

CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA TOLERANCIA AL ESTRÉS POR CALOR EN RUMIANTES DE APTITUD LECHERA. CORRELACIÓN ENTRE TOLERANCIA Y NIVEL PRODUCTIVO

Ramón^{1a}, M., Serradilla^b, JM., Díaz^c, C., Molina^b, A., Pérez-Guzmán^a, MD., Serrano^c, M., Sánchez-Rodríguez^d, M. y Carabaño^c, MJ.

^aCERSYRA; ^bMERAGEN-UCO; ^cINIA; ^dDpto. Producción Animal-UCO
¹CERSYRA. Av. Del Vino 10. 13.300. Valdepeñas, mramon@jccm.es

INTRODUCCIÓN

La obtención de animales más adaptados a las condiciones en las que producen, como medio para lograr una producción más eficiente y sostenible es un objetivo prioritario. Este objetivo gana importancia en el contexto actual de cambio climático, en el que se espera un incremento de la temperatura global en las próximas décadas. La selección de animales más resistentes a los efectos negativos del estrés por calor sobre su capacidad productiva y reproductiva se presenta, por tanto, como una herramienta útil para lograr animales más adaptados. Para ello, es necesario abordar el estudio de aquellos criterios que podrían resultar útiles para alcanzar dicho objetivo (Misztal, 1999; Carabaño et al., 2014; Piles et al., 2014). El presente trabajo presenta 3 posibles criterios de selección en tres poblaciones de rumiantes de aptitud lechera (Frisona, Manchega y Florida) y evalúa la idoneidad de cada uno de ellos para la selección de animales termo-tolerantes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se usaron datos climáticos y productivos de animales de razas Frisona (vacuno), Manchega (ovina) y Florida (caprina) para los años 2002 a 2012. Los datos climáticos de cada una de las ganaderías, tomados de un total de 718 estaciones meteorológicas, fueron proporcionados por la AEMET y por el Servicio Integral de Asesoramiento al Regante de Castilla-La Mancha (SIAR). Se dispuso de medidas diarias de temperaturas media (T_{med}), máxima (T_{max}) mínima y de humedades relativas media (HR), máxima y mínima (HR_{min}). Estos parámetros fueron utilizados para calcular un índice combinado de temperatura y humedad utilizado para analizar los datos de las poblaciones ovina y caprina (THI; Finocchiaro et al., 2005):

$$THI = T_{max} - ((0,55 \times (1 - HR_{min}/100)) \times (T - 14,4))$$

Para la población de vacuno Frisón se utilizó la temperatura media diaria. Los datos productivos consistentes en cantidades de leche, grasa y proteína del día de control, así como la información genealógica necesaria, fueron proporcionados por la Confederación de Asociaciones de Frisona Española (CONAFE), la Asociación Nacional de Criadores de Ganado Ovino Selecto de Raza Manchega (AGRAMA) y la Asociación Nacional de Criadores de Ganado Caprino de Raza Florida (ACRIFLOR). En total, se usaron datos de 280.958 controles de 29.914 vacas, 1.056.377 controles de 159.222 ovejas y 67.545 controles pertenecientes a 9.578 cabras. El modelo general usado para determinar el efecto de la temperatura sobre el nivel productivo de los animales fue el siguiente:

$$y = EFS + \sum_{0-3} b_T Z_T + \sum_{0-3} a_T Z_T + \sum_{0-3} p e_T Z_T + e$$

donde, y es el carácter (Kg de leche, grasa y proteína), EFS incluye diferentes efectos fijos según la especie: rebaño-año-estación, nº parto-edad parto-estado de lactación en vacuno; rebaño-día de control, nº parto-edad parto-estado lactación, corderos nacidos y tipo de ordeño en ovino; y rebaño-año-estación, nº parto-edad parto, la covariable días en ordeño ligada al nº parto-edad parto y frecuencia de ordeño en caprino; b_T son los coeficientes de regresión para la variable climática (T_{med} en vacuno, y THI en ovino y caprino); Z_T son las covariables de un polinomio de Legendre cúbico evaluado a temperatura/THI T , a_T y $p e_T$ son los coeficientes aditivo y de ambiente permanente de la regresión aleatoria para T , y e es el efecto residual. Los análisis se realizaron con software propio (López-Romero et al., 2003) en vacuno y el GIBBS2F90 (Misztal et al., 2002) en ovino y caprino. Se corrieron un total de 50.000 iteraciones, descartándose las 10.000 primeras (burn-in). A partir de los resultados de este modelo, se propusieron los siguientes criterios de selección para animales tolerantes al estrés por calor (Carabaño et al., 2014; Piles et al., 2014):

1. **EBV-EC**: Valor genético (EBV) para zona de estrés por calor ($T^a=25^\circ\text{C}$; THI=25)

2. *EBV-Pendiente*: Pendiente del EBV en la zona de estrés por calor ($T^a > 24$; $THI > 22$)
3. *CP*: Componente principal 2 (*CP2*), 3 (*CP3*) y 4 (*CP4*) de la descomposición del vector de coeficientes de regresión aleatoria

Se calculó la correlación entre los valores individuales para cada uno de estos criterios y el valor genético estimado bajo una situación de confort ($T=18^{\circ}C$; $THI=15$), *EBV_CONF*, como una medida de la correlación entre el criterio usado para seleccionar animales termo-tolerantes y el nivel productivo de dichos animales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra las matrices de correlaciones entre los coeficientes de regresión aleatoria para la variable climática. En general, se observa una correlación negativa entre el nivel productivo (intercepto) y la componente lineal. A medida que aumenta la T^a por encima de un umbral, los animales comienzan a dedicar un mayor gasto energético a funciones relacionadas con la termorregulación, lo que se reflejaría en una reducción de la producción. En animales más productivos, con un mayor gasto energético dedicado a la producción, esta reducción sería aún mayor. Además, como consecuencia de esta correlación negativa, la selección hacia animales termo-tolerantes podría conducir a una disminución del nivel productivo de los animales. Por eso, se hace necesario identificar un criterio de selección que permita lograr animales más tolerantes a los efectos del calor sin pérdida del nivel productivo. En este trabajo se ha propuesto 3 criterios para la selección de animales termo-tolerantes: el valor genético para el carácter bajo estrés por calor (*EBV-EC*), la pendiente de caída del EBV en la zona de estrés por calor (*EBV-Pendiente*) y los componentes principales (*CP1*, *CP2*, *CP3* y *CP4*) obtenidos de la descomposición del vector de coeficientes de regresión aleatoria. De forma general, el *CP1* explicó del 76-96% de variabilidad total en vacas, del 45-58% en ovejas y del 54-64% en cabras. Este *CP1* estuvo muy correlacionado ($r \approx 1$) con el nivel productivo del animal, por lo que se descartó como criterio de selección. El porcentaje de varianza explicada para el resto de componentes fue: para *CP2* entre un 4-15% en vacas, 20-34% en ovejas y 25-30% en cabras; para *CP3* entre un 3-6% en vacas, 12-16% en ovejas y 7-12% en cabras; y para *CP4* entre un 2-4% en vacas, 7-9% en ovejas y 4-5% en cabras.

Tabla 1. Correlaciones entre los coeficientes de regresión aleatoria.

Raza		Leche (kg)			Grasa (kg)			Proteína (kg)		
		Int	Lin	Cuad	Int	Lin	Cuad	Int	Lin	Cuad
Frisona	Lin	-0,35			-0,31			-0,20		
	Cuad	-0,07	0,02		-0,04	-0,54		0,03	-0,21	
	Cub	0,09	-0,15	-0,30	-0,21	0,43	-0,30	-0,05	0,17	-0,17
Manchega	Lin	0,02			-0,33			-0,40		
	Cuad	0,33	0,68		0,60	-0,30		0,48	-0,23	
	Cub	-0,10	0,46	0,30	-0,02	0,29	-0,26	-0,22	0,40	-0,10
Florida	Lin	-0,18			-0,18			-0,22		
	Cuad	0,49	-0,55		-0,11	-0,69		0,00	-0,65	
	Cub	0,02	0,37	-0,57	-0,12	0,22	-0,45	0,04	0,43	-0,46

La Tabla 2 muestra los valores de correlación entre el *EBV-CONF* y cada uno de los criterios de selección propuestos. El *EBV-EC* mostró una alta correlación con el nivel productivo en todos los casos, no resultando adecuado como criterio de selección para termo-tolerancia. El *EBV-Pendiente* también presentó altas correlaciones con nivel productivo, excepto para el carácter leche en vacas ($r=-0,12$) y proteína ($r=-0,11$) en ovejas. En estos dos últimos casos, este criterio resultaría útil para seleccionar animales termo-tolerantes. Los componentes principales mostraron un comportamiento diferente según la especie. En el caso del vacuno de leche, el *CP2* para el carácter Kg de leche y los componentes *CP3* y *CP4* para los caracteres Kg de grasa y proteína mostraron una correlación próxima a 0 con el nivel productivo. Estos componentes resultarían útiles para la selección de animales termo-tolerantes, si bien el porcentaje de la varianza total explicado por cada uno de ellos fue bajo (4-6%). Para el ovino de leche, ningún criterio resultó útil para una selección de animales

termo-tolerantes independientemente de su nivel productivo. Únicamente la EBV-Pendiente para el carácter Kg de proteína fue útil, con una correlación con el nivel productivo del -0.11. La descomposición en componentes principales no sirvió como criterio de selección en ningún caso. Para finalizar, en caprino de leche los resultados fueron poco satisfactorios como en el caso del ovino, si bien en esta especie los CP2 y CP4 para el carácter Kg de leche mostraron una correlación próxima a cero con el nivel productivo, pudiendo usarse como criterios de selección para animales termotolerantes.

Tabla 2. Correlación entre el valor genético estimado (EBV) del carácter en situación de confort y los diferentes criterios de selección para termotolerancia propuestos.

Raza	Caracter	EBV-EC	EBV-Pendiente	CP2	CP3	CP4
Frisona	Leche	1,00	-0,12	-0,03	0,20	0,11
	Grasa	1,00	-0,63	-0,19	-0,03	-0,04
	Proteína	0,99	-0,22	-0,14	0,05	0,01
Manchega	Leche	0,81	-0,94	-0,95	0,83	0,46
	Grasa	0,79	-0,78	-0,46	0,38	-0,89
	Proteína	0,85	-0,11	-0,64	-0,25	0,65
Florida	Leche	0,78	0,43	-0,03	0,95	0,10
	Grasa	0,63	0,28	0,54	0,93	0,62
	Proteína	0,81	0,39	0,51	0,99	0,22

Por tanto, los resultados de este trabajo muestran una correlación entre el nivel productivo de los animales y su susceptibilidad/resistencia a los efectos del estrés por calor. Así, se espera que una selección hacia animales termo-tolerantes llevase asociada una disminución del potencial productivo de los animales. Con el objetivo de contrarrestar este descenso productivo, se propusieron 3 criterios de selección para mejorar o evitar el deterioro de la tolerancia al EC que no conlleven una respuesta negativa asociada en producción. Dichos criterios han resultado útiles en vacuno, algo menos en ovino y muy poco en caprino. De todos ellos, la pendiente de caída del valor genético en la zona de estrés por calor (EBV-Pendiente) y el CP2 han sido los que han resultado más adecuados para la selección de animales termo-tolerantes sin perjuicio del nivel productivo. Otras alternativas, como el desarrollo de índices de selección que contemplen el antagonismo entre producción y adaptación a las altas temperaturas deben ser exploradas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carabaño et al. 2014. J. Dairy Sci. 97:7889.
- Finocchiaro et al. 2005. J. Dairy Sci. 88:1855.
- López-Romero et al. 2003. J. Dairy Sci. 86:3374.
- Misztal 1999. J. Dairy Sci. 82:3.
- Misztal et al 2002. Proc. WCGALP, France.
- Piles et al. 2014. J. Anim. Sc.i 92:4306.

Agradecimientos: Agradecemos a las asociaciones CONAFE, AGRAMA y ACRIFLOR la cesión de los datos productivos y de genealogía, y a la AEMET y al SIAR la cesión de los datos climáticos.

SELECTION CRITERIA FOR HEAT-STRESS TOLERANCE IN DAIRY RUMINANT. CORRELATION BETWEEN TOLERANCE AND PRODUCTIVE LEVEL

ABSTRACT: Selection towards increasing tolerance to the effects of heat is presented as a tool of great interest to obtain more adapted animals to the environment in which they are reared. In this work, we examined the correlation between the production level of animal, measured as the EBV in absence of heat stress (EBV-CONF: $T^a=18^{\circ}\text{C}$; THI=15), and 3 selection criteria based on the EBV under heat stress (EBV-EC), the slope of decrease of EBV in the heat stress region (EBV-Pendiente: $T>24^{\circ}\text{C}$; THI > 22) and the principal components 2 to 4 obtained from the vector of random-regression coefficients. A moderate-to-high correlation between different criteria and the production level of animals were observed. Among all criteria considered, only the EBV-Pendiente for milk yield in cows and protein yield in ewes, the CP2 component in cows and ewes, and the CP4 component in the three breeds resulted useful as selection criteria towards more tolerant animals to heat.

Keywords: heat stress, selection criteria, dairy ruminants