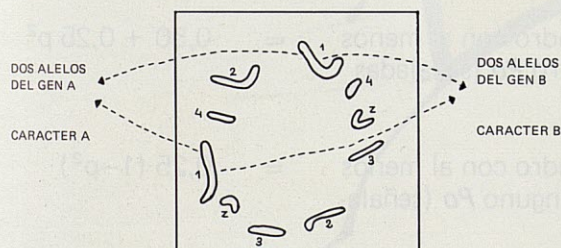


## Apuntes de genética sobre caracteres morfológicos de la gallina (y VII)

José L. Campo (\*)

### 7. GENES LIGADOS

Este concepto es opuesto al de genes independientes, que como vimos en su momento era condición imprescindible para que se cumplieran las leyes mendelianas al estudiar simultáneamente dos pares de alelos. En este capítulo analizaremos la herencia de dos genes situados en el mismo cromosoma.



#### a) Fase de repulsión

La cresta doble está determinada por un alelo  $D$  dominante (incompleto) sobre la cresta normal ( $d^+$ ). La polidactilia está controlada por el alelo dominante (incompleto)  $Po$  de otro gen situado en el mismo par de cromosomas que el anterior, siendo  $po^+$  su alelo normal recesivo.

Elegiremos un cruce entre la raza BUTTERCUP, representativa de la cresta doble y la raza DORKING una de las típicas de cinco dedos (portadoras del gen para polidactilia). Es conveniente en los estudios de ligamiento separar por una raya inclinada los alelos de cada cromosoma morfológicamente igual.

De esta manera, la raza BUTTERCUP con cresta doble y sin polidactilia, llevará un alelo  $D$  y uno  $po^+$  en cada cromosoma estudiado, mientras que la raza DORKING con cresta normal y cinco dedos, tendrá un alelo  $d^+$  y otro  $Po$  en cada uno. El cruce inicial será pues:

BUTTERCUP  $Dpo^+/Dpo^+$   $\times$  DORKING  $d^+Po/d^+Po$

Los gametos formados por la BUTTERCUP serán todos  $Dpo^+$  y los de la DORKING todos  $d^+Po$  con lo que la descendencia será toda  $Dpo^+/d^+Po$ , es decir de cresta doble y con cinco dedos. Nótese que la primera ley de Mendel sigue cumpliéndose (uniformidad en genotipos y en fenotipos de la  $F_1$ ). El heterocigoto obtenido se dice que está en fase de REPULSION y eso

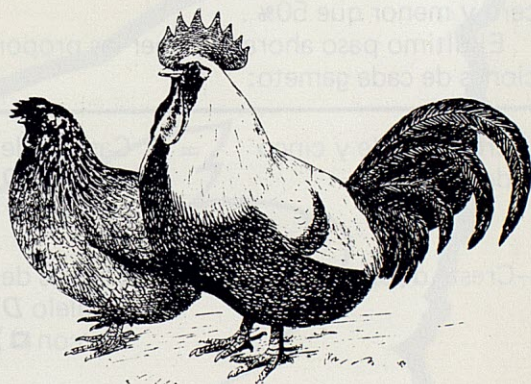


Figura 1. Pareja Dorking

quiere decir que lleva un alelo dominante y otro alelo recesivo en cada cromosoma (uno lleva  $Dpo^+$  y el otro  $d^+Po$ ).

La segunda generación será muy distinta a la que se obtendría si los dos genes estudiados fuesen independientes. Como siempre, habrá que poner primero los gametos formados por los animales de la  $F_1$ :

(\*) Dirección del autor: Departamento de Genética Cuantitativa y Mejora Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ctra. de la Coruña Km. 7. Madrid-35.



$F_1$   $Dpo^+ / d^+ Po$   $\times$   $F_1$   $Dpo^+ d^+ Po$

En principio cada heterocigoto sólo formaría dos tipos de gametos, uno con  $Dpo^+$  y otro con  $d^+ Po$ . Sin embargo, durante la meiosis formadora de los gametos ocurre un fenómeno llamado RECOMBINACION, en el que los cromosomas intercambian alelos y por tanto pueden obtenerse también gametos  $Dpo$  y gametos  $d^+ po^+$ . La diferencia está en que mientras los dos primeros ocurren en todos los casos, los segundos sólo ocurrirán cuando se de el intercambio mencionado entre cromosomas y por lo tanto los dos primeros aparecen más veces que los segundos.

Para visualizar esa diferencia existe un valor de RECOMBINACION ( $p$ ) que expresa la distancia a que están situados los dos genes estudiados: a mayor distancia entre ellos, mayor valor de recombinación y mayor probabilidad de que aparezcan los gametos que dependen de ella. Por razones que se escapan del contenido de estos capítulos, el valor de  $p$  es siempre mayor que cero y menor que 50%.

El último paso ahora es poner las proporciones de cada gameto:

—gametos que dependen de la recombinación ( $Dpo$  y  $d^+ po^+$ )  $\rightarrow p$  entre los dos  
 $\rightarrow 0,5 p$  cada uno

—gametos que no dependen de la recombinación ( $Dpo^+$  y  $d^+ Po$ )  $\rightarrow (1-p)$  entre los dos  
 $\rightarrow 0,5 (1-p)$  cada uno

Así pues formaremos el típico cuadro  $F_2$  pero a diferencia del expuesto para ilustrar las leyes de Mendel, en este caso las proporciones de cada gameto no son todas iguales, sino iguales dos a dos:

$\sigma^+ \backslash \varphi$	$Dpo$ {0,5p}	$Dpo^+$ {0,5(1-p)}	$d^+ Po$ {0,5(1-p)}	$d^+ po^+$ {0,5p}
$Dpo$ {0,5p}	•	•	•	•
$Dpo^+$ {0,5(1-p)}	•	◻	•	◻
$d^+ Po$ {0,5(1-p)}	•	•	×	×
$d^+ po^+$ {0,5p}	•	◻	×	

Para no alargar la exposición, bastará considerar que las proporciones de cada uno de los fenotipos posibles serán:

- Cresta doble y cinco dedos = Casillas del cuadro con al menos un alelo  $D$  y otro  $Po$  (señaladas con •) =  $0,50 + 0,25 p^2$
- Cresta doble = Casillas del cuadro con al menos un alelo  $D$  y ninguno  $Po$  (señaladas con ◻) =  $0,25 (1-p^2)$
- Cinco dedos = Casillas del cuadro con al menos un alelo  $Po$  y ninguno  $D$  (señaladas con ×) =  $0,25 (1-p^2)$
- Normales = Casillas del cuadro sin alelos  $D$  ni  $Po$  =  $0,25 p^2$

Los números obtenidos resultan de considerar que cada casilla del cuadro aparece como el producto del gameto que hay en su fila y en su columna y que cuando hay más de una casilla con el mismo fenotipo los resultados se sumarán. Es importante saber que cuando  $p$  toma su valor máximo posible ( $p=0,50$ ) el resultado se convierte en el mendeliano normal 9 : 3 : 3 : 1.

Dado que el valor de la recombinación para los dos genes considerados es  $p=42\%=0,42$ , sustituyendo este valor en las fórmulas anteriores, quedará como segregación final en la  $F_2$ :

- Cresta doble y cinco dedos = 54,40%
- Cresta doble = 20,60%
- Cinco dedos = 20,60%
- Normales = 4,40%

# ALFAMICETIN

ESTEVE

"100" PREMIX



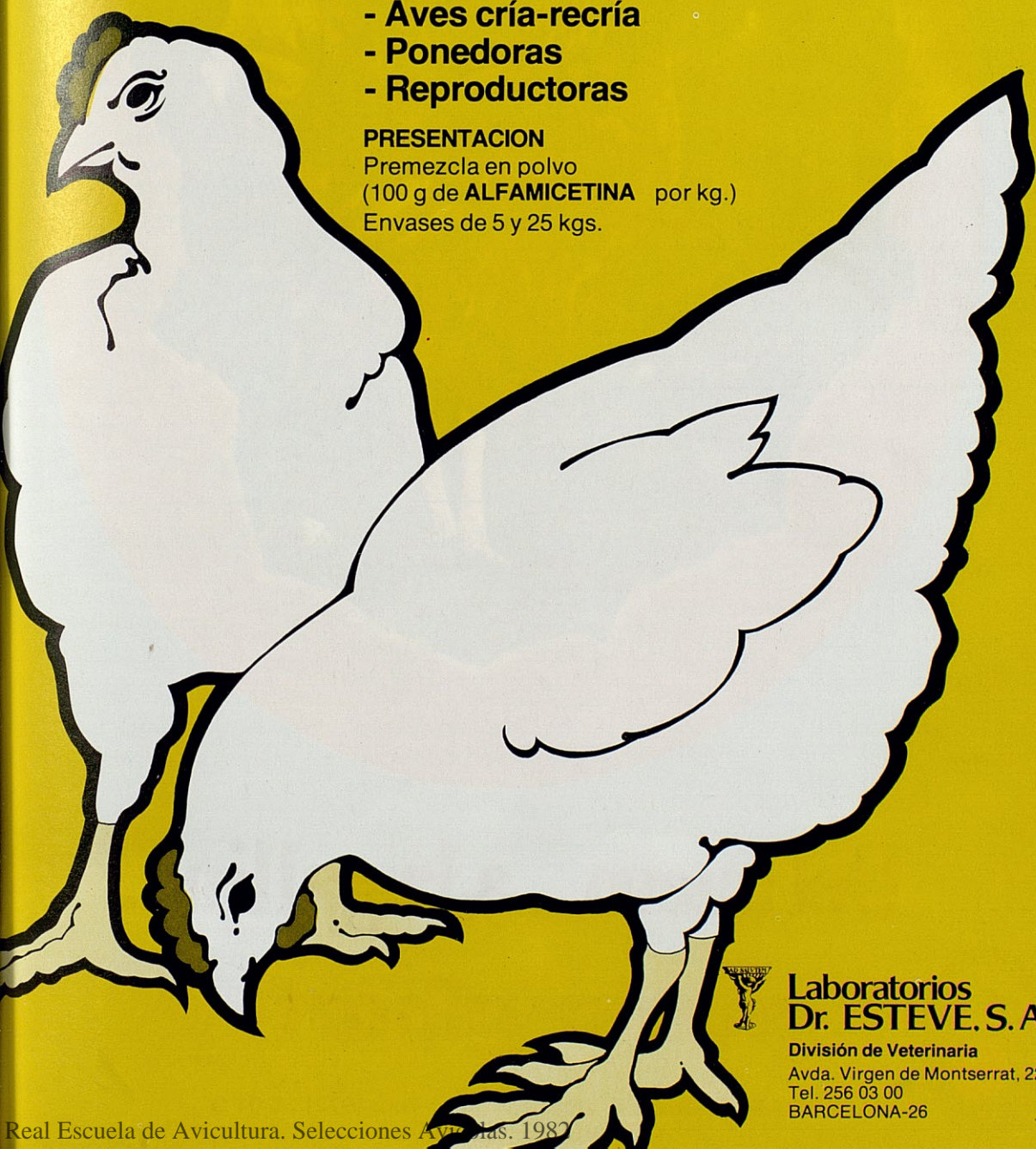
**Nuevo antibiótico macrólido  
en premezcla, de uso en piensos  
medicados para aves**

**Control terapéutico (quimioprofilaxis)  
de las micoplasmosis aviarias**

- Broilers
- Aves cría-recría
- Ponedoras
- Reproductoras

**PRESENTACION**

Premezcla en polvo  
(100 g de ALFAMICETINA por kg.)  
Envases de 5 y 25 kgs.



**Laboratorios  
Dr. ESTEVE. S. A.**

División de Veterinaria

Avda. Virgen de Montserrat, 221  
Tel. 256 03 00  
BARCELONA-26



**Del huevo... a la gallina.**

**granja gibert**



GRANJA GIBERT. Apartado 133. Tel.: (977) 36 01 04

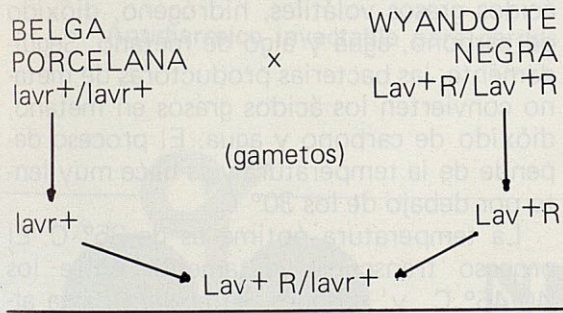
Real Escuela de Avicultura. Selecciones Avícolas 1982  
Cambrils (Tarragona)



b) Fase de acoplamiento

Existe otra posibilidad al estudiar el ligamiento entre dos genes, consistente en la obtención en la  $F_1$  de un heterocigoto que lleva en un cromosoma los dos alelos dominantes y en el otro los dos alelos recesivos, heterocigoto que estará en fase DE ACOPLAMIENTO.

Para ilustrarlo tomaremos el alelo lavándula (*lav*) recesivo de su alelo normal (*Lav*<sup>+</sup>), situado en el mismo cromosoma que el alelo para cresta de rosa (*R*) dominante como ya sabemos del alelo para cresta normal (*r*<sup>+</sup>). El alelo lavándula es muy similar al alelo dominante azul (*Bl*) típico de la ANDALUZA AZUL, pero se diferencia de él en que diluye el color rojo a un crema pálido además de diluir el negro a azul grisáceo. Utilizaremos como raza representativa de este alelo la BELGA PORCELANA y la cruzaremos con la WYANDOTTE NEGRA portadora de la cresta de rosa. El cruce inicial será:



Como vemos, el heterocigoto de la  $F_1$  lleva los dos alelos dominantes (*Lav*<sup>+</sup> y *r*<sup>+</sup>) en el otro. Tendrá la cresta de rosa y no manifestará el carácter lavándula.

Los gametos formados por estos heterocigotos serán:

- gametos que dependen de la recombinación →  $p$  entre las dos → 0,5  $p$  cada uno (*Lav*<sup>+</sup> *r*<sup>+</sup> y *lav* *R*)
- gametos que no dependen de la recombinación →  $(1-p)$  entre los dos → 0,5  $(1-p)$  cada uno (*Lav*<sup>+</sup> *R* y *lav* *r*<sup>+</sup>)

Se debe notar que los gametos siguen siendo iguales dos a dos, pero lo que aparecen  $p$  veces en el caso de repulsión ahora saldrán  $(1-p)$  veces y viceversa. El cuadro de la segunda generación será:

♀ \ ♂	$Lav^+ R$ {0,5(1-p)}	$Lav^+ r^+$ {0,5 p}	$lav R$ {0,5 p}	$lav r^+$ {0,5(1-p)}
$Lav^+ R$ {0,5(1-p)}	•	•	•	•
$Lav^+ r^+$ {0,5 p}	•	◻	•	◻
$lav R$ {0,5 p}	•	•	×	×
$lav r^+$ {0,5(1-p)}	•	◻	×	

- Cresta de rosa = Casillas del cuadro con al menos un alelo *Lav*<sup>+</sup> y otro *R* (señaladas con • ) =  $0,50 + 0,25 (1-p)^2$
- Normales = Casillas del cuadro con al menos un alelo *Lav*<sup>+</sup> y ninguno *R* (señaladas con ◻ ). =  $0,25 p (2 - p)$
- Lavándula y cresta de rosa = Casillas del cuadro con al menos un alelo *R* y ninguno *Lav*<sup>+</sup> (señaladas con × ) =  $0,25 p (2-p)$
- Lavándula = Casillas del cuadro sin alelos *Lav*<sup>+</sup> ni *R* =  $0,25 (1-p)^2$

Igual que antes haciendo  $p = 0,50$  saldrá la segregación normal mendeliana 9:3:3:1.  
Para los dos genes considerados el valor de la combinación es  $p = 32\% = 0,32$ , con lo que las proporciones finales serán:

- cresta de rosa = 61,56% .
- normales = 13,44% .
- lavándula y cresta de rosa = 13,44%
- lavándula = 11,56% .