

INTRODUCCION A LA GENETICA

Introduccion a la genética

La genética es la rama de la biología que estudia los fenómenos de la herencia y el modo en que se transmiten de una generación a las siguientes. Gregorio Mendel, fue el que inicio los estudios de este asunto, mediante la observación y registracion de los fenómenos de la herencia que observaba en sus cultivos, y sus leyes son aplicables hasta hoy en aquellos casos semejantes a los por el estudiados. El criador de canarios de color, debe conocer algunos principios elementales de genética, que los usara para lograr mayor calidad en sus planteles, obtención de las líneas de color deseadas, etc. no es necesario un conocimiento profundo de esta ciencia, lo que queda para los verdaderos estudiosos del tema, profesionales y científicos.

La Herencia podemos definirla como " *El Fenomeno biológico por el cual los ascendientes transmiten a su descendencia cualidades y defectos mediante complejos mecanismos* "

Las cualidades heredables mas habituales en ornitologia son:

- Morfologia
- Color
- Salubridad
- Fertilidad

Las leyes de Mendel que rigen la transmision de caracteres hereditarios son tres:

1. Ley de la uniformidad de la primera generacion filial .
2. Ley de la separacion de los genes que forman la pareja de alelos .
3. Ley de la herencia independiente de los caracteres .

REPRODUCCIÓN

SEXUAL

Los canarios como todas las aves se reproducen sexualmente mediante la unión entre el macho y la hembra. El macho produce los espermatozoides, que penetran, mediante la copula, en la cloaca de la hembra, uno de ellos fecundara el óvulo, que a partir de allí se transformara en "huevo". Como todo ser vivo están constituidos por células, las que son de dos tipos, a) Somáticas (que forman los tejidos, la piel, órganos, etc.) b) Germinativas (son las que dan origen a los gametos, o sea los espermatozoides en el macho y los óvulos en las hembras.). Todas las células, contienen en su núcleo un número fijo de pequeños filamentos, llamados cromosomas, que se presentan siempre en pares, por lo que se denominan

“cromosomas homólogos”. En estos cromosomas se ubican los genes, que son los responsables de transmitir la información para la formación integral del organismo. Estos genes, situados en los cromosomas, también se presentan en pares, los cuales se denominan “genes alelos”. Cada par de Cromosomas puede presentar uno o más pares de genes alelos. Cada par de genes alelos comanda un carácter específico de carácter hereditario, (llamado indistintamente característica o factor), por ejemplo en canarios de color el carácter “Intenso”, se encontraría contenido en un gen, del cual su gen alelo podría ser también “intenso” o su recesivo “nevado”. Para simplificar su análisis, y dentro del contexto de conocimiento mencionado en la introducción, diremos que los canarios poseen 40 pares de cromosomas, 10 pares son de macro-cromosomas y los 30 restantes de micro-cromosomas. Aparentemente la información para los colores estaría ubicada en los macro-cromosomas. En adelante, para simplificar, nos referiremos a los macro-cromosomas como “cromosomas”.

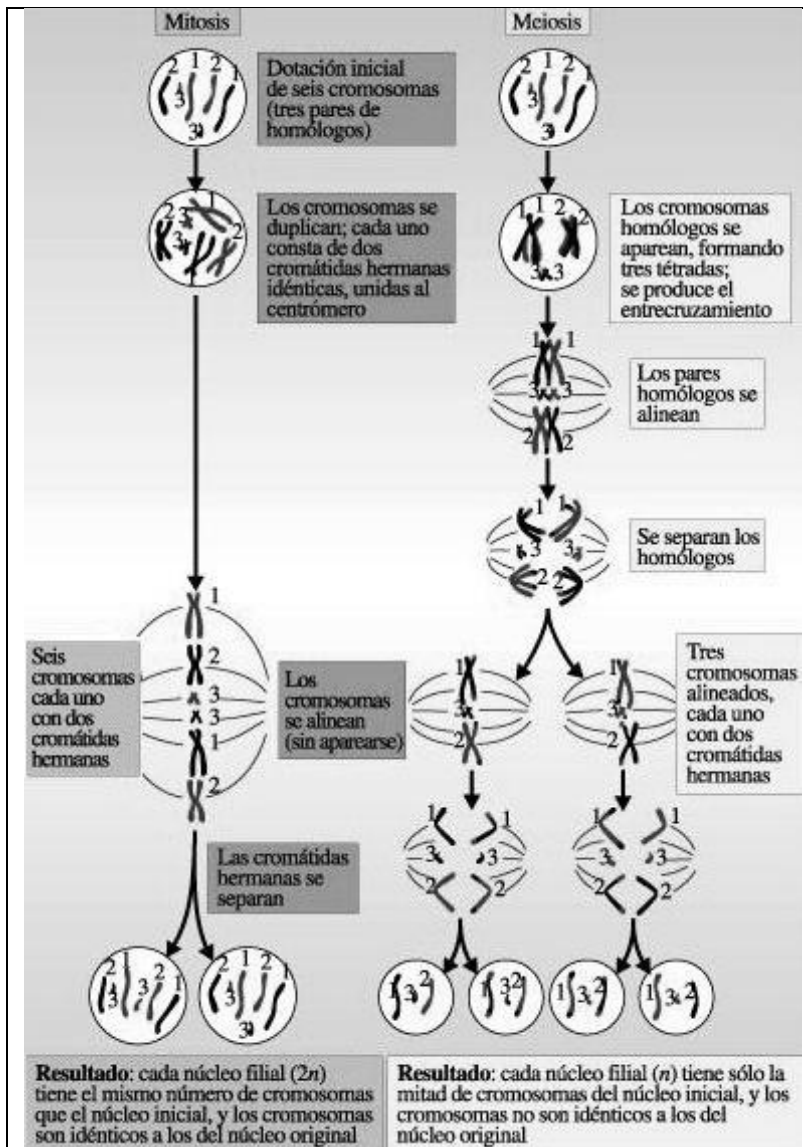
Mitosis y Meiosis

Mitosis

La mitosis es el proceso normal de división celular y constituye la modalidad utilizada por las células somáticas. El resultado es la formación de dos células hijas idénticas entre sí e iguales a la célula madre de la que proceden.

Meiosis

La meiosis es una forma especializada de división celular, que da origen a los gametos (óvulos y espermatozoides)



DIFERENCIAS ENTRE LA MIOSIS Y LA MEIOSIS

Mitosis	Meiosis
Se da en todos los tejidos. En la mayor parte de las células somáticas	Se presenta sólo en las células especializadas de la línea germinal en testículo y ovario
Empieza en el periodo de cigoto y continúa a través de toda la vida del organismo	Se presenta sólo después que un organismo superior ha empezado a madurar
Una división por ciclo	Dos divisiones por ciclo
Cada ciclo da lugar a dos productos (células hijas)	Cada ciclo da lugar a cuatro productos celulares (gametos)
Los cromosomas no se aparean. No se forman quiasmas. No hay intercambio de material genético	Los cromosomas se aparean y forman quiasmas. Hay intercambio entre homólogos
Las células hijas tienen el mismo número de cromosomas que la célula madre. Células diploides ($2n$)	Las células hijas tienen la mitad de los cromosomas de la célula madre. Células haploides (n)

INTRODUCCION A LA GENETICA

El contenido genético de los productos mitóticos es idéntico.	El contenido genético de los productos meióticos es diferente (debido a la recombinación y a la distribución independiente de los homólogos
---	--

La importancia de la meiosis se debe a dos hechos:

1. Durante la meiosis y ,debido al intercambio de material genético en el proceso de recombinación, aumenta la variabilidad genética.
2. Permite mantener constante el número de cromosomas de los individuos de una misma especie. Si durante la formación de los gametos no se redujese a la mitad el número de cromosomas éstos se irían duplicando de generación en generación.

DEFINICIÓN DEL SEXO DEL NUEVO SER.

Los 10 pares de cromosomas homólogos somáticos o autosómicos se denominan o indican como XX, tanto en los machos como en las hembras. El único par de cromosomas homólogos, sexual se denomina e indica como XY en los machos y como XX en las hembras. Convencionalmente diremos en función del análisis que nos interesa como canaricultores, aunque no sea totalmente exacto científicamente, que los cromosomas X contienen la secuencia de genes alelos, ya explicada, en tanto que el cromosoma Y de la hembra, siendo de mucho menor tamaño, no contiene genes ligados a los colores, o sea que en nuestra explicación lo consideraríamos vacío ya que no influirá en los resultados a obtener en ese campo. (Es interesante mencionar que en el ser humano, esta propiedad se invierte, lo que ha provocado que en las aves el cromosoma XX y el XY se denominen de otra manera que no introduciremos en este estudio para evitar confusiones, o sea nosotros utilizaremos la denominación clásica XX (macho) y XY (hembra). Como el cromosoma sexual del macho es XY, (ambos conteniendo genes) y la hembra posee el cromosoma sexual X (conteniendo genes) y el Y (vacío o teóricamente sin genes), de la combinación de ambos se podrá determinar el sexo de la descendencia. Esto sería así:

	Cromosomas		Combinaciones				Resultados
Hembra	X	Y	X	X	X	Y	50% Hembras
Macho	X	X	X	X	X	Y	50 % Machos

El Gen

Un GEN es un fragmento de ADN que dirige la síntesis de una proteína y que finalmente se manifiesta en un determinado carácter.

Los genes se localizan en los cromosomas. Por ello también podemos definir el gen como "una porción de cromosoma responsable de un carácter "

Tipos de Genes

Según su localización los genes pueden ser autosómicos o ligados al sexo. En el primer caso se sitúan sobre los autosomas y en el segundo sobre cromosomas sexuales.

- Genes Ligados. Genes ligados son los que se sitúan sobre el mismo cromosoma. Los genes pueden estar ligados en autosomas o en los cromosomas sexuales. En este último caso se dice que están "ligados al sexo". Los genes ligados no se distribuyen independientemente (no cumplen la 3ª ley de Mendel) sino que tienden a permanecer unidos durante la formación de los gametos, salvo que ocurra entrecruzamiento.

En el canario de color los genes ligados están en el cromosoma "Z" y son los siguientes:

- Que afectan a la melanina
 - Eumelanina negra/eumelanina marrón
 - Oxidación/Dilución
 - No satine/satine
 - no paste/pastel
- Que afectan al lipocromo
 - no marfil/marfil

Genes Letales : Son aquellos que dan lugar a la muerte del individuo, sea en período prenatal o posnatal, antes de alcanzar la madurez. un gen letal totalmente dominante produce la muerte tanto en homocigosis como en heterocigosis. Los genes letales recesivos solo son letales en homocigosis. En el canario de color se conocen dos genes letales :

INTRODUCCION A LA GENETICA

- Blanco Dominate
- Intenso.

En ambos casos se trata de alelos "dominantes" pero solo son letales en homocigosis, por lo que podríamos decir que no son totalmente dominantes. Incluso en el caso del gen "Intenso" algunos autores sostienen que existen ejemplares "doble intenso" por lo que en este caso podríamos hablar de un gen "subletal".

Los genes pueden ser:

- Ancestrales (silvestres)
- Mutados
- Dominantes
- Recesivos

Un par de genes determina un carácter. Como los cromosomas son iguales dos a dos, un carácter viene determinado por un par de genes, cada uno de ellos situado en uno de los cromosomas homólogos.

En el caso de genes "ligados al sexo" las hembras son una excepción a esta regla ya que, como sabemos, en ellas sólo hay un cromosoma portador de información genética: El cromosoma "Z" (el otro cromosoma "Y" está vacío). En este caso un carácter viene determinado por la presencia de un solo gen. En todos los demás casos, un carácter viene determinado por dos genes.

Para referirnos al color de los canarios y a la transmisión de los distintos caracteres, se usan indistintamente los términos gen, carácter, factor. Así, el gen marfil (o factor marfil) determina la aparición del carácter marfil:

(gen marfil = Factor Marfil = Carácter marfil)

Genotipo y Fenotipo

Genotipo: Se denomina genotipo al conjunto de genes que posee un individuo y que determina, en parte, la expresión de ciertos caracteres.

Fenotipo: Es el conjunto de caracteres que pueden apreciarse externamente en un individuo. Sería por tanto, la apariencia externa de un canario blanco, amarillo, intenso, nevado, oxidado, diluido, etc. Diremos pues, que el fenotipo es "la expresión de los

caracteres contenidos en el genotipo."

El fenotipo viene determinado por el genotipo del individuo (dotación genética para uno o varios caracteres) pero también está influido por el medio ambiente y por factores hormonales.

Alelos: En principio, en el canario ancestral, los dos genes que determinan un carácter son iguales, salvo que ocurra una mutación y se produzca un cambio en la información genética que lleva el gen.

Gen Ancestral: O silvestre sería el que existe originariamente

Gen Mutado: Es el que resulta modificado por la mutación.

El gen "nevado" sería el gen ancestral que determina la distribución del lipocromo en las plumas y el gen "intenso" sería el gen mutado. Y así diríamos que los genes "intenso" y "nevado" son alelos. Es decir, cada una de las formas o variantes en que puede existir un gen sería un alelo.

- El gen ancestral "*no opal*" y el gen mutado "*opal*"
- El gen ancestral "*no blanco recesivo*" y el gen mutado "*blanco recesivo*"
- El gen ancestral "*no marfil*" y el gen mutado "*marfil*".

Un gen puede sufrir más de una mutación, lo que puede llevar a la existencia de varias "*formas mutadas*" del gen ancestral. Por lo tanto, un gen puede tener más de un alelo. Este fenómeno se conoce como "*alelismo múltiple*".

Inicio

Homocigosis y Heterocigosis

Cuando los dos genes que determinan un carácter son iguales se dice que el individuo es "homocigótico" y cuando son distintos se dice que es "heterocigótico". Un sujeto "homocigótico" para el carácter marfil sería "marfil/marfil" (los dos genes iguales). Un sujeto "heterocigótico" para el carácter marfil sería "no marfil/marfil" (los dos genes diferentes, uno ancestral y otro mutado). Un individuo se considera "puro" con respecto a un factor o carácter cuando es homocigótico para dicho carácter.

Como el carácter "homocigótico" o "heterocigótico" se refiere a la información genética para un carácter, un sujeto puede ser a la vez homocigótico y heterocigótico. Homocigótico para un carácter y heterocigótico para otro. Ejemplo un canario que sea heterocigótico para el carácter marfil (no marfil/marfil) y homocigótico para el carácter nevado (nevado/nevado), se trataría de un ejemplar nevado portador de marfil.

Interacción entre alelos: La expresión de un carácter viene determinada por el

genotipo, pero a su vez esta condicionada por la interaccion entre los dos alelos responsables del caracter. Cuando los dos genes son iguales, los dos ancestrales o los dos mutados, no hay problema y la expresion del caracter es unica. Ejemplo un individuo de genotipo "nevado / nevado " tendra apariencia de nevado, un individuo de genotipo opal / opal tendra apariencia de opal. Pero cuando se trata de alelos diferentes (uno ancestral y otro mutado), es decir en caso de heterocigosis, la expresion del carcter depende de la relacion de dominancia entre los alelos.

Inicio

Caracter Dominate y Caracter Recesivo

Caracter "Dominante": En una pareja de alelos, uno de ellos puede dominar sobre el otro. el caracter "dominante" es aquel que se expresa siempre que este presente en el genotipo del individuo. En consecuencia, es suficiente que este en heterocigosis (simple dosis) para que se exprese en el fenotipo. Asi por ejemplo el gen intenso (mutado) es "dominante" sobre el gen nevado (ancestral) y cuando estan en heterocigosis (intenso/nevado) el sujeto tendra apariencia de intenso. Diremos, por tanto que el gen "intenso" es dominante y el gen "nevado" es recesivo. El caracter recesivo queda enmascarado por la accion del gen dominante.

Caracter "Recesivo": es aquel que para expresarse necesita esta en homocigosis (doble dosis). En el ejemplo anterior para que un sujeto sea nevado su genotipo tiene que ser (nevado/nevado). Para los genes ligados al sexo lo anterior es cierto para los machos, pero en las hembras es suficiente que se encuentre en "hemicigosis" (simple dosis) para que se exprese. Ejemplo gen "satine" es ligado al sexo y recesivo. Por ello para expresarse en un macho debe estar en doble dosis (satine/satine) mientras que una hembra satine lo posee en simple dosis (satine/0).

Cuando ninguno de los dos alelos predomina sobre el otro se dice que son "codominantes" o de dominancia compartida. en este caso el resultado es un fenotipo intermedio al que determina cada uno de ellos. Ejemplos: los factores "presencia de eumelanina" y "ausencia de melanina" cuyo cruzamiento daria individuos manchados (pios), el factor opal y el onix, el factor topacio y el ino.

Un canario se dice que es "portador" cuando en su genotipo lleva una informacion que no se manifiesta en el fenotipo, pero que puede transmitirla a su descendencia. Dicho de otra forma seria un individuo "heterocigotico" para un caracter recesivo. De hecho no existen portadores de caracteres dominantes y solo hablaremos de "portadores" refiriendonos a caracteres recesivos. Por ejemplo, un canario de genotipo "intenso/nevado" tendria apariencia de intenso (dominante) y diriamos que es portador del caracter nevado (recesivo). Aunque no exprese el caracter nevado porque es enmascarado por el caracter intenso (dominante) puede transmitir dicho caracter a sus

descendientes. Para los genes ligados al sexo las hembras no pueden ser portadoras. Para indicar que un canario es portador se utiliza el símbolo "/" antes del carácter que porta ejemplo un canario amarillo portador de blanco recesivo se indicaría "amarillo/blanco recesivo". esta terminología se refiere siempre al genotipo del ejemplar.

Tipos de herencias

Tipos de herencias: En la relación a la interacción entre los alelos, la localización de los genes en los cromosomas y los factores que influyen en la expresión del genotipo se suelen distinguir distintos tipos de herencia: autosómica, ligada al sexo, dominante, recesiva, codominante, influida por el sexo.

- *Herencia autosómica*: Cuando en la transmisión de un carácter intervienen "genes autosómicos" (localizados en los autosomas). Ej.: El carácter opal, topacio, eumo, onix, etc..
- *Herencia ligada al sexo*: Cuando en la transmisión de un carácter intervienen "genes ligados al sexo" (situados en los cromosomas sexuales). Ej.: El factor marfil, pastel, etc..
- *Herencia influida por el sexo*: Cuando el sexo del ejemplar influye en la expresión de un carácter. Suele deberse a la influencia de las hormonas sexuales. Ej.: el factor mosaico, el factor alas grises.
- *Herencia dominante*: Cuando en la transmisión de un carácter intervienen genes dominantes. En este caso es suficiente la presencia del gen en heterocigosis (simple dosis) para que se manifieste. No existen portadores. Ej.: el Factor blanco dominante, el factor intenso.
- *Herencia recesiva*: Cuando en la transmisión de un carácter intervienen genes recesivos, es decir aquellos que deben estar en homocigosis (doble dosis) para expresarse en el fenotipo. En este caso sí que existen "portadores" Ej.: el blanco recesivo, el factor opal.
- *Herencia codominante (o intermedia)*: cuando en la transmisión de un carácter intervienen genes codominantes, de manera que ninguno de los dos alelos dominan sobre el otro originando fenotipos intermedios. Ej.: el factor opal y el factor onix, el factor topacio y el factor ino.

En el canario de color encontramos también diferentes combinaciones entre los distintos tipos de herencia enumerados.

- Herencia autosómica recesiva. Ej.: factor opal, factor topacio.
- Herencia autosómica dominante. Ej.: factor intenso, factor blanco dominante.
- Herencia recesiva ligada al sexo. Ej.: factor marfil, factor pastel
- Herencia autosómica influida por el sexo. Ej.: factor mosaico, factor alas gris

Epistasia

Epistasia. La “epistasia” es una forma de interacción génica (entre dos o más pares de genes) y se presenta cuando un determinado carácter depende de la información contenida en otro u otros genes. Al gen que suprime o enmascara la manifestación de otro se le llama “gen epistático” y al gen suprimido se le conoce como “gen hipostático”. Aunque existen hasta seis posibilidades de interacciones epistáticas, aquí sólo veremos los dos tipos que se conocen en canaricultura de color.

(a) El gen “blanco recesivo” en homocigosis es epistático respecto a los genes “blanco dominante”, “rojo”, “amarillo”, “marfil” y los que determinan la categoría (intenso, nevado y mosaico). Es decir que el carácter “blanco recesivo” enmascara la presencia de cualquiera de los factores enumerados, que se comportarían como genes “hipostáticos”.

Este tipo de epistasia se conoce como “epistasia simple recesiva” y hace variar las proporciones de la 3ª ley de Mendel (de 9:3:3:1 pasan a 9:3:4). En la práctica un canario con fenotipo de “blanco recesivo” puede ser a la vez “blanco dominante” o “rojo” o “intenso”, etc., aunque no lo manifieste. Este hecho explica que en los cruzamientos en los que están implicados ejemplares “blanco recesivo” puedan aparecer descendientes con fenotipos inesperados como por ejemplo rojo, rojo mosaico, blanco dominante, etc.

(b) El gen “blanco dominante” es epistático sobre los genes amarillo, rojo, marfil y los que determinan la categoría (intenso, nevado y mosaico). El gen “blanco dominante” enmascara la expresión de los factores citados, aunque estén presentes. En este caso se denomina “epistasia simple dominante” y, como en el caso anterior, este fenómeno hace cambiar las proporciones clásicas de la 3ª ley de Mendel (de 9:3:3:1 pasan a 12:3:1). Así, un sujeto “Blanco dominante” puede ser portador de blanco recesivo, mosaico, rojo, etc., y aparecer en su descendencia ejemplares con esas características.

2) Otra forma de interacción entre genes, sería la relación de dominancia, semidominancia o codominancia, que ocurre entre distintos genes. Es el caso del factor rojo y el factor amarillo, dos genes diferentes que interactúan de forma codominante. El cruce de un ejemplar amarillo con otro rojo da la descendencia de color naranja. También encontramos interacciones de este tipo entre el gen mosaico y el gen intenso/nevado. Otros ejemplos de este tipo de interacción lo tenemos al considerar que un ejemplar

- negro es dominante sobre bruno, ágata e isabela;
- el bruno es dominante sobre el isabela;

- el ágata es dominante sobre el isabela (en estos casos es el resultado de la relación de dominancia entre los genes eumelanina negra/eumelanina marrón y oxidación/dilución cuando los consideramos en distintas combinaciones).

Genes conocidos en el canario de color

Es costumbre en Genética utilizar fórmulas y esquemas en los que los genes (factores o caracteres) se representan mediante símbolos de una o más letras que, generalmente, corresponden a las iniciales del fenotipo en cuestión en el idioma del país fijador de la mutación. Se conoce como nomenclatura internacional de Weerkamp.

Los factores dominantes (o codominantes) se representan con letras mayúsculas y los recesivos con minúsculas. Los genes ancestrales (no mutados, silvestres) se representan añadiendo el superíndice "+". Así, por ejemplo, el carácter "blanco dominante" se representa por CB (del alemán Carotinoide Belleting: "inhibición de los carotenoides"). El gen ancestral (no mutado) sería CB⁺ (no blanco dominante). El carácter blanco recesivo se representa por cb para el gen mutado y cb⁺ para el gen ancestral. En este caso, por tratarse de un carácter recesivo se representa en minúsculas.

En la práctica resulta muy útil la utilización de estos símbolos para expresar los distintos genotipos de los canarios e igualmente a la hora de realizar cruzamientos. La representación, mediante los símbolos genéticos, del genotipo de un canario se conoce como la "fórmula genética". Los dos genes responsables de un carácter se representan separados por una barra inclinada (cb/cb⁺) aunque a veces, por simplificar, prescindiremos de la barra y escribiremos simplemente cbc⁺.

GENES CONOCIDOS EN EL CANARIO DE COLOR.

Antes de entrar en más detalles sobre las fórmulas genéticas, pasemos a relacionar los distintos genes conocidos en el canario de color, sus símbolos y las relaciones de dominancia entre ellos: Mutantes autosómicos (Situados en cromosomas no sexuales o autosomas). Para todos ellos el genotipo es el mismo en machos y hembras

1. *E⁺/E*: Presencia/ausencia de melanina en el plumaje. El gen mutado *E* es codominante respecto a *E⁺*. Así, el genotipo *E⁺/E⁺* corresponde a un canario ancestral melánico, *E/E* corresponde a un canario mutado lipocrómico y *E⁺/E* corresponde a un canario pío (manchado).

2. *CB⁺/CB*: No blanco dominante/Blanco dominante. Fijación del lipocromo en las plumas/inhibición parcial de la fijación del lipocromo en las plumas. El gen mutado *CB* (blanco dominante) es dominante respecto al gen ancestral *CB⁺*. Además, el gen *CB* es letal en homocigosis. Así, el genotipo *CB⁺/CB⁺* corresponde a un canario ancestral "no blanco dominante" (ej.: amarillo, rojo) y *CB⁺/CB* a un canario "blanco dominante".

Los individuos CB/CB, no serán viables, ya que el gen CB es letal en homocigosis.

3. *cb⁺/cb*: No blanco recesivo/Blanco recesivo. Fijación del lipocromo en las plumas/inhibición total de la fijación del lipocromo en las plumas. El gen mutado *cb* (blanco recesivo) es recesivo respecto al gen ancestral *cb⁺*. En este caso tendremos tres posibles genotipos: *cb⁺/cb⁺*, canario ancestral “no blanco recesivo” (amarillo, rojo), *cb/cb*, canario mutado “blanco recesivo” y *cb⁺/cb*, canario portador de blanco recesivo.

4. *I⁺/I*: Nevado/Intenso. Corresponde a la extensión del lipocromo en las plumas. El gen mutado “I” (intenso: extensión del lipocromo hasta el ápice de la pluma) es dominante sobre el gen ancestral *I⁺* (nevado). Además, el gen *I* es letal en homocigosis (semiletal según algunos autores). Tendremos los siguientes posibles genotipos: *I⁺/I⁺*, canario ancestral “nevado” y *I⁺/I*, canario mutado “intenso” (portador del carácter nevado). Los individuos homocigóticos *I/I* no serían viables (Según algunos autores sí que existen estos individuos, aunque presentarían defectos en el plumaje y salud deficiente. A estos ejemplares se les llama “doble intensos”).

5. *B⁺/B*: Presencia/ausencia de feomelanina. Corresponde al “factor azul” o “factor de refracción”. El gen mutado *B* (ausencia de feomelanina) es semidominante sobre el gen ancestral *B⁺*. Tenemos tres genotipos posibles: *B⁺/B⁺*, canario ancestral con feomelanina, *B/B*, canario mutado sin feomelanina (“azul”) y *B⁺/B*, que correspondería a un canario intermedio en cuanto a la presencia de feomelanina (portador de *B*). Actualmente se considera que el “factor azul” sería una mutación autosómica “recesiva” y en tal caso habría que representarlo en minúscula (*b*). También se ha sugerido el símbolo “sb”. Otros autores piensan que se trata de un factor acumulativo.

6. *ino⁺/ino*: Formación completa de melaninas/Inhibición parcial de la formación de melaninas en plumas y ojos. El gen mutado *ino* es recesivo respecto al gen ancestral *ino⁺*. Genotipos posibles: *ino⁺/ino⁺*, canario ancestral con formación completa de melaninas; *ino/ino*, canario mutado (que presenta exclusivamente feomelanina) ; *ino⁺/ino*, canario de apariencia normal portador del factor *ino*.

7. *so⁺/so*: No opal/opal. El gen mutado *so* es recesivo respecto al gen ancestral *so⁺*. Genotipos posibles: *so⁺/so⁺*, canario ancestral “no opal”; *so/so*, canario mutado “opal”; *so⁺/so*, canario de apariencia normal portador del factor opal.

8. *G⁺/G*: Factor amarillo simple/Doble factor amarillo. El gen mutado *G* es codominante respecto al gen ancestral *G⁺*. Genotipos posibles: *G⁺/G⁺*, canario ancestral de tonalidad amarilla pálida; *G⁺/G*, canario de tonalidad amarilla intermedia (portador de “doble factor amarillo”); *G/G*, canario mutado de tonalidad “amarilla fuerte”. Los franceses representan este factor por *J⁺/J*.

9. *to⁺/to*: No topacio/topacio. El gen mutado *to* es recesivo respecto al gen ancestral *to⁺*. Genotipos posibles: *to⁺/to⁺*, canario ancestral “no topacio”; *to/to*, canario mutado

“topacio”; to^+/to , canario de apariencia normal portador del factor topacio.

10. eu^+/eu : *No eumo/eumo*. El gen mutado eu es recesivo respecto al gen ancestral eu^+ . Genotipos posibles: eu^+/eu^+ , canario ancestral “no eumo”; eu/eu , canario mutado “eumo”; eu^+/eu , canario de apariencia normal portador del factor eumo.

11. $onix^+/onix$: *No onix/onix*. El gen mutado $onix$ es recesivo respecto al gen ancestral $onix^+$. Genotipos posibles: $onix^+/onix^+$, canario ancestral “no onix”; $onix/onix$, canario mutado “onix”; $onix^+/onix$, canario de apariencia normal portador del factor onix.

12. co^+/co : *No cobalto/cobalto*. El gen mutado co es recesivo respecto al gen ancestral co^+ . Genotipos posibles: co^+/co^+ , canario ancestral “no cobalto”; co/co , canario mutado “cobalto”; co^+/co , canario de apariencia normal portador del factor cobalto.

13. ag^+/ag : *No alas grises/ alas grises*. El gen mutado ag es recesivo respecto al gen ancestral ag^+ . Genotipos posibles: ag^+/ag^+ , canario ancestral “no alas grises”; ag/ag , canario mutado “alas grises”; ag^+/ag , canario de apariencia normal portador del factor alas grises.

14. m^+/m : *No mosaico/mosaico*. No es un gen propio del canario. Se introdujo por hibridación. m^+ y m no son alelos. Podría asimilarse a un gen “autosómico” de expresión variable según se encuentre en simple dosis ($m^+ m$) o doble dosis (m^+m^+). Genotipos posibles (igual para machos y hembras): m^+m^+ , canario ancestral “no mosaico”; m^+m , canario “mosaico incipiente” (considerado también como portador de mosaico); m^+m^+ , canario “mosaico”

Influido por el sexo. Hipostático respecto a CB y cbc. Un ejemplar blanco recesivo o blanco dominante puede ser mosaico (“portador” de mosaico).

15. r^+/r : *Factor rojo*. No es un gen propio del canario. Se introdujo por hibridación. r^+ y r no son alelos. Podría asimilarse a un gen “autosómico” de expresión variable según se encuentre en simple dosis ($r^+ r$) o doble dosis ($r^+ r^+$). Genotipos posibles (igual para machos y hembras): $r r$, canario ancestral “no rojo”; r^+r , canario “rojo simple dosis” (considerado también como portador de rojo); r^+r^+ , canario “rojo”. Hipostático respecto a CB y cbc. Un ejemplar blanco recesivo o blanco dominante puede ser “portador” de rojo. Su expresión también está influida por el genotipo del lipocromo amarillo (G^+G^+ , G^+G o GG)

16. Mutaciones “Pico rojo” y “Pico amarillo”. Son las últimas aparecidas en el canario de color. Son autosómicas y recesivas.

Localización de estos genes: Se supone (asume) que cada uno de estos genes autosómicos está situado en un cromosoma distinto.

Mutantes ligados al sexo (Situados en el cromosoma sexual "Z"). En este caso el genotipo es distinto en machos y hembras y sólo los machos pueden ser portadores del carácter mutado.

1. z^+/z : *Eumelanina negra/Eumelanina marrón (bruna)*. El gen mutado "z" es recesivo respecto al gen ancestral "z⁺". Genotipos posibles: ♂ z^+/z^+ , macho ancestral negro; ♂ z^+/z , macho negro portador de eumelanina marrón; ♂ z/z , macho mutado bruno; ♀ $z^+/0$, hembra ancestral negra; ♀ $z/0$, hembra mutada bruna.

2. rb^+/rb : *Oxidación/Dilución*. El gen mutado "rb" es recesivo respecto al gen ancestral "rb⁺". Genotipos posibles: ♂ rb^+/rb^+ , macho oxidado; ♂ rb^+/rb , macho oxidado portador de dilución; ♂ rb/rb , macho mutado diluido; ♀ $rb^+/0$, hembra oxidada; ♀ $rb/0$, hembra mutada diluida.

3. rz^+/rz : *No pastel/Pastel*. El gen mutado "rz" es recesivo respecto al gen ancestral "rz⁺". Genotipos posibles: ♂ rz^+/rz^+ , macho "no pastel"; ♂ rz^+/rz , macho portador de pastel; ♂ rz/rz , macho mutado pastel; ♀ $rz^+/0$, hembra no pastel; ♀ $rz/0$, hembra mutada pastel.

4. sc^+/sc : *No marfil/Marfil*. El gen mutado "sc" es recesivo respecto al gen ancestral "sc⁺". Genotipos posibles: ♂ sc^+/sc^+ , macho "no marfil"; ♂ sc^+/sc , macho portador de marfil; ♂ sc/sc , macho marfil; ♀ $sc^+/0$, hembra no marfil; ♀ $sc/0$, hembra marfil.

5. st^+/st : *No satiné/Satiné*. El gen mutado "st" es recesivo respecto al gen ancestral "st⁺". Genotipos posibles: ♂ st^+/st^+ , macho ancestral "no satiné"; ♂ st^+/st , macho portador de satiné; ♂ st/st , macho mutado satiné; ♀ $st^+/0$, hembra no satiné; ♀ $st/0$, hembra mutada satiné.

NOTA IMPORTANTE: En la actualidad se considera que el gen satiné es un alelo del gen rb^+ . Es decir el gen ancestral rb^+ tendría dos alelos: rba (dilución) y rbs (satiné). No obstante, a los efectos de la formulación genética y cruzamientos no afecta considerarlo de una u otra forma. Nosotros, por sencillez utilizaremos los símbolos rb^+ (oxidación), rb (dilución) y st (satiné).

Si consideramos el gen satiné alelo del de oxidación y del de dilución, cuando el gen satiné se encuentre en doble dosis inhibirá la presencia de los otros dos por lo cual en el primer caso nos faltaran las melaninas diluidas ágata e isabel y el pájaro no será un pasaportodo, sino solo parcialmente. En el segundo caso, *ágata/satiné* y *eumelanina marrón*, nos falta el gen "oxidación" por lo que no podríamos obtener negros ni brunos y por lo tanto tampoco sería un pasaportodo.

Inicio

Comportamiento genético de los distintos factores en el canario de color	
Blanco dominante (CB)	Autosómico dominante. En realidad es un gen "semidominante" o de dominancia incompleta ya que en los ejemplares heterocigóticos aparecen incrustaciones lipocrómicas en determinadas zonas del plumaje (su acción, inhibición de la fijación del lipocromo, es incompleta). Genotipo: CB ⁺ CB (igual en machos y hembras). No hay portadores (salvo en el caso especial de los blancos recesivos) (ver blanco recesivo) Letal en homocigosis. Epistático de los genes amarillo, rojo, marfil y los que determinan la categoría (intenso, nevado, mosaico)
Intenso (I)	Autosómico dominante. Genotipo: I ⁺ I (igual en machos y hembras) No hay portadores. Letal en homocigosis. (Subletal según algunos autores. Podrían existir los ejemplares doble intenso)
Ausencia de melaninas (E)	Autosómico codominante. Genotipo: E E (igual en machos y hembras) Hay portadores (machos y hembras): E ⁺ E (píos)
Doble factor amarillo (G)	Autosómico codominante. Genotipo: G G (igual en machos y hembras) Hay portadores (machos y hembras): G ⁺ G
Blanco recesivo (cb)	Autosómico recesivo. Genotipo: cb cb (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): cb ⁺ /cb Epistático en homocigosis sobre los genes amarillo, rojo, blanco dominante, marfil y los que determinan la categoría (intenso, nevado, mosaico). Debido al efecto epistático de cbcb sobre el blanco dominante (CB ⁺ CB) un ejemplar blanco recesivo puede ser a la vez blanco dominante, aunque no se aprecie. Estos ejemplares se pueden considerar como "portadores de blanco dominante"
Ino (ino)	Autosómico recesivo. Genotipo: ino ino (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): ino ⁺ /ino
Opal (so)	Autosómico recesivo. Genotipo: so so (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): so ⁺ /so
Topacio (to)	Autosómico recesivo. Genotipo: to to (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): to ⁺ /to
Eumo (eu)	Autosómico recesivo. Genotipo: eu eu (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): eu ⁺ /eu

INTRODUCCION A LA GENETICA

Onix(onix)	Autosómico recesivo. Genotipo: onix onix (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): onix ⁺ /onix
Azul (b)	Autosómico recesivo. Genotipo: b b (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): b ⁺ /b
Cobalto(co)	Autosómico recesivo. Genotipo: co co (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): co ⁺ /co
Eumelanina marron (z)	Recesivo ligado al sexo. Genotipo: z z (macho), z 0 (hembra) Los machos pueden ser portadores (z ⁺ z). Las hembras no.
Dilucion (rb)	Recesivo ligado al sexo. Genotipo: rb rb (macho), rb 0 (hembra) Los machos pueden ser portadores (rb ⁺ rb). Las hembras no.
Pastel (rz)	Recesivo ligado al sexo. Genotipo: rz rz (macho), rz 0 (hembra) Los machos pueden ser portadores (rz ⁺ rz). Las hembras no.
Satine (St)	Recesivo ligado al sexo. Genotipo: st st (macho), st 0 (hembra) Los machos pueden ser portadores (st ⁺ st). Las hembras no.
Marfil (sc)	Recesivo ligado al sexo. Genotipo: sc sc (macho), z 0 (hembra) Los machos pueden ser portadores (sc ⁺ sc). Las hembras no.
Factor Rojo (r ⁺)	No es un gen propio del canario. Se introdujo por hibridación. No muestra "exactamente" comportamiento mendeliano. r ⁺ y r no son alelos Para los cruzamientos podría asimilarse a un gen "autosómico" de expresión variable según se encuentre en simple dosis (r ⁺ r) o doble dosis (r ⁺ r ⁺). Su expresión también está influida por el genotipo del lipocromo amarillo (G ⁺ G ⁺ , G ⁺ G o GG) Genotipo: Igual para machos y hembras (r ⁺ r ó r ⁺ r ⁺). No se puede hablar de verdaderos "portadores" ya que se expresa, en mayor o menor grado, según esté en simple o doble dosis. Hipostático respecto a CB y cbcb. Un ejemplar blanco recesivo o blanco dominante puede ser "portador" de rojo.
Factor mosaico (m ⁺)	No es un gen propio del canario. Se introdujo por hibridación. No muestra "exactamente" comportamiento mendeliano. m ⁺ y m no son alelos Para los cruzamientos podría asimilarse a un gen "autosómico" de expresión variable según se encuentre en simple dosis (m ⁺ m) o doble dosis (m ⁺ m ⁺). Su expresión también está influida por el sexo. Genotipo: Igual para machos y hembras (m ⁺ m ó m ⁺ m ⁺). No se puede hablar de verdaderos "portadores" ya que se expresa, en mayor o menor grado, según esté en simple o doble dosis. Hipostático respecto a CB y cbcb. Un ejemplar blanco recesivo o blanco dominante puede ser "portador" de mosaico

Factor "alas grises"(ag)	Autosómico recesivo. Genotipo: ag/ag (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): ag ⁺ /ag Influido por el sexo. Se expresa mejor en los machos. El fenotipo "alas grises" sólo se expresa en los "negro-pastel"
Factor "pico rojo"	Autosómico recesivo. No tiene asignado símbolo. ¿"pr"? Genotipo: pr/pr (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): pr ⁺ /pr
Factor "pico amarillo "	Autosómico recesivo. No tiene asignado símbolo. ¿"pa"? Genotipo: pa/pa (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): pa ⁺ /pa
	<u>Inicio</u>

Leyes de Mendel

Gregorio Mendel, considerado como el padre de la Genética, a partir de sus experiencias con guisantes, llegó a una serie de conclusiones conocidas como Leyes de Mendel, que rigen la transmisión de los caracteres hereditarios y son la base de esta ciencia.

Las leyes de Mendel son tres:

- 1^a) Ley de la uniformidad de la primera generación filial
- 2^a) Ley de la separación de los genes que forman la pareja de alelos
- 3^a) Ley de la herencia independiente de los caracteres

1^a ley de Mendel: "Ley de la uniformidad de la primera generación filial (F1)"

"Al cruzar dos individuos homocigóticos para un determinado carácter, toda la descendencia es uniforme (heterocigóticos)".

Un ejemplo, en el caso de los canarios de color, sería el cruzamiento de un canario amarillo puro (homocigótico: cb⁺/cb⁺) x canario blanco recesivo (homocigótico: cb/cb). Toda la descendencia es uniforme: Amarillo/blanco recesivo (heterocigóticos: cb⁺/cb), como se observa en la tabla siguiente:

	Macho	Hembra
Generacion Parental	Amarillo	Blanco recesivo
Genotipo	cb ⁺ / cb	cb / cb
Gametos	cb ⁺	cb
F ₁ 1 ^a Generacion Filial	cb ⁺ / cb	
Resultado	100 % Amarillo / Blanco recesivo	

2ª ley de Mendel: “Ley de la separación de los genes que forman la pareja de alelos”
 “Al cruzar dos individuos F1 anteriores (heterocigóticos para un determinado carácter) obtenemos algunos con fenotipo diferente al de sus progenitores e idéntico al de los abuelos”

	Macho	Hembra	
Generacion Parental	Amarillo/blanco recesivo	Amarillo/blanco recesivo	
Genotipo	cb ⁺ / cb	cb ⁺ / cb	
Gametos	cb ⁺ cb	cb ⁺ cb	
F Generacion Filial	cb ⁺ /cb ⁺	cb ⁺ /cb cb ⁺ /cb	cb/cb
Resultado	25 % Amarillo	50 % Amarillo/ Blanco recesivo	25% blanco recesivo
			Fenotipo diferente a los progenitores e igual a uno de los abuelos

3ª ley de Mendel: “Ley de la herencia independiente de los genes”

“Los distintos caracteres se heredan independientemente unos de otros, combinándose al azar en la descendencia”

Consideremos el cruce de un macho “amarillo de ojos rojos” con una hembra “blanco recesivo de ojos rojos (ino)”. En este cruce entran en juego dos caracteres (color del plumaje y color de los ojos), cada uno determinado por un par de genes autosómicos (cb⁺/cb e ino⁺/ino, respectivamente). El resultado de este cruzamiento se muestra en las tablas siguientes.

Para el caracter "color del plumaje"

	Macho	Hembra
Generacion Parental	Amarillo	Blanco recesivo
Genotipo	cb ⁺ / cb	cb / cb
Gametos	cb ⁺	cb

INTRODUCCION A LA GENETICA

F ₁ 1ª Generacion Filial	cb ⁺ / cb
Resultado	100 % Amarillo / Blanco recesivo

Para el caracter "color de los ojos "

	Macho	Hembra
Generacion Parental	ojos negros	ojos rojos
Genotipo	ino ⁺ / ino ⁺	ino / ino
Gametos	ino ⁺	ino
F ₁ 1ª Generacion Filial	ino ⁺ / ino	
Resultado	100 % Ojos negros / ojos rojos (ino)	

Considerando ambas tablas ,conjuntamente, resulta que toda la descendencia sera :AMARILLO/blanco recesivo,ino(cb⁺/cb,ino⁺ /ino)

Al mismo resultado llegaríamos considerando la siguiente tabla:

	Macho	Hembra
Generacion Parental	Amarillo ojos negros	Blanco recesivo ojos rojos
Genotipo	cb ⁺ /cb ⁺ ino ⁺ /ino ⁺	cb/cb ino/ino
Gametos	cb ⁺ ino ⁺	cb ino
F ₁ 1ª Generacion Filial	cb ⁺ /cb ino ⁺ /ino	
Resultado	100 % Amarillo/blanco recesivo,ino	

Si cruzamos entre sí los ejemplares obtenidos en F₁ y teniendo en cuenta la distribución independiente de los genes y su combinación al azar, cada uno de los progenitores podría originar 4 tipos de gametos (todas las combinaciones posibles) de acuerdo con la tabla:

	Macho	Hembra
Generacion Parental	Amarillo ojos negros/blanco, ojos rojos	Amarillo ojos negros/blanco,ojos rojos
Genotipo	cb ⁺ /cb ino ⁺ /ino	cb ⁺ /cb ino ⁺ /ino
Gametos	cb ⁺ ino ⁺ cb ⁺ ino cb ino ⁺ cb ino	cb ⁺ ino ⁺ cb ⁺ ino cb ino ⁺ cb ino
Resultado	Cuatro tipos diferentes de gametos	

Tenemos por tanto 16 combinaciones posibles (4 x 4) para la descendencia de este

último cruce, como vemos en la siguiente tabla (Tabla de Punnet):

Gametos	Gametos Hembra				
		cb ⁺ ino ⁺	cb ⁺ ino	cb ino ⁺	cb ino
Macho	cb ⁺ ino ⁺	1 cb ⁺ / cb ⁺	2 cb ⁺ /cb ⁺	3 cb ⁺ /cb ino ⁺ /ino ⁺	4 cb ⁺ /cb ino ⁺ /ino
	cb ⁺ ino	5 cb ⁺ /cb ⁺ ino/ino ⁺	6 cb ⁺ /cb ⁺ ino/ino	7 cb ⁺ /cb ino/ino ⁺	8 cb ⁺ /cb ino/ino
	cb ino ⁺	9 cb/cb ⁺ ino ⁺ /ino ⁺	10 cb/cb ⁺ ino ⁺ /ino	11 cb/cb ino ⁺ /ino ⁺	12 cb/cb ino ⁺ /ino
	cb ino	13 cb/cb ⁺ ino/ino ⁺	14 cb/cb ⁺ ino/ino	15 cb/cb ino/ino	16 cb/cb ino/ino

De las 16 combinaciones posibles los fenotipos obtenidos son:

1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 13 : Amarillo ojos negros (9/16)
 6, 8, 14: Amarillo ojos rojos (3/16)
 11, 12, 15: Blanco ojos negros (3/16)
 16: Blanco ojos rojos (1/16)

Que corresponden a las típicas proporciones 9: 3: 3: 1 de la tercera ley de Mendel. Cuando intervienen “genes ligados” deja de cumplirse esta ley, salvo que ocurra entrecruzamiento. Igualmente esta ley no se cumple cuando se da el fenómeno de “epistasia”.

El Canario "passe-partout"

Un canario “passe- partout” es un macho de aspecto negro clásico que sobre sus cromosomas “Z” lleva los genes z (eumelanina negra/marrón) y rb (oxidación/dilución) en todas sus formas. Es decir, posee z⁺ (eumelanina negra), z (eumelanina marrón), rb⁺ (oxidación) y rb (dilución). Se trata, por tanto, de un macho negro portador de eumelanina marrón y de dilución (o dicho de otra forma: macho negro portador de isabela)

Genotipo: z⁺ rb⁺ /z rb

¿Cómo se puede obtener?

Se puede obtener cruzando:

1. Negro x Isabela (o Isabela x Negro)..... . Tipo 1 (Tipo “cis”)
2. Agata x Bruno (o Bruno x Agata) Tipo 2 (Tipo “trans”)

Tipo 1 (Tipo “cis”): ($z^+ rb^+ / z rb$)

Tipo 2 (Tipo “trans”): ($z^+rb / z rb^+$)

¿Qué capacidades tiene?

Un macho “passe-partout” es capaz de producir *cuatro tipos de gametos diferentes*. Así al cruzar este macho con cualquier hembra clásica se obtendrán los 4 tipos de hijas: NEGRAS, BRUNAS, AGATAS e ISABELAS.

¿Qué utilidad tienen estos machos?

La utilidad está en la fijación de una nueva mutación, al difundir rápidamente la mutación a los cuatro tipos básicos (negro, bruno, agata e isabela). Hacen falta al menos 5 años para fijar correctamente una nueva mutación y la utilización de los machos “passe-partout” es una etapa intermedia indispensable en ese proceso. NOTA: Los machos *negro/satiné* y *eumelanina marrón* y *ágata/satiné* y *eumelanina marrón* se conocen también como “*passe-partout del satiné*”, ya que por crossing-over pueden dar origen del *negro /satine* y *eumelanina marrón* a hembras de cuatro tipos distintos (negro, bruno, satine y satine diluido) y del *macho agata/satine* y *eumelanina marron* solo obtendremos hijas ágata, isabela, satiné y satiné diluido

Cruzamientos de Canarios de Color

Determinar la descendencia de cualquier cruce entre canarios de color, indicando el genotipo y fenotipo de los ejemplares Hay que reconocer que si en algunos cruces resulta sencillo, en otros casos es bastante complicado. Sin embargo, si se tienen en cuenta ciertas normas y aplicamos la metodología adecuada a cada caso, podemos abordar con éxito cualquier cruce que se pueda plantear. En los textos especializados suelen expresarse los resultados de los cruzamientos en términos de porcentaje obtenido de cada genotipo/fenotipo en la descendencia, teniendo en cuenta si se trata de caracteres dominantes, recesivos, ligados al sexo, si son o no portadores, etc. Se obtienen así todas las combinaciones posibles con sus porcentajes correspondientes. Así por ejemplo para un factor “recesivo” autosómico existen 4 posibilidades:

1. Mutante x Mutante = 100% Mutantes
2. Mutante x No mutante (clásico) = 100% clásicos portadores de la mutación

3. Mutante x Portador de la mutación = 50% de mutantes y 50% clásicos portadores de la mutación
4. Portador x Portador = 25% de mutantes y 75% clásicos (50% portadores de la mutación y 25% clásicos no portadores)

Si se trata de un factor dominante tenemos dos posibles cruzamientos:

1. Mutante x No mutante (clásico) = 50% de mutantes y 50% de no mutantes (que no serán portadores)
2. Mutante x Mutante = 50% de mutantes, 25% de no mutantes y 25% de mutantes homocigóticos (letales), por lo que en definitiva tendremos 1/3 de no mutantes y 2/3 de mutantes.

y así para todas las situaciones que podemos encontrarlos. Es evidente que resulta difícil, memorizar los resultados que obtendríamos en cada cruzamiento y esto sería considerando sólo un carácter. Muchas veces tenemos que manejar 2 o más caracteres en el mismo cruzamiento y en esos casos es totalmente imposible hacer los cálculos de descendencia de esta manera.

También se han publicado magníficas Tablas de cruzamiento para los casos más frecuentes que incluyen los 4 tipos clásicos y sus portadores, con la descendencia de machos y hembras que se obtiene en cada cruce. Aunque es indudable la utilidad de estas Tablas y nos pueden ayudar en muchos casos, el problema sigue siendo el mismo. En cruzamientos más complejos no hay una forma directa de conocer la descendencia especificando el genotipo y fenotipo de cualquier ejemplar obtenido. De ahí surge la necesidad de utilizar una metodología que nos permita resolver cualquier cruzamiento que se nos pueda plantear sin tener que hacer ninguna predicción "de memoria". Como veremos a continuación cualquier cruzamiento puede hacerse de forma razonada aplicando los principios y conocimientos

METODOLOGÍA.

Básicamente consiste en seguir los pasos siguientes:

1. Escribir correctamente el genotipo de los ejemplares que se van a cruzar utilizando los símbolos genéticos adecuados (sólo de aquellos caracteres que nos interesan en ese caso en particular). Éste es el primer paso y el más importante para la correcta resolución del cruzamiento.
2. Deducir los gametos que va a producir cada uno de los progenitores a partir del genotipo indicado. Tener en cuenta la posibilidad de que ocurra crossing-over y si se trata de genes autosómicos o ligados al sexo. La formación de gametos es fácil considerando la 2ª ley de Mendel ("separación de los genes que forman la pareja de alelos"). Cada gen de la pareja formará un gameto. Así,

la pareja $cb+/cb$ formará los gametos “ $cb+$ ” y “ cb ”; la pareja “ cb/cb ” formará los gametos “ cb ” y “ cb ” o lo que es lo mismo, formará un único tipo de gametos “ cb ”. Como acabamos de ver cuando los dos genes de la pareja son iguales (homocigoto para el carácter) se puede considerar, si se prefiere, que ese genotipo origina un solo tipo de gametos (De una u otra forma el resultado va a ser el mismo). Cuando consideramos dos o más pares de genes en el genotipo los gametos contienen un gen de cada una de las parejas consideradas en todas las combinaciones posibles (3ª ley de Mendel). Así, para un genotipo $cb+/cb\ ino+/ino$ los gametos posibles serían cuatro: $cb+\ ino+$, $cb+\ ino$, $cb\ ino+$ y $cb\ ino$.

3. Combinar entre sí, en todas las formas posibles, los gametos producidos.
4. Interpretar a partir del genotipo obtenido para cada descendiente su fenotipo (tener en cuenta la relación de dominancia entre alelos y los fenómenos de epistasia)
5. Expresar en porcentajes los genotipos y fenotipos obtenidos en la descendencia

Esta metodología es muy sencilla en el caso de que se maneje un solo carácter, pero se complica cuando entran en juego dos o más caracteres. Antes de ver algunos ejemplos, vamos a recordar los aspectos más importantes a tener en cuenta para resolver correctamente los cruzamientos entre canarios de color.

COMPORTAMIENTO GENÉTICO DE LOS DISTINTOS CARACTERES O FACTORES EN EL CANARIO DE COLOR

<p>Blanco dominante (CB)</p>	<p>Autosómico dominante En realidad es un gen “semidominante” o de dominancia incompleta ya que en los ejemplares heterocigóticos aparecen incrustaciones lipocrómicas en determinadas zonas del plumaje (su acción, inhibición de la fijación del lipocromo, es incompleta). Genotipo: $CB^+ CB$ (igual en machos y hembras). No hay portadores (salvo en el caso especial de los blancos recesivos) (ver blanco recesivo) Letal en homocigosis. Epistático de los genes amarillo, rojo, marfil y los que determinan la categoría (intenso, nevado, mosaico)</p>
<p>Intenso (I)</p>	<p>Autosómico dominante. Genotipo: I^+I (igual en machos y hembras) No hay portadores. Letal en homocigosis. (Subletal según algunos autores. Podrían existir los ejemplares doble intenso)</p>
<p>Ausencia de melaninas (E)</p>	<p>Autosómico codominante. Genotipo: $E E$ (igual en machos y hembras) Hay portadores (machos y hembras): $E^+ E$ (píos)</p>

INTRODUCCION A LA GENETICA

Doble factor amarillo (G)	Autosómico codominante. Genotipo: G G (igual en machos y hembras) Hay portadores (machos y hembras): G ⁺ G
Blanco recesivo (cb)	Autosómico recesivo. Genotipo: cb cb (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): cb ⁺ /cb Epistático en homocigosis sobre los genes amarillo, rojo, blanco dominante, marfil y los que determinan la categoría (intenso, nevado, mosaico). Debido al efecto epistático de cbcb sobre el blanco dominante (CB ⁺ CB) un ejemplar blanco recesivo puede ser a la vez blanco dominante, aunque no se aprecie. Estos ejemplares se pueden considerar como "portadores de blanco dominante"
Ino (ino)	Autosómico recesivo. Genotipo: ino ino (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): ino ⁺ /ino
Opal (so)	Autosómico recesivo. Genotipo: so so (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): so ⁺ /so
Topacio (to)	Autosómico recesivo. Genotipo: to to (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): to ⁺ /to
Eumo (eu)	Autosómico recesivo. Genotipo: eu eu (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): eu ⁺ /eu
Onix(onix)	Autosómico recesivo. Genotipo: onix onix (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): onix ⁺ /onix
Azul (b)	Autosómico recesivo. Genotipo: b b (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): b ⁺ /b
Cobalto(co)	Autosómico recesivo. Genotipo: co co (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): co ⁺ /co
Eumelanina marron (z)	Recesivo ligado al sexo. Genotipo: z z (macho), z 0 (hembra) Los machos pueden ser portadores (z ⁺ z). Las hembras no.
Dilucion (rb)	Recesivo ligado al sexo. Genotipo: rb rb (macho), rb 0 (hembra) Los machos pueden ser portadores (rb ⁺ rb). Las hembras no.
Pastel (rz)	Recesivo ligado al sexo. Genotipo: rz rz (macho), rz 0 (hembra) Los machos pueden ser portadores (rz ⁺ rz). Las hembras no.
Satine (St)	Recesivo ligado al sexo. Genotipo: st st (macho), st 0 (hembra) Los machos pueden ser portadores (st ⁺ st). Las hembras no.
Marfil (sc)	Recesivo ligado al sexo.

INTRODUCCION A LA GENETICA

	<p>Genotipo: $sc\ sc$ (macho), $z\ 0$ (hembra) Los machos pueden ser portadores ($sc^+\ sc$). Las hembras no.</p>
Factor Rojo (r^+)	<p>No es un gen propio del canario. Se introdujo por hibridación. No muestra "exactamente" comportamiento mendeliano. r^+ y r no son alelos Para los cruzamientos podría asimilarse a un gen "autosómico" de expresión variable según se encuentre en simple dosis ($r^+\ r$) o doble dosis ($r^+\ r^+$). Su expresión también está influida por el genotipo del lipocromo amarillo ($G^+\ G^+$, $G^+\ G$ o GG) Genotipo: Igual para machos y hembras ($r^+\ r$ ó $r^+\ r^+$). No se puede hablar de verdaderos "portadores" ya que se expresa, en mayor o menor grado, según esté en simple o doble dosis. Hipostático respecto a CB y cbc. Un ejemplar blanco recesivo o blanco dominante puede ser "portador" de rojo.</p>
Factor mosaico (m^+)	<p>No es un gen propio del canario. Se introdujo por hibridación. No muestra "exactamente" comportamiento mendeliano. m^+ y m no son alelos Para los cruzamientos podría asimilarse a un gen "autosómico" de expresión variable según se encuentre en simple dosis ($m^+\ m$) o doble dosis ($m^+\ m^+$). Su expresión también está influida por el sexo. Genotipo: Igual para machos y hembras ($m^+\ m$ ó $m^+\ m^+$). No se puede hablar de verdaderos "portadores" ya que se expresa, en mayor o menor grado, según esté en simple o doble dosis. Hipostático respecto a CB y cbc. Un ejemplar blanco recesivo o blanco dominante puede ser "portador" de mosaico</p>
Factor "alas grises" (ag)	<p>Autosómico recesivo. Genotipo: ag/ag (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): ag^+/ag Influido por el sexo. Se expresa mejor en los machos. El fenotipo "alas grises" sólo se expresa en los "negro-pastel"</p>
Factor "pico rojo"	<p>Autosómico recesivo. No tiene asignado símbolo. ¿"pr"? Genotipo: pr/pr (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): pr^+/pr</p>
Factor "pico amarillo "	<p>Autosómico recesivo. No tiene asignado símbolo. ¿"pa"? Genotipo: pa/pa (igual en machos y hembras). Hay portadores (machos y hembras): pa^+/pa</p>

DEDUCCIÓN DEL FENOTIPO A PARTIR DEL GENOTIPO

Para resolver los cruzamientos de canarios de color es fundamental conocer el genotipo de cada variedad, a fin de plantear el cruce exclusivamente con los genes indispensables en cada caso.

Igualmente resulta necesario conocer el comportamiento genético de todas las mutaciones conocidas. Y, por supuesto, hay que saber deducir el fenotipo de un ejemplar a partir del genotipo, teniendo en cuenta que varios genotipos pueden expresarse como un mismo fenotipo.

Hay que tener en cuenta que el fenotipo que presenta un ejemplar es, a veces, el

resultado de la expresión conjunta de dos o más caracteres. Así por ejemplo, los tipos clásicos (negro, bruno, ágata e isabela) resultan de la combinación del tipo de melanina y el grado de oxidación de la misma en todas sus posibles combinaciones:

1. El canario “negro” resulta de la combinación de “eumelanina negra” + “oxidación”. Con el mismo fenotipo: Negro, tenemos 4 genotipos posibles para los machos:

1. $z^+ rb^+ / z^+ rb^+$ (macho negro puro)
2. $z^+ rb^+ / z rb^+$ (macho negro/ eumelanina marrón)
3. $z^+ rb^+ / z^+ rb$ (macho negro/dilución)
4. $z^+ rb^+ / z rb$ (macho negro/ eumelanina marrón, dilución)

y sólo uno para las hembras: $z^+ rb^+ / 0$.

2. El canario “ágata” resulta de la combinación de “eumelanina negra” + “dilución”. Los machos pueden ser puros ($z^+ rb / z^+ rb$) o portadores de eumelanina marron ($z^+ rb / z rb$) y las hembras ($z^+ rb / 0$). Tenemos aquí tres genotipos que dan el mismo fenotipo (agata).

3. El canario “bruno” resulta de la combinación de “eumelanina marrón” + “oxidación”. Los machos pueden ser puros ($z rb^+ / z rb^+$) o portadores de dilución ($z rb^+ / z rb$) y las hembras ($z rb^+ / 0$). De nuevo tenemos tres genotipos que dan un mismo fenotipo (bruno).

4. El canario “isabela” resulta de la combinación de “eumelanina marrón” + “dilución”. En este caso los machos sólo pueden tener el genotipo $z rb / z rb$ y las hembras $z rb / 0$. Aquí hay dos posibles genotipos para un mismo fenotipo. Otro ejemplo lo tenemos con el carácter “alas grises”. El fenotipo “alas grises” sólo se manifiesta en los ejemplares “negro pastel” y especialmente en los machos (influido por el sexo). En los últimos años, mediante selección, se han conseguido buenos ejemplares de hembras con el fenotipo “alas grises”. Por lo tanto sería el resultado de “eumelanina negra” + “pastel” + “alas grises”.

Los machos pueden tener 4 genotipos:

1. $z^+ rb^+ rz / z^+ rb^+ rz$
2. $z^+ rb^+ rz / z^+ rb rz$
3. $z^+ rb^+ rz / z rb^+ rz$
4. $z^+ rb^+ rz / z rb rz$

para los cuales se expresaría el fenotipo “alas grises”. Las hembras sólo podrían tener el genotipo: $z^+ rb^+ rz / 0$. En todos los casos deberían tener en su genotipo el gen “alas grises” (ag/ag). En la actualidad se acepta (aunque no está definitivamente demostrado) que la mutación “alas grises” sería autosómica recesiva.

CANARIOS MELÁNICOS CON APARIENCIA DE LIPOCRÓMICOS

Otro detalle a tener en cuenta en los cruzamientos es que algunos melánicos, por acumulación o superposición de mutaciones pueden tener apariencia de canarios lipocrómicos. Esto hay que tenerlo muy presente a la hora de interpretar la descendencia obtenida con alguno de estos ejemplares.

1. CANARIOS MELÁNICOS CON APARIENCIA DE LIPOCROMOS BLANCOS

- Isabela opal plata
- Satiné diluido plata (ojos rojos)
- Agata ino plata (ojos rojos)
- Isabela ino plata (ojos rojos)

2. CANARIOS MELÁNICOS CON APARIENCIA DE LIPOCROMOS AMARILLOS O AMARILLOS MARFIL

- Isabela opal amarillo (o amarillo marfil)
- Satiné diluido amarillo (o amarillo marfil)
- Agata ino amarillo (o amarillo marfil)
- Isabela ino amarillo (o amarillo marfil)

3. CANARIOS MELÁNICOS CON APARIENCIA DE LIPOCROMOS ROJOS O ROJOS MARFIL

- Isabela opal rojo (o rojo marfil)
- Satiné diluido rojo (o rojo marfil)
- Agata ino rojo (o rojo marfil)
- Isabela ino rojo (o rojo marfil)

Herencia de un solo Gen Autosómico Recesivo

La mayoría de los cruces que se nos pueden plantear en canaricultura de color implican a un solo gen. Podemos encontrar diferentes situaciones;

1. Un gen autosómico recesivo
2. Un gen autosómico dominante
3. Un gen ligado al sexo

1. UN GEN AUTOSÓMICO RECESIVO.

Cruzamiento de Macho “amarillo” x Hembra “blanco recesivo” (puro x puro)

Aquí interviene sólo el carácter “color del plumaje” amarillo/blanco recesivo. Este carácter viene determinado por un par de genes (cb^+ y su alelo mutado cb). La expresión del “amarillo”, presente en todos los canarios, depende de cómo se encuentre la pareja cb^+/cb . Sabemos que el gen cb es autosómico recesivo, por lo

que, cb^+cb^+ corresponde a un canario amarillo, cb^+cb corresponde a un amarillo portador de blanco recesivo y $cbcb$ correspondería a un ejemplar blanco recesivo. Cuando se trata de genes autosómicos el genotipo es el mismo para machos y hembras y obtendríamos el mismo resultado con el cruzamiento propuesto que con el inverso (macho “blanco recesivo” x hembra “amarillo”).

Siguiendo la metodología propuesta:

1. Genotipo de los progenitores.

La fórmula genética del macho amarillo sería:

$E/E G^+/G^+ cb^+/cb^+$

E/E : Gen melánico (ausencia de melaninas)

G^+/G^+ : Gen lipocromo amarillo (presencia de lipocromo amarillo)

cb^+/cb^+ : Gen blanco recesivo (no blanco recesivo)

y para la hembra “blanco recesivo”:

$E/E G^+/G^+ cb/cb$

E/E : Gen melánico (ausencia de melaninas)

G^+/G^+ : Gen lipocromo amarillo (presencia de lipocromo amarillo)

cb/cb : Gen blanco recesivo (blanco recesivo). El gen cb en homocigosis inhibe el depósito del lipocromo en el plumaje (aunque esté presente) y el resultado es el color blanco recesivo.

Como vemos, ambos ejemplares tienen en su genotipo E/E y G^+/G^+ , que al ser idéntico en ambos casos también lo será en toda la descendencia (Todos los hijos tendrán en su genotipo E/E y G^+/G^+), por lo que no hace falta considerarlo para el cruzamiento. Para este cruce es suficiente considerar el gen cb , que es el único distinto en macho y hembra. Por eso, en este caso un canario amarillo es cb^+cb^+ , un amarillo portador de blanco recesivo es cb^+cb y un blanco recesivo es $cbcb$. Por lo tanto, el genotipo “que nos interesa” en el macho sería: cb^+cb^+ (no blanco recesivo o lo que es lo mismo “amarillo”) y para la hembra $cbcb$ (blanco recesivo).

2. ¿Qué gametos va a producir cada progenitor?

Como los dos genes de la pareja son iguales el macho producirá un solo tipo de gametos (cb^+) y la hembra, por la misma razón, cb . Por tratarse de un gen autosómico no hay diferencias ente machos y hembras.

3. Combinaciones posibles entre los gametos.

En este caso sólo hay una posibilidad: $cb^+ + cb$ para dar cb^+cb .

4. Todos los descendientes tendrán el genotipo:

cb^+cb , que corresponde a ejemplares amarillo/blanco recesivo.

5. El 100% de la descendencia será de fenotipo:

“amarillo”

En la práctica esto se hace de forma resumida según la siguiente tabla:

	Macho	Hembra
--	-------	--------

INTRODUCCION A LA GENETICA

Generacion Parental	Amarillo	Blanco recesivo
Genotipo	cb ⁺ / cb	cb / cb
Gametos	cb ⁺	cb
F ₁ 1ª Generacion Filial	cb ⁺ / cb	
Descendencia	Genotipo 100 % Amarillo / Blanco recesivo	
	Fenotipo: 100 % Amarillo	

Cruzamiento de un macho “amarillo portador de blanco recesivo” (amarillo/blanco) y una hembra “blanco recesivo” (portador x puro).

1. Genotipo de los progenitores.

Para este cruzamiento el genotipo “que nos interesa” en el macho sería: cb⁺cb y en la hembra cbcb

2. ¿Qué gametos va a producir cada progenitor?

En este caso el macho producirá dos tipos de gametos (cb⁺ y cb) y la hembra, sólo cb. Por tratarse de un gen autosómico no hay diferencias entre machos y hembras

3. Combinaciones posibles entre los gametos.

Existen dos posibilidades:
cb⁺ + cb para dar cb⁺cb y cb + cb para dar cbcb.

4. Los descendientes tendrán el genotipo

cb⁺cb o cbcb.. El primer genotipo corresponderá a un AMARILLO PORTADOR DE BLANCO RECESIVO (Amarillo/blanco recesivo) y el segundo a BLANCO RECESIVO.

5. Fenotipo:

El 50% de la descendencia será Amarillo y el otro 50% blanco recesivo.

En la práctica esto se hace de forma resumida según la siguiente tabla:

	Macho	Hembra
Generacion Parental	Amarillo/blanco recesivo	Blanco recesivo
Genotipo	cb ⁺ / cb	cb cb
Gametos	cb ⁺ cb	cb

INTRODUCCION A LA GENETICA

F Generacion Filial	cb^+/cb	$cb\ cb$
Descendencia	Genotipo: 50% Amarillo/blanco recesivo	Genotipo: 50 % Blanco Recesivo
	Fenotipo: 50% Amarillo	Fenotipo: 50% Blanco recesivo

Cruzamiento de un macho “amarillo/blanco recesivo” con una hembra también “amarillo/blanco recesivo” (portador x portador).

1. Genotipo de los progenitores.

Macho: cb^+cb .

Hembra: cb^+cb

2. ¿Qué gametos va a producir cada progenitor?

En este caso tanto el macho como la hembra producirán dos tipos de gametos (cb^+ y cb). Por tratarse de un gen autosómico no hay diferencias ente machos y hembras.

3. Combinaciones posibles entre los gametos.

En este caso hay 3 posibilidades: $cb^+ + cb$, $cb + cb$ y $cb^+ + cb^+$.

4. Los descendientes tendrán el genotipo:

cb^+cb (amarillo/blanco recesivo), cb^+cb^+ (amarillo) o $cbcb$ (blanco recesivo).

5. El fenotipo de la descendencia será:

75% amarillos y 25% blancos

En la práctica esto se hace de forma resumida según la siguiente tabla:

	Macho	Hembra
Generacion Parental	Amarillo/blanco recesivo	Amarillo/Blanco recesivo
Genotipo	cb^+ / cb	$cb^+ cb$
Gametos	$cb^+ cb$	cb^+cb
F Generacion Filial	$cb^+/cb^+ cb^+cb$	$cb^+cb\ cb\ cb$

INTRODUCCION A LA GENETICA

Descendencia	Genotipo: 25% Amarillo 25% Amarillo/b.recesivo 25% Amarillo/b.recesivo 25 % Blanco Recesivo
	Fenotipo: 75 % Amarillo 25 % Blanco recesivo

Un método alternativo para combinar los gametos es poner los gametos femeninos alineados en un lado de una cuadrícula (Cuadro de Punnett) y los gametos masculinos a lo largo del otro y combinarlos para formar cigotos.

Gametos	Gametos Hembra				
		cb ⁺	cb		
Macho	cb ⁺	1 cb ⁺ /cb ⁺ Amarillo	2 cb ⁺ /cb Amarillo/Blanco recesivo		
	cb	3 cb ⁺ /cb Amarillo/Blanco recesivo	4 cb/cb Blanco recesivo		

Descendiente 1: Genotipo "amarillo puro";
 Fenotipo: "amarillo"
 Descendiente 2: Genotipo "amarillo/blanco
 recesivo"; Fenotipo: "amarillo"
 Descendiente 3: Genotipo "amarillo/blanco
 recesivo"; Fenotipo: "amarillo"
 Descendiente 4: Genotipo "blanco recesivo";
 Fenotipo: "blanco"

Vemos los cuatro genotipos posibles (dos de ellos iguales: 2=3) resultado de las distintas combinaciones entre los gametos masculinos y femeninos. Para cada uno de ellos se indica el "fenotipo".

En resumen:

(a) Genotipo: 25% Amarillo puro, 50%
amarillo/blanco y 25% blanco recesivo

(b) Fenotipo: 75% Amarillo (puros y portadores,
indistinguibles) y 25 % blanco recesivo

INTRODUCCION A LA GENETICA

Con cualquiera de los dos métodos y siempre que intervenga un solo carácter podemos obtener fácilmente y de una forma rápida el resultado del cruzamiento con toda la información sobre genotipo/fenotipo de la descendencia.

No obstante, resulta más rápido por el primer método cuando sólo interviene un gen. El cuadro de Punnett será utilizado, preferentemente, cuando intervengan 2 o más genes.

Procederíamos de la misma manera si se tratase de un carácter que afecte a las melaninas. Hay que tener en cuenta, al establecer el genotipo de los progenitores, que sólo nos interesa aquella parte de la fórmula genética que va a intervenir en el cruzamiento y que es diferente en macho y hembra. Todo lo que sea igual en macho y hembra (referido al genotipo) también será igual en todos los descendientes y por tanto no es necesario tenerlo en cuenta. Como ya dijimos todos los melánicos tendrán en su genotipo E^+/E^+ por lo que cuando crucemos dos melánicos no hace falta considerar este gen. Sólo cuando crucemos un melánico y un lipocrómico tendríamos que considerar el gen E (porque en este caso son distintos en macho y hembra): el melánico sería E^+/E^+ , el lipocrómico E/E y la descendencia E^+/E (píos).

Cruzamiento de un macho “negro opal amarillo nevado” x hembra “negro amarillo nevado”

Genotipo de los progenitores.

La formula genetica del macho seria:

$E^+/E^+ G^+/G^+ so/so I^+/I^+ (Z) z^+ rb^+/(Z) z^+ rb^+$

E^+/E^+ : Gen melánico (presencia de melaninas)

G^+/G^+ : Gen lipocromo amarillo (presencia de lipocromo amarillo)

so/so : Gen opal (modifica la estructura de la pluma y el depósito de la melanina)

I^+/I^+ : Gen nevado

Los cuatro genes anteriores son autosómicos y no ligados, por lo que cada uno se representa como una fracción separada

$z^+ z^+$: Gen eumelanina negra

$rb^+ rb^+$: Gen oxidación

Estos dos genes son ligados al sexo, por lo que los representamos juntos sobre el cromosoma Z

La formula genetica de la hembra seria:

$E^+/E^+ G^+/G^+ so^+/so^+ I^+/I^+ (Z) z^+ rb^+/(W)0$

E^+/E^+ : Gen melánico (presencia de melaninas)

INTRODUCCION A LA GENETICA

G⁺/G⁺: Gen lipocromo amarillo (presencia de lipocromo amarillo)

so⁺/so⁺ : Gen no opal

I⁺/I⁺ : Gen nevado

z⁺ 0 : Gen eumelanina negra (en simple dosis en las hembras)

rb⁺ 0 : Gen oxidacion (en simple dosis en las hembras)

Lo unico diferente entre macho y hembra es el gen opal (so/so para el macho y so⁺/so⁺ para la hembra). Por lo tanto el genotipo a considerar en el cruzamiento propuesto sera:

macho opal (so/so) x hembra no opal (so⁺/so⁺)

Siguiendo el esquema habitual:

	Macho	Hembra
Generacion Parental	Opal	No Opal
Genotipo	so/so	so ⁺ /so ⁺
Gametos	so	so ⁺
F Generacion Filial	so ⁺ /so	
Descendencia	Genotipo: 100 % Portador de opal	

Toda la descendencia seria:

Genotipo: Negro amarillo nevado/opal (Verde nevado/opal)

Fenotipo: Negro amarillo nevado (Verde nevado)

Este cruzamiento corresponderia a puro x puro (opal x no opal). Para las otras dos posibilidades (puro x portador, portador x portador) se haria igual siguiendo el mismo razonamiento.

Herencia de un solo gen Autosomico Dominante

En el canario de color se conocen dos genes autosomicos dominantes:

- Blanco Recesivo
- Intenso

Procederemos de igual forma que en los autosómicos recesivos, salvo que aquí hay que considerar el carácter dominante y letal en homocigosis al determinar los fenotipos de la descendencia.

INTRODUCCION A LA GENETICA

Cruzamiento de un macho "amarillo" x hembra "blanco dominante". También en este caso da lo mismo considerar macho blanco dominante x hembra amarilla (es autosómico).

Genotipo de los progenitores.

La fórmula genética del macho amarillo sería:

$E/E G^+/G^+ CB^+/CB^+$

E/E : Gen melánico (ausencia de melaninas)

G^+/G^+ : Gen lipocromo amarillo (presencia de lipocromo amarillo)

CB^+/CB^+ : Gen no blanco dominante

La fórmula genética de la hembra "blanco Dominante" sería:

$E/E G^+/G^+ CB^+/CB$

E/E : Gen melánico (ausencia de melaninas)

G^+/G^+ : Gen lipocromo amarillo (presencia de lipocromo amarillo)

CB^+/CB : Gen blanco dominante. El gen CB es dominante sobre CB^+ y letal en homocigosis $CB/CB =$ no viable).

Por lo tanto lo único diferente entre los dos progenitores (genotipo que nos interesa): Macho: CB^+/CB^+ y Hembra: CB^+/CB . Al tratarse de un gen letal en homocigosis los individuos CB/CB mueren y al ser dominante no hay portadores.

Tendríamos:

	Macho	Hembra
Generacion Parental	Amarillo	Blanco Dominante
Genotipo	CB^+/CB^+	CB^+/CB
Gametos	CB^+	$CB^+ CB$
Descendencia	$CB^+/CB^+ CB^+/CB$	
Genotipo=Fenotipo	50 % Amarillo 50 % Blanco Dominante	

Si cruzamos dos ejemplares Blanco Dominante

	Macho	Hembra
Generacion Parental	Blanco Dominante	Blanco Dominante
Genotipo	CB^+/CB	CB^+/CB
Gametos	$CB^+ CB$	$CB^+ CB$
	$CB^+/CB^+ CB^+/CB CB^+/CB CB/CB$	

Descendencia	25 % Amarillo	25 % Blanco Dominante	25 % Blanco Dominante	25 % Letal
	25 % Amarillo	50 % Blanco Dominante	25% No Viables	

En este ultimo cruzamiento tenemos 3 posibles genotipos:

- 25% CB⁺/CB⁺ (Amarillo puro)
 - 50% CB⁺/CB (Blanco dominante)
 - 25% CB/CB (No viables)
- Y sólo dos fenotipos:
- 1/3 Amarillo
 - 2/3 Blanco dominante

Los cruzamientos que implican al blanco dominante (y también al recesivo) son bastante complejos cuando tenemos en cuenta, además, las interacciones epistáticas.

Con respecto al otro gen autosómico dominante conocido en el canario de color (el factor intenso), lo trataríamos exactamente igual que hemos hecho con el blanco dominante.

Los ejemplares I⁺/I⁺ son “nevados”, los I⁺/I son intensos (portadores de nevado) y los ejemplares I/I (doble intenso), en principio, son inviables. El gen “intenso” en homocigosis (I/I) es letal (igual que el CBCB), aunque algunos autores admiten la existencia de ejemplares “doble intenso” con lo cual el gen I sería considerado como “subletal”.

Por otra parte, todo lo expuesto se ha referido a canarios lipocrómicos. Se aplicaría igualmente a los melánicos al considerar en ellos el lipocromo de fondo.