres gatitos?

27º.- Una señora con sangre de tipo **A** reclama a un torero la paternidad de su hijo de grupo sanguíneo **O**. El torero cuyo grupo sanguíneo es **A** dice que el niño no es suyo. Los padres del torero son ambos de grupo sanguíneo **AB**. ¿Quién de los dos tiene razón?

28º.- En la sandía el carácter color del fruto puede ser verde, dominante, o rayado. Una planta de una variedad homocigótica para el fruto verde se cruza con otra también homocigótica de fruto rayado. ¿Qué proporciones genotípicas y fenotípicas cabe esperar en la **F₁** y en la **F₂**?

29º.- El daltonismo es un carácter ligado al sexo en la especie humana. En un matrimonio, la mujer posee visión normal para los colores, mientras que su padre era daltónico, y su marido posee visión normal, siendo el padre de este también daltónico. ¿Qué descendencia cabe esperar de este matrimonio para dicho carácter?

30º.- En la especie ovina la **oreja peluda** domina sobre la **oreja desnuda**. Un carnero con orejas peludas se cruza con dos ovejas. De una de las ovejas, que tiene las orejas desnudas, nace un cordero con orejas peludas. De la otra oveja, también con orejas desnudas, nace un cordero con orejas desnudas. ¿Cuáles son los genotipos del carnero, de las ovejas y de los corderos?

31º.- Una mujer lleva en uno de sus cromosomas un gen letal recesivo **X^L**, y en el otro, el alelo dominante **X^N** normal. ¿Cuál será la proporción de sexos en la descendencia de esta mujer con un hombre normal **X^NY**?

HERENCIA DE VARIOS CARÁCTERES

32º.- Además del locus para el color del pelo de los cobayos (**N-** codifica pelo negro y **nn** pelo blanco), otro locus, en otro cromosoma diferente, determina la longitud del pelo, de modo que un gen dominante **C** determina pelo corto y su recesivo **c** pelo largo. Cruzamos dos razas puras, una de pelo negro y corto y otra de pelo blanco y largo. ¿Cuáles son las proporciones genotípicas y fenotípicas esperadas en **F₂**?

33º.- La forma de los rábanos puede ser larga **LL**, redonda **L'L'** y oval **LL'**. El color puede ser rojo **RR**, blanco **BB** o morado **RB**. Si una cepa larga y blanca es cruzada con otra roja y redonda, ¿qué proporciones genotípicas y fenotípicas se esperan en **F₁** y en **F₂**?

34°.- En los duraznos el genotipo homocigótico $G^O G^O$ produce glándulas ovales en la base de las hojas, el genotipo heterocigótico $G^O G^A$ produce glándulas redondas y, por último, el genotipo $G^A G^A$ produce ausencia de glándulas. En otro locus el gen dominante L produce piel peluda y su recesivo l produce piel lisa. Una variedad homocigótica con glándulas ovales y piel lisa es cruzada con otra de piel peluda y sin glándulas. ¿Qué proporciones genotípicas y fenotípicas podemos esperar en la F_2 ?

35°.- En la calabaza el color blanco de la fruta está determinado por un alelo dominante B , su recesivo b determina color amarillo. Un alelo dominante, en otro locus, F produce fruto en forma de disco, y su recesivo f fruto en forma esférica. Se cruzan dos individuos puros, uno de fruto blanco en forma de disco y otro de fruto amarillo y esférico. ¿Qué proporciones genotípicas y fenotípicas esperamos en la F_2 ?

36°.- En la cruce de progenitores $AABBCCDDEE$ y $aabbccdde$: **a)** ¿Cuántos diferentes gametos pueden formar los individuos de la F_1 ? **b)** ¿Cuántos diferentes genotipos pueden esperarse en la F_2 ? **c)** ¿Cuántos cuadros tendría la cuadrícula gamética para acomodar a la F_2 ?

37°.- Un locus genético con alelos codominantes codifica para el color de las plumas de los pollos, de modo que el fenotipo $F^B F^B$ = plumaje negro, $F^W F^W$ = plumaje blanco y $F^B F^W$ = azul. Otro locus, también con alelos codominantes, codifica para la morfología de las plumas, de manera que $M^F M^F$ = plumas anormales denominadas encrespadas, $M^N M^F$ = plumas ligeramente anormales, denominadas poco encrespadas y $M^N M^N$ = plumas de forma normal. ¿Qué proporciones fenotípicas se esperan entre la descendencia si las aves azules poco encrespadas se cruzan entre sí?

38°.- La idiocia amaurótica infantil (*enfermedad de Tay Sachs*) es una anomalía hereditaria recesiva que causa la muerte en los primeros años de vida sólo cuando es homocigótica (**ii**). La condición dominante en este locus produce un fenotipo normal (**I-**). Los dedos anormalmente cortos (*braquifalanga*) se deben a un genotipo heterocigótico (BB^L), el homocigótico (BB) es dedos normales y el homocigótico ($B^L B^L$) es mortal. ¿Cuáles son las probabilidades fenotípicas entre los niños adolescentes de padres que son tanto braquifalángicos como heterocigóticos para la idiocia amaurótica infantil?

39°.- Los pavos bronceados tienen por lo menos un alelo dominante R . Los pavos rojos son homocigóticos para su alelo recesivo rr . Otro gen dominante H produce plumas normales, y el genotipo recesivo hh produce plumas que carecen de raquis, condición que es denominada "pilosa". ¿Qué proporción de la generación F_2 producto de la cruce entre aves pilosas y bronceadas homocigóticas con aves homocigóticas de plumaje normal y rojo, será de: **a)** genotipo $Rrhh$; **b)** fenotipo bronceado y pilosas; **c)** genotipo $rrHH$; **d)** fenotipo rojo y normal; **e)** genotipo $RrHh$; **f)** fenotipo bronceado y normal; **g)** genotipo $rrhh$; **h)** fenotipo rojo y normal; **i)** genotipo $RRhh$?

40°.- Se cruzaron plantas puras de guisante con longitud de tallo alto y flores de color blanco, con otras de tallo enano y flores de color rojo, sabiendo que el tallo alto es dominante y que la flor roja también lo es, ¿cuál será la proporción de dobles heterocigotos esperados en la F_2 ?

41°.- Las plumas de color marrón para una raza de gallinas están determinadas por el alelo b^+ , dominante sobre b que determina color rojo. En otro cromosoma se encuentra el locus del gen s^+ , dominante, que determina cresta lisa, su recesivo s determina cresta arrugada. Un macho de cresta lisa y color rojo se cruza con una hembra de cresta lisa y color marrón, produciéndose una descendencia formada por: 2 individuos de cresta lisa y color marrón, 3 de cresta lisa y color rojo, 1 de cresta arrugada y color marrón y 1 de cresta arrugada y color rojo. Determinar el genotipo de los progenitores.

42°.- Considere tres pares de homólogos A/a , B/b , C/c , donde la línea de corte separa un cromosoma de su homólogo. ¿Cuántas diferentes clases de productos meióticos pueden producirse en este individuo?

43°.- En *D. melanogaster*, el color del cuerpo gris está determinado por el alelo dominante a^+ , el color negro por su recesivo a . Por otro lado, las alas de tipo normal están determinadas por un alelo dominante vg^+ y las alas vestigiales (muy reducidas) por su recesivo vg . Al cruzar moscas dihíbridas de tipo común y alas normales, se produjo una descendencia de 384 individuos. ¿Cuántos de estos se esperan de cada clase fenotípica?

44°.- Desarrolle una fórmula general que exprese el número de gametos diferentes que puede formar un individuo con K pares de cromosomas.

45°.- En el estramonio (*Datura stramonium*) el carácter flores rojas (**B**) es dominante sobre el carácter flores blancas (**b**), y el carácter cápsula con espinas (**S**) es dominante sobre el de cápsula lisa (**s**). Se cruza una variedad homocigótica de flores blancas y cápsula con espinas con otra de flores rojas y cápsula lisa también homocigótica. **a)** Cuál es el fenotipo de las plantas de la F_1 ? **b)** ¿Cuáles son las proporciones fenotípicas de la F_2 ? **c)** ¿Qué proporciones se obtendrían al cruzar una planta de la F_1 con el progenitor de flores blancas y cápsula con espinas? **d)** ¿Qué proporciones se obtendrían al cruzar una planta de la F_1 con el progenitor de flores rojas y cápsula lisa?

46°.- El color blanco del fruto de las calabazas se debe a un alelo dominante **B**, mientras que el color amarillo se debe a su alelo recesivo **b**. La forma del fruto discoidal viene determinada por un gen **D** dominante sobre otro **d** que determina forma esférica. ¿Que resultado cabe esperar en la F_1 y en la F_2 , para estos dos caracteres al cruzar una calabaza de fruto blanco y discoidal con otra amarilla y esférica siendo ambas razas puras?

47°.- Cierta especie de planta de jardín presenta variedades de flores: amarillas, blancas y pálidas. La misma planta puede tener el tallo alto, enano y mediano. Al parecer son las plantas de flores pálidas y de tallo mediano las que mejor aceptación tienen en el mercado, por lo que el jardinero decide cruzar estas plantas entre sí para asegurarse que de este modo sólo obtendrá plantas de tallo mediano y de flores pálidas, ¿cree que tendrá éxito en su negocio? Razone la respuesta mediante los cruces necesarios.

48°.- En la especie humana el color del cabello rojizo es recesivo frente al color oscuro y el color de los ojos azules es recesivo frente al color marrón. Un hombre de cabello oscuro y ojos marrones y una mujer de cabello oscuro y ojos azules tuvieron dos hijos, uno de pelo oscuro y ojos azules y otro pelirrojo y de ojos marrones. **a)** ¿Qué genotipos pueden tener los cuatro individuos? **b)** ¿Cuál sería la posible descendencia de la pareja?

49°.- ¿Qué descendencia se puede esperar respecto al grupo sanguíneo de una pareja en la que la mujer es del grupo **AB y Rh +** y el hombre es **B y Rh -**. Sabemos que el padre de ella era de **Rh -** y que la madre de él era de grupo **O**.

50°.- Elías ha tenido un accidente con la moto y necesita urgentemente una transfusión sanguínea. Su grupo es **B(+)**. Sus amigos le han llevado al hospital y están dispuestos a donar sangre. De ellos sabemos: Javier es de grupo **O** y sabe que sus padres son **Rh negativos**. Amelia no sabe cuál es su grupo pero sí que sus padres son los dos **A (+)**. Raúl desconoce su grupo pero está seguro de que su padre es del grupo **O** y de que su madre es del grupo **B**. ¿Cuál o cuáles de estos amigos podrían actuar como donantes para salvar a Elías?

51°.- En la gallina los genes de la cresta en roseta R^+ y la cresta en guisante P^+ , si se encuentran en el mismo genotipo producen cresta en nuez; de la misma manera sus respectivos alelos recesivos producen, en Homocigocis, cresta amarilla. ¿Cuál es la proporción fenotípica que se espera del cruce entre dos individuos de genotipo $R^+R P^+P$?

52°.- Las plumas de **color marrón** de una raza de gallinas vienen determinadas por un alelo **M**, dominante sobre otro **m** que determina **color rojo**. Un alelo **L** dominante determina **cresta lisa**, su recesivo **l** determina **cresta arrugada**. Un gallo de cresta lisa y color rojo se cruza con una gallina de cresta lisa y color marrón, produciéndose una descendencia formada por: 2 individuos de cresta lisa y color marrón, 3 de cresta lisa y color rojo, 1 de cresta arrugada y color marrón y 1 de cresta arrugada y color rojo. Determinar el genotipo de los progenitores.

53°.- El color de los periquitos está determinado por dos pares de genes. El primer par fabrica el pigmento **amarillo** si es **AA** o **Aa**, y no lo fabrica si es **aa**. El segundo par fabrica el pigmento **azul** si es **BB** o **Bb** y no lo fabrica si es **bb**. Si un periquito es de genotipo **aabb** no fabrica ningún pigmento y es de **color blanco**. Si por el contrario su genotipo es **AABB** fabrica los pigmentos amarillo y azul y su color será **verde (amarillo + azul)**. ¿Cuál será el genotipo de un periquito azul? ¿Cuál será el resultado del cruce entre un periquito amarillo **AAbb** y uno verde **AaBb**?

54°.- El **pelo corto** de los gatos siameses domina sobre el **pelo largo** de los gatos persas, pero el **color negro** de los gatos persas domina sobre el **color rojizo** de los gatos siameses. Si cruzamos un gato persa con uno siamés, los dos de raza pura para los caracteres que hemos considerado, ¿qué aspecto tendrían los animales de la **F₁**? Si cruzamos a los gatos de la **F₁** entre sí, ¿qué probabilidades tendríamos de obtener un gato de pelo largo y rojizo?

55°.- ¿Qué descendencia cabe esperar en un matrimonio en el que uno de los cónyuges es de grupo sanguíneo **AB** y factor **Rh negativo** y el otro es de grupo **A** y factor **Rh positivo**, sabiendo que uno de los progenitores de este último es de grupo **O** y factor **Rh negativo**?

56°.- En el cruzamiento entre dos individuos de genotipos **AaBbDDff** y **AABbddFF** todos los genes segregan independientemente y muestran dominancia. **a)** Cuántos gametos genéticamente puede formar cada parental? **b)** ¿Cuántos cigotos genéticamente diferentes se podrían producir en este cruzamiento? **c)** ¿Qué proporción de la descendencia sería heterocigótica para todos los loci?

57°.- Una mujer de **grupo sanguíneo A y de visión normal** tiene cuatro hijos con dos hombres distintos. Uno de los hombres es **daltónico y de grupo sanguíneo AB**, el otro es de **visión normal y de grupo sanguíneo A**. Los hijos son: **Varón daltónico de grupo O; mujer de visión normal y de grupo B; mujer de visión normal y de grupo O y mujer daltónica de grupo A**. **a)** ¿Cuál es el padre de cada niño? **b)** Son portadoras del daltonismo las dos hijas de visión normal?, razona la respuesta.

58°.- Señale cuál es la probabilidad de obtener:

- a)** Un cigoto **AaBb** a partir de un cruzamiento **AaBb x AaBb**.
- b)** Un cigoto **AAbb** a partir de un cruzamiento **AaBb x AaBb**.
- c)** Un fenotipo **AB** a partir del cruzamiento **AABB x aaBB**.
- d)** Un fenotipo **Ab** a partir del cruzamiento **aaBb x AABb**.

59°.- Dos plantas de tomate de raza pura se cruzan entre sí. Una de ellas produce frutos redondos y de color rojo, mientras que la otra produce frutos alargados y de color amarillento. Todos los frutos de las plantas que se obtienen en la **F₁** son redondos y de color rojo. Cruzando entre sí dos plantas de la **F₁** se obtuvo una descendencia de 1812 tomates redondos y 604 alargados. ¿Cuántos se espera que sean de color rojo y cuántos de color amarillento? ¿Qué fenotipos y en qué proporciones pueden aparecer en la **F₂**?

60°.- En la especie humana los labios gruesos dominan sobre los labios finos y, por otro lado, la sordera congénita es recesiva frente a la audición normal. ¿Cuáles son las proporciones genotípicas y fenotípicas que se esperan en la **F₂** en la descendencia entre una mujer sorda de labios gruesos y un hombre de audición normal y de labios finos, ambos de raza pura para los dos caracteres?

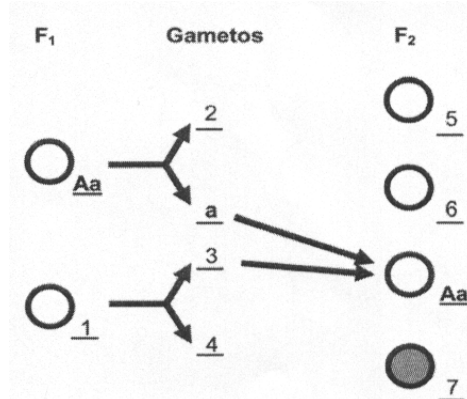
EJERCICIOS PROPUESTOS EN LAS PRUEBAS DE ACCESO (P.A.U.)

1ª.- 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:

a) Sustituya cada número por la letra o las letras correspondientes [0'7]. Complete el esquema dibujando las flechas que faltan y que relacionan los gametos con los individuos de la F₂ [0'3].

b) ¿En qué proporción se presentan los genotipos de la F₂? [0'3] ¿Y los fenotipos? [0'2] ¿Qué prueba podría realizar para averiguar si un guisante amarillo es homocigótico o heterocigótico?, explíquela [0'5]. (2007).



2ª.- 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).

3ª.- Defina los siguientes conceptos: genoma, gen, alelo, heterocigótico y herencia intermedia [2]. (2007).

4ª.- 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 qué 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).

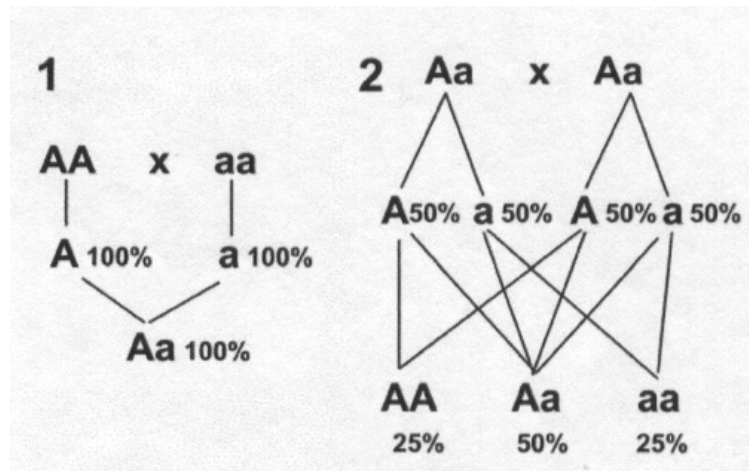
5ª.- En los humanos la fibrosis quística se produce por el alelo recesivo de un gen autosómico con dos alelos (**A**: alelo normal; **a**: alelo de la fibrosis quística). En una pareja en la que la mujer es heterocigótica y el varón presenta fibrosis quística, indique para este gen los tipos y las proporciones 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).

6ª.- Un animal hermafrodita puede autofecundarse, es decir, puede obtener descendencia mediante la fusión de sus óvulos con sus espermatozoides. Dado que todos los cromosomas de los descendientes derivarán del mismo individuo, ¿tendrán todos los descendientes el mismo genotipo y fenotipo? [1]. Razone la respuesta. (2005).

7ª.- Defina qué 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 y 2012).

8ª.- Indique las proporciones de los distintos genotipos en la descendencia del cruzamiento **AaBb x AaBb** [1]. Razone la respuesta. (2006).

9ª.- En relación con la figura adjunta responda razonadamente las siguientes cuestiones:



a) ¿Qué representan los esquemas 1 y 2? [0'5]. Indique qué representan las letras **A** y **a** [0'25] y los pares de letras **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 x aa** utilizando un esquema similar a los de la figura, incluyendo los valores de los porcentajes [0'75]. (2005).

En **2012**, se redistribuyen las puntuaciones de la siguiente manera: "Defina qué es un cruzamiento prueba [0'5] y realice un esquema del mismo utilizando símbolos genéticos [0'5]. Defina herencia intermedia [0'5] y realice un esquema de la misma usando símbolos genéticos [0'5]. Utilice para la realización de los esquemas los símbolos **A** y **a**."

10ª.- 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 qué consiste el cruzamiento prueba? [0'25]. (2006).

11ª.- 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.

a) ¿Pueden tener hijos de pelo gris y liso?. En caso afirmativo, ¿en qué porcentaje? [0'5].

b) ¿Pueden tener hijos de pelo blanco y rizado?. En caso afirmativo, ¿en qué porcentaje? [0'5]. Razone las respuestas. (2006).

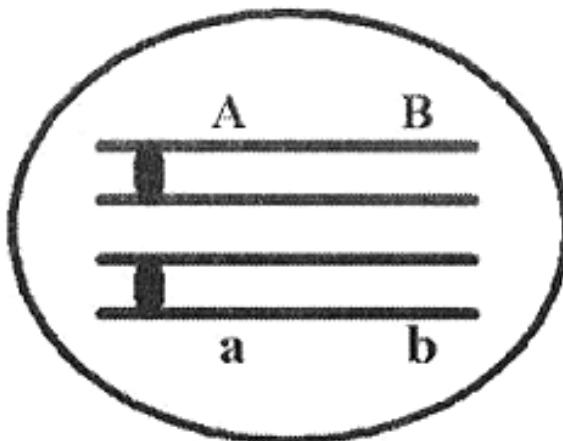
12ª.- Explique la diferencia entre los siguientes pares de conceptos: gen-alelo [0'5]; homocigótico-heterocigótico [0'5]; herencia dominante-herencia intermedia [0'5]; gen autosómico-gen ligado al sexo [0'5]. (2005).

13ª.- ¿Qué relación existe entre la replicación del ADN, la herencia biológica y la meiosis?. Razone la respuesta [1]. (2007).

14ª.- 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]. ¿Y de hijos albinos? [0'25]. Razone las respuestas. (2008).

15ª.- ¿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).

16^a.- El esquema representa los dos cromosomas homólogos de un dihíbrido para dos genes con dos alelos (**A,a; B,b**) en el período G₂ 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).



17^a.- 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).

18^a.- 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).

19^a.- 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).

20^a.- 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).

21^a.- 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 F₁ [0'25]. Indique los genotipos, fenotipos y proporciones de la descendencia del cruce de una planta de la F₁ con el progenitor de tallo largo [0'25]. Indique los genotipos, fenotipos y proporciones de la descendencia del cruce de una planta de la F₁ 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).

22^a.- La tercera ley de Mendel no se cumple en determinados casos. ¿En cuáles? Razone la respuesta [1]. (2009).

23^a.- 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).

24^a.- Defina cruzamiento prueba [0'5] y herencia intermedia [0'5]. Explíquelos mediante cruzamientos utilizando los símbolos A y a [1]. (2010).

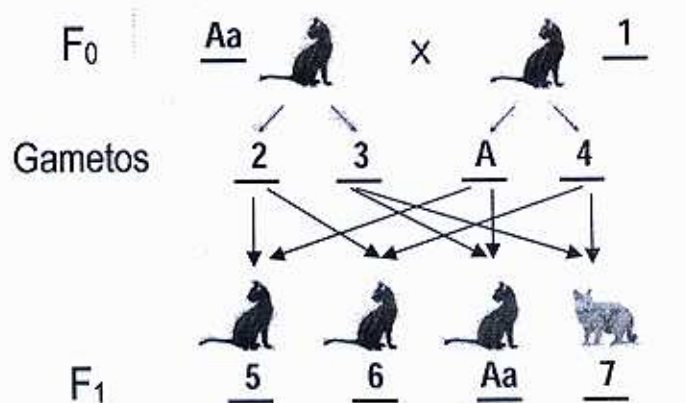
25ª.- Ni luís ni María tienen distrofia muscular de Duchenne (enfermedad ligada al sexo), pero su hijo primogénito sí. Indique se el alelo responsable es dominante o recesivo [0'3]. Y los genotipos de los padres y del hijo [0'3]. Si tienen otro hijo varón, ¿cuál es la probabilidad de que padezca esta enfermedad? [0'2] ¿Y si es una hija? [0'2]. Razone las respuestas. (2009).

26ª.- Defina: gen, genotipo, fenotipo, alelo y locus [2]. (2010).

27ª.- Las neuronas y las células epiteliales son funcional y estructuralmente diferentes. ¿Existen los mismos genes en el núcleo de una neurona y en el de una célula epitelial de un mismo individuo? Razone la respuesta [1]. (2010).

28ª.- 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 en la descendencia? [0'3].



b) ¿Cuáles serían las proporciones de los genotipos y de 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]. (2010).

29ª.- 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]. (2010).

30ª.- Un incendio ha producido grandes cambios en el fenotipo, aunque no en el genotipo, de los individuos de una población de ratones. ¿Serán estos 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. (2010).

31ª.- 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]. (2010).

32ª.- ¿Podría evolucionar una población de organismos genotípicamente idénticos que se reproducen asexualmente si no se produjeran mutaciones? Razone la respuesta [1]. (2010).

33ª.- Explique la diferencia entre las siguientes parejas de conceptos: gen y alelo [0'5], homocigótico y heterocigótico [0'5], herencia dominante y herencia intermedia [0'5], gen autosómico y gen ligado al sexo [0'5]. (2010).

34ª.- 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: simples, A: lobuladas y a: aserradas). Razone las respuestas. (2010).

35^a.- Una pareja sólo puede tener descendientes del grupo sanguíneo B heterocigóticos o del grupo O. 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 O [0'25] y cuál la de tener descendientes del grupo B [0'25]. Razone las respuestas. (2010).

36^a.- 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 en este caso [0'5]. El marido de esta mujer tiene visión normal, ¿puede la pareja tener hijas daltónicas? [0'5]. Razone las respuestas. (2011 y 2012).

En 2012, se añade que se deben realizar el/los cruzamiento(s) correspondiente(s).

37^a.- ¿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 los genotipos? [0'25] ¿Y cuáles serán los fenotipos y en qué proporción se darán? [0'5]. Razone las respuestas realizando los cruces necesarios. (2011).

38^a.- 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 las respuestas. (2011).

39^a.- 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]. (2011).

40^a.- 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. (2011).

41^a.- Enuncie [0'5] y realice un esquema de la segunda ley de Mendel [0'5]. Explique en qué consiste el cruzamiento prueba [0'5] y realice un esquema del mismo [0'5]. (2012).

42^a.- 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:

a).- ¿Qué tipos 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].

b).- Indique todos los posibles genotipos que aparecerán en la F₂ [0'45]. Indique los fenotipos y sus proporciones en la F₂ [0'55]. (2012).

