

## **Respuesta hormonal de los organismos superiores ante el estrés calórico** - Hormonal response to the higher organism after the caloric stress

**Sánchez-Rodríguez, Sergio Hugo.** Doctor en Ciencias (Fisiología). Departamento de Biología Celular. Unidad Académica de Biología Experimental. Universidad Autónoma de Zacatecas. Soy miembro de REDVET, y mi nick es: smdck  
**Correspondencia:** Departamento de Biología Celular. Unidad Académica de Biología Experimental. Fernando Villalpando #80. Col. Ramón López Velarde. Guadalupe, Zacatecas, México. C.P. 98600. Tel/Fax (492) 921-13-26. **E-mail:** [smdck@hotmail.com](mailto:smdck@hotmail.com)

**REDVET: 2007, Vol. VIII N° 12B.**

Recibido: 18.03.06 Referencia: BA014 Aceptado: 14.07.06 Publicado: 01.12.2007

Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121207B.html> concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121207B/BA014.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®. Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con Veterinaria.org® <http://www.veterinaria.org> y con REDVET® - <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

### **RESUMEN**

Un organismo no es independiente del ambiente en el cual vive. Su vida, salud y reproducción dependen de él. El organismo y su medio ambiente, forman un sistema en el cual ambos reaccionan uno con respecto al otro.

La temperatura ambiental es el factor físico más importante sobre la tierra, que limita la extensión geográfica de la explotación de un hábitat. Esto implica que un endodermo debe estar adaptado conductual y fisiológicamente para superar las temperaturas máximas extremas que pueda encontrar en su hábitat.

**Palabras Clave:** Bienestar, Medio ambiente, Estrés.

### **SUMMARY**

An organism is not independent of the environmental in which he lives. His life, heat and reproductive function depend upon the environment. Therefore, the organism and the environment act as a whole unit, in constant interaction of one with each other.

Environmental temperature is the most important physical factor among the earth, that limits the geographic extension of usefulness of an specific habitat. In other words, this

statement implies that endoderms must be adapted physiologically and behaviorally to their environment to overcome the highest environmental temperatures that could be present in the environmental of an organism.

**Key words:** Comfort, Environment media, Stress.

---

## INTRODUCCIÓN

Las variables climáticas tienen importancia en determinar la distribución de las especies, en ausencia de barreras geográficas abruptas (Hoffmann and Parson, 1991). Así, determinar si una zona geográfica particular tiene un clima limitante para el desarrollo de cierta especie, requiere un análisis cuidadoso del bioclima, lo que incluye la evaluación de la meteorología, tipo de vegetación nativa, las enfermedades y la adaptabilidad (bienestar) de los organismos al estrés ambiental (Johnson, 1987).

El bienestar se define como un estado de armonía física y fisiológica entre el organismo y su entorno, caracterizado por la ausencia de privación, estimulación adversa, o cualquier otra condición impuesta que afecte adversamente la salud y productividad del organismo. Otra definición de bienestar lo señala como la forma en que un organismo intenta adaptarse a su medio ambiente, mostrado en la respuesta fisiológica o de comportamiento que presenta (Broom, 1993).

El bienestar es difícil de definir, parece razonable asumir que aquellos organismos que se adaptan mejor a un medio ambiente particular, pueden tener un mayor bienestar que aquellos que no lo hacen (Simm et al., 1996). Los cambios fisiológicos y de comportamiento asociados con la respuesta de un organismo al estrés, han sido usados ampliamente como indicadores de bienestar, sobre la premisa de que si el estrés se incrementa, el bienestar disminuye (Diverio et al., 1996).

Dentro de las respuestas fisiológicas, la temperatura corporal y la tasa respiratoria, indican el grado de eficiencia de los procesos termorreguladores del cuerpo y por lo tanto, la habilidad de un organismo para continuar satisfactoriamente su rendimiento fisiológico bajo el estrés calórico (Harris et al., 1960). Así, el estrés medio ambiental productor de hipertermia en los animales, activa procesos fisiológicos compensatorios (Abdelatif and Ahmed, 1992).

## LOS AJUSTES HORMONALES

Muchas glándulas endocrinas responden en diversos grados al estrés ambiental, siendo las glándulas Hipofisis-Suprarenales (corteza y médula) y tiroideas, las más activas en la adaptación (DuPreez et al., 1990).

La participación del eje Hipotálamo-Hipofisis-Suprarenales en la adaptación al estrés ha recibido considerable atención para el caso de los cerdos y el ganado vacuno (Abilay et al., 1975), reconociéndose que los cambios en la concentración de cortisol a causa del estrés calórico varían mucho, dependiendo de la temperatura, la humedad relativa y la duración de la exposición, y que su determinación constituye un indicador válido de estrés (Becker et al., 1985; Hahn et al., 1992).

Comúnmente se cita como evidencia de estrés crónico al incremento en la producción de glucocorticoides, que ocasiona una hipertrofia e hiperplasia de la glándula suprarrenal, la cual ocurre cuando un organismo está sujeto a un agente estresante por un tiempo prolongado, aproximadamente 48 horas (Mal et al., 1991).

Se coincide en que los ejes simpático-suprarrenal e Hipofisis-corteza suprarrenal, son los indicadores más sensibles y específicos del estrés en los animales, considerando al incremento de los niveles de catecolaminas y glucocorticoides plasmáticos como la respuesta clásica al estrés (Niezgoda et al., 1993; Burden et al., 1993). Sin embargo, aunque durante muchos años se han buscado índices cuantitativos confiables del estrés, y a pesar de que se ha observado que en los organismos estresados se elevan las concentraciones de hormonas circulantes como el cortisol y la ACTH entre otras, aún es poco conocido el valor adaptativo de los niveles de hormonas en sangre periférica (Hashizume et al., 1995). Así mismo, se sugiere que la determinación de la secreción de la ACTH, más que la del cortisol, puede revelar el estado de estrés crónico (Munksgaard and Simonsen, 1996).

Sin embargo, cada forma de estrés estimula directamente en el sistema neuroendocrino, un conjunto diverso de incrementos o disminuciones de recambios hormonales, los cuales a su vez afectan la función celular. Así, el calor deprime las concentraciones de hormonas adrenales, tanto corticales como medulares, y las de prolactina (Roth et al., 1990).

En muchas especies de mamíferos, está documentado el papel que tienen las catecolaminas y prostaglandinas sobre el sistema nervioso central en la regulación de la temperatura. Existe poca duda de que la norepinefrina cerebral endógena, la 5-hydroxytriptamina, la acetilcolina y las prostaglandinas, están involucradas en las sinapsis relacionadas con las respuestas termorreguladoras (Yousef, 1987).

Los cambios en las concentraciones de hormonas tiroideas también se han utilizado como indicador de estrés. El hipertiroidismo tiende a ocurrir después de un estrés psicológico agudo, especialmente en animales jóvenes, mientras que los estresantes físicos son más prometedores para provocar una actividad tiroidea en animales longevos (Mal et al., 1991).

Existen reportes de que la exposición de los animales a un medio ambiente caluroso, deprime la actividad funcional de la glándula tiroidea, provocando una concentración relativamente baja de las hormonas tiroideas (Mohammed and Johnson, 1985; Parkash and Rathore, 1991).

En numerosos estudios tanto in vitro como in vivo, se documenta la estrecha asociación de las hormonas calorígenicas, la tiroxina ( $T_4$ ) y la triyodotironina ( $T_3$ ), así como la hormona de crecimiento (GH) y los glucocorticoides con la tasa metabólica de los mamíferos (Yousef, 1987). Así, se ha señalado, que la restricción de agua disminuye la tasa de secreción de tiroxina en proporción directa a la reducción en el consumo de energía, encontrándose ésta última, relacionada linealmente con el consumo de alimento (Silanikove, 1992).

Otras hormonas que tienen relación con la adaptación a la deshidratación o al estrés calórico son la antidiurética (ADH)(Epstein et al., 1990; Langhans et al., 1991; Dreiling et al., 1991), la renina (Silanikove, 1992), la prolactina (Gómez-Brunet and López, 1991), y en ovejas gestantes la progesterona y el lactógeno placentario, las cuales disminuyen por efecto del calor y ocasionan retraso en el crecimiento fetal (Bell et al., 1989), así como la  $PGF_{2\alpha}$  uterina, la cual puede interrumpir la preñez por estrés calórico en el ganado bovino

(Malayer et al., 1990).

## **EFFECTOS SOBRE LA REPRODUCCIÓN**

El estrés calórico ejerce efectos adversos en la capacidad reproductiva. Algunos de estos efectos negativos son causados por disfunciones hormonales que repercuten en: disminución en la tasa de concepción, ampliación del ciclo estral, acortamiento del período del estro, retención placentaria, reducción y disminución temporal de la fertilidad (DuPreez et al., 1990).

La elevación de la temperatura de los testículos puede producir un efecto deletéreo que repercute en la disminución de la producción de esperma. La temperatura óptima de los testículos se da con una temperatura corporal interna relativamente constante, teniéndose la máxima producción de esperma en condiciones normales a temperaturas testiculares entre 1 y 8°C menores que la temperatura corporal interna (Bitman et al., 1984).

El estrés calórico durante la gestación ocasiona bajo peso al nacimiento, independientemente del consumo de alimento (Brown and Harrison, 1984; Holmes et al., 1986), provocando una reducción en la supervivencia embrionaria y puede ser la causa principal de una tasa reducida de fecundación en el ganado bovino durante el verano (Malayer et al., 1990).

El retraso en el crecimiento fetal en corderos a causa del estrés calórico puede ser producido por una alteración en el flujo sanguíneo uterino, ya que se ha observado que éste se encuentra comprometido durante el estrés calórico (Brown and Harrison, 1984). El crecimiento placentario se retrasa en las ovejas susceptibles al estrés calórico y aparentemente pueden identificarse las ovejas susceptibles al mostrar temperaturas rectales superiores a las del resto del rebaño, previo a la gestación (McCraab and Bortolussi, 1996).

El comportamiento sexual depende de la producción de hormonas sexuales, por lo tanto, puede disminuirse cuando los estresores interfieren en la producción de hormonas femeninas ó masculinas, ya que los procesos reproductivos están bajo el control neuroendocrino y el estrés influye sobre estos procesos. (Von Borell, 1995).

Por otra parte, se sabe que los glucocorticóides interactúan con las hormonas reproductivas desde un estado de desarrollo temprano del sistema neuroendocrino, habiéndose documentado en varios estudios que el estrés perinatal puede desmasculinizar a los machos y retrasar la pubertad en las hembras (von Borell, 1995).

## **EL METABOLISMO DEL AGUA**

En climas cálidos, la sudoración es necesaria para lograr un enfriamiento evaporativo, imprescindible en la sobrevivencia de los mamíferos (Macfarlane et al., 1958). Sin embargo, este mecanismo requiere de un consumo continuo de agua, ya que conforme se incrementa la tasa respiratoria, y mas agua se evapora, una cantidad mayor de agua se consume, mientras que cuando la tasa respiratoria y de evaporización disminuyen, el consumo de agua también desciende (Appleman and Delouche, 1958).

La función circulatoria sufre grandes ajustes por la aclimatación, que van desde la disminución del volumen plasmático por la altitud, hasta su expansión involucrando también la de sus componentes, a causa del calor, la inanición y la gestación (Silanikove, 1992).

La tolerancia a la deshidratación en mamíferos se ha asociado con el grado en el cual

un animal mantiene su volumen plasmático, cuando se enfrentan con pérdidas de agua corporal, toleran mejor la deshidratación que los animales que no lo conservan, ya que la disminución en el volumen plasmático afecta la disipación de calor del interior del cuerpo hacia la superficie, lo que ocasiona un aumento en la temperatura corporal (Carmi et al., 1993).

La mayoría de los homeotermos muestran habilidad para mantener el volumen plasmático a expensas de otros compartimentos, lo que les permite una disipación efectiva del calor y la prevención de la hipertermia (Edwards, 1991; Sneddon et al., 1993; Zurovsky and Shkolnik, 1993; Arad and Korine, 1993). En el caballo se ha determinado, que el fluido suplementario puede ser drenado a partir de los compartimentos intersticial, intracelular y transcelular principalmente del tracto gastrointestinal (Sneddon et al., 1993) y del ruminal en los poligástricos (Silanikove, 1992).

Un medio ambiente caliente incrementa la tasa de ingestión hídrica al usar grandes cantidades de agua para el enfriamiento evaporativo, reportándose frecuentemente que estos cambios están asociados con un incremento en el contenido de agua corporal y del líquido extracelular (Silanikove, 1987).

Se ha reportado que el aumento en el agua corporal total bajo condiciones de calor se debe al aumento del volumen del líquido extracelular, ya que no puede atribuirse únicamente al aumento en el consumo de agua de bebida, sino probablemente, al incremento en la capacidad de retener agua bajo exposición calórica, para subsanar la pérdida intensa de agua evaporada por el calor (El-Nouty et al., 1988). Se considera que el incremento inducido por el calor en el agua corporal total puede ser utilizado para calcular un índice de tolerancia calórica (Gall, 1991).

Además, los elementos sanguíneos pueden sufrir alteraciones a causa del calor ambiental. Así, los cambios en el volumen plasmático reajustan al sistema, provocando modificaciones en la osmolalidad plasmática, que se asocian a respuestas evocadas por la hormona antidiurética (Blair-West et al., 1979).

Se reconoce que la habilidad de los rumiantes del desierto para mantener su apetito con una pobre capacidad de aislamiento en un medio ambiente caliente, puede relacionarse con su capacidad para mantener el volumen plasmático y los constituyentes electrolíticos dentro de un rango aceptable (Silanikove, 1992). Así, se considera un signo de mayor susceptibilidad al estrés calórico, el que algunas razas tengan constituyentes plasmáticos con valores alterados, como sucede con el potasio y cortisol (Okab et al., 1992).

## **CONCLUSIONES**

A pesar de que las especies habitan en medios ambientes extremos, debe reconocerse que se han de conservar la variación genética en los rasgos de respuesta y resistencia al estrés, si las poblaciones se establecen con énfasis en los individuos a partir de hábitat marginales, y que las características de respuesta al estrés son determinantes importantes en la supervivencia de las especies bajo las condiciones climáticas globales cambiantes.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Hoffmann AA, Parsons PA. Evolutionary genetics and environmental stress. Oxford University Press, New York. 1991.
2. Johnson HD. Bioclimates and livestock. En: H.D. Johnson, (Ed.) Bioclimatology and adaptation of livestock. p 127. Elsevier, Amsterdam. 1987. pp 127.
3. Broom DM. Assessing the welfare of modified or treated animals. Livest. Prod. Sci. 1993;36:39.

4. Simm G, Conington J, Bishop SC, Dwyer CM, Pattison S. Genetic selection for extensive conditions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1996;49:47.
5. Diverio S, Goddard PJ, Gordon LJ. Physiological responses of farmed red deer to management and their modulation by long-acting neuroleptics. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 1996;126:211.
6. Harris DL, Shrode RR, Rupel IW, Leighton RE. A study of solar radiation as related to physiological and production responses of lactating Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 1960;43:1255.
7. Abdelatif AM, Ahmed MMM. Thermoregulation, water balance and plasma constituents in Sudanese desert sheep: responses to diet and solar radiation. *J. Arid Environ.* 1992;25:387.
8. DuPreez JH, Giesecke WH, Hattingh PN. Heat stress in dairy cattle and other livestock under southern african conditions. I. Temperature-humidity index mean values during the four main seasons. *Onderstepoort J. Vet.* 1990;57:77.
9. Abilay TA, Mitra R, Johnson HD. Plasma cortisol and total progesterin levels in Holsteins steers during acute exposure to high environmental temperature (42°C) conditions. *J. Anim. Sci.* 1975;41:113.
10. Becker BA, Nienaber JA, Christenson RK, Manak RC, DeShazer JA, Hahn GL. Peripheral concentrations of cortisol as an indicator of stress in the pig. *Am. J. Vet. Res.* 1985;46:1034-1038.
11. Hahn GL, Chen YR, Nienaber JA, Eigenberg RA, Parkhurst AM. Characterizing animal stress through fractal analysis of thermoregulatory responses. *J. Therm. Biol.* 1992;17:115.
12. Mal ME, Friend TH, Lay DC, Vogeslang SG, Jenkins OC. Physiological responses of mares to short term confinement and social isolation. *Equine Vet. Sci.* 1991;11:96.
13. Niezgodá J, Bobek S, Wronskafortuna D, Wierzchos E. Response of sympatho-adrenal axis and adrenal cortex to short-term restraint stress in sheep. *J Vet. Med. A.* 1993;40:631.
14. Burden VR, White BD, Dean RG, Martin RJ. Activity of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis is elevated in rats with activity-based anorexia. *J. Nutr.* 1993;123:1217.
15. Hashizume T, Haglof SA, Malven PV. Intracerebral methionine-enkephalin, serum cortisol, and serum  $\beta$ -endorphin during acute exposure of sheep to physical or isolation stress. *J. Anim. Sci.* 1995;72:700.
16. Munksgaard I, Simonsen HB. Behavioral and pituitary adrenal-axis responses of dairy cows to social isolation and deprivation of lying down. *J. Anim. Sci.* 1996;74:769.
17. Roth J, Merker G, Nürnberger F, Pauly B, Zeisberger E. Changes in physiological and neuroendocrine properties during thermal adaptation of golden hamsters (*Mesocricetus auratus*). *J. Comp. Physiol. B.* 1990;160:153.
18. Yousef MK. Principles of bioclimatology and adaptation. En: H. D. Johnson (Ed). *Bioclimatology and adaptation of livestock*. Elsevier, Amsterdam. 1987. pp 127.
19. Mohammed ME, Johnson HD. Effect of growth hormone on milk yields and related physiological functions of Holstein cows exposed to heat stress. *J. Dairy Sci.* 1985;68:1123.
20. Parkash PV, Rathore S. Seasonal variations in blood serum profiles of triiodothyronins and thiroxine in goat. *Indian J. Anim. Sci.* 1991;61:1311.
21. Silanikove N. Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: A review. *Livest. Prod Sci.* 1992;30:175-194.
22. Epstein Y, Horowitz M, Shapiro Y. Hypothalamic an extrahypothalamic-limbic system vasopressin concentration under exposure to hyperosmolarity, hypovolemia and heat stress. *J. Therm. Biol.* 1990;15:177.
23. Langhans W, Scharrer E, Meyer AH. Changes in feeding behavior and plasma vasopressin concentration during water deprivation in goats. *J. Vet. Med. A* 1991;38:11.

24. Dreiling ECh, Brown ED, Carman SF. Maternal Endocrine and Fetal Metabolic Response to Heat Stress. *J. Dairy Sci.* 1991;74:312-327.
25. Gómez-Brunet A, López S. Effect of season on plasma concentrations of prolactin and cortisol in pregnant, non-pregnant and lactating ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 1991;26:251.
26. Bell AW, McBride BW, Sleptis R, Early RJ, Currie WB. Chronic heat stress and prenatal development in sheep: I. Concepts growth and maternal plasma hormones and metabolites. *J. Anim. Sci.* 1989;67:3289.
27. Malayer JR, Hansen PJ, Gross TS, Tatcher WW. Regulation of heat shock-induced alterations in the release of prostaglandins by the uterine endometrium of cows. *Theriogenology.* 1990;34:219.
28. Bitman J, Lefcourt A, Wood DL, Stroud B. Circadian and ultradian temperature rhythms of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1984;67:1014.
29. Brown DE, Harrison PC. Lack of peripheral sympathetic control of uterine blood flow during acute heat stress. *J. Anim. Sci.* 1984;59:182.
30. Holmes JHG, Prasetyo S, Miller HM, Scheurmann EA. Effect of chronic heat load during pregnancy on birth weight, behavior and body composition of australian feral goat kids. *Trop. Anim. Health Pro.* 1986;18:185.
31. McCrabb GJ, Bortolussi G. Placental growth and the ability of sheep to thermoregulate in hot environment. *Small Ruminant Res.* 1996;20:121.
32. Von Borell E. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1995;44:219.
33. Macfarlane WV, Robinson K, Howard B, Kinne R. Heat, salt and hormones in panting and sweating animals. *Nature.* 1958;182:672.
34. Appleman RD, Delouche JC. Behavioral, physiological and biochemical responses of goats to temperature, 0°C to 40°C. *J. Anim. Sci.* 1958;17:326.
35. Carmi N, Pinshow B, Horowitz M, Bernstein MH. Birds conserve plasma volume during thermal and fight incurred dehydration. *Physiol. Zool.* 1993;66:829.
36. Edwards BA. The distribution of water in the intracellular and extracellular compartments and the lipid and protein composition of the mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*) during water deprivation. *Comp. Biochem. Phys.* 1991;4:901.
37. Sneddon JC, Van der Walt J, Mitchell G. Effect of dehydration of the volumes of body fluid compartments in horses. *J. Arid Environ.* 1993;24:397.
38. Zurovsky Y, Shkolnik A. Water economy and fluid distribution in the Hamadryas Baboon (*Papio hamadryas*). *J. Therm. Biol.* 1993;18:153.
39. Arad A, Korine C. Effect of water restriction on energy and water balance and osmoregulation of the fruit bat *Rousettus aegyptiacus*. *J. Comp. Physiol. B.* 1993;163:401.
40. Silanikove N. Impact of shelter in hot mediterranean climate on feed intake, feed utilization and body fluid distribution in sheep. *Appetite.* 1987;9:207.
41. El-Nouty FD, Hassan GA, Thaer TH, Samak MA, Abo-Elezz Z, Salem MH. Water requirements and metabolism in Egyptian Barki and Rahmani sheep and Baladi goats during spring, summer and winter seasons. *Agric. J. Sci. (Camb.)* 1988;111:27.
42. Gall CF. Breed differences in adaptation of goats. En: K. Maijala. (Ed.) Genetic resources of pig, sheep and goat. *World Animal Science B8.* Elsevier, Amsterdam. 1991.413-429.
43. Blair-West JR, Brook AH, Gibson A, Morris M, Pullman PT. Renin, antidiuretic hormone and the kidney in water restriction and rehydration. *J. Physiol-London.* 1979;294:181.
44. Okab AB, Mekki MY, Melbanna IM, Hassan GA, El-Nouty G, Salem MH. Seasonal changes in plasma volume, adrenocortical hormones, osmolality and electrolytes during pregnancy and at parturition in Barki and Rahmani ewes. *Indian J. Anim. Sci.*

REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504  
2007 Volumen VIII Número 12B

1992;62:302.