

FLUCTUACIÓN DE LOS NIVELES SÉRICOS DE CORTISOL Y GLUCOSA COMO INDICADORES DE ESTRÉS EN SEIS GENOTIPOS CAPRINOS DURANTE CUATRO ÉPOCAS DEL AÑO

C. A. Meza-Herrera¹, J. A. Bocanegra-Viezca¹, R. Bañuelos-Valenzuela²,
C. F. Aréchiga-Flores², R. M. Rincón-Delgado², R. Rodríguez-Martínez³

¹ Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo. A. P. 8, Bermejillo, Durango. México. 35230. e-mail: meza2000@hotmail.com

² Facultad de Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas.

³ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna.

RESUMEN

Se cuantificó la concentración sérica de cortisol y glucosa como indicadores de estrés ambiental en seis genotipos caprinos durante cuatro épocas del año en el norte de Durango (25° LN). Cabras manejadas bajo condiciones intensivas (n=35) de las razas Granadina (G), Nubia (N), Saanen (S), Toggenburg (T), Alpina (A), y Encastadas (E), con una edad y peso promedio de 25±3 meses y 33±3 kg, fueron muestreadas en Junio, Septiembre, Diciembre y Marzo. El cortisol sérico fue cuantificado mediante radioinmunoanálisis (RIA), la glucosa mediante el método de la ortotoluidina, y el largo de la cubierta externa, pelo en cuello (PC), pelo en grupa (PG) y pelo en vientre (PP), en escala métrica (cm). Las variables de respuesta fueron analizadas mediante ANOVA. El genotipo afectó (P<0.001) el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC); S y T lograron los mayores PV. Mientras E, N, y G lograron la mejor CC (P<0.001), S, T y A mostraron las CC mas bajas (P<0.001). El genotipo afectó (P<0.001) las variables de PG, PP y PC; los genotipos S, T, y E mostraron los mayores promedios para las variables en estudio. Mientras que la época del año afectó las variables PP y PC, observándose los más altos valores en Marzo y Diciembre, la variable PG no difirió (P>0.001) al través del año. Los niveles séricos de cortisol y glucosa fueron similares (P>0.05) entre razas. Mientras que no se observaron variaciones (P>0.05) para PV, la CC difirió (P<0.001) entre épocas. En Septiembre se observó la mas baja CC, los menores niveles de glucosa y los mas altos de cortisol, sugiriendo una acción catabólica de cortisol sobre las reservas corporales del animal que generaron una baja en la CC.

Palabras Claves: Cabras, estrés, adaptación, cortisol, glucosa.

SUMMARY

Serum cortisol and glucose levels were determined as indicators of environmental stress in six goat genotypes, throughout the four seasons of the year. Goats (n=35) were kept under stall-fed conditions in northern Durango (25° LN) and included the genotypes Granadina (G), Nubian (N), Saanen (S), Toggenburg (T), Alpine (A), and Crosses (E). Age and weight averages were 25±3 months and 33±3 kg, respectively. Goats were sampled during June, September, December and March; serum cortisol was quantified by radioimmunoanalysis (RIA), glucose analysis considered the ortotoluidine method, and the external hair cover in neck (PC), rump (PG) and belly (PP), was measured in metric scale (cm). Response variables were analyzed by least square means. Genotype affected (P<0.001) both live weight (PV) and body condition (CC); the heaviest PV were displayed by S and T. The best CC (P<0.001) were observed in E, N y G; in contrast, S, T and A displayed the lowest CC (P<0.001). The genotype affected (P<0.001) the PG, PP and PC variables with the S, T, and E displaying the largest values for these variables. Season of the year affected (P<0.001) the PP and PC variables with the largest averages during March and December, in contrast, the PG variable PG did not differ (P>0.05) among seasons. Serum levels of cortisol and glucose were not different (P>0.05) among genotypes. While no variations (P>0.05) were observed for PV, differences (P<0.001) in CC were observed among seasons. The lowest CC and glucose levels, as well as the highest cortisol levels were observed during September, suggesting a catabolic action of cortisol upon the body reserves of the animal which were down regulated.

Key words: Goats, stress, adaptation, cortisol, glucose.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas tradicionales de cría caprina en las zonas áridas se han desarrollado en condiciones desfavorables de alimentación y aprovisionamiento de agua. Bajo dicho contexto, el caprino ejerce un control

metabólico y renal ante situaciones de alarma fisiológica o estrés al poner en funcionamiento ciertas respuestas neuroendocrinas relacionadas con la economía hídrica del organismo. Entre las anteriores destacan las hormonas ACTH, cortisol, el sistema adenina-vasopresina-aldosterona y su relación con los niveles

de Na y K (Silanikove, 2000). La respuesta de los animales expuestos a estrés puede ser separada en dos fases: Primera, la activación del eje Hipotálamo-Hipófisis-Adrenal y el consecuente incremento plasmático de los niveles de cortisol, son las respuestas principales de un animal. La Segunda Fase incluye la respuesta de adaptación al estrés, caracterizada por una declinación en la actividad del cortisol plasmático a niveles basales (Silanikove, 1992).

En efecto, el ajuste al estrés induce un amplio rango de cambios neuroendocrinos, psicológicos y de comportamiento, que permiten una rápida recuperación o adaptación al cambio (Von Borell, 1995). Al respecto se señala que una respuesta adaptativa a un peligro real o potencial comprende dos facetas complementarias: cambios psicológicos y del comportamiento que neutralizan los efectos del estímulo activador, y ajustes neuroendocrinos, necesarios para mantener la homeostasis interna (Boissy, 1995). El-Barody y Luikart (2000), encontraron que a excepción del K, la aldosterona, el cortisol y el sodio mostraron niveles significativamente elevados en cabras Baladi con respecto a la raza Zarabi. En el mismo sentido, la expresión de dichas hormonas y Na fueron mayores ($P < 0.01$) en épocas con elevadas temperaturas ambientales que en bajas temperaturas ambientales. Lo anterior sugiere que el incremento plasmático de cortisol, aldosterona, y Na durante el estrés calórico puede tomarse como un indicador de que los diferentes grupos genéticos generan respuestas compensatorias divergentes al estar expuestos a diferentes gradientes de estrés térmico.

El estrés causa una elevación de glucosa en plasma debido al rompimiento de glicógeno en hígado existiendo como antecedente un incremento en los niveles séricos de cortisol (Kannan *et al.* 2000). Al respecto, El-Barody y Luikart (2000) reportaron mayores niveles de cortisol, Na y aldosterona en cabras Baladi versus Zarabi al ser expuestas a estados de alarma. Debido a la importancia que tiene la ganadería caprina en las zonas áridas y semiáridas de nuestro país, es necesario definir cuáles son las razas que fisiológicamente están mejor adaptadas a las condiciones de estrés calórico y seleccionar el animal más apropiado que permita mejorar el comportamiento productivo y reproductivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del estudio. El experimento se desarrolló en la Unidad de Experimentación Caprina Sur, de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA-UACH), así como en el Centro Nacional

de Fomento Caprino (CNFC), de Tlahualilo, Durango. El área se sitúa en la parte noroeste del país, en la región conocida como la Comarca Lagunera, localizada entre los 26°06' Latitud Norte y 103°26'46' Longitud Oeste, a una altitud de 1092 msnm.

Condiciones ambientales. La región se caracteriza por su clima cálido-seco BW, con precipitación media anual de 217 mm concentrada principalmente en el verano. La oscilación térmica es muy marcada; se observa una temperatura media anual de 22.3°C; con máximas superiores a los 45 °C en Junio y mínimas inferiores a los 0° C durante los meses de invierno.

Animales y manejo nutricional. Se utilizaron 35 cabras ($n=35$); 30 cabras del CNFC de las razas Saanen, Toggenburg, Granadina, Nubia, Alpina, y cinco cabras Encastadas alojadas en la URUZA-UACH, con una edad y peso promedio de 25 meses \pm 7 y 33 kg \pm 3 kg, respectivamente. Todas las cabras fueron sexualmente maduras, no gestantes y sin antecedentes previos de gestación. Las condiciones de alojamiento en el CNFC incluyeron corrales cerrados con sombra disponible todo el día. Los animales recibieron una dieta constituida por ensilado de maíz, alfalfa henificada, concentrado, sales minerales. Esta mezcla se ofreció dos veces al día y se les dio agua *ad libitum*. Las cabras Encastadas recibieron una dieta a base de heno de alfalfa, con suplementación de maíz rolado, grasa de sobrepeso y sales minerales. Durante el período experimental las cabras Encastadas tuvieron acceso a la sombra y agua *ad libitum*, siendo alimentadas dos veces al día con heno por la mañana y el suplemento en la tarde, todo bajo condiciones naturales de luz. Debido a que el análisis preliminar de las temperaturas observadas en el CNFC y la URUZA-UACH no reportó diferencias con respecto a las oscilaciones térmicas observadas, reduciéndose la posibilidad de la existencia de una interacción genotipo * ambiente, se decidió realizar un análisis conjunto de los seis grupos genéticos durante las cuatro épocas del año.

Formación de grupos y colección de muestras. Se formaron seis grupos experimentales, considerando cinco individuos de cada uno de los seis grupos genéticos caprinos. El día del muestreo las cabras fueron trasladadas hacia un corral de manejo, después de transcurridos 20 minutos se obtuvo la muestra de sangre (8 ml) mediante venopunción de la yugular, utilizando vacutainer estériles de 10 ml (Corvac Sherwood Medical), en tubos sin anticoagulante. La toma de muestras se realizó entre las 1000 y las 1030 el 20 de junio, el 20 de septiembre y el 28 de diciembre del 2000 y el 14 de marzo del 2001, lo cual generó un

como término para calcular el error. Cuando se observaron valores significativos de F, la separación de medias consideró para probar sus diferencias el procedimiento PDIFF, mediante el PROC LSMEANS. Todos los análisis fueron realizados mediante el uso del paquete estadístico SAS (SAS, 1991). Debido a que no existió efecto de interacción ($P>0.05$) entre el genotipo y la época, los resultados y la discusión de los mismos se abordan considerando el comportamiento de las variables dependientes de acuerdo a los efectos principales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto del Grupo Genético sobre Peso Vivo, Condición Corporal, Cortisol y Glucosa. El genotipo afectó las variables PV y CC, observándose los mayores PV en los grupos S y T, seguidas de la N, A y E. La raza G mostró el mas bajo ($P<0.001$) PV (Cuadro 1), situación coincidente con lo reportado por Meza y Montaldo (2000). La CC fue afectada ($P<0.001$) por el genotipo; las E mostraron los mayores valores para CC, seguidas de la N y G, no existiendo diferencias entre éstas ($P>0.005$), pero si con respecto a S, T y A ($P<0.001$). La mayor CC en E sugiere un posible efecto de heterosis hacia tamaño y condición corporal. Según Kleiber (1961), los requerimientos energéticos de un animal está en función de su Peso Vivo^{0.75}, sugiriendo que razas de origen Alpino destinan mas nutrientes hacia mantenimiento.

El cortisol es un indicador neuroendocrino primario de estrés cuyos niveles altos pueden explicar pérdidas en producción y susceptibilidad a enfermedades (Dantzer y Mormede, 1983). En el presente estudio no existieron diferencias ($P>0.005$) entre genotipos para dicha variable, mostrando valores plasmáticos dentro de los rangos normales descritos en caprinos, 1-17 ng ml⁻¹ (Shamay *et al.*, 2000). El estrés causa una elevación de glucosa en plasma, debido al rompimiento de glicógeno en hígado existiendo como precedente un incremento

en los niveles séricos de cortisol (Kannan *et al.* 2000). En el presente estudio, no existieron diferencias ($P>0.005$) entre genotipos para glucosa, aunque se observaron promedios mas elevados en la raza T. Los demás genotipos mostraron valores normales de glucosa descritos para rumiantes, que van de 50± 5 mg 100mL⁻¹ (Kannan *et al.*, 2000).

Efecto de la época del año sobre el Peso Vivo, Condición Corporal, y niveles séricos de Cortisol y Glucosa. Aún cuando no se observó efecto ($P>0.05$) de la época sobre PV, la CC difirió entre épocas ($P<0.001$); la mas baja CC ocurrió en Septiembre, coincidente con los menores valores de glucosa y los mayores de cortisol (Cuadro 2). Dado que los PV no difirieron entre épocas, la menor CC observada en Septiembre sugiere una baja en el estado metabólico, generando un estado de alarma con el consecuente incremento sérico de cortisol.

Mientras que los menores valores de glucosa ocurrieron en Junio y Septiembre, las mayores concentraciones ($P<0.001$) fueron observadas Marzo y Diciembre. Paralelo a una mayor concentración de cortisol, en Septiembre se ubicaron las mas bajas CC. Dicho escenario sugiere una acción catabólica del cortisol sobre las reservas corporales del animal y por lo tanto en una disminución de la CC. La acción de la somatotropina podría ser otro posible actor en dicho escenario al promover que los animales mantuvieran su peso vivo. El patrón endocrino-metabólico observado en Septiembre sugiere una activación del sistema nervioso simpático por efecto de la hormona adrenocorticotrópica quien en turno estimula la liberación de cortisol. Sin embargo, bajo una situación de agotamiento en los niveles de adrenalina, se promueven incrementos en los niveles de insulina y reducción en los de glucagón, generándose una insuficiencia metabólica con propensión a la hipoglicemia.

Cuadro 2. Medias Mínimo Cuadráticas, Nivel de Significancia, Peso Vivo (PV, Kg), Condición Corporal (CC), Cortisol (µg dL⁻¹), Glucosa (µg dL⁻¹) en cabras asi como Temperatura Media Ambiental (TMA, °C) durante cuatro épocas del año en el Norte de Durango (n=720, 25° LN)

| Epoca | CC ¹ | PV | Glucosa | Cortisol | TMA |
|-----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-----------|
| <i>Probabilidad</i> | $P=0.001$ | $P=0.392$ | $P=0.001$ | $P=0.001$ | $P=0.001$ |
| Junio | 3.03 ^a | 41.20 ^a | 46.84 ^b | 1.40 ^{a,b} | 26.5 |
| Septiembre | 2.50 ^b | 41.83 ^a | 43.09 ^b | 2.15 ^a | 23.5 |
| Diciembre | 2.87 ^a | 43.46 ^a | 66.88 ^a | 1.40 ^{a,b} | 12.1 |
| Marzo | 2.84 ^a | 42.08 ^a | 78.61 ^a | 0.95 ^b | 17.0 |
| Error Estandar | 0.05 | 0.98 | 5.28 | 0.22 | |

CC; 1=muy flaca, 5=muy gorda

^{a,b}. Valores con diferente literal dentro de columnas, difieren ($P<0.001$)

Efecto del genotipo sobre el crecimiento de la cubierta externa. La función del pelo es de dar protección parcial del animal contra daños físicos y bacterias del medio ambiente. La piel también regula la temperatura corporal y es tejido por el cual se eliminan al exterior productos tóxicos o residuos a través de las glándulas sudoríparas. La función de protección al animal está dada primero por el pelo y no por el cuero totalmente, situación particularmente cierta en bovinos y caprinos, debido a que la piel presenta una estructura fuerte y cerrada. Cuando el pelo crece, la piel no tiene que hacer toda la función de protección y como la cubierta externa realiza esta función, la piel se adelgaza (Borgues, 2000).

Al evaluar el comportamiento de el PG, las razas Saanen y Toggenburg mostraron los mas altos valores ($P<0.001$) con respecto a los demás grupos genéticos. Con lo que respecta a PC, los genotipos Saanen, Toggenburg y Encastada obtuvieron los más altos valores y difirieron ($P<0.001$) con los demás grupos genéticos. Para la variable PP, las razas Saanen, Toggenburg, Alpina, Granadina y Encastada no difirieron entre sí, pero si con respecto a la Nubia, quien mostró el valor más bajo (Cuadro 3).

El aumento en la secreción de glucocorticoides, provoca una disminución del crecimiento del pelo, observándose un efecto similar por excesos de cortisol. Sin embargo, la presencia de esta hormona en el plasma es necesaria para un funcionamiento normal de los folículos (Haresign, 1989). En el presente estudio, el crecimiento del pelo no fue afectado por un exceso de cortisol en los diferentes grupos genéticos, ya que mantuvieron sus concentraciones normales, y por lo tanto, un buen crecimiento de pelo.

Efecto de la época del año sobre el crecimiento de la cubierta externa. El crecimiento del pelo, no es uniforme todo el año. En un principio esta observación se atribuyó a las diferencias estacionales de las pasturas, y como la alimentación en la mayoría de los países es más abundante en primavera y verano, se creyó que esta era la causa de un mayor crecimiento; sin embargo, con animales sometidos a dietas fijas, el fenómeno persistió. Se sabe que las cabras tienden a pelechar en su saco interior en primavera y muestran un claro modelo de crecimiento estacional rítmico que en verano es más grande que durante el invierno (Arbiza, 1986).

Cuadro 3. Medias mínimo cuadráticas \pm el error estándar, nivel de significancia, Pelo grupa (PG, cm), Pelo Cuello I(PC, cm) y Pelo Vientre (PV, cm) en seis grupos genéticos caprinos del Norte de Durango (n=720, 25° LN)

| Raza | PG | PC | PP |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Probabilidad | $P<0.0001$ | $P<0.0001$ | $P<0.0001$ |
| Granadina | 4.08 ^a | 2.55 ^a | 3.83 ^a |
| Nubia | 4.18 ^a | 2.23 ^a | 3.03 ^b |
| Saanen | 6.00 ^b | 2.65 ^b | 3.83 ^a |
| Toggenburg | 5.65 ^b | 2.68 ^b | 4.05 ^a |
| Alpina | 3.88 ^a | 2.18 ^a | 3.83 ^a |
| Encastada | 3.44 ^a | 2.98 ^b | 4.19 ^a |
| Error Estandar | 0.24 | 0.15 | 0.18 |
| C.V. | 23.54 | 26.03 | 21.39 |
| R ² | 0.55 | 0.45 | 0.64 |

^{a,b}. Valores con diferente literal dentro de columnas, difieren ($P<0.001$)

Cuadro 4. Medias mínimo cuadráticas \pm el error estándar, nivel de significancia, Pelo grupa (PG, cm), Pelo Cuello (PC, cm) y Pelo Vientre (PV, cm) en cabras durante cuatro épocas del año en el Norte de Durango (n=720, 25° LN)

| Epoca | PG | PC | PP |
|----------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Probabilidad | $P=0.101$ | $P=0.001$ | $P=0.001$ |
| Junio | 4.50 ^a | 2.03 ^b | 3.08 ^c |
| Septiembre | 4.24 ^a | 2.28 ^b | 3.24 ^{c,b} |
| Diciembre | 4.90 ^a | 2.95 ^a | 3.75 ^b |
| Marzo | 4.48 ^a | 2.90 ^a | 5.08 ^a |
| Error estandar | 0.19 | 0.12 | 0.15 |
| C.V. | 23.54 | 26.03 | 21.39 |
| R ² | 0.55 | 0.45 | 0.64 |

^{a,b,c}. Valores con diferente literal dentro de columnas, difieren ($P<0.001$)

En el Cuadro 4, se observan los más altos valores de Pelo Vientre y Pelo Cuello, en los meses de Marzo y Diciembre, seguidos por Septiembre y al final junio con el más bajo valor, sin embargo no se observaron diferencias ($P>0.05$) entre épocas de año para PG. Las tendencias numéricas observadas en el presente estudio concuerdan con Arbiza (1986), que menciona que el mayor diámetro y crecimiento del pelo se produce primavera.

CONCLUSIONES

El genotipo afectó ($P<0.001$) las variables peso vivo (PV) y condición corporal (CC). Mientras que los mayores PV fueron observados en las Saanen y Toggenburg, las mejores CC ($P<0.001$) fueron obtenidas por las cabras Encastadas, seguidas de la Nubia y la Granadina; los grupos Suizos mostraron los menores valores para CC ($P<0.001$). No existió efecto ($P>0.05$) del genotipo sobre los niveles plasmáticos de glucosa y cortisol.

El genotipo afectó ($P<0.001$) el largo del pelo en grupa (PG), en vientre (PP) y en cuello (PC). Los grupos genéticos Saanen, Toggenburg y Encastadas, mostraron los mayores valores promedios para largo del tamaño del pelo. Por su parte la época afectó ($P<0.001$) las variables de pelo vientre (PP) y pelo cuello (PC). Los más altos valores se observaron en los meses de Marzo y Diciembre. No existió diferencia ($P>0.05$) para la variable PG.

Aún cuando la época del año no afectó ($P>0.05$) el PV, la CC difirió ($P<0.001$) a través del año. En Septiembre, paralelo a los menores valores para CC, se observaron los menores valores de glucosa, los más altos de cortisol. Lo anterior sugiere una acción catabólica del cortisol sobre las reservas corporales del animal y por lo tanto una baja en la CC.

Dicho patrón endocrino-metabólico sugiere una activación del sistema nervioso simpático por efecto de la hormona adrenocorticotrópica quien en turno estimula la liberación de cortisol. Sin embargo, bajo una situación de agotamiento en los niveles de adrenalina, se promueven incrementos en los niveles de insulina y reducción en los de glucagón, generándose una insuficiencia metabólica con propensión a la hipoglucemia.

LITERATURA CITADA

Arbiza, A. S. 1986. Producción caprina. AGT EDITOR. México. p 167, 168, 315.

- Boissy, A. 1995. Fear and fearfulness in animals. Q. Rev. Biol. 70:165-170.
- Borgues C. J. 2000. Estructura de la piel. AUQTIC. Uruguay.
- Dantzer, R. y P. Mormede. 1983. Stress in farm animals: A need for reevaluation. J. Anim. Sci. 57:6.
- El-Barody, M. A. A. y G. Luikart 2000. Physiological responses of Egyptian goats as affected by heat stress and genotype. VII International conference on Goats, France, 15-21.
- Haresign, W. 1989. Producción ovina. AGT EDITOR. México p 555, 556.
- Kannan, G. J. L.; T.H. Terrill; B. Kouakou; O.S. Gazal; S. Gelaye; E.A. Amoah y S. Samaké. 2000. Transportation of goats: Effects on physiological stress responses and live weight loss. J. Anim. Sci. 78: 1450-1457.
- Kleiber, M. 1961. The fire of life: An introduction to Animal Energetics. Willey, New York.
- Meza H., C. A. y H. Montaldo 2000. Bio-economical evaluation of five goats genotypes using milk, meat and survival components. Proceedings VII International Conference on Goats. Tours, France. Session VI: Genetics and Selection. Tome I : 214-215.
- SAS, 1991. SAS System for Linear Models. Third edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. 27513. p 329.
- Shamay, A.; S. J. Mabweesh, F. Shapiro y N. Silanikove. 2000. Adrenocorticotrophic hormone and dexamethasone failed to affect yield in dairy goats: comparative aspects. Small Rumin. Res. 38:237-243.
- Silanikove, N. 1992. Effects of water Scarcity and hot environments on appetit and digestion in ruminants: A review. Livest. Prod. Sci. 30:175-194.
- Silanikove, N. 2000. The Physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. Small Rumin. Res. 35: 181-193.
- Snedecor, G. W. y W. G. Cochran. 1967. Statistical Methods. (6th Ed.). The low State University Press, Ames.
- Von Borell, E. 1995. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. Appl. Anim. Behav. Sci. 44:219-226.