

RELACIONES ENTRE LOS CARACTERES DE CONFORMACIÓN EN LA RAZA TUDANCA

Introducción

Algunos de los caracteres que se registran dentro de una valoración morfológica lineal se miden de forma objetiva, generalmente en una escala continua, mientras que otros se valoran de forma subjetiva, en una escala discreta. Existen, además, en la raza Tudanca, información sobre otros caracteres morfológicos tradicionales que resultaban de la puntuación subjetiva de diferentes regiones corporales, e incluso algún carácter que puede interpretarse como un compendio, también subjetiva, de la “fiabilidad” racial de un animal.

Es posible que estos caracteres puedan agruparse de manera que nos permitiera identificar, de una forma más sencilla que observando el conjunto de caracteres, a los animales más “valiosos”. Además, podría ser de gran interés estudiar cómo esos caracteres individualmente influyen sobre otros caracteres complejos que finalmente resumen nuestra idea global del animal como pueden ser, por ejemplo, la antigua **calificación morfológica**.

En este caso nos hemos propuesto en primer lugar analiza la forma en la que se pueden agrupar coherentemente las diferentes medidas de la valoración lineal, y en segundo lugar analizando la relación que cada una de esas variables de valoración lineal tienen con las más complejas de **calificación morfológica** o **pureza racial**.

Tabla 1.- Caracteres incluidos en el análisis según la denominación de la propia asociación

TEMPERAMENTO	LINEA DORSOLUMBAR
ALZADA	INCLINACION LATERALGRUPA
LONGITUD CRUZ/ILION	POSTERIOR PATAS
LONGITUD GRUPA	FRONTAL MANOS
ANCHURA MUSLOS	PUREZA Y F RACIAL
PERIMETRO TORACICO	CALIFICACIÓN MORFOLÓGICA
CURVATURA NALGA	

El análisis de factores comunes

El primer análisis que llevamos a cabo se denomina *análisis de factores comunes* cuyo objetivo básico es el de reducir el número de caracteres, 'fabricando' un número reducido (por ejemplo 4) de variables ficticias (que se suponen podrían ser consecuencia de un fenómeno biológico, aunque no necesariamente tiene por qué ser así) a partir de las variables morfológicas lineales originales que se han registrado. Es decir, el análisis toma las variables morfológicas lineales originales registradas que aparecen en la tabla 1 y trata de agruparlas en conjuntos que pueden ser consecuencia de una biología común subyacente.

El número de estas variables ficticias no se establece *a priori* y depende de la coherencia biológica que tenga cada tipo de agrupamiento. Los factores comunes o variables ficticias se construyen con el subconjunto de variables morfológicas lineales que tienen mayor correlación entre ellos. En este caso se presentan los resultados cuando se consideran 4 variables ficticias (tablas 2 y 3).

Dado el reducido número de animales del sexo macho registrados (31) los resultados que se presentan sólo se refieren a las vacas (n=906).

La información que aparece en esas tablas es de dos tipos: 1) el conjunto de caracteres que se incluyen en cada una de las variables ficticias (denominadas genéricamente factores), y 2) la importancia, expresada en porcentaje, como la correlación entre cada una de las variables morfológicas lineales y cada una de las variables ficticias o factores comunes.

Tabla 2.- Factores comunes (4) que relacionan 12 variables morfológicas lineales en vacas de raza Tudanca (n=906)

Factor 1 3,1%	Factor 2 1,7	Factor 3 1,3	Factor 4 1,1
LONGITUD CRUZ/ILION PERIMETRO TORACICO ALZADA LONGITUD GRUPA ANCHURA MUSLOS	CURVATURA NALGA INCLINACION LATERALGRUPA POSTERIOR PATAS	PUREZA Y F RACIAL TEMPERAMENTO	FRONTAL MANOS LINEA DORSOLUMBAR

Tabla 3.- Factores comunes (4) que relacionan 12 variables morfológicas lineales en vacas de raza Tudaanca. Los valores corresponden con la correlación entre cada uno de esos caracteres y el factor común correspondiente

	Factor 1 3,10%	Factor 2 1,70%	Factor 3 1,30%	Factor 4 1,10%
LONGITUD CRUZ/ILION	0,81	0,02	0,01	-0,04
PERIMETRO TORACICO	0,80	0,19	-0,08	0,20
ALZADA	0,77	-0,16	0,01	-0,04
LONGITUD GRUPA	0,76	0,06	0,22	0,04
ANCHURA MUSLOS	0,73	0,27	-0,20	0,09
CURVATURA NALGA	0,23	0,73	0,25	-0,08
INCLINACION LATERALGRUPA	0,09	0,70	0,00	-0,08
POSTERIOR PATAS	0,07	-0,70	-0,02	-0,13
PUREZA Y F RACIAL	-0,09	0,06	0,78	-0,25
TEMPERAMENTO	-0,08	-0,10	-0,68	-0,23
FRONTAL MANOS	-0,02	0,15	0,13	0,70
LINEA DORSOLUMBAR	-0,14	0,20	0,16	-0,68

Cada uno de estos factores puede tener una interpretación biológica, por ejemplo, los caracteres que aparecen incluidos en el factor 1: LONGITUD CRUZ/ILION, PERIMETRO TORACICO, ALZADA, LONGITUD GRUPA, y ANCHURA MUSLOS pueden considerarse que tienen una relación, por este orden, con lo que es el volumen del animal, de la misma manera los caracteres CURVATURA NALGA, INCLINACION LATERALGRUPA, y POSTERIOR PATAS que se agrupan en el factor 2 definen el tercio posterior del animal. La asociación puede, de esta forma, asignar nombres a los factores comunes.

Una consideración final: A pesar de la coherencia de la información registrada, la proporción de varianza explicada por cada uno de los factores es muy reducida siendo, en su conjunto inferior al 8%.

Análisis discriminante

El denominado análisis discriminante nos permite estudiar qué variables morfológicas lineales y en que medida influyen o explican otros caracteres complejos como la antigua medida de valoración morfológica, la condición corporal, o la pureza racial. Este análisis nos permitirá también estudiar el grado de adecuación en la asignación de los animales a las diferentes categorías de cada uno de esos caracteres generales, como una forma adicional de ver en qué medida las puntuaciones morfológicas antiguas o la medida de la pureza racial pueden ser explicadas mediante las nuevas variables morfológicas lineales.

En la tabla 4 se refleja la habilidad que tiene el calificador para asignar bien cada uno de los animales a la categoría en cada uno de los caracteres globales (calificación morfológica, pureza racial). Como comentarios generales a los resultados obtenidos podemos decir que: 1) se clasifica mejor para los valores extremos que para los intermedios; 2) el carácter con el que más errores se comete es con la Calificación Morfológica

Tabla 4.- Los números representan la probabilidad de que una vaca que pertenece a una determinada clase se incluya en esa clase o en otras. La columna Error representa el porcentaje de veces que se clasifica erróneamente al animal. (La clase 2 de la clasificación morfológica corresponde a puntuaciones inferiores a 76, la clase 3 si la puntuación está comprendida entre 76 y 80, la clase 4, entre 81 y 85 y la clase 5 si la puntuación es superior a 85)

Clase	Carácter	Categoría				Total	% Errores
		2	3	4	5		
2	Calificación Morfológica	41,48	25,19	15,56	17,78	100	58,5
	Pureza Racial	62,17	23,57	14,26		100	37,8
3	Calificación Morfológica	27,91	29,2	20,67	22,22	100	71,0
	Pureza Racial	27,57	51,87	20,56		100	48,1
4	Calificación Morfológica	19,05	19,05	33,33	28,57	100	66,7
	Pureza Racial	17,02	17,02	65,96		100	34,0
5	Calificación Morfológica	10,34	3,45	13,79	72,41	100	27,6
Total	Calificación Morfológica	27,94	25,21	22,06	24,79	100	55,9
	Pureza Racial	51,66	29,91	18,43		100	40,0

Lo que representan los valores de la tabla anterior es la capacidad que tienen las variables morfológicas lineales para predecir la correcta puntuación de **calificación morfológica** o **pureza racial**. En general el porcentaje de errores es elevado, más para el carácter de **calificación morfológica**. Lo que indican estos resultados es que la capacidad de discriminación que tiene el conjunto de variables morfológicas lineales para asignar correctamente la clase a la que pertenece un animal para **calificación morfológica** o **pureza racial** es reducida. El menor error se comete para los animales que tienen una puntuación máxima en la **calificación morfológica** (27,6%), y el mayor corresponde con los animales que se clasifican en la categoría 3 (animales con puntuaciones comprendidas entre 76 y 80) de **calificación morfológica** (71%).

Por último, en la tabla 5 aparecen las variables morfológicas lineales que más influyen sobre las variables globales, así como el grado de aportación a dichas variables.

Tabla 5.- Importancia relativa de las variables morfológicas lineales en los caracteres globales *Calificación Morfológica, Condición Corporal, y Pureza Racial* en vacas de raza Tudanca.

Calificación Morfológica		Condición Corporal		Pureza Racial	
Variables	Porcentaje %	Variables	Porcentaje %	Variables	Porcentaje %
CURVATURA NALGA	4,00	CURVATURA NALGA	44,32	ANCHURA MUSLOS	6,19
PUREZA Y F RACIAL	1,30	PUREZA Y F RACIAL	3,94	CURVATURA NALGA	4,13
ANCHURA MUSLOS	1,48	LONGITUD GRUPA	2,70	LONGITUD GRUPA	3,11
PERIMETRO TORACICO	1,03	FRONTAL MANOS	2,27	PERIMETRO TORACICO	2,39
				TEMPERAMENTO	1,78
				LINEA DORSOLUMBAR	1,35
				ALZADA	1,1
				LONGITUD CRUZ/ILION	0,73

Los porcentajes que aparecen en dichas tablas se refieren a lo que se denomina **coeficientes de determinación**, esto es, representan el porcentaje de variabilidad de cada una de las variables globales (**Calificación Morfológica, Condición Corporal, y Pureza Racial**) que es explicada por cada una de las variables morfológicas lineales. Así, por ejemplo, en la tabla 5 se puede ver que la *CURVATURA DE LA NALGA* explica un 44% de la variabilidad de la **Condición Corporal**, mientras que el conjunto de las otras tres variables que figuran (PUREZA Y F RACIAL, LONGITUD GRUPA, FRONTAL MANOS) no llegan a explicar ni el 10% de la variabilidad de la **Condición Corporal**.

La variable global **Calificación Morfológica** se ve muy escasamente determinada, o explicada, por la nuevas variables morfológicas lineales, más concretamente, la nueva información que se registra en la raza Tudanca explica una proporción inferior al 8% de la variabilidad de red explica un 37 % de la variabilidad de la **bravura** en los toros y un 18 % de la variabilidad de **Calificación Morfológica**.

Conclusiones

Cuando se disponga de una información más abundante de caracteres productivos se deberá analizar las relaciones entre las variables morfológicas y las productivas.

La información morfológica registrada a través de los caracteres lineales tiene escasa relación tanto con la antigua valoración morfológica, como con el carácter llamado pureza racial, y sería necesario justificar la necesidad de invertir recursos importantes en el registro de estas variables si, como consecuencia de la reducción en recursos disponibles, ello implicara dejar de registrar otros caracteres productivos.

Información técnica sobre el programa de mejora genética, selección y conservación de la raza Tudanca

1) Parámetros genéticos

Nos referimos a los valores de heredabilidad y de correlación genética estimada mediante las correlaciones entre los méritos genéticos para los diferentes caracteres analizados.

Concepto y significado de la heredabilidad

La heredabilidad es la relación que hay entre la variabilidad que observamos entre los méritos genéticos de los animales de una población (el numerador de la heredabilidad) y la variabilidad entre los fenotipos de esos mismos animales (el denominador).

Si recordamos que el fenotipo, esto es, la medida que tenemos del carácter de interés en un animal, es el resultado del mérito genético de dicho animal y de otro conjunto de factores como los ambientales, dentro de los que se incluyen todos los relacionados con el manejo, época y año de nacimiento o la calidad de la propia medida del carácter, podemos darnos cuenta de que la heredabilidad de un carácter puede ser muy diferente de una raza a otra, es decir, en una raza un carácter puede manifestar un valor elevado de heredabilidad y ese mismo carácter puede tener un valor muy bajo en otra. ¿Cuáles son las dos causas más importantes de que esto pueda ser así?

a) Imaginemos dos poblaciones que tuvieran los mismos animales, es decir las dos fueran genéticamente idénticas, por lo tanto el numerador de la heredabilidad va a ser el mismo en ambas. Imaginemos también que en la primera población, para conocer el “*peso de los animales al destete*” (supongamos que es el carácter a mejorar) se utiliza el valor que nos da el ganadero calculado “a ojo”, mientras que en la segunda se utilizan básculas con precisión de gramo. En la primera población el peso de los animales va a ser medido con mucho error, posiblemente diferencias de hasta 10 kilogramos por animal, mientras que en la segunda el peso al destete va a ser medido con absoluta precisión. En la primera población el denominador de la heredabilidad va a verse incrementado respecto de la segunda precisamente por esta forma de medir con errores y, como el numerador de la heredabilidad era en ambas ganaderías de la misma magnitud ya que tenían el mismo ganado, el resultado es que la primera población, a pesar de disponer de la misma genética que la segunda, va a tener un valor de heredabilidad inferior al de la segunda.

b) Supongamos que todos los animales de una población fueran genéticamente idénticos. En esta situación no habría variabilidad entre los méritos genéticos de los animales de la población, todos los animales tendrían el mismo mérito genético, por lo tanto, el numerador de la heredabilidad sería nulo y nulo también el valor de la heredabilidad.

¿Qué ocurre cuando el valor de la heredabilidad de un carácter es bajo?. En este caso la medida del propio animal (el fenotipo de ese animal) no resulta ser un buen

reflejo de los genes de que es portador, es decir, puede ocurrir que animales con muy buen comportamiento tengan, con mucha frecuencia, descendientes con malos comportamientos, y viceversa. Cometemos muchos errores al aprobar como reproductor un animal del que sólo tenemos información de su fenotipo (caracteres de calificación lineal en nuestro caso). En esta situación lo que tenemos que hacer es recabar más información sobre ese animal y ¿quién nos puede proporcionar más información sobre un animal?. Evidentemente medidas en parientes de ese animal, por ejemplo, las medidas que tengamos de sus padres, hermanos, medios hermanos o hijos.

Concepto y significado de correlación genética

La correlación genética surge como consecuencia de lo que se denomina efecto pleiotrópico de los genes. El efecto pleiotrópico es fácil de entender, se trata del efecto que un mismo gen ejerce sobre varios caracteres. Por ejemplo, si pensamos en el carácter “*peso al mes de edad*” y en el carácter “*peso a los tres meses de edad*” es fácil aceptar que gran parte de los genes que influyen en el primer carácter también lo harán en el segundo. Por lo tanto, hay genes que afectan a dos caracteres diferentes, y en la medida que el conjunto de genes sea más similar mayor será la correlación genética entre ambos caracteres. En definitiva, una correlación genética elevada entre dos caracteres (por ejemplo mayor de 0,8) indicaría que los genes que afectan a ambos son muy similares, mientras que una correlación genética reducida (inferior a 0,2) indicaría que la base genética de uno de los caracteres nada tiene que ver con la del otro. El conocimiento de la correlación genética tiene gran trascendencia porque le puede indicar al ganadero en qué medida la modificación de un carácter por selección en un sentido determinado, va a provocar modificaciones importantes en uno u otro sentido en otros caracteres de interés para el ganadero.

En la tabla siguiente, en la diagonal del cuadro, sombreada en negro aparece la heredabilidad de cada uno de los caracteres estudiados. Las cifras que aparecen fuera de la diagonal se refieren a la correlación genética entre cada pareja de caracteres (**ns** indica que la correlación no es significativamente diferente de 0).

	TEMPERAMENTO	ALZADA	LONGITUD CRUZ/ILION	LONGITUD GRUPA	ANCHURA MUSLOS	PERIMETRO TORACICO	CURVATURA NALGA	LINEA DORSO-LUMBAR	INCLINACION LATERA LGRUPA	POSTERIOR PATAS	FRONTAL MANOS	PUREZA Y F RACIAL	CALIFICACION MORFOLOGICA
TEMPERAMENTO	0,66	-0,22	-0,24	-0,35	-0,23	-0,31	-0,38	ns	-0,42	0,28	-0,27	ns	ns
ALZADA		0,35	0,28	0,35	ns	ns	ns	ns	ns	0,24	ns	ns	ns
LONGITUD CRUZ/ILION			0,41	0,51	0,6	0,5	0,48	-0,23	0,43	-0,35	ns	ns	0,38
LONGITUD GRUPA				0,30	0,48	0,4	0,42	-0,23	0,3	ns	ns	0,33	0,36
ANCHURA MUSLOS					0,45	0,75	0,54	-0,24	0,55	-0,38	ns	ns	0,42
PERIMETRO TORACICO						0,63	0,52	-0,25	0,51	-0,32	ns	ns	0,29
CURVATURA NALGA							0,58	ns	0,77	0,62	0,33	ns	0,32
LINEA DORSOLUMBAR								0,32	ns	ns	ns	0,36	ns
INCLINACION LATERALGRUPA									0,42	0,63	0,33	ns	0,27
POSTERIOR PATAS										0,31	-0,39	ns	-0,29
FRONTAL MANOS											0,18	ns	ns
PUREZA Y F RACIAL												0,76	ns
CALIFICACION MORFOLOGICA													0,67

Con cierta cautela debido a la estructura y volumen de los datos, la interpretación de los resultados muestran heredabilidades medias (0,30-0,45) o elevadas (0,58-0,76) para la gran mayoría de los caracteres, con la única excepción del carácter FRONTAL MANOS (0,18).

Entre los valores de las correlaciones entre los méritos genéticos resaltar la elevada correlación positiva (0,75) entre ANCHURA DE MUSLOS y PERÍMETRO TORÁCICO, y entre CURVATURA DE LA NALGA y los caracteres de INCLINACION LATERAL GRUPA (0,77) y POSTERIOR PATAS (0,62), así como entre estos dos últimos caracteres (0,63).

En el análisis se incluyó el carácter de CALIFICACIÓN MORFOLÓGICA que se utilizó antes por la asociación que las variables morfológicas lineales para que se pueda comprobar la relación entre dicho carácter y los nuevos considerados en la calificación lineal. Se puede observar que con cinco de los caracteres no existe correlación genética y con el resto las correlaciones son bajas.

2) Méritos Genéticos

Esta información se proporciona en una hoja Excel adjunta, y en ella aparece información sobre los resultados de las valoraciones genéticas de los padres de los animales que han sido sometidos a valoración morfológica lineal. Además, junto a los méritos genéticos y precisión (expresada en forma de correlación) para cada uno de los caracteres de cada uno de los padres, se proporciona el valor de la **endogamia** o consanguinidad y del **parentesco medio** de cada uno de ellos. Cuanto mayor sea el valor del parentesco medio de un animal mayor será la proporción de genes de la población que estarían presentes en ese individuo.

El **mérito genético** de un animal indica el valor de ese animal como reproductor, es decir, cómo va a ser, en promedio, el comportamiento de su descendencia. Hay que insistir en que el mérito genético de un animal no tiene por qué coincidir con el comportamiento del mismo, y esta coincidencia será menor cuanto menor sea la heredabilidad del carácter objeto de estudio. También es importante indicar que la posición relativa, y por lo tanto el valor del índice, de un animal puede cambiar de un año a otro por varias razones. En primer lugar porque se han introducido datos nuevos, nuevos animales o nuevos hijos de los padres, en segundo lugar porque de algunos animales tenemos nuevos datos que pueden modificar el valor de su mérito genético. Estas modificaciones pueden ser más elevadas cuanto menor sea la **precisión** (ver más adelante el significado de este concepto) con la que estimamos los valores genéticos.

Para estimar los méritos genéticos de los animales hemos utilizado un modelo animal univariado en el que se ha tenido en cuenta como factores ambientales de efecto sistemático el sexo, año de nacimiento del animal, y edad del animal cuando se le calificó. El modelo incluía todas las relaciones genéticas de parentesco entre los animales. Las soluciones se obtuvieron mediante el programa informático WOMBAT (Meyer, K.- WOMBAT Digging deep for quantitative genetic analysis by restricted maximum likelihood. 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 13-18, 2006, Belo Horizonte, Brazil).

Para facilitar la interpretación del valor del mérito genético lo expresamos mediante un índice que toma como valor promedio el 100, es decir, un reproductor con un mérito genético alrededor de 100 tendrá unos hijos situados en el promedio de la raza, o lo que es lo mismo, un reproductor con un mérito genético de 100 tendrá por encima de él el 50 % de los reproductores, el otro 50 % estará por debajo. Los valores del índice están elaborados de tal manera que un reproductor con un índice superior a 125 indica que este animal está dentro del 16 % mejor de los animales evaluados. Igualmente, un animal con un índice superior a 150 indica que está situado dentro del mejor 2,3 % de todos los animales incluidos en la evaluación genética (para otros valores ver tabla).

Valor del Índice	Porcentaje mejor en que se sitúa
100	50,0
105	42,1
110	34,5
115	27,4
120	21,2
125	15,9
130	11,5
135	8,1
140	5,5
145	3,6
150	2,3
155	1,4
160	0,8

Otro dato de interés que se proporciona en este apartado es la credibilidad de la estimación del mérito genético. Esta credibilidad, también llamada **precisión**, la expresamos en términos de **correlación** entre el mérito genético estimado de un animal y su verdadero mérito genético. Si el valor de correlación fuera 1 indicaría absoluta credibilidad, si fuera 0 indicaría lo contrario, nula credibilidad. Esta correlación depende básicamente de la heredabilidad del carácter y de la cantidad de información que tenemos disponible para conocer el mérito genético de un toro. Así, por ejemplo, supongamos un carácter que tiene una heredabilidad de 0,25, la medida de ese carácter en un animal (que por ejemplo obtuvo una puntuación de 2 para el carácter TEMPERAMENTO) nos proporciona una estimación de su mérito genético para ese carácter con un valor de correlación o precisión de 0,50. Si la heredabilidad es de 0,50,

su nota para ese carácter (sea la que sea), nos da una estimación de su mérito genético con una correlación de 0,70. A medida que el animal va teniendo más hijos y parientes evaluados, la correlación o precisión va aumentando progresivamente. Debe entenderse que no estamos diciendo que ese mérito genético afectado por un bajo valor de precisión no pueda ser utilizado en el caso de ser especialmente bueno, lo que estamos diciendo es que si se utiliza como reproductor se haga con cautela, es decir, en lugar de cubrir muchas vacas con ese semental sería más razonable cubrir solo algunas, por ejemplo. Un animal con un mérito genético elevado pero con baja precisión puede, cuando aumente la información disponible de ese animal y, por lo tanto, aumente la precisión, mantener el elevado valor, pero también ver muy reducido ese valor. Otra forma de explicar el papel que juega la precisión es la siguiente. Supongamos dos toros que tienen el mismo mérito genético para un determinado carácter, la diferencia entre ellos es que en uno la precisión es prácticamente 1, mientras que en el otro toro la precisión es muy baja. Supongamos que ambos toros dejan un número elevado de hijos, el promedio de los hijos de ambos toros será el mismo, pero, y aquí está la diferencia, la dispersión alrededor de la media, por ejemplo, la diferencia entre el mejor y peor hijo, de los hijos del toro con elevada precisión será muy pequeña, mientras que en el caso de los hijos del toro con baja precisión dicha dispersión será muy elevada.