

# DOCTRINA

## INVESTIGACION DEL GENOTIPO

POR

D. GUMERSINDO APARICIO

Profesor de Genética de la Escuela Superior de Veterinaria de Córdoba

Determinar el genotipo por medio del fenotipo; hé aquí el problema fundamental de la Genética.

(BAUER).

Nada conseguiríamos de las modernas leyes de herencia, si no hiciéramos todo lo posible por aplicarlas a nuestras empresas zoeconómicas. A la altura de los conocimientos de esta importante rama de la Biología, la transmisión de los caracteres hereditarios se encuentra oscurecida por multitud de fenómenos que la mayoría de las veces se nos explican por teorías hipotéticas sin fundamento experimental alguno.

Aun en cruzamientos simples de dos pares de alelomorfos, cuando el resultado en la F. 2.<sup>a</sup> no es en número el prácticamente esperado y se desvía de la proporcionalidad mendeliana prefijada, recurrimos al ligamiento factorial, anfimixis o linkag, demostrado por Morgan en la *Drosophila* y concurrente por su complejidad a la mayor confusión de la herencia y constitución en los animales superiores.

Y si no es el número de caracteres transmitidos lo que nos llama la atención, sino que por el contrario lo que nos extraña es la aparición de formas ascentrales de la especie que nunca pudiéramos sospechar existiesen en el plasma germinal de los individuos cruzados, tenemos para explicárnoslo que recurrir a la interacción factorial, relegar a segundo lugar el término factor hereditario, desarticularlo en multitud de genes y admitir que cada una de estas moléculas hipotéticas son capaces de producir múltiples acciones en el cigoto.

La misma teoría cromosómica de la herencia demos-

trada experimentalmente por Morgan y sus discípulos, tiene sus impugnadores que, sin descartarla abiertamente, manifiestan, con la fuerza que dan las demostraciones experimentales, que en la trasmisión de los caracteres hereditarios hay que tener muy en cuenta las condiciones físico químicas del citoplasma.

El problema de la herencia, por tanto, pudiéramos decir que en su complejidad se nos muestra en relación directa con el número de caracteres étnicos cruzados e inversamente proporcional a la escala zoológica de la especie.

Por eso en nuestro estudio particularísimo, formular leyes encaminadas a la trasmisión de las características, es una temeridad. No obstante nos creemos en la obligación de iniciar diagnosis zootécnicas y contribuir con ello al estudio de su perfeccionamiento, sobre todo cuando los individuos a estudiar entren de lleno en la funcionalidad mejorada por pertenecer al sementalaje oficial o particular.

Pero antes de adentrarnos en este estudio, deduciendo de las características étnicas la verdadera constitucionalidad de los individuos dedicados a la reproducción, hagamos todo lo posible por precisar los términos genotipo y fenotipo, conceptos ambos que en su diferente valor, constituyen la base fundamental de este trabajo.

Según la moderna concepción de East, el genotipo es la imagen del *Film*; es el paisaje que mediante un dispositivo especial hemos recogido en la placa fotográfica. Más para que esa imagen o ese paisaje puedan resaltar en todos sus detalles (manifestación fenotípica) necesitamos un revelador químico.

Pues bien, el revelador químico del genotipo es el medio ambiente con todas sus acciones.

De modo que según este concepto, todo el potencial existente en los gametos y acumulado, en el cigoto en el momento de la fecundación, necesita para desenvolverse el influjo exterior. Pero por otra parte y aunque el medio externo en toda su amplitud sea el estimulante, lo cierto es que las características a revelarse en el nuevo ser radican íntegramente en su plasma germinal; es decir, en su genotipo. Constitución interna y medio ambiente son, en definitiva, factores que se complementan y de cuya acción conjunta y ordenada se han de conseguir los caracteres específicos buscados.

Es verdad que, acciones ecológicas contrarias al desenvolvimiento de varios individuos, podrán producir fenotipos diferentes aunque la constitución de sus plasmas germinales nos den genotipos parecidos o idénticos. Pero tampoco es menos cierto que por mucho que quisiéramos hacer sobresalir una funcionalidad o una característica a fuerza de proporcionar acciones exteriores adecuadas, nunca lo conseguiríamos sin que previamente esa funcionalidad o esa característica radicara potencialmente en el plasma germinal del individuo, sometido a régimen ecológico tan excelente como inútil.

Como vemos y a medida que profundizamos en estas palabras y en su verdadero sentido científico, el fenotipo —apariciencia exterior— va relegándose a segundo lugar, va perdiendo importancia, hasta que llegamos a considerarlo como algo sujeto a múltiples variantes, producido por acciones diferentes y la mayoría de las veces sin valor alguno para el zootecnista, ya que esas apariencias exteriores están muy lejos de ser las que prácticamente radican en su plasma germinal y por consiguiente las que pueden ser transmitidas a sus descendientes.

Por el contrario, el potencial hereditario de un individuo y las acciones ecológicas que lo rodean son hechos de máxima importancia. La separación precisa de sus valores es casi imposible desde el primer momento que los dos pueden influir grandemente en su ulterior desarrollo. Pero no obstante nos encontramos en la obligación de saber discernir qué variantes han sido producidas por el medio y qué caracteres se poseen por herencia; los primeros son susceptibles de modificación, bien provocando medios francamente artificiales o bien llevando nuestras explotaciones a

climas adecuados; los segundos, son invariables y ante su inmutabilidad y existencia sólo nos queda el recurso de seguir explotando el individuo que rinde esa utilidad efectiva, o por el contrario desecharlo del sementalaje como mal reproductor.

Tratándose de animales de corta gestación y muy prolíficos la selección de individuos dedicados a la reproducción sería fácil mediante el análisis genético de la descendencia. Pero esto es prácticamente imposible en los animales superiores, caballar y vacuno principalmente, uníparos por naturaleza, de larga gestación y de complicado reconocimiento del producto logrado por lo dilatado de la zona en que los sementales ejecutan su acción mejoradora y que se opone como es consiguiente, a seguir de cerca y en cortos días la serie mendeliana de un carácter que nos interese. Es preciso pues, ante las expresadas razones, intentar un procedimiento rápido de diagnosis genotípicas que nos permita en corto tiempo concluir con la acción, a veces funesta, de un reproductor que, aún estando en posesión de características excelente, trasmite, en cambio, conformaciones defectuosas.

Determinar el genotipo por el fenotipo; descubrir por las características exteriores qué factores radican en el plasma germinal de un individuo, dice Bauer, ha de ser el principal objeto de análisis en medicina humana. Nosotros creemos asimismo que ello debe ser también el primer cuidado de todo zootecnista si quiere que las explotaciones de esta clase de animales marchen por derroteros firmes de rendimientos y utilidades.

Convencido de esta necesidad, teniendo en cuenta que nuestra población animal se encuentra en más o menos grado en franco estado de variación desordenada y que precisamente existen en paradas oficiales y particulares gran cantidad de mestizos dedicados a la reproducción, consideramos interesante este estudio dedicado por entero a tratar de esa diferenciación, basándonos para ello en el mejor análisis de las genealogías y caracteres étnicos.

\* \* \*

Partamos de una definición clásica de herencia. Johanssen decía que existía herencia cuando en los descendientes se encontraban los mismos genes que en sus padres; hecho verosímil en plantas y animales que se reproduzcan por autofecundación.

Pero en nuestros animales superiores el concepto de

herencia dista mucho de ser el expresado por el sabio botánico danés desde el primer momento que las fórmulas hereditarias de cada progenitor son desiguales y por consiguiente el individuo obtenido será siempre el resultado de potencialidades completamente diferentes.

Estudiando la trasmisión de las características de manera general, tendremos que admitir dos modalidades de herencia: la herencia específica y la racial; y aún dentro de esta última se destacan individualidades con características propias tan desviadas de la curva normal, que el concepto de raza y especie pierde todo su valor para dar paso al individuo y sobre todo al concepto *carácter individual*.

La herencia específica. El dinamismo por medio del cual de la fusión de un óvulo y un espermatozoide de équidos resultará siempre un équido, se cumple infaliblemente. Las características específicas se abren paso de todas maneras, y cuando destruimos ese cuadro con la práctica de la hibridación, en su sentido zootécnico, la naturaleza condena nuestro intento con la infecundidad de los productos resultantes.

Por el contrario, todo ese cúmulo de características morfológicas o funcionales que dentro de la especie caracterizan a la raza, necesitan por nuestra parte una atención continuada en pro de su mejora o de su conservación.

Es una ley de herencia que se cumple siempre, la de la independencia de los caracteres. Toda la gama de particularidades que caracterizan a dos individuos de la misma raza, se han de distribuir independientemente en el cigoto y precisamente en el momento de la formación de los gametos o células sexuales. Este es el concepto simplista de la segunda de las leyes de Mendel tal como la conocían los primeros genetistas, que consideraban cada carácter morfológico o funcional condicionado por un solo gene o factor hereditario.

De este hecho a los conocimientos actuales de herencia va un abismo. Caracteres simples con solo una representación en el plasma germinal existen relativamente pocos; y precisamente los más importantes para nuestro estudio como la puesta en la gallina, la elevada producción láctea, el contenido de manteca en la leche, la talla, el peso, la intensidad de la coloración, etc., son producidos por diversos factores obrando en el mismo sentido (factores poliméricos), condicionados al mismo tiempo por factores pleiotrópicos

que nos explican la correlación existente entre desigualdades heredadas al mismo tiempo o por factores modificadores de uso tan corriente en la nueva Genética.

La herencia, como vemos, se nos muestra cada vez más compleja; y es precisamente ese potencial bioquímico tan poco conocido, acumulado en el cigoto y distribuido independientemente en los gametos lo que nos interesa averiguar, por que de su conocimiento, del análisis justo o aproximado de las localizaciones germinales, hemos de deducir la base firme en cuanto a la trasmisión de los caracteres que nos interesen.

La teoría de Bauer en cuanto a investigación del genotipo, tiene como base fundamental el análisis concienzudo y detallado de las características del individuo; es decir, de su fenotipo.

Bauer así nos lo expresa; pero sin embargo no nos da reglas hacia la consecución de fines verdaderamente prácticos.

Comprobar si de este simple examen podemos deducir las características impresas en el plasma germinal, es empresa, árdua en extremo, que nos apartaría de la finalidad de este trabajo. Pero habiendo sentado como premisa que los términos genotipo y fenotipo aunque teóricamente de distinto valor, se complementan en la práctica; teniendo en cuenta asimismo que es difícilísimo distinguir qué gama de variantes han sido producidas por el medio ambiente y qué clase de particularidades se presentan como consecuencia de su localización en el plasma germinal; y sobre todo, conociendo que la herencia se nos muestra con modalidades completamente diferentes aun en individuos de la misma familia, pretender reducir a mera fórmula toda esta complejidad de hechos, es empeño pueril.

El examen del genotipo tendrá que estar condicionado por diversidad de causas; por la mejor apariencia del fenotipo, por las condiciones ambientales y desde luego y de manera decisiva por la forma de herencia en que se haya presentado el carácter o particularidades a examinar.

Por eso nosotros teniendo en cuenta todos estos hechos, iniciamos su conciso estudio en los siguientes capítulos.

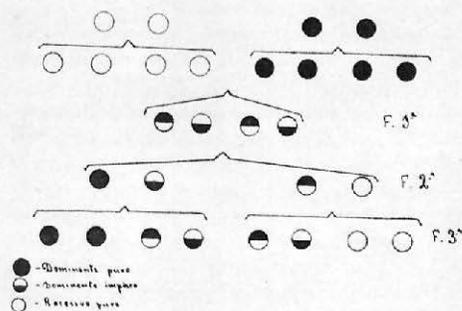
#### **Examen del Genotipo con existencia de formas dominantes**

La estabilidad de formas dominantes en un grupo animal más o menos numeroso, presupone la existen-

cia de formas recesivas contrarias a ese carácter. Es más, según las modernas concepciones de genética entre las que descuella la teoría de la presencia y de la ausencia, lo importante en el plasma germinal es lo recesivo que puede convertirse en dominante mediante la adición de un nuevo factor. De modo que según esta idea, recesivo no indica más que la ausencia de un factor que comunica sus propiedades al dominante.

Por lo tanto en estos casos, el análisis del plasma germinal se nos presentará de diferente forma según la calidad del carácter que nos preocupe.

En el examen de un carácter monogenético, no sujeto a factores condicionales, se nos pueden presentar los siguientes casos todos ellos de soluciones diferentes:



1.º—Cruzamiento de dominantes puros entre sí o de recesivos puros entre sí. Todos los productos ostentarán las mismas características que sus padres.

2.º—Cruzamiento de dominantes puros con recesivos. Todos los hijos ostentarán el carácter dominante; pero todos ellos ◐ son impuros.

3.º—Cruzamiento de dominantes impuros entre sí. En los hijos las formas padres aparecerán en la siguiente proporción: 1/4 dominantes puros ● 1/2 dominantes impuros ◐ y 1/4 recesivos ○

4.º—Cruzamiento de dominantes puros con dominantes impuros. Todos los productos ostentarán el carácter dominante, pero la mitad de ellos serán impuros.

5.º—Cruzamiento de dominantes impuros con recesivos. De la totalidad de productos obtenidos, la mitad serán dominantes impuros y la mitad recesivos.

Como vemos, la diferencia de transmisión entre los

factores dominantes y las formas recesivas es muy grande y completamente diferentes sus resultados.

Las primeras se transmiten infaliblemente de padres a hijos y su análisis radica sencillamente en la rigurosa observancia de los hechos.

Por el contrario las formas recesivas lo hacen muy frecuentemente de manera indirecta, a través de varias generaciones. Su presencia, requiere en el plasma germinal doble dosis del carácter, y por lo tanto tendrán siempre que ser el producto de cruzamientos entre dominantes impuros o heterocigotos; es decir, de individuos de excelente fenotipo y de genotipo impuro.

Esto nos explica asimismo la herencia bilateral; el caso, muy frecuente en familias numerosas, de la transmisión a la descendencia, por individuos aparentemente puros, de un carácter no deseado, que no lo ostentaban en su fenotipo las formas padres, pero que sin embargo lo poseían latente o recesivamente en su plasma germinal.

De todo lo expuesto se deduce que en el análisis del genotipo con existencia de formas dominantes, éstas pierden valor por su clara percepción y por el contrario lo alcanza muy grande el conocimiento más o menos exacto de la intensidad con que en una población animal cualquiera existe un carácter recesivo, por que de ello hemos de obtener, según Lenz, el conocimiento numérico de las formas heterocigóticas de donde materialmente tienen que surgir.

La proporcionalidad en que estas formas heterocigóticas se encuentran en una población animal examinada, con arreglo a las formas recesivas, es muy próximamente la del 10%. Es decir, que si del examen ejecutado hemos deducido que el carácter recesivo se nos muestra en la proporción de 1/100, hemos así mismo de esperar un porcentaje del 10% de individuos heterocigotos con relación a ese mismo carácter.

Otra de las leyes biológicas que hemos de tener en cuenta en estos análisis, en cuanto a la distribución del fenotipo en una población animal cruzada libremente, es que éste siempre lo hace siguiendo el porcentaje normal que encontraríamos en la F. 2.ª de cualquier cruzamiento entre un par de alelomorfos, o sea el de 1 : 2 : 1.

Y así vemos que partiendo de este resultado y admitiendo entre ellos reproducciones completamente libres, la proporcionalidad entre dominantes puros,

impuros y recesivos en esa población examinada sería siempre la misma, ya que no pueden realizarse más que las siguientes combinaciones genéticas.

● × ● =	4/4 ●
● × ○ =	2/4 ● + 2/4 ○
○ × ● =	2/4 ● + 2/4 ○
○ × ○ =	4/4 ○
○ × ● =	2/4 ● + 2/4 ○
● × ○ =	1/4 ● + 2/4 ○ + 1/4 ○
○ × ○ =	1/4 ● + 2/4 ○ + 1/4 ○
○ × ○ =	2/4 ○ + 2/4 ○
○ × ● =	2/4 ● + 2/4 ○
● × ○ =	1/4 ● + 2/4 ○ + 1/4 ○
○ × ○ =	1/4 ● + 2/4 ○ + 1/4 ○
○ × ○ =	2/4 ○ + 2/4 ○
○ × ● =	4/4 ○
○ × ○ =	2/4 ○ + 2/4 ○
○ × ○ =	2/4 ○ + 2/4 ○
○ × ○ =	4/4 ○
<b>Totales.-</b>	<b>16/4 ● : 32/4 ○ : 16/4 ○</b>
<b>Fórmula =</b>	<b>1 ● : 2 ○ : 1 ○</b>

Esta ley, de gran valor diagnóstico en una población heterogénea, se cumple de la misma manera tratándose de caracteres polihíbridos.

#### Examen del Genotipo con existencia de formas constantes e intermediarias

Sucede muchas veces que el resultado en la F. 2.<sup>a</sup> del cruzamiento de un par de alelomorfos no es el prácticamente esperado. En vez de la clásica proporción 1 : 2 : 1 nos encontramos ante formas intermedias en posesión de fenotipos parecidos.

Un ejemplo que aclarará el concepto es lo sucedido mediante el cruzamiento, clásico en los textos de Genética, de gallinas andaluzas blancas con negras para la producción de la gris; siendo así que lo que

obtenemos no es la coloración grisacea de la pluma, sino gallinas blancas con manchas negras esparcidas más o menos uniformemente por la capa.

Si proseguimos el cruzamiento entre éstos híbridos de primera generación, que en Córdoba se les denomina raza Pierrot por la modalidad de sus colores, no se produce la clásica disyunción de caracteres en la proporción de 1 negra: 2 Pierrot: 1 blanca que sería lo natural, sino que por el contrario lo que seguimos obteniendo son las mismas formas padres; es decir, gallinas Pierrot con fenotipo casi idéntico.

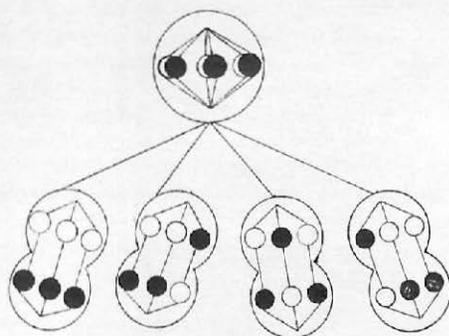
Pero si nuestra observación no es superficial y hacemos objeto de medida biométrica la intensidad con que las manchas negras se distribuyen por la capa blanca, veremos que existe una verdadera curva de variabilidad y en la que, partiendo del grupo más numeroso de individuos que ostentan esa superposición de caracteres casi de manera uniforme, se inician desviaciones hacia un lado y otro de la curva hasta encontrar individuos, muy poco numerosos por cierto, enteramente blancos o enteramente negros; fluctuaciones máxima y mínima de dicha curva.

Nos encontramos en este caso ante una nueva modalidad de herencia, aquella que presenta el carácter que interesa con un valor intermedio entre los valores de los dos antecesores, y que guarda correlación muy estrecha en sus diferentes interpretaciones con esa noción antigua de pura sangre, media sangre, 3/4 de sangre, etc.; proporciones ideales de la vieja zootecnia que nos servían para explicar hipotéticamente la cantidad de sangre contenida en diversas generaciones de mestizos.

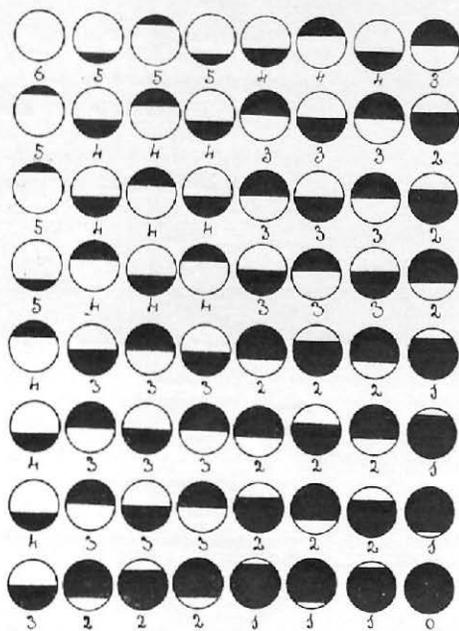
El análisis de la fórmula hereditaria en estos híbridos poliméricos ha de tener como base fundamental la apreciación detalladísima de la intensidad con que el carácter se presente dentro del grupo, ya que esa intensidad, en más o menos, se debe al acúmulo en el plasma germinal de genes o factores hereditarios obrando en el mismo sentido.

Siguiendo nuestro ejemplo en las gallinas Pierrot y suponiendo que la superposición de sus colores esté condicionada por solo tres factores en cada una de las formas padres, los que conocemos por los signos ○ ○ ○ para el color blanco, y ● ● ● para el negro, las posibles combinaciones en el plasma germinal darán lugar a la formación de ocho gametos dife-

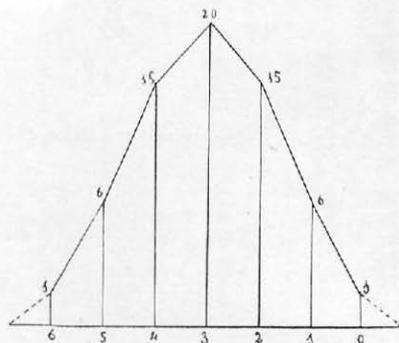
rentes y sus posibles combinaciones en la segunda



generación filial a los sesenta y cuatro individuos anotados en el cuadro siguiente y en los que debajo de cada posible combinación hemos colocado un número, que indica la cantidad de factores blancos que en ella han entrado.



El precedente resultado lo podemos anotar gráficamente colocando sobre una línea horizontal—obscisa—el número de factores blancos que entran en juego, y sobre otras verticales—ordenadas—el número de veces que esos factores se combinan, dando lugar a la siguiente curva de variabilidad en la que fácilmente



podemos apreciar que, de sesenta y cuatro individuos logrados, tan solo en dos se han reunido todos los factores propios de los dos grupos en pugna (fluctuación máxima y mínima de dicha curva) y que en los sesenta y dos restantes, la superposición de los caracteres blancos y negros es un hecho evidente; sobre todo en los grupos más numerosos 15-20-15 en que el equilibrio entre los caracteres antagónicos es tan grande que, a simple vista y con examen superficial, el grupo que observemos nos da la sensación cierta de ser el resultado de una clase de herencia entre formas constantes e intermedias.

El análisis del genotipo en el caso precedente, relativo a una simple intensidad de coloración o en otros similares, se nos muestra en la práctica de manera relativamente sencilla.

No sucede así con análisis de características funcionales (peso, producción láctea, aptitud para la puesta etc.); por que la intensidad con que se nos muestre no solo dependerá del acúmulo de factores francamente favorables a su desarrollo, sino de las condiciones de medio (alimentación, gimnástica funcional, temperatura, humedad, etc.) tan decisivas en estas funcionalidades.

En estos casos el análisis de la fórmula hereditaria ha de tener como punto de partida una paridad exacta entre los individuos examinados, no solo en sus condiciones de raza y edad, sino en las características ecológicas a que estén sometidos.

La apreciación minuciosa y detallada de sus rendimientos será la base exacta de su selección; selección que nos ha de servir para acumular en generaciones sucesivas y en estirpes o familias puras la totalidad de los factores favorables al carácter que nos interese o por el contrario hacer subsistir las formas intermedias, si es ello lo que zootécnicamente nos preocupa.

#### Examen del plasma germinal por la genealogía

La valoración de un semental por el análisis de su ascendencia, es método selectivo muy antiguo, empleado en todos los países que se han preocupado de la mejora de sus ganados. Claro está que, en principio, se usaba de manera empírica, sin darle más importancia que la que se le concedía al fenotipo con el que estaba íntimamente ligada.

Hoy día, su mejor realización, se encuentra unida a la consanguinidad, mediante la cual al acumular sobre un reproductor todos los factores necesarios a una aptitud determinada, logramos perpetuarla en su descendencia.

La primera medida necesaria para efectuar un buen análisis genotípico, es el árbol genealógico. Es decir un documento en el que partiendo del individuo a examinar podamos llegar hasta la cuarta o quinta generación como mínimum y comprobar qué clase de características se le han ido acumulando en el trascurso de esas generaciones; dato importantísimo para deducir su homocigosis o su heterocigosis.

En principio estos documentos no servían más que para determinar cuantas generaciones libres separaban el individuo a examinar, de otro reproductor considerado como bueno (método de Lehdorf). Con esto lo único que se conseguía era saber si el reproductor examinado se encontraba lejos o cerca de ese otro ascendiente y deducir de ello su bondad.

Este concepto simplista de la utilización del árbol genealógico cayó inmediatamente en desuso, siendo

substituído por la apreciación de los coeficientes de consanguinidad y coeficientes de parentesco. Por el primero de ellos tratamos de apreciar la influencia que un determinado reproductor puede ejercer sobre su descendencia, por el conocimiento de la de todos sus ascendientes.

Simplificando su fórmula, la pudiéramos expresar de la siguiente forma:

$$C = \frac{R \times 100}{n}$$

En la que C = Coeficiente de Consanguinidad. R = número de antecesores comunes y n = número total de antecesores.

Para determinar el «Coeficiente de parentesco», tenemos que empezar por hallar el «Grado de parentesco bilateral», cuya fórmula la podemos expresar de la siguiente manera:  $B = (R_p + R_m) - Z$ . En la que B = parentesco bilateral,  $R_p$  = antecesores comunes paternos,  $R_m$  = antecesores comunes maternos, y Z = número total de antecesores comunes en las dos líneas.

Para su determinación tendríamos que separar la línea materna de la paterna, determinar el número de antecesores comunes a cada una de ellas, sumar los resultados para cada generación y el total, restarlo del número íntegro de antecesores comunes también en cada generación: los totales obtenidos, nos darán el «Grado de parentesco bilateral».

Una vez en posesión de este dato, obtenemos el «Coeficiente de parentesco» por la siguiente fórmula:

$$C_p = \frac{B \times 100}{n}$$

En la que  $C_p$  = Coeficiente de parentesco B = Parentesco bilateral, y n = número total de antecesores.

Para mejor comprensión de las anteriores fórmulas y ante la imposibilidad en que nos encontramos de servirnos de un árbol genealógico auténtico, estudiaremos una genealogía hipotética de estrecha consanguinidad, en que partiendo de un individuo X, llegamos hasta la quinta generación. Ello nos ha de servir para la mejor divulgación del problema que nos ocupa.

GENERACIONES	1. <sup>a</sup>	2. <sup>a</sup>	3. <sup>a</sup>	4. <sup>a</sup>	5. <sup>a</sup>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
X	}	a	}	d	}	f	}	g	}	i	}	o	}	a	}	k	}	s	}	v																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
																					m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}	m	}	n	}

coeficiente de consanguinidad, sino el de parentesco. Hallar la fórmula que nos exprese el número de genitores comunes a las dos ramas.

Siguiendo la norma trazada, para su obtención, ten-

dremos que obrar por separado en las dos líneas, hallar el parentesco bilateral y últimamente y teniendo en cuenta este dato, determinar el coeficiente de parentesco de la siguiente forma.

**TABLA DE ELIMINACIÓN DE ANTECESORES COMUNES**

RELATIVOS AL PADRE A

NOMBRE	Generación en que reaparecen				
	1. <sup>a</sup>	2. <sup>a</sup>	3. <sup>a</sup>	4. <sup>a</sup>	5. <sup>a</sup>
d.....			1		1
f.....				2	3
g.....				1	1
l.....					1
m.....					3
n.....					2
Totales del padre.....			1	3	11

RELATIVOS A LA MADRE B

NOMBRE	Generación en que reaparecen				
	1. <sup>a</sup>	2. <sup>a</sup>	3. <sup>a</sup>	4. <sup>a</sup>	5. <sup>a</sup>
a.....			1	1	1
d.....				2	3
e.....				1	2
f.....					3
g.....					2
l.....					1
Totales de la madre.....			1	4	12
Más los totales del padre.....			1	3	11
SUMAN.....			2	7	23

Número total de antecesores comunes.....  
 Menos suma antecesores comunes a las dos ramas  
 Igual al Parentesco Bilateral.....

GENERACIONES				
1. <sup>a</sup>	2. <sup>a</sup>	3. <sup>a</sup>	4. <sup>a</sup>	5. <sup>a</sup>
	1	4	11	26
	1	2	7	23
	1	2	4	3

Y efectivamente si sustituimos la fórmula  $B = (R_p + R_m) - Z$  por su verdadero valor, en la 4.<sup>a</sup> generación, por ejemplo, tenemos que B. (parentesco bilateral)  $= (4 + 3) - 11 = 11 - 7 = 4$ .

En posesión de este dato no tenemos más que representar por sus verdaderas cifras la fórmula  $C_p = \frac{B \times 100}{n}$  para determinar el Coeficiente de parentesco para cada generación, de la siguiente forma.

$$C_{p2} = \frac{1 \times 100}{4} = 25 \quad C_{p3} = \frac{2 \times 100}{8} = 25$$

$$C_{p4} = \frac{4 \times 100}{16} = 25 \quad C_{p5} = \frac{3 \times 100}{32} = 9.37$$

La diferencia de los resultados entre los dos coeficientes es tan ostensible, que para nada tenemos que insistir sobre ello.

Iguales en la primera generación, van distanciándose paulatinamente hasta llegar a la quinta, en que nos encontramos ante un coeficiente de consanguinidad  $= 81.25$  y un coeficiente de parentesco  $= 9.37$ .

Y efectivamente, si analizamos el árbol genealógico de que nos hemos servido, no tenemos por menos que notar que, el generador a no se repite en la línea paterna y sí lo hace en la materna, y que el generador b no se repite en ninguna de las dos.

Nos encontramos, por tanto, ante un caso de unión consanguínea de padre con hijos y en la que como es consiguiente, el número de genitores comunes a las dos ramas será tanto menor cuanto más avancemos en las generaciones, y viceversa, tanto mayor cuanto más próximos nos encontremos del individuo examinado.

Estos coeficientes, de gran utilidad en Zootecnia, se encuentran, a nuestro juicio, obsecurados por la forma de obtención.

Es práctica inevitable, al pretender obtener estos resultados, sentar como axioma que, la existencia del hijo supone la de sus ascendientes; anotándolos acto seguido (aunque entre paréntesis como podemos apreciar en cualquier genealogía), y contándolos para las ulteriores operaciones. Es lo mismo que si nosotros, en vez de anotar para el coeficiente de consanguini-

dad el generador  $i$  tan sólo una vez en la 4.<sup>a</sup> generación y otra en la 5.<sup>a</sup>, lo hubiéramos hecho una en la 4.<sup>a</sup> y (3) en la 5.<sup>a</sup>; por que además de la que en realidad le corresponde, lo hubiéramos tenido que hacer dos veces más por sus ascendientes  $d$ ; ascendientes que en realidad existen, pero cuya fórmula hereditaria desconocemos y cuya inclusión en buena ley genética debemos desechar; ya que lo interesante en el empleo de estos coeficientes, como dejamos expresado, no es más que deducir la homocigosis del presunto reproductor.

Este grado de homocigosis lo podemos averiguar asimismo, mediante la fórmula  $(1 + (2r - 1))n$ , en la que  $n$  representa el número de caracteres alelomorfos que entran en juego, y  $r$  la generación segregante. Así por ejemplo en el caso de querer averiguar el grado de homocigosis en individuos de 4.<sup>a</sup> generación diferenciados por tres partes de alelomorfos, tendríamos que desarrollar el siguiente binomio:  $(1 + (2^4 - 1))^3$ , cuyo resultado nos daría el número probable de individuos homocigotos o heterocigotos en esa población.

Esta operación se puede simplificar substituyéndola por un quebrado en que el numerador es igual a  $(2r - 1)n$ , y el denominador igual a  $(2r)n$ , o sea en nuestro caso

$$\frac{(2^4 - 1)^3}{(2^4)^3} = \frac{(16 - 1)^3}{(16)^3} = \frac{15^3}{16^3}$$

Si recordamos, esta fórmula se parece a la empleada por la antigua Zootecnia —  $\frac{1}{2}, \frac{3}{4}, \frac{7}{8}, \frac{15}{16}$ , etcétera, para determinar el grado de concentración de sangre en cruzamiento continuo; en la que el numerador también es igual al denominador menos 1, y de la que se diferencia tan sólo en que, en ésta, no tenemos en cuenta más que la generación, y en aquella, además de la generación, tomamos como punto de partida los caracteres diferenciales. Tanto una como otra las consideramos, en buena práctica, como auxiliares selectivos de valor; pero nunca como base substancial de diferenciación zootécnica.

Como vemos en el examen del plasma germinal por la ascendencia, hemos de tener en cuenta multitud de factores, y aunque el empleo de árboles genealógicos y fórmulas expresadas nos simplifiquen el trabajo, nunca debemos olvidar que todo ello nada representa si no va acompañado de la apreciación minuciosa de las características y rendimientos del presunto reproductor y su ascendencia; única forma de

alcanzar resultados eminentemente prácticos de acuerdo con lo expresado al tratar del plasma germinal con formas dominantes e intermediarias.

### Análisis del Genotipo por la descendencia

Dejamos expresado que el análisis genético por la descendencia encuentra en la práctica dificultades insuperables debidas a multitud de circunstancias, siendo esta la causa de que hasta la fecha no tengamos una orientación fija que seguir en asunto de tan capital importancia y que cada país, y dentro de éste cada Centro Experimental, siga procedimientos distintos en el afán de buscar fórmulas adecuadas a esta finalidad.

La base fundamental del análisis genético de un semental, por su descendencia, no puede ser otro que el número de productos controlados; a mayor cantidad de descendientes examinados, más firmeza en nuestras apreciaciones y viceversa; a menor número de individuos en la explotación, mayores dificultades en la realización de nuestro intento.

En la práctica, es con esta base fundamentalísima con la primera que tropezamos, ya que nuestras explotaciones ganaderas no sólo son pequeñas en número, sino que el problema se encuentra agravado por la larga gestación de nuestras hembras domésticas de reducidos productos.

De aquí precisamente la importancia del semental en la práctica zootécnica, por que al fecundar a un número mayor o menor de hembras, nos puede permitir, en tiempo relativamente corto, el que podamos deducir por el control de sus productos la bondad de su genotipo. Es decir, la evidencia absoluta de que en su fórmula cromosómica existen los factores necesarios para hacer sobresalir en su descendencia una característica sobresaliente, y poder constituir así, estirpes o familias puras de altos rendimientos.

Pero este control de la descendencia en que se basa el análisis del semental, se encuentra, a su vez, rodeado de diversas circunstancias que lo pueden oscurecer, relativas todas ellas al medio en que se desenvuelvan los individuos controlados.

Supongamos dos hembras de alta producción láctea descendientes de individuos considerados como genéticamente puros con relación a ese carácter; pero que sin embargo se encuentran en medios completamente diferentes. El control de su producción tiene que ser asimismo desigual a pesar de ostentar idéntico plasma

germinal y su mayor producción estará a favor de aquella que se encuentre rodeada de mejores condiciones ecológicas y alimentada superabundantemente.

Y aun dentro de las mismas condiciones de medio, la multitud de factores que influyen sobre los individuos es tan grande y tan variada, que no es de extrañar quede oculta para nosotros la verdadera constitucionalidad de un individuo, con detrimento del juicio que formemos de sus genitores.

Es preciso, pues, en el análisis del genotipo por la descendencia, rodear a ésta, en el momento del control de sus rendimientos, de las máximas garantías de equidad en el trato; descartar en nuestras anotaciones todo aquello que supongamos pueda ser resultado de las acciones exteriores y no cargar en el debe de la potencia hereditaria del reproductor cuyo genotipo tratemos de analizar por este método, más que lo estrictamente constitucional.

Entre las funcionalidades cuya transmisión por intermedio de los machos se han estudiado mejor, se encuentra la lechera y mantequera. Existen infinidad de ensayos e investigaciones en este sentido que nosotros omitimos por no hacer interminable este trabajo; todas ellas tratan de simplificar lo árduo del problema, reduciendo a meras fórmulas los resultados del control. Algunos autores, como Turner, llegan a especificar, después de complicadas comprobaciones, que la madre interviene en un 16 %, en la transmisión de estas características, y el padre con el 85 % restante. Pero siendo estos caracteres que nos ocupan, como tantos otros funcionales, el producto de factores polímeros, y sabiendo que éstos se distribuyen entre los gametos en proporción adecuada a su número, no nos debe extrañar que en los momentos actuales y en todos aquellos países que se preocupan grandemente de estos problemas, se le de tanta importancia a uno como a otro genitor y que el análisis del genotipo de un semental esté condicionado por su genealogía y por el control funcional de su descendencia. Por la

primera en cuanto nos dice por sus coeficientes de consanguinidad y de parentesco el acúmulo que en su plasma germinal pueda haber de esos factores polímeros adecuados. Por el segundo, por ser la prueba fehaciente de su potencialidad trasmisora.

Ahora bien, como estas hembras no llegan al máximo de su producción hasta el tercer parto como mínimo, se corría el riesgo de que cuando llegáramos a percatarnos de la bondad de un semental como mejorador, tuviéramos que desecharlo por su edad. Este inconveniente desaparece relativamente comparando cielos aislados de producción láctea de la madre con sus hijas; primer parto de la hija con la totalidad de leche producida por la madre también en su primer parto; segundo de la hija con el segundo de la madre, etcétera; de esta manera podemos darnos cuenta con relativa prontitud, con qué intensidad ha progresado la selección en la descendencia; siendo de absoluta necesidad para considerar como genéticamente bueno al semental controlado que la producción de las hijas en esos períodos aislados de lactación sea superior a la de sus madres en esa misma época.

Lo que dejamos expresado para este caso lo podemos hacer extensivo a la puesta en la gallina, a la producción de carne o al poder dinamométrico. Lo mismo que en la primera, la selección de estas funcionalidades descansa sobre la base firme de un control extensivo y una rigurosa observancia de los rendimientos.

Como vemos, el análisis del genotipo por la descendencia es el único que nos permite conocer en toda su integridad el poder mejorador de un semental y su potencia trasmisora, y aunque para su investigación necesitemos infinidad de pruebas y por lo tanto sea difícil llevarla a cabo, tenemos el ineludible deber de intentar su realización en nuestros Centros Oficiales, llegando con ello a la posesión de sementales de altos rendimientos, y a la mejora de nuestra ganadería como fin.

