

## Resultados preliminares del efecto de la temperatura y humedad relativa sobre la producción de leche y sus componentes en cabras de raza Payoya

F. Romero\*, A. Molina\*, O. González\*\*, I. Clemente\*, F. Arrebola\*\*\*, A. Menéndez-Buxadera\*

\* Grupo de Investigación Meragem. Dpto. de Genética. Universidad de Córdoba

\*\* Asociación de Criadores de raza Payoya

\*\*\* Grupo de Investigación Meragem. CIFA de Hinojosa del Duque. IFAPA

E-mail: ambuxadera@yahoo.com

### Resumen

Un total de 81625 registros mensuales de 8380 hembras de la raza Payoya paridas en 18 ganaderías entre 2004 y 2007 fueron estudiados aplicando diferentes modelos lineales, con el objetivo de estimar los posibles efectos de un índice que combina Temperatura y Humedad Relativa (**THI**), sobre las variables de producción de leche y sus características físico-químicas. Los primeros resultados indicaron que existe una zona de termoneutralidad (**THI** entre 13 y 22) en la cual no se han evidenciado claramente los efectos del estrés térmico. Para valores de **THI**>22 se creó una función **ft** para estimar los componentes genéticos generales y los debidos al estrés térmico. Las correlaciones genéticas fueron -0.342 y -0.320 entre producción de leche y la **ft** indicando un antagonismo entre ambas características. Por último, se pudo poner de manifiesto la existencia de una variabilidad genética importante para capacidad de adaptación frente al estrés térmico. Estos resultados pueden brindar importantes beneficios a los criadores de la raza caprina Payoya.

**Palabras clave:** Caprino lechero, Payoya, Estrés por calor, Índice temperatura-humedad, Componentes de la varianza

### Summary

#### Preliminary results of the effect of temperature and relative humidity on milk yield and components in Payoya breed goats

Production data included 81625 test-day records of 8380 dairy goats (Payoya breed) from 18 flocks collected from 2004 to 2007. The traits analyzed were daily milk yield and milk composition, using different linear models, to determine the effect of increasing temperature-humidity index (**THI**) on these traits. The results report that the range between 13 and 22 for THI is the thermoneutral zone of the animals. The genetic correlations between the general additive effect and the additive effect of heat tolerance were negative (-0,342 to -0,320) to THI>22. Therefore, milk yield is antagonistic with heat tolerance. However, the genetic variability to heat tolerance could report important profits to dairy goat breeders if they consider the greater or smaller adaptability to the environmental conditions as a selection criteria.

**Key words:** Dairy goats, Payoya, Heat stress, Test-day model, Temperature-humidity index, Variance components

## Introducción

Los resultados generales de los programas de selección animal aplicados hasta el momento, han supuesto el aumento de la producción de las distintas razas mediante la elección de animales mejorantes. Sin embargo, todos los efectos de una mejora productiva intensiva no son positivos, y generalmente la presión ejercida hacia una mayor cantidad de leche ha ido en detrimento de los parámetros reproductivos, incrementándose los problemas sanitarios y produciéndose un aumento de la susceptibilidad de los animales frente a cambios bruscos de las condiciones ambientales, derivando en una tasa de reposición más elevada y una disminución de la vida útil reproductiva del animal. Ante tal situación, los objetivos planteados en los programas de mejora de las distintas especies han tenido que sufrir una reorientación, para incluir la resistencia de los animales ante diversos factores ambientales como criterio de selección. Estos criterios han sido estudiados ampliamente en el vacuno lechero, donde se ha comprobado que una sensación térmica estresante es el factor que mayor influencia negativa ejerce sobre la producción lechera, especialmente en animales de gran mérito genético (Kadzere *et al.*, 2002). En los últimos años se han orientado estos estudios hacia las especies caprina y ovina, ya que los sistemas de explotación tradicionales en los que son explotadas, hacen que éstas producciones sean más dependientes de las condiciones ambientales. En definitiva, se trata de seleccionar animales con mayor rusticidad y adaptabilidad, en sistemas de producción como el de la raza Payoya, mayoritariamente extensivos o semi-extensivos. La resistencia al estrés térmico es una de estas nuevas alternativas, sobre la cual recientemente se han publicado resultados muy interesantes en vacuno lechero (Ravagnolo *et al.*, 2000, West *et al.*, 2003, Misztal y

Ravagnolo 2002). Los estudios realizados en pequeños rumiantes son escasos y principalmente se han orientado a determinar los efectos ambientales (intrínsecos y extrínsecos) sobre la producción lechera. No obstante en la última década diversos autores han trabajado en la misma línea desarrollada por el grupo de Misztal, tanto en ovino lechero de la cuenca Mediterránea (Sevi *et al.*, 2001; Finocchiaro *et al.*, 2005) como en razas caprinas lecheras sudamericanas y europeas (Nazan y Okan, 2007; Benicio de Souza *et al.*, 2008; Brown *et al.*, 1998; Salvador y Martínez, 2007).

## Material y métodos

Para este estudio se partió de la base de datos de control de rendimientos de la Asociación de Criadores de la Raza Caprina Payoya (ACAPA). De la información inicial (128412 registros), siguiendo las recomendaciones del Real Decreto 368/2005, de 8 de abril, se pasó a un volumen de 94469 registros mensuales, pertenecientes a un total de 9271 cabras distribuidas en 20 ganaderías, a partir de la que se estimaron los principales parámetros genéticos (Menéndez-Buxadera *et al.*, 2008). Posteriormente se eliminaron todos los controles realizados antes de 2005, debido a la existencia de un número reducido de datos, quedando un total de 81625 registros de 8380 hembras en 18 ganaderías y se dispuso del pedigrí de un total de 9917 animales de la raza en cuestión. A estos registros le fueron añadidos los campos correspondientes a los parámetros ambientales tenidos en cuenta (Temperatura máxima y humedad relativa media), la media de los tres días anteriores al control lechero. Los valores de los parámetros climáticos fueron recopilados a través de la base de datos de Información Agroclimática de la Junta de Andalucía ([www.juntadeandalucia.es](http://www.juntadeandalucia.es)).

Para la estimación de la sensación térmica se empleó un Índice de Temperatura-Humedad (THI), que relaciona el efecto combinado de la temperatura y humedad relativa del ambiente con la sensación térmica en condiciones de estrés térmico (Bohomanova et al., 2007), de considerable utilidad para valorar la incidencia del estrés térmico sobre la producción lechera (Ravagnolo et al., 2000). Recurrimos al índice THI propuesto por Kelly y Bond (1971) y empleado por Finocchiaro et al., (2005) para el estudio del efecto del estrés térmico sobre la producción de ovino lechero de la cuenca mediterránea:

$$\text{THI} = [T - (0.55 \cdot (1 - \text{RH})) \cdot (T - 14.4)]$$

Donde **T** es la temperatura ambiental máxima (en °C) y **RH** es la Humedad Relativa (%) promedio. Ambas variables representan la media de los tres días anteriores al control lechero. De esta forma, se estimó un valor de THI para cada fecha de control. Los registros de THI se agruparon en 18 clases en función de los valores obtenidos. La primera de las clases, designada como THI=13, incluyó además los valores de THI=12; al igual que la última clase (THI=30), donde se incluyen igualmente valores de 30 y 31; compensando así el escaso número de observaciones con THI=12 y THI=31.

Los datos fueron analizados por un modelo lineal de efectos fijos que incluyó como factores causantes de variación a la ganadería, año y mes de control; el número de lactancia, el número de ordeño y el tamaño de la camada. El THI se incorporó como variable discreta con 18 clases, variando, como se ha mencionado anteriormente, de THI=13 a THI=30. Las constantes mínimo cuadráticas para este último efecto fueron empleadas para construir los gráficos de los resultados. Las variables dependientes estudiadas fueron: producción de leche en el día de control (PL); por ciento de grasa (GR); por cien-

to de proteína (PR); Lactosa (LA); por ciento de Extracto Seco (ES); Células Somáticas (CE en x1000) y se añadió la producción diaria total de grasa + proteína (GRP) y la Materia Seca Total (MS) del día de control.

Para la estimación de los componentes de varianza se empleo ASREML (Gilmour et al., 2000) aplicando un modelo de regresión aleatoria (MRA). Este modelo incorporo los mismos efectos fijos antes mencionados, así como regresiones fijas de diferente orden de ajuste. Como efectos aleatorios se consideraron el efecto permanente debido a las repeticiones del mismo rasgo en el animal y un componente genético (animal) que se estimó a lo largo de la trayectoria de la variable (fT) definida como una función del estrés térmico. En ambos casos se aplicó una ecuación una regresión aleatoria de orden 1. Esta función fT se estimó según las proposiciones de Misztal y Rovagnolo (2002):

$$fT=0 \text{ si } \text{THI} \leq 22 \text{ y } fT=\text{THI}-22 \text{ si } \text{THI} \geq 23$$

De acuerdo a los datos disponibles esta **fT** tiene 9 niveles. Estas clases se incorporaron como varianza residual heterogénea. Por facilidades de computo solo se estudiaron las variables producción diaria de leche y la producción de grasa + proteína.

## Resultados y discusión

Todos los efectos incluidos en el modelo tuvieron una influencia altamente significativa ( $p < 0,001$ ) sobre todas las variables, con coeficientes de determinación entre 16.3% para CE y 50.5% para LA. La importancia del índice **THI** sobre algunas de las variables se presenta en las figuras 1 y 2. El primer rasgo a destacar en la respuesta tan variable (en zigzag) que se produce en todos los casos, lo cual pudiera estar relacionado con la naturaleza del dato o el reducido número de años representados. En concordancia con

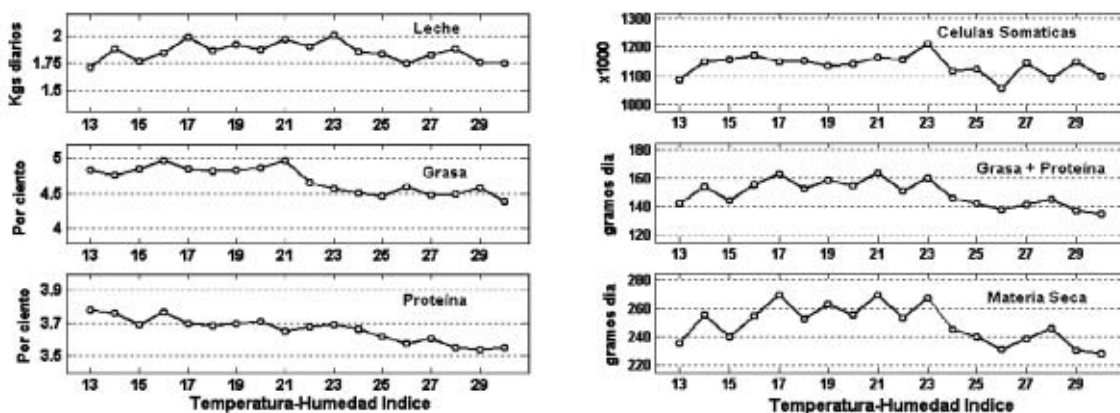


Figura 1. Efecto del Índice Temperatura-Humedad (THI) sobre la producción de leche, contenido graso, proteico, células somáticas, grasa+proteína y materia seca en cabras Payoya.  
 Figure 1. Effect of Temperature-Humidity Index (THI) on the production of daily milk yield, fat, protein, somatic cells, fat+protein and dry matter in Payoya goats.

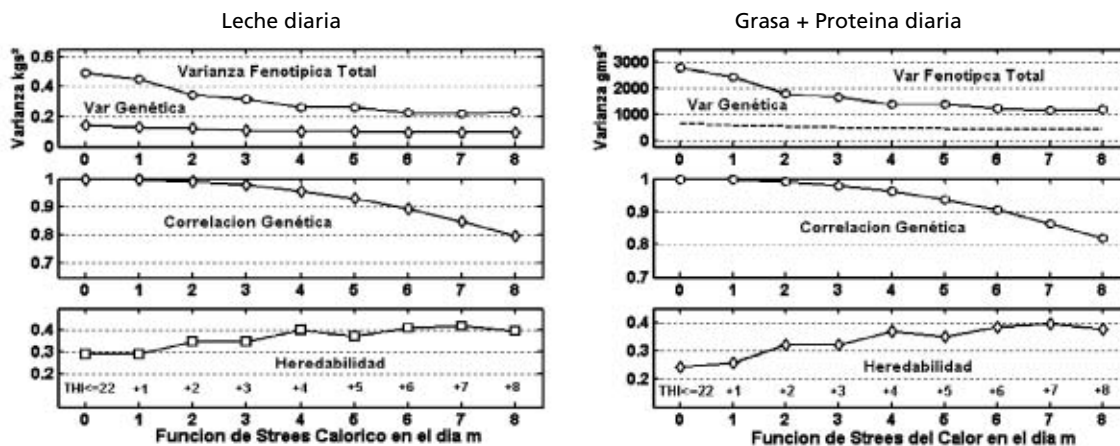


Figura 2. Componentes de varianza y parámetros genéticos de la producción diaria de leche y grasa + proteína a lo largo de la trayectoria de la función del estrés térmico.  
 Figure 2. Components of variance and genetic parameters of the daily milk and fat + protein throughout the trajectory of the function of thermal stress.

los resultados ofrecidos por Finocchiaro et al., 2005, para ovinos lecheros de la zona del Mediterráneo, el valor de **THI** a partir del cuál se determinó un decrecimiento en el comportamiento de los animales de raza Payoya se situó entre 21 y 22.

La curva de respuesta antes mencionada presenta algunas particularidades que deben ser aclaradas para una mayor comprensión de los resultados. Así, la MS total es la variable que más decrece a partir de **THI=23** (coeficiente de regresión  $b = -3.83$

g/día por cada unidad que se incrementa la variable **THI**), sin embargo en la zona comprendida entre **THI=13** y **THI=17** este efecto fue contrario y la MS experimentó un incremento de 6.63 g/día por cada unidad de **THI** que se incrementaba. La producción diaria de grasa + proteína presentó el mismo comportamiento, viéndose afectada de igual manera. Con la excepción de los parámetros LA y ES que decrecen en toda la trayectoria de la curva-respuesta frente a **THI**, el resto de las variables no evidencian cambios para valores de **THI** comprendidos entre 17 y 22, lo que podríamos definir como zona de termoneutralidad. El nivel de **THI=22** equivale al nivel umbral y corresponde con una temperatura de 24.1°C y 65.8 % de humedad relativa.

La literatura disponible sobre este tipo de estudios denomina tolerancia general al parámetro estimado que resulta de la intercepción de la ecuación de regresión aleatoria (clase 0 en la función **ft**), mientras que el coeficiente de regresión se conoce como el efecto genético de tolerancia frente al calor. El cálculo del punto de convergencia de ambas variables dependientes, resultó tedioso. Las correlaciones genéticas entre Tolerancia general y Tolerancia al calor fue de -0.343 y -0.320 para la producción diaria de leche y producción de grasa + proteína respectivamente, lo cual indica una correlación negativa entre el potencial genético para ambos caracteres y la tolerancia al calor. En otras palabras, la selección para mayor producción tendrá como efecto colateral una disminución en la resistencia al calor de los animales. Las figuras 3 y 4 muestran la evolución de los componentes de varianza, correlación genética entre la manifestación del rasgo en la zona de termoneutralidad (**ft=0**) y la zona de estrés térmico, así como la heredabilidad de ambos rasgos a lo largo de la trayectoria de **ft**.

Los dos rasgos manifiestan un comportamiento muy similar. La varianza genética

prácticamente se mantiene constante, pero disminuye la varianza fenotípica total de manera que los parámetros estimados de  $h^2$  se incrementan en la medida que aumenta **ft**. Las correlaciones genéticas ( $r_g$ ) entre el mismo rasgo estimado en la zona de termoneutralidad (**ft=0**) o **ft<=5** toman valores superiores a 0.90, sin embargo estos niveles disminuyen hasta  $r_g=0.80$  y  $r_g=0.81$  para producción de leche y grasa + proteína respectivamente para valores de **ft=8**, sugiriendo la existencia de importantes cambios en el orden de mérito de los animales seleccionados en ambiente favorable o bajo estrés térmico.

## Conclusiones

Todos los resultados indican sin lugar a dudas la existencia de una relación entre el índice **THI** y las variables productivas. Esta relación manifiesta un incremento productivo cuando el **THI** va de 13 a 17 posteriormente hay una etapa bastante estable como posible zona de confort, hasta **THI= 21** o 22. Posteriormente hay un decrecimiento neto. Desde el punto de vista genético, se ha estimado una importante variabilidad en esta población de cabras Payoya para resistencia al estrés térmico, que puede brindar importantes beneficios. Se sugiere continuar con este estudio y profundizar en los componentes genéticos estimados.

## Bibliografía

- Benicio de Souza B, Danusio de Souza E, Fontes M, Haus de Souza W, Soares dos Santos JR, Alves T, 2008. Temperatura superficial e índice de tolerancia ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semi-árido nordestino. Ciênc. Agrotec., Lavras, 32, 275-280.

- Bohmanova J, Misztal I, Colet JB, 2007. Temperature-Humidity Indices as Indicators of milk Production Losses due to Heat stress. *J Dairy Sci*, 90, 1947-1956.
- Finocchiaro R, Van Kaam JBCHM, Portolano B, Misztal I, 2005. Effect of Heat Stress on Production of Mediterranean Dairy Sheep. *J Dairy Sci*, 88, 1855-1864.
- Gilmour AR, Cullis BR, Welham SJ and Thompson R, 2000. ASREML Reference Manual. NSW Agric. Biom. Bull. NSW Agriculture, Locked Bag, Orange, NSW 2800, Australia.
- Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E, 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livest Prod Sci*, 77, 59-91.
- Kelly CF, Bond E, 1971. Bioclimatic factors and their measurement: A guide to environmental research on animals. National Academy of Sciences, Washington, DC.
- Nazan Darcan and Okan Güney, 2008. Alleviation of climatic stress of dairy goats in Mediterranean climate. *Small Ruminant Research*, 74, 212-215.
- Ravagnolo O, Misztal I, Hoogenboom G, 2000. Genetic Component of Heat Stress in Dairy Cattle, Development of Heat Index Function. *J Dairy Sci*, 83, 2120-2125.
- Real Decreto 368/2005, de 8 de abril por el que se regula el control oficial del rendimiento lechero para la evaluación genética en las especies bovina, ovina y caprina.
- Salvador A, Martínez G, 2007. Factores que afectan a la Producción y Composición de la Leche de Cabra: Revisión Bibliográfica. *Revista Facultad Ciencias Veterinarias. UCV*. 48 (2), 61-76.
- Sevi A, Annicchiarico G, Albenzio M, Taibi L, Muscio A, Dell'Aquila S, 2001. Effects of Solar Radiation and Feeding Time on Behavior, Immune Response and Production of Lactating Ewes Under High Ambient Temperature. *J Dairy Sci*, 84, 629-640.
- West JW, Mullinix BG, Bernard JK, 2003. Effects of Hot, Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake, and Milk Yield of Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci*, 86, 232-242.

(Aceptado para publicación el 28 de abril de 2008)