

## RESPUESTA FISIOLÓGICA DE BORREGAS ESQUILADAS Y TRATADAS CON PROPRANOLOL EN PERIODO INVERNAL

Jorge Crossley C. (MV), Lorraine Weiss H. (MV), Ramón Martínez P. (MV)

### PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF CLIPPED AND TREATED WITH PROPRANOLOL EWES DURING WINTER

*Sheep can live under cold environmental conditions due to their wool protection. The absence of fleece by winter shearing, would represent a cold strain that would produce adaptative physiological responses. One of them, is the effect of sympathetic nervous action, specially through beta adrenergic receptors response, phenomenon whose evaluation constitutes the main objective of the present study. Twelve ewes, 10 months old were used. They were separated in three groups of four animals each: control, clipped, and clipped plus propranolol. The shearing was done in winter with mean temperatures ranging between 5.2-10.6°C. Propranolol in the corresponding group was administered orally in simple doses of 6.0 mg/kg body weight/day. The physiological response was evaluated through rectal and skin (superficial) temperature, heart rate and serum glucose, measured on the shearing day at 0, 3 and 8 hours and then 2, 5, 15, 30, 45 and 60 days after shearing.*

*The results showed that shearing produces a decrease on rectal and skin temperature ( $p < 0,05$ ), due to the absence of fleece protection from the cold environment. Rectal temperature remained low during all the experiment, and skin temperature increased slowly from the second to the sixtieth day, reaching similar values as the control, in both experimental groups. This effect could be explained as an adaptative response or by the effect of fleece growth as time progresses. An increase of heart rate and serum glucose was observed at the second and fifth day after shearing in the clipped group ( $p < 0,05$ ). The absence of fleece produces a cold stress response, with a sympathetic stimulation through beta adrenergic receptors. The clipped plus propranolol group, showed differences in heart rate and serum glucose in comparison with the clipped group, due to the blocking effect of propranolol on beta adrenergic receptors.*

El ovino es una especie de amplia distribución geográfica, abarcando climas y condiciones de las más diversas características, pudiendo, entre otras, soportar bajas temperaturas ambientales por la presencia de una cubierta de lana que lo aísla del medio ambiente. Su condición de termoneutralidad está en relación directa con la longitud de la fibra de lana, estimándose que el índice de aislación corporal es de 1,55 en ovejas esquiladas en comparación con aquellas que poseen una cubierta de lana de 50 mm de longitud en que el índice alcanza un valor de 6,5 (Webster, 1974). Al

respecto, se puede señalar que la temperatura ambiental de termoneutralidad de una oveja esquilada es de 28°C (Slee, 1982) y si posee un vellón de 10 cm de longitud, puede soportar temperaturas de -3°C sin modificar su actividad metabólica (Hafez, 1973).

La exposición al frío bajo la temperatura crítica (Webster, 1974), determina un aumento de la actividad metabólica con una mayor demanda energética, lo que se traduce en una eficiencia de conversión desmejorada (Ames y Cols., 1980; Horton, 1980), disminución de peso (Slee, 1982) y de la temperatura superficial, si el animal carece de la cubierta de lana (Slee, 1968). La respuesta característica es un aumento de la termogénesis y disminución de la termólisis, a través de cambios conductuales, modificaciones endocrinas y aumento de la actividad simpático-adrenal (Hafez, 1973). En los cambios endocrinos observados, se encuen-

Departamento de Ciencias Biológicas Animales.  
Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias.  
Universidad de Chile. Casilla 2, Correo 15,  
Santiago, Chile.

Trabajo financiado por Proyecto: A-2214-8622, DTI,  
Universidad de Chile.

tra implicada la glándula tiroides (Kennedy y Cols., 1977; Horton, 1981) y la corteza adrenal con aumento en la secreción de glucocorticoides (Graham y Cols., 1981).

El frío es un potente estímulo para el sistema simpático-adrenal, que se expresa en un aumento de los niveles circulantes de catecolaminas (Webster y Cols., 1969; Graham y Cristopherson 1981), contribuyendo a una aclimatación metabólica (Graham y Cristopherson, 1982). La respuesta simpática está mediada por receptores alfa y beta adrenérgicos, siendo los primeros responsables del aumento del tono muscular, presencia de escalofríos, vasoconstricción periférica y piloerección. La estimulación de receptores beta adrenérgicos, involucra, entre otros, un aumento de la actividad glucogenolítica y de catabolismo proteico, situación que puede ser bloqueada mediante la inyección de propranolol (Webster y Cols., 1969).

El objetivo del presente trabajo es evaluar el rol que cumplen los receptores beta adrenérgicos en la respuesta termogénica, en ovinos sometidos a una condición de estrés por frío, a través de la disminución del aislamiento corporal inducido por una esquila en período invernal y su neutralización con la administración oral de un beta-bloqueador, como es el propranolol.

## MATERIAL Y METODOS

Se emplearon 12 borregas de 10 meses de edad Merino Precoz Francés, mantenidas en galpón abierto expuesto a las condiciones ambientales existentes en los meses de invierno en la zona central (junio a agosto) y alimentadas con 1 kg/día de "pellet" de alfalfa. Los animales fueron divididos al azar en tres grupos: control (no esquilados), esquila y esquila+propranolol. La administración de propranolol (Laboratorio Chile) se inició 24 horas antes del comienzo del ensayo y se prolongó durante los 60 días que duró la experiencia. La dosis utilizada fue de 6 mg/kg/día, sin fraccionar, por vía oral y previo a la ración matinal. Esta dosificación fue establecida a través de ensayos de desafío con 0,5 mg de clorhidrato de adrenalina inyectada endovenosa, hasta que las dosis de propranolol fueron capaces de neutralizar el efecto taquicardizante de la adrenalina. La esquila en los grupos tratados se realizó con una máquina eléctrica, en la mañana del primer día de la experiencia.

Se evaluaron variables fisiológicas y ambientales. Las variables fisiológicas fueron:

- Frecuencia cardíaca, medida a través de electrocardiogramas registrados en un polígrafo (Gilson MSP), utilizando de preferencia la segunda derivación.
- Temperatura rectal, obtenida mediante un ter-

mómetro eléctrico (YSI), introduciendo el sensor 5 cm en el recto.

- Temperatura superficial, registrada sobre la superficie de piel, entre el quinto y sexto espacio intercostal, utilizando el mismo termómetro, pero con un sensor plano.
- Glucosa sérica en muestras obtenidas por punción yugular en ayuno y cuya fracción centrifugada se mantuvo en congelación hasta el procesamiento de las muestras, utilizando el método de oxidación enzimática de la glucosa.

Estas variables fueron evaluadas en nueve oportunidades: día 1 a las 0, 3 y 8 horas, y luego los días 2, 5, 15, 30, 45 y 60 días de iniciado el ensayo. Los resultados obtenidos en estos registros fueron evaluados estadísticamente mediante análisis de varianza y prueba de "t" de Dunnett (Li, 1964).

Las variables ambientales fueron: temperatura máxima, mínima y media, obtenidas directamente en el galpón experimental y confrontadas con los registros de la Estación Meteorológica ubicada a 300 m del lugar donde se realizó el ensayo, dependiente de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile.

## RESULTADOS

El primer hecho a considerar es la respuesta obtenida con la administración oral de propranolol y posterior desafío con la inyección de 0,5 mg de clorhidrato de adrenalina. En el gráfico 1 se aprecia en el grupo control un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) de la frecuencia cardíaca, situación que no sucede en el grupo que previamente recibió propranolol vía oral 6 mg/kg de peso. Aún más, la frecuencia obtenida en este último grupo es significativamente inferior ( $p < 0,05$ ) al control

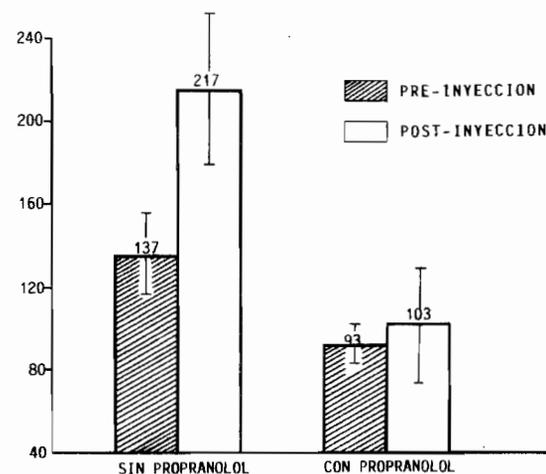


Gráfico 1. Frecuencia cardíaca de borregas inyectadas con adrenalina (Lat/Min).

previo a la aplicación de la dosis de adrenalina (gráfico 1).

En relación a las variables fisiológicas, las temperaturas superficiales y rectal de los distintos grupos presentan diferencias, en algunos casos estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), tal como ocurre en los grupos esquilados y esquilados con propranolol, cuyos valores posteriores a la esquila muestran una caída en la temperatura rectal, que se mantiene baja durante toda la experiencia (cuadro 1). La temperatura superficial en los mismos grupos bajó posteriormente a la esquila ( $p < 0,05$ ), pero en el segundo día se inició una recuperación con tendencia a la normalización hacia el final del ensayo (cuadro 2; gráfico 2).

Los resultados obtenidos para frecuencia cardíaca, muestran un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) en los registros obtenidos al segundo y quinto día en el grupo esquilado, en comparación al tiempo cero y a los otros grupos (cuadro 3; gráfico 2). En forma similar, en el grupo esquilado se observa un aumento significativo en los valores de glucosa sérica ( $p < 0,05$ ) en comparación al control del segundo día y al grupo esquila-propranolol al quinto día (cuadro 4; gráfico 2).

Las temperaturas ambientales observadas a lo largo del ensayo variaron en los siguientes rangos: mínima  $-1,2$  a  $8,10^{\circ}\text{C}$ ; máxima  $8,3$  a  $23,4^{\circ}\text{C}$ ; media  $5,2$  a  $10,6^{\circ}\text{C}$ . Los valores superiores se registraron durante la sexta semana de iniciada la experiencia.

CUADRO 1  
TEMPERATURA RECTAL DE BORREGAS SOMETIDAS  
A DIFERENTES TRATAMIENTOS

Día de registro	Grupo control	Grupo esquila*	Grupo esquila-propranolol*
1 - 0 hr	$39,80 \pm 0,10$	$40,00 \pm 0,43^{\text{A}}$	$40,42 \pm 0,32^{\text{A}}$
3 hr*	$30,95 \pm 0,22^{1, 2}$	$38,75 \pm 0,26^{\text{a}, 1}$	$38,62 \pm 0,21^{\text{a}, 2}$
8 hr*	$39,90 \pm 0,30^{1, 2}$	$39,07 \pm 0,31^{\text{a}}$	$38,72 \pm 0,18^{\text{a}, 2}$
2*	$39,77 \pm 0,43$	$38,93 \pm 0,40^{\text{a}}$	$39,10 \pm 0,52^{\text{a}}$
5*	$39,67 \pm 0,28^2$	$38,97 \pm 0,49^{\text{a}}$	$38,65 \pm 0,17^{\text{a}, 2}$
15	$39,55 \pm 0,40$	$38,80 \pm 0,56^{\text{a}}$	$38,85 \pm 0,36^{\text{a}}$
30	$39,57 \pm 0,27$	$38,94 \pm 0,35^{\text{a}}$	$38,90 \pm 0,26^{\text{a}}$
45	$39,65 \pm 0,51$	$38,72 \pm 0,39^{\text{a}}$	$39,10 \pm 0,42^{\text{a}}$
60	$39,62 \pm 0,58$	$38,65 \pm 0,36^{\text{a}}$	$38,75 \pm 0,21^{\text{a}}$

Los valores indicados corresponden al promedio de cuatro animales por grupo ( $^{\circ}\text{C}$ )  $\pm$  la desviación típica.

\* Los valores promedios de los diferentes grupos o registros son estadísticamente significativos al análisis de varianza ( $p < 0,05$ ).

A, a Los valores indicados con letra minúscula superescrita en una misma columna son estadísticamente diferentes de los señalados con mayúscula en la prueba de t ( $p < 0,05$ ).

1, 2 Los valores indicados con igual número superescrito en un mismo registro son estadísticamente significativos en la prueba de t ( $p < 0,05$ ).

CUADRO 2

TEMPERATURA SUPERFICIAL DE BORREGAS SOMETIDAS A DIFERENTES TRATAMIENTOS

Día de registro	Grupo control	Grupo esquila*	Grupos esquila-propranolol*
1 - 0 hr	35,45 ± 1,04	36,50 ± 0,95 <sup>A</sup>	35,70 ± 0,45 <sup>A</sup>
3 hr*	35,10 ± 0,82 <sup>1, 2</sup>	32,47 ± 0,42 <sup>a, 1</sup>	32,60 ± 0,35 <sup>a, 2</sup>
8 hr	34,97 ± 0,75 <sup>1, 2</sup>	32,65 ± 0,62 <sup>a, 1</sup>	31,82 ± 1,67 <sup>a, 2</sup>
2	35,25 ± 0,65 <sup>1</sup>	33,10 ± 0,67 <sup>a, 1</sup>	34,10 ± 0,92
5	34,82 ± 0,32 <sup>2</sup>	33,79 ± 0,45 <sup>a</sup>	32,92 ± 0,73 <sup>a, 2</sup>
15*	35,42 ± 0,55 <sup>1, 2</sup>	33,20 ± 0,22 <sup>a, 1</sup>	33,17 ± 0,49 <sup>a, 2</sup>
30	34,85 ± 0,46	34,15 ± 0,80	33,42 ± 0,86
45	35,60 ± 0,72	34,65 ± 0,28	34,52 ± 0,68
60	35,25 ± 0,40	35,05 ± 0,60	34,90 ± 0,39

Los valores indicados corresponden al promedio de cuatro animales por grupo (°C) ± la desviación típica.

\* Los valores promedios de los diferentes grupos o registros son estadísticamente significativos al análisis de varianza (p < 0,05).

A, a Los valores indicados con letra minúscula superescrita en una misma columna son estadísticamente diferentes de los señalados con mayúscula en la prueba de t (p < 0,05).

1,2 Los valores indicados con igual número superescrito en un mismo registro son estadísticamente significativos en la prueba de t (p < 0,05).

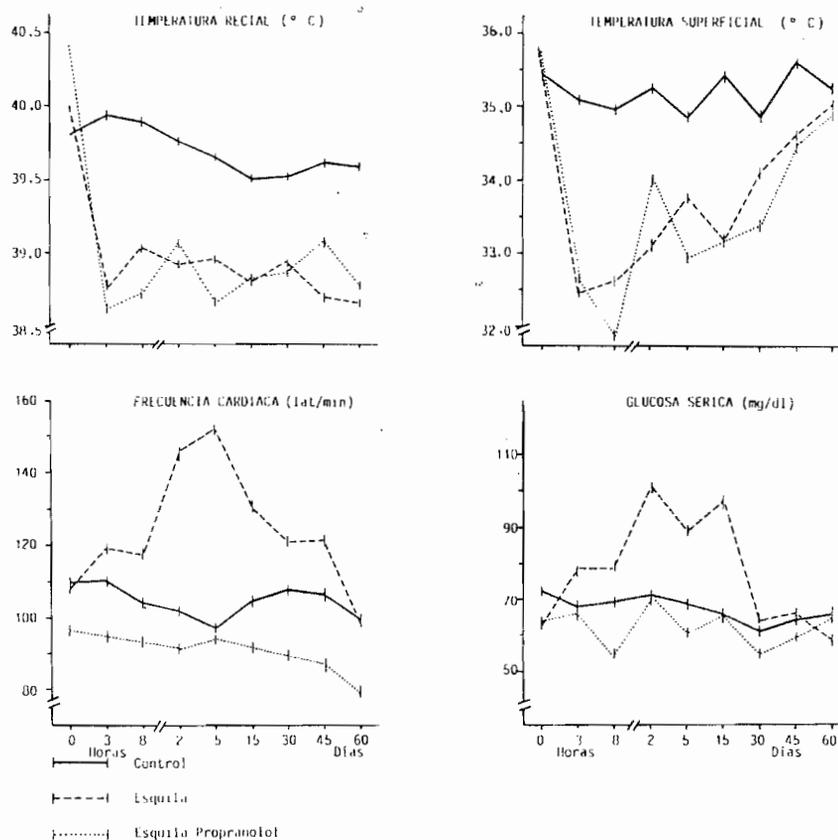


Gráfico 2. Variaciones fisiológicas de borregas esquiladas y tratadas con propranolol durante el período invernal.

CUADRO 3

FRECUENCIA CARDIACA DE BORREGAS SOMETIDAS  
A DIFERENTES TRATAMIENTOS

Día de registro	Grupo control	Grupo esquila	Grupos esquila-propranolol
1 - 0 hr	109,75 ± 22,60	108,50 ± 14,65 <sup>A</sup>	95,75 ± 12,62
3 hr	111,00 ± 19,95	119,95 ± 16,41	95,00 ± 23,51
8 hr	104,50 ± 29,78	117,50 ± 5,78	93,50 ± 8,94
2	102,00 ± 18,64 <sup>1</sup>	146,50 ± 17,46 <sup>ab, 1-2</sup>	91,75 ± 22,73 <sup>2</sup>
5	97,00 ± 11,10 <sup>1</sup>	152,75 ± 36,47 <sup>ab, 1-2</sup>	94,50 ± 13,85 <sup>2</sup>
15	104,75 ± 23,15	131,00 ± 31,68 <sup>b</sup>	92,75 ± 11,29
30	107,50 ± 24,16	120,75 ± 15,84	89,50 ± 11,70
45	106,75 ± 26,63	121,50 ± 19,98	87,75 ± 13,81
60	99,75 ± 30,44	97,75 ± 11,14 <sup>b</sup>	79,50 ± 16,59

Los valores indicados corresponden al promedio de cuatro animales por grupo (latidos por minuto) ± la desviación típica.

A-a, B-b Los valores indicados con letra minúscula superescrita en una misma columna son estadísticamente diferentes de los señalados con mayúscula, en la prueba de t ( $p < 0,05$ ).

1-2 Los valores indicados con igual número superescrito en un mismo registro son estadísticamente significativos en la prueba de t ( $p < 0,05$ ).

CUADRO 4

CONCENTRACION DE GLUCOSA SERICA EN BORREGAS SOMETIDAS  
A DIFERENTES TRATAMIENTOS

Día de registro	Grupo control	Grupo esquila	Grupos esquila-propranolol
1 - 0 hr	72,75 ± 6,12	62,43 ± 2,72 <sup>A</sup>	63,71 ± 9,19
3 hr	68,17 ± 4,20	78,21 ± 18,73	65,62 ± 12,79
8 hr	69,10 ± 9,88	78,65 ± 23,19	54,92 ± 6,82
2	71,52 ± 4,17 <sup>1</sup>	102,51 ± 22,94 <sup>a, 1</sup>	70,14 ± 9,50
5	68,74 ± 11,19	89,36 ± 19,57 <sup>a, 2</sup>	60,57 ± 1,05 <sup>2</sup>
15	66,24 ± 1,19 <sup>1</sup>	97,31 ± 34,21 <sup>a, 1</sup>	66,32 ± 19,08
30	61,15 ± 3,68	64,94 ± 12,80	54,85 ± 15,18
45	64,54 ± 2,86	65,79 ± 26,11	59,39 ± 9,76
60	65,71 ± 4,35	59,38 ± 18,61	64,31 ± 11,93

Los valores indicados corresponden al promedio de cuatro animales por grupo (mg/dl) ± la desviación típica.

A, a Los valores indicados con letra minúscula superescrita en una misma columna son estadísticamente diferentes de los señalados con mayúscula en la prueba de t ( $p < 0,05$ ).

1-2 Los valores indicados con igual número superescrito en un mismo registro son estadísticamente significativos en la prueba de t ( $p < 0,05$ ).

DISCUSION

Durante el período del ensayo la temperatura ambiental media se mantuvo entre 5,2 y 10,6°C, lo que en ovejas esquiladas significa superar la temperatura crítica y, en consecuencia, se desencadena un estrés por frío. Producto de ello se

origina una respuesta orgánica tendiente a aumentar los procesos de termogénesis y disminuir los de termolisis (Hafez, 1973; Webster, 1974). A pesar de la respuesta orgánica esperada, la temperatura rectal de ambos grupos esquilados cayó en forma significativa ( $p < 0,05$ ), ya sea en comparación con el grupo control, como en los registros obtenidos

al tiempo cero previo a la esquila. Este fenómeno había sido demostrado anteriormente por otros autores (Sykes y Slee, 1968a y b; Slee y Halliday, 1968) corroborando, en consecuencia, el poder aislante térmico de la lana.

La temperatura superficial sigue una curva similar a la rectal, con una fuerte caída posterior a la esquila, posiblemente como consecuencia de una intensa vasoconstricción (Slee, 1968), inducida por estimulación simpática alfa adrenérgica, que determina una disminución en la pérdida del calor corporal. Sin embargo, a partir del 15º día, se observa una tendencia a la normalización, posiblemente producto de un fenómeno adaptativo y por el crecimiento de la lana, que al final del ensayo alcanza una longitud promedio de 2 cm.

El descenso de la temperatura en el grupo esquilado determina una respuesta fisiológica adaptativa, como la manifestada por la presencia de escalofríos posterior a la esquila, y modificaciones cardiológicas. En el grupo tratado con propranolol, esta respuesta fue afectada en parte por el efecto de la droga.

El propranolol administrado vía oral, de acuerdo a los resultados obtenidos en términos de frecuencia cardíaca posterior a la inyección de adrenalina, demostraría su absorción por el sistema digestivo, hecho sobre el cual no existían antecedentes. Al respecto, la adrenalina indujo un aumento en la frecuencia cardíaca de 137 a 217 latidos/minuto ( $p < 0,05$ ), lo que no ocurrió al grupo tratado previamente con propranolol; incluso, el valor basal fue significativamente inferior al grupo tratado sólo con adrenalina ( $p < 0,05$ ), demostrando con ello que la respuesta cardíaca en ovejas está mediada por receptores beta adrenérgicos, como había sido señalado previamente por otros autores (Webster, 1974). En consecuencia, la administración oral de propranolol en las dosis utilizadas, sería capaz de ejercer una acción bloqueadora.

La situación descrita también pudo observarse en la experiencia de esquila, donde la respuesta adaptativa al frío fue diferente en función a la administración de la droga; de hecho, la frecuencia cardíaca en el grupo esquilado experimenta un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) al segundo y quinto día, dado que el estrés por frío determina liberación de catecolaminas (Webster y Cols., 1969; Graham y Cols., 1981) y subsecuentemente taquicardia (Sykes y Slee, 1968b). En cambio, el grupo tratado con propranolol no presenta aumento en la frecuencia cardíaca producto de la esquila, debido a que sus receptores beta adrenérgicos estarían bloqueados.

La glucosa sérica experimentó variaciones en el grupo esquilado, observándose un alza a partir del

segundo día, superando los valores de 50 a 80 mg/dl estimados como normales para la especie (Kaneko, 1970); situación que había sido descrita anteriormente por Halliday y Cols. (1969) en ovinos expuestos a un ambiente de frío moderado. El grupo esquilado tratado con propranolol no presentó este aumento. El fenómeno descrito sería consecuencia de la acción glucogenolítica del sistema simpático en respuesta a una exposición al frío, mediada ésta por receptores beta adrenérgicos (Webster, 1974; Graham y Phillips, 1981; Horton, 1981).

La esquila realizada en período invernal con temperaturas medias de 5-10°C, provoca una situación de estrés por frío y una respuesta orgánica tendiente a aumentar la termogénesis, para compensar la pérdida de calor producto de la ausencia de lana, siendo muy importante la participación del sistema nervioso simpático en las respuestas mediadas por receptores beta adrenérgicos. Trabajos posteriores deberían investigar el rol que le corresponde a los receptores alfa adrenérgicos y a la glándula tiroides frente al manejo antes señalado.

## RESUMEN

El ovino es una especie que resiste las bajas temperaturas ambientales gracias a su cubierta de lana que lo aísla adecuadamente del medio ambiente. La falta del vellón por una esquila en período invernal desencadena una condición de estrés por frío, que necesariamente requiere la participación de mecanismos fisiológicos adaptativos. Entre ellos, la acción del sistema nervioso simpático a través de los receptores beta adrenérgicos, parece cumplir un rol fundamental. Se utilizaron 12 borregas de 10 meses de edad, separadas en tres grupos de cuatro animales cada uno: control, esquila, esquila-propranolol. La esquila se realizó en los meses de invierno con temperaturas ambientales media que fluctuaron entre 5,2 y 10,6°C. El grupo tratado con propranolol recibió 6 mg/kg de la droga vía oral, diariamente. Las variables fisiológicas registradas fueron: temperatura rectal y superficial, frecuencia cardíaca y glucosa sérica, obtenidas a las 0, 3 y 8 horas postesquila y luego a los 2, 5, 15, 30, 45 y 60 días.

Los resultados obtenidos demuestran que la esquila produce una disminución significativa ( $p < 0,05$ ) de la temperatura rectal y superficial, producto de la pérdida de lana que los aísla del medio ambiente. La temperatura rectal se mantuvo baja durante toda la experiencia; en cambio, la superficial tendió a normalizarse, observándose a los 30 días postesquila valores similares al grupo control. Este efecto podría explicarse como una

respuesta adaptativa, o como la resultante del crecimiento de lana. La frecuencia cardíaca y la glucosa sérica en los grupos esquilados aumentó significativamente ( $p < 0,05$ ) en los registros obtenidos al segundo y quinto día postesquila, debido a que la pérdida de lana involucraría una situación de estrés por frío desencadenando una estimulación simpática, que a través de receptores beta adrenérgicos provocaría las respuestas señaladas. En el grupo tratado con propranolol esta respuesta no se observa dado que la droga bloquearía los receptores respectivos, demostrando con ello la participación del sistema nervioso simpático en la respuesta al estrés por frío.

## REFERENCIAS

- AMES, D.R.; D.R. BRINK, C.C. WILLIAMS. Adjusting protein in the feed lot diets during thermal stress. *J. Anim. Sci.* 50: 1-6, 1980.
- GRAHAM, A.D.; R.J. CRISTOPHERSON. Effects of adrenaline and nor-adrenaline on heat production of warm-acclimated and cold acclimated sheep. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 59: 985-993, 1981.
- GRAHAM, A.D.; R.J. CRISTOPHERSON. Catecholamines levels and nor-adrenaline turnover rate in tissue of warm-and-cold-acclimated sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 62: 147-154, 1982.
- GRAHAM, A.D.; R.J. CRISTOPHERSON, J.R. THOMPSON. Endocrine and metabolic changes in sheep associated with acclimation to constant or intermittent cold exposure. *Can. J. Anim. Sci.* 61: 81-90, 1981.
- GRAHAM, A.D.; G.D. PHILLIPS. Plasma glucose, lactate and free fatty acid response to adrenaline in cronicly warm-exposed and cold-exposed sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 61: 919-924, 1981.
- HAFEZ, E.S.E. Adaptación de los animales domésticos. Barcelona, Labor, 1973.
- HALLIDAY, R.; A.R. SYKES, J. SLEE, A.C. FIELD, A.J. RUSSEL. Cold exposure of Southdown and Welsh mountain sheep. (4) Changes in concentrations of free fatty acids, glucose, acetone, protein bound iodine, protein and antibody in the blood. *Anim. Prod.* 11: 479-491, 1969.
- HORTON, G.M.J. Manipulating energy metabolism in sheep exposed to cold. *Am. J. Vet. Res.* 42: 146-148, 1980.
- HORTON, G.M.J. Response of shorn and full-fleeced lambs given two levels of feed intake and exposed to warm and cold temperature. *Am. J. Vet. Res.* 42: 2151-2154, 1981.
- KANEKO, J.J. Clinical Biochemistry of domestic animals. New York, Academic Press, 1970.
- KENNEDY, P.M.; B.A. YOUNG, R.J. CRISTOPHERSON. Studies of the relationship between thyroid function, cold acclimation and retention time of digesta in sheep. *J. Anim. Sci.* 45: 1084-1090, 1977.
- LI, C.C. Introduction to Experimental Statistics. New York, Mc Graw-Hill, 1964.
- SLEE, J. Body temperature and vaso-motor responses in Scottish Blackface and Tasmanian Merino Sheep subjected to slow cooling. *Anim. Prod.* 10: 265-282, 1968.
- SLEE, J. Respuestas de las ovejas al frío en relación con la selección para capacidad de supervivencia. Zaragoza, Acribia, 1982.
- SLEE, J.; R. HALLIDAY. Some effects of cold exposure, nutrition and experimental handling on serum free fatty acid levels in sheep. *Anim. Prod.* 10: 67-76, 1968.
- SYKES, A.R.; J. SLEE. Acclimatization of Scottish Blackface sheep to cold skin temperature, heart rate, respiration rate, shivering intensity and skinfold thickness. *Anim. Prod.* 10: 17-35, 1968a.
- SYKES, A.R.; J. SLEE. Cold exposure of Southdown and Welsh mountain sheep, effects of breed plane of nutrition and previous acclimatization to cold upon skin temperature, heart rate, shivering and respiration rate. *Anim. Prod.* 11: 65-75, 1968b.
- WEBSTER, A.J.F. Physiological effects of cold, *En: Environmental Physiology*. Ed. D. Robershaw, Baltimore, Butterworth, 1974, p. 33-69 (MTP International Review of Science, V. 7).
- WEBSTER, A.J.; J.H. HEITMAN, F.L. HAYS, G.P. OLYNYK. Catecholamines and cold thermogenesis in sheep. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 47: 719-724, 1969.

Recibido en octubre de 1987, aprobado en mayo de 1988.