

# NOCIONES DE GENETICA EN COLOMBICULTURA

(J.Rubio. Sevilla, 2004)

En las palomas existen diferentes cualidades que reunidas en solo ejemplar le confieren el grado de calidad necesario para triunfar en una competición deportiva. Parte de dichas cualidades son heredadas de sus progenitores (unas del padre, otras de la madre, otras mezcladas) y otras son producto del aprendizaje.

Si se quieren criar palomas con cierto éxito, es imprescindible conocer algunos de los principios esenciales sobre las leyes de la herencia. Con estas reglas se puede reconocer ANTES de la cría, algunos factores que tienen un papel importante en la descendencia, y que a la postre, conseguirán influir en la calidad del ejemplar buscado.

Tras consultar múltiple bibliografía, y en vistas a lo árido que resulta cualquier tratado sobre genética, vamos a intentar hacer una síntesis "coloquial" que nos permita al menos, poder entender algo sobre la herencia genética, y que más tarde podemos ir corroborando con la aplicación de dicha técnica al "color de las palomas".

Algunos de los términos aquí utilizados derivan directamente del inglés y son comúnmente aceptados en la comunidad científica, por lo que se ha optado por mantenerlos, no obstante se indica cual sería la traducción.

## CROMOSOMAS Y GENES

El cuerpo de cualquier animal se compone de células; en el núcleo de estas células están los cromosomas; en estos están encadenados los genes, que a su vez contienen las moléculas de

ADN. Numéricamente podemos expresarlo de la siguiente forma:

El Cuerpo de una paloma (10.000 millones células)→1 célula (40 pares de cromosomas)→1 cromosoma (100.000 genes)→1 gen (millones ADN)

La cantidad de cromosomas existente en el núcleo de cada célula, es específica de cada especie, así por ejemplo en el hombre es de 46, el perro 78 y en la paloma de 80.

Un cromosoma podemos imaginarlo como una cadena de genes (puede abarcar desde centenares a miles de genes encadenados). Un gen, podemos imaginarlo como un eslabón en dicha cadena.

-O-O-O-O-O-

-O-O-O-O-O-

La forma en que se sitúan los cromosomas es por pares, (uno proveniente del padre y otro de la madre) formando una doble hélice, donde de forma general, están enlazados cada uno de los genes de un cromosoma con su equivalente en el cromosoma ligado.

Una célula puede regenerarse o duplicarse por sí misma con una copia idéntica (Mitosis) o a través de una combinación con otra célula durante la reproducción sexual (Meiosis) para la creación de un nuevo ser.

Los pares de cromosomas se dividen durante la maduración de las células sexuales, en lo que se conoce como división meiótica, por lo que cada célula sexual (esto es el ovulo no fecundado de la hembra y el esperma del macho) tienen solo la mitad del conjunto de cromosomas; Tras la fecundación se unen recombinándose los cromosomas en el nuevo ser, formando de nuevo 40 pares, es

aquí donde se crea la oportunidad para la inclusión de genes alternativos o "alelos", por tanto podemos resumir que las palomas tienen 40 pares de cromosomas en cada célula, los cuales se reciben por mitades de los progenitores, el padre suministra 40 cromosomas y la madre otros 40, emparejándose uno a uno, dando como resultado 80 cromosomas agrupados en 40 pares.

Con excepciones, los cromosomas van en pares, por lo tanto cada gen en un cromosoma tiene una copia emparejada en la misma localización de su cromosoma vecino, y está unido a este. Al sitio de la localización de cada gen en un cromosoma se llama "lugar geométrico", que solo puede ser ocupado por un gen a la vez; es como si fuera un "habitáculo" en el cual se sitúa el gen, por lo tanto, para una "característica genética", hay dos habitáculos posibles, la del propio gen y la del gen del cromosoma ligado, dentro de las cuales se pueden ubicar el propio gen o alguno de sus alelos o alternativos. A cada uno de estas parejas de genes que son los responsables de la manifestación de una determinada característica en el animal se les conoce como "par genético" (B/b).

## DOMINANCIA Y RECESIVIDAD

Originado por el padre y la madre, el *par genético* resultante tras la fecundación, puede tener efectos diferentes.

Si priman las propiedades de un gen respecto a otro, este se denomina Dominante, por tanto las propiedades del otro gen quedan ocultas y se denomina Recesivo.

Para poder operar analíticamente con los genes hemos de compararlos siempre con uno de

referencia, por lo que, como animal estándar tomaremos la "Paloma Zurita Salvaje", "Wildtype" o "Columba Libia" y sus características asociadas a genes las simbolizamos con "+"

Si la acción de un solo gen al combinarlo con el wildtype "+" predomina o se muestra visible se considera **dominante**, y si no es perceptible se considera **recesivo**. Wildtype es por tanto neutro o estándar.

Un gen o puede ser dominante sobre otro y a la vez recesivo sobre un tercero, la forma adecuada para poder operar analíticamente es compararlo siempre con el "wildtype" y referirnos a este como base.

El carácter Dominante es siempre visible y oculta al recesivo que puede permanecer latente durante generaciones y manifestarse cuando se den las condiciones de combinación adecuadas.

Algunas de las características con respecto a las cuales comparar la dominancia o recesividad de la Wildtype son:

#### Wildtype

- + plumaje gris
- + pico negro
- + borde del ojo blanco
- + ojos naranjas
- + patas rojas
- + barras negras en la cobertura de las alas
- + bode cola negra
- + plumas extremas cola con borde blanco
- + grupa blanca

Hemos de tener en cuenta que las características físicas (fenotipo) no se heredan, sino que los que se hereda son los genes (genotipo) que combinados de una determinada forma producen ese fenotipo.

*Ej. Dominante: Color Rojo, Pico Negro*

*Ej. Recesivo: Color Azul, Pico Blanco*

Si ninguno de los dos genes es dominante o en la formación de una propiedad entran varios genes (poli-genética o multifactorial), en el proceso de la herencia se dan propiedades **Intermedias**

*Ej. El tamaño de una paloma es una herencia intermedia*

En la notación utilizada todos los símbolos dominantes con respecto al wildtype se representan empezando por **mayúscula** y los recesivos por **minúscula**.

## HOMOCIGOSIS Y HETEROCIGOSIS

Los términos homocigótico y heterocigótico son palabras compuestas en la que "zigote" representa una célula que se forma de la unión de dos gametos (sperma+ovulo), **hetero** significa "distinto" y **homo** significa "igual", por tanto, homocigótico implica un par genético con dos genes idénticos, mientras que heterocigótico implica un par genético con genes distintos.

Si una paloma ha heredado de sus padres un par genético de las mismas propiedades para una determinada característica, se dice que tiene una dotación "**homocigótica**" (BABA ó bb). Si se combinan entre sí genes de diferente eficacia, la herencia es "**heterocigótica**" (BA<sup>b</sup>; BA<sup>+</sup>; b+...). Excepcionalmente, en determinados pares genéticos como el del sexo en las **palomas hembras**, uno de los cromosomas está atrofiado y, por lo tanto, se considera neutro o nulo, por lo que, las cualidades que se ubican en dicho cromosoma se consideran **homocigóticas monogenéticas**, es decir son homocigóticas a pesar de tener exclusivamente un gen (ya que el otro es neutro). Tal es el caso de los genes que controlan el

pigmento, el factor diluido y el factor reducido en las hembras.

Si una paloma homocigótica para un patrón dado es emparejada con otra también homocigótica pero con un patrón recesivo respecto al primero, todos los jóvenes tendrán el mismo patrón del padre dominante, pero llevarán el gen para el modelo del padre recesivo, tales pichones son los antes mencionados **heterocigóticos** para cada patrón, es decir llevan intrínsecamente un gen que no es visible y que puede aflorar posteriormente.

$$(A/A)+(a/a)= (A/a):(A/a):(A/a):(A/a)$$

Si dos heterocigóticos son emparejados, en conjunto conseguimos el modelo mendeliano de 1:2:1 clásico, que significa 25% de esos jóvenes serán los homocigóticos para el gen dominante, 50% heterocigóticos, y homocigóticos 25% para el gen recesivo. En apariencia serán 3:1.

$$(A/a)+(A/a)= (A/A):(A/a):(a/A):(a/a)$$

Las condiciones recesivas son siempre **homocigóticas** en caso que se muestre visibles, es decir, se manifiesta cuando se ha heredado esta cualidad de **ambos progenitores**.

## EL CROMOSOMA DE SEXO

En las "palomas hembra" todos los cromosomas tienen su par, excepto uno, el que determina el sexo, por ello, contrariamente a los mamíferos, la hembra es la que posee el cromosoma independiente "Z" que a la postre es el que determina el sexo.

Algunas características de nuestras palomas, como el pigmento del color ( marrón=b, azul o negro=+ y Rojo=BA ) están incluidas en un lugar geométrico determinado del cromosoma del sexo.

A efectos de explicación, en las palomas Hembras denominamos el cromosoma que debiera estar asociado al cromosoma Z, con el número cero "0" ó "." pues, este cromosoma es inexistente y por tanto, vacío de color; es por ello que las hembras son homocigóticas en el color, es decir puras, sin mezcla, mientras los machos pueden ser dependiendo del cruce de colores homocigótico o portar dos colores, heterocigótico.

Existen al menos nueve genes que se han identificado en 5 localizaciones del cromosoma del

#### Propiedades ligadas al sexo

b	brown	marron
B <sup>n</sup>	ash-red	ceniza rojo
d	dilution	diluido
d <sup>r</sup>	dilute-pale	claro; palido
r	reduced	reducido
St	almond	almendra
St <sup>i</sup>	fadel	lavado
St <sup>q</sup>	qualmond	almendra de quinn
wl	web lethal	mortal

sexo de la paloma domestica

La posición o lugar geométrico de esos genes en el cromosoma del sexo, podríamos representarlo:

#### Posiciones en el cromosoma sexual

		web		brown,
dilute	reduced	lethal	almond	ash-red
d	r	wl	St	b

## LEYES DE MENDEL

En 1866, un padre agustino aficionado a la botánica llamado Gregorio Mendel publicó los resultados de unas investigaciones que había realizado pacientemente en el jardín de su convento durante más de diez años. Éstas consistían en cruzar distintas variedades de guisantes y comprobar cómo se transmitían algunas de sus

características a la generación siguiente. Su sistema de experimentación tuvo éxito debido a su gran sencillez, ya que se dedicó a cruzar plantas que sólo diferían en una característica externa que, además, era fácilmente detectable. Por ejemplo, cruzó plantas de semillas verdes con plantas de semillas amarillas, plantas con tallo largo con otras de tallo corto, etc.

Mendel intuyó que existía un factor en el organismo que determinaba cada una de estas características. según él, este factor debía estar formado por dos elementos, una que se heredaba del organismo masculino y el otro del elemento. Además estos dos elementos consistirían en versiones iguales o diferentes del mismo carácter; cada valor del factor proporcionaría, por ejemplo, un color distinto a la semilla o una longitud de tallo diferente en la planta. Además, tal y como veremos más adelante, algunas, versiones serían dominantes respecto a otras. Actualmente a estos factores se les denomina genes, palabra derivada de un término griego que significa «generar», y a cada versión diferente del gen se la denomina alelo. Así el gen que determina, por ejemplo, el color de la semilla en la planta del guisante puede tener " dos alelos, uno para las semillas verdes y otro para las semillas amarillas.

Observando los resultados de cruzamientos sistemáticos, Mendel elaboró una teoría general sobre la herencia, conocida como leyes de Mendel.

### Primera ley de Mendel

**Ley de la Uniformidad de los Mestizos.** Si se unen padres de pura raza (homocigóticos) para una determinada propiedad, todos los hijos heredarán dicha propiedad por igual.

$$AA+bb = Ab+Ab+Ab+Ab$$

Si se cruzan dos razas puras para un determinado carácter, los descendientes de la primera generación son todos iguales entre sí y, a su vez, iguales a uno de sus progenitores, que es el poseedor del alelo dominante. Mendel elaboró este principio al observar que si cruzaba dos razas puras de plantas del guisante, una de semillas amarillas y otra de semillas verdes, la descendencia que obtenía, a la que él denominaba F1, consistía únicamente en plantas que producían semillas de color amarillo. Estas plantas debían tener, en el gen que determina el color de la semilla, los dos alelos que habían heredado de sus progenitores, un alelo para el color verde y otro para el color amarillo; pero, por alguna razón, sólo se manifestaba este último, por lo que se lo denominó alelo dominante, mientras que al primero se le llamó alelo recesivo.

### Segunda ley de Mendel

**Ley de la División.** Si unimos la primera descendencia de una pareja de raza pura, ya con propiedades de raza mixta (heterocigóticos) para una determinada propiedad, su descendencia se divide en la proporción 1:2:1.

$$Ab+Ab=AA+Ab+bA+bb$$

Los alelos recesivos que, al cruzar dos razas puras, no se manifiestan en la primera generación (denominada F1), reaparecen en la segunda generación (denominada F2) resultante de cruzar los individuos de la primera. Además la proporción en la que aparecen es de 1 a 3 respecto a los alelos dominantes. Mendel cruzó entre sí los guisantes de semillas amarillas obtenidos en la primera generación del experimento anterior. Cuando clasificó la descendencia

resultante, observó que aproximadamente tres cuartas partes tenían semillas de color amarillo y la cuarta parte restante tenía las semillas de color verde. Es decir, que el carácter « semilla de color verde », que no había aparecido en ninguna planta de la primera generación, sí que aparecía en la segunda aunque en menor proporción que el carácter « semilla de color amarillo »

### **Tercera ley de Mendel**

**Ley de la Independencia.** Todos los caracteres hereditarios de un ser vivo son heredados independientemente entre sí.

Los caracteres que se heredan son independientes entre sí y se combinan al azar al pasar a la descendencia, manifestándose en la segunda generación filial o F<sub>2</sub>. En este caso, Mendel seleccionó para el cruzamiento plantas que diferían en dos características, por ejemplo, el color de los guisantes (verdes o amarillos) y su superficie (lisa o arrugada). Observó que la primera generación estaba compuesta únicamente por plantas con guisantes amarillos y lisos, cumpliéndose la primera ley. En la segunda generación, sin embargo, aparecían todas las posibles combinaciones de caracteres, aunque en las proporciones siguientes: 1/16 parte de guisantes verdes y rugosos, 3/16 de verdes y lisos, 3/16 de amarillos y rugosos y por último 9/16 de amarillos y lisos. Esto le indujo a pensar que los genes eran estructuras independientes unas de otras y, por lo tanto, que únicamente dependía del azar la combinación de los mismos que pudiese aparecer en la descendencia.

En la práctica, esto significa que mediante la cría se puede reunir en un mismo animal, distintas propiedades de los animales de partida.

## **LA GENÉTICA DESPUÉS DE MENDEL: TEORÍA CROMOSOMICA DE LA HERENCIA**

A principios de este siglo, cuando las técnicas para el estudio de la célula ya estaban suficientemente desarrolladas, se pudo determinar que los genes estaban formados por ácido desoxirribonucleico (ADN) y además se encontraban dentro de unas estructuras que aparecían en el citoplasma justo antes de cada proceso de división celular. A estas estructuras se las denominó cromosomas, término que significa «cuerpos coloreados», por la intensidad con la que fijaban determinados colorantes al ser teñidos para poder observarlos al microscopio. Además se vio que estos aparecían repetidos en la célula formando un número determinado de parejas de cromosomas homólogos característico de cada especie, uno de los cuales se heredaba del padre y el otro de la madre. También se pudo comprobar que el número de pares de cromosomas no dependía de la complejidad del ser vivo. Así por ejemplo, en el hombre se contabilizaron 23 pares de cromosomas, mientras que en una planta como el trigo podían encontrarse hasta 28 pares.

En base a estos descubrimientos y a los estudios realizados en 1906 por el zoólogo estadounidense Thomas H. Morgan sobre los cromosomas de la mosca del vinagre (*Drosophila melanogaster*), se pudo elaborar la teoría cromosómica de la herencia donde se establecía de manera inequívoca la localización física de los genes en la célula. Gracias a esta teoría se pudo dar también una explicación definitiva a los casos en los que no se cumplían

con exactitud las leyes de Mendel anteriormente citadas.

De manera parecida a Mendel, Morgan se dedicó a cruzar de manera sistemática diferentes variedades de moscas del vinagre. Estas moscas ofrecían muchas ventajas con respecto a los guisantes ya que tienen un ciclo vital muy corto, producen una gran descendencia, son fáciles de cultivar, tienen tan sólo cuatro cromosomas y presentan características hereditarias fácilmente observables, como el color de los ojos, la presencia o ausencia de alas, etcétera.

### **Herencia de genes ligados**

La investigación con las moscas del vinagre proporcionó a Morgan evidencias de que los caracteres no eran heredados siempre de forma independiente tal y como había postulado Mendel en su tercera ley.

Supuso que al haber solo cuatro cromosomas diferentes, muchos genes debían estar «ligados», es decir, debían compartir el mismo cromosoma y por ello mostrar una clara tendencia a transmitirse juntos a la descendencia. No obstante, las conclusiones realizadas por Mendel años atrás, no dejaban de ser correctas para los genes «no ligados». Solo la casualidad hizo que Mendel escogiese para los cruces de sus plantas características determinadas por genes situados en cromosomas distintos.

### **Herencia ligada al sexo**

En uno de sus primeros experimentos, Morgan cruzó un macho de moscas de ojos rojos (normales) con una hembra que había encontrado casualmente y que tenía los ojos blancos. Las moscas que obtuvo en esta primera generación o F<sub>1</sub> tenían todas los ojos rojos, tal y como se

describe en la primera ley de Mendel. Pero cuando cruzó entre si estas moscas para obtener la segunda generación filial o F2, descubrió que los ojos blancos solo aparecían en las moscas macho y además como un carácter recesivo. Por alguna razón, la característica «ojos blancos» no era transmitida a las moscas hembras, incumpliendo, al menos parcialmente, la segunda ley de Mendel. Al mismo tiempo, en sus observaciones al microscopio, Morgan había advertido con extrañeza que entre los cuatro pares de cromosomas de los machos, había una pareja en la que los cromosomas homólogos no tenían exactamente la misma forma. Era como si a uno de ellos le faltase un trozo, por lo que a partir de ese momento a esta pareja se la denominó cromosomas XY. Sin embargo en la hembra, la misma pareja de cromosomas homólogos no presentaba ninguna diferencia entre ellos, por lo que se la denominó cromosomas XX. Morgan pensó que los resultados anómalos del cruzamiento anterior se debían a que el gen que determinaba el color de los ojos se encontraba en la porción que faltaba en el cromosoma Y del macho.

Por tanto, en el caso de las hembras (xx) al existir dos alelos, aunque uno de ellos fuese el recesivo (ojos blancos), el carácter manifestado era el normal (ojos rojos). En los machos, sin embargo, al disponer únicamente de un alelo (el de su único cromosoma X), el carácter recesivo si que podía ser observado.

De esta manera quedaba también establecido que el sexo se heredaba como un carácter más del organismo.

## SÍNTESIS

- Una determinada característica o cualidad se manifiesta en un animal a través de un par genético, resultado de la combinación de dos pares de genes, uno del padre y otro de la madre.
- Cuando se combinan los genes del padre y de la madre pueden darse hasta 4 combinaciones diferentes para cada hijo, o lo que es lo mismo, cuatro tipos de descendencia para una determinada característica.

La forma matemática de expresarlo podría ser:  $(Aa)+(Bb) = (AB); (Ab); (aB); (ab)$

Donde Aa, Bb son los pares genéticos de partida (de los progenitores) para una determinada cualidad (p.e. pigmento del color), y "AB, Ab, aB, ab" son los pares genéticos de cada tipo de descendencia

- De la misma forma una cualidad se transmite de padres a hijos, dicha cualidad también puede perderse definitivamente para parte de la descendencia, es decir, no todos los hijos de un ejemplar portarán (ni de forma dominante ni de forma recesiva), una determinada característica, de ahí la importancia que tiene el seleccionar un determinado ejemplar como semental, y precisamente el que presenta dicha cualidad, no el hermano, pariente ni cualquier otro.