

# MODIFICACIONES ADAPTATIVAS DE ALGUNAS CONSTANTES FISIOLÓGICAS DE ALPACA (*LAMA PACOS*) SOMETIDAS A CAMBIOS DE AMBIENTE<sup>1</sup>

## ADAPTATIVE VARIATION OF SOME PHYSIOLOGICAL VALUES IN ALPACA (*LAMA PACOS*) LOCATED IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

Crossley, J.C.\*, M.P. Marín\*, G. Ferrando\*\* y L.A. Raggi\*\*

\* Facultad Silvoagropecuaria. Universidad Santo Tomás. Chile.

\*\* Departamento de Ciencias Biológicas Animales. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. Universidad de Chile.

### Palabras clave adicionales

Camélidos. Altiplano. Estrés

### Additional keywords

Camelids. High plateau. Stress

## RESUMEN

Frente al creciente interés por la cría de alpacas en zonas geográficas diferentes a su hábitat natural, la región del altiplano, se evalúa la respuesta adaptativa de esta especie sometida a un cambio de ambiente.

Se utilizaron 14 alpacas adultas, elegidas al azar a partir de diferentes rebaños del altiplano chileno (4500 metros sobre el nivel del mar). Una vez seleccionadas se mantuvieron bajo control durante 15 días en su medio natural, para luego ser trasladadas, vía terrestre, a nivel del mar y desde allí, por vía aérea a su lugar de destino final en la zona secoestival prolongada del país (entre 32°30' y 34°00' latitud sur, 400 metros sobre el nivel del mar). Durante todo el ensayo fueron alimentadas con heno de alfalfa y agua *ad libitum*.

La evaluación de la respuesta fisiológica de los animales se realizó, mediante un muestreo en la zona altiplánica, otro en Arica y 12 muestreos, distribuidos desde el día 1 al 120 desde su llegada a su lugar de destino. En cada muestreo se registraron las siguientes

variables: frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura rectal y temperatura cutánea. Además se recolectó una muestra de sangre en la que se determinó glicemia, cortisol, volumen globular aglomerado, hemoglobina y recuento diferencial leucocitario.

Se demostró que estos animales, presentan una reacción inicial de estrés, manifiesta por un incremento de la frecuencia cardíaca y glicemia; neutrofilia y linfopenia, características que se mantienen hasta el primer mes de estancia en su lugar de destino final. Desde ese momento hasta el término de la experiencia dichos valores se estabilizan. En cuanto al cortisol sus valores descienden a partir del primer día de permanencia de los animales en su destino final, lo que se mantiene hasta el término de la experiencia. Las otras variables en estudio no mostraron cambios significativos.

## SUMMARY

Due to the increasing interest in alpaca breeding

<sup>1</sup>Financiado por Proyecto FONDECYT 89-0791

in different environmental areas than their natural habitat, the andean high plateau, the impact on the animal was evaluated through the measurement of some physiological values affected by stress.

A group of 14 alpacas randomly selected from different herds of the chilean andean high plateau (4500 meters above sea level), were kept during 15 days in his natural environment and then transported by road to a second station at the sea level and then by airplane to his final location in the central zone of Chile (between 32°30' and 34°00' latitude south, 400 meters above sea level). The animals were fed with alfalfa hay and water *ad libitum*.

The animals were sampled once in the andean high plateau and then at the sea level. After the arrival to the central zone another 12 samples were done, distributed from the 1 up to 120 days. On each control the following variables were measured: heart rate, respiratory rate, rectal and skin temperature. A blood sample was collected on each control to determine glycemia, cortisol, packed red cell volume, hemoglobin concentration and leucocyte differential count.

The animals initially shows a stress response, associated with an increase of the heart rate and glycemia; neutrophilia and lymphopenia, maintained up to the first month of arrival to his final destination. From this moment to the end of the trial those values remained constant. Plasmatic cortisol decreased from the arrival to the central zone till the end of the trials. Other physiological values did not show statistical differences.

## INTRODUCCION

La alpaca es una de las cuatro especies de camélidos sudamericanos que existen en Chile, las que junto con la llama fueron domesticadas por las culturas prehispánicas y han sido históricamente el principal recurso de subsistencia del pueblo aymara (Raggi 1992).

En la actualidad su población en Chile no supera los 30000 ejemplares, concentrándose más del 90 p.100 de ella en

la zona altiplánica de la primera región del país, entre los 3800 y 4500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), aunque los referentes históricos indican que esta especie se encontraba repartida por gran parte de Chile continental (Raggi 1992).

Las características productivas de esta especie referidas a fibra y carne, principalmente, han motivado un gran interés nacional e internacional en su explotación, ello significa desplazar animales a zonas geoclimáticas (especialmente zona central de Chile), muy distintas de aquellas de su actual ubicación, lo que implica un proceso adaptativo orgánico cuyas repercusiones fisiológico-productivas se desconocen.

Con el propósito de estudiar la respuesta orgánica de aclimatación que se desarrolla en la alpaca, frente a profundos cambios ambientales, se ha desarrollado el presente estudio en que se interpreta dicho fenómeno en función de ciertas variables fisiológicas.

## MATERIAL Y METODOS

Un rebaño de alpacas raza huacaya, compuesto por 14 animales adultos, 8 hembras y seis machos de tres a cinco años de edad, fueron seleccionados al azar a partir de diferentes hatos de la zona altiplánica de la I Región del país (Provincia de Parinacota, Sector Las Cuevas, 4500 m.s.n.m). La temperatura media de la mañana fue de 8°C y por la tarde 0°C. La humedad relativa ambiental fluctuó entre 75 y 45 p.100 respectivamente. Hubo vientos por la mañana y no por la tarde. En la época del año en que se llevó a cabo la experiencia (enero-febrero), es la de mayores variaciones térmicas del año.

## ADAPTACION FISIOLÓGICA DE LA ALPACA

Los animales seleccionados permanecieron en pastoreo libre en el bofedal de la zona original durante 15 días, luego fueron trasladados a una estación intermedia a nivel del mar (Arica), donde permanecieron durante 24 horas y finalmente por vía aérea a la zona central del país (zona secoestival prolongada, 32°30' y 34°00' latitud sur, 400 metros sobre el nivel del mar), con una temperatura promedio anual de 15°C, presentando en los meses más cálidos una temperatura media de 23°C y en los más fríos una temperatura media de 7°C, la humedad relativa fluctúa entre un 59 y 84 p.100, donde permanecieron bajo control por 120 días alimentados con heno de alfalfa y agua *ad libitum*, además de tener acceso libre a una pradera natural.

Durante el lapso descrito se realizaron una serie de muestreos, con el propósito de demostrar, por una parte, las modificaciones generadas por efecto del traslado y luego aquellas originadas por el cambio de ambiente. Específicamente se practicaron dos muestreos separados por siete días en la zona altiplánica; un muestreo en Arica (nivel del mar), previo al traslado a la zona Central y finalmente doce muestreos distribuidos en los días 1, 2, 3, 5, 10, 15, 30, 45, 60, 75, 90 y 120 desde su llegada a la zona central. Estos muestreos se realizaron por la mañana en horario similar.

Los muestreos consistieron en: determinación de frecuencia cardíaca (latidos por minuto), mediante fonendoscopio; frecuencia respiratoria (movimientos respiratorios por minuto), por observación directa; temperatura rectal, mediante termómetro digital; temperatura cutánea, mediante teletermómetro; además se obtuvo una muestra de sangre por venipunción yugular mediante el sistema

de Vacutainer<sup>®</sup> con EDTA. A partir de las muestras de sangre se determinó: glicemia (mg/dl); cortisol (nmol/l) mediante radioinmunoanálisis; volumen glomerular aglomerado (VGA p.100); concentración de hemoglobina (g/dl) y cuenta diferencial leucocitaria (p.100).

Los resultados se expresan como promedio con su desviación estándar. Las comparaciones entre estos promedios se realizaron mediante análisis de varianza y cuando hubo significación se aplicó el test de Scheffé.

## RESULTADOS

Los animales en estudio no sufrieron mayores problemas físicos, como consecuencia de los diferentes traslados y a su llegada a la zona central, el rebaño adoptó una organización social similar a la del altiplano y un comportamiento de tipo gregario.

En cuanto a las variables fisiológicas analizadas se estableció que no existieron diferencias significativas entre los dos muestreos realizados en el altiplano, por lo que para efectos de las comparaciones, se consideraron los valores del segundo muestreo.

La frecuencia cardíaca muestra variaciones significativas entre los valores obtenidos en el altiplano, los obtenidos a nivel del mar (Arica) y los cuatro primeros muestreos de la zona central ( $p < 0,05$ ), siendo estos menores que los registrados entre los 60 y 120 días, en esta última zona, aunque los señalados primeramente no se diferencian entre sí (**tabla I**). El mayor valor se alcanza a los 15 días de permanencia en la zona central, luego de observarse un ascenso progresivo desde el registro altiplánico hasta ese momento.

En cuanto a frecuencia respiratoria su comparación indica la ausencia de diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) (**tabla I**). En todo caso, existe una tendencia que indica que los menores valores medios se presentan durante la permanencia en la zona altiplánica, elevándose durante la permanencia a nivel del mar.

Las variaciones que se presentan en la temperatura rectal fluctúan en un rango de 37,8 a 39,0°C, correspondiendo el valor más bajo al presentado en el altiplano y el mayor al del día 30 en la zona

**Tabla I.** Frecuencias cardíaca y respiratoria registradas en alpacas en altura y a nivel del mar<sup>1</sup>. (Heart and respiratory rate of alpacas in the andean high plateau and at sea level).

Registro	Frecuencia	
	cardíaca (lat./min)	respiratoria (mov.resp./min)
Altiplano	45,21 ± 8,84 <sup>e</sup>	19,84 ± 4,35
Arica	43,92 ± 6,18 <sup>e</sup>	25,57 ± 5,09
Zona Central		
día 1	46,14 ± 10,65 <sup>de</sup>	23,14 ± 8,40
2	53,28 ± 12,71 <sup>bode</sup>	21,85 ± 6,34
3	56,28 ± 12,57 <sup>abcde</sup>	22,57 ± 8,82
5	58,85 ± 11,70 <sup>abcde</sup>	21,14 ± 8,58
10	69,53 ± 13,81 <sup>abc</sup>	25,84 ± 10,96
15	74,00 ± 15,87 <sup>a</sup>	22,14 ± 4,73
30	69,71 ± 11,09 <sup>abc</sup>	25,00 ± 9,82
45	60,00 ± 9,11 <sup>abcde</sup>	17,00 ± 3,48
60	65,14 ± 6,59 <sup>abcd</sup>	21,71 ± 3,22
75	66,28 ± 11,25 <sup>abc</sup>	23,14 ± 6,01
90	70,14 ± 17,23 <sup>ab</sup>	22,42 ± 6,08
120	63,57 ± 17,18 <sup>abcd</sup>	28,57 ± 16,86

<sup>1</sup> Medias ± desviación estándar de 14 animales por registro.

<sup>a,b,c,d,e</sup> En una misma columna los valores indicados con distinta letra son estadísticamente diferentes al test de Scheffé ( $p < 0,05$ ).

**Tabla II.** Temperaturas rectal y cutánea registradas en alpacas en altura y a nivel del mar<sup>1</sup>. (Rectal and skin temperatures of alpacas in the andean high plateau and at sea level).

Registro	Temperatura °C	
	rectal	cutánea
Altiplano	37,77 ± 0,77 <sup>c</sup>	34,00 ± 1,24 <sup>d</sup>
Arica	38,31 ± 0,70 <sup>abc</sup>	-
Zona central		
día 1	38,42 ± 0,70 <sup>abc</sup>	37,02 ± 1,60 <sup>abc</sup>
2	37,98 ± 0,63 <sup>bc</sup>	38,38 ± 1,21 <sup>a</sup>
3	38,31 ± 0,82 <sup>abc</sup>	36,26 ± 1,97 <sup>abcd</sup>
5	38,35 ± 0,46 <sup>abc</sup>	35,17 ± 1,61 <sup>abcd</sup>
10	38,69 ± 0,47 <sup>ab</sup>	36,51 ± 2,59 <sup>abcd</sup>
15	38,25 ± 0,36 <sup>abc</sup>	36,84 ± 1,75 <sup>abcd</sup>
30	39,03 ± 0,57 <sup>a</sup>	37,43 ± 1,53 <sup>ab</sup>
45	38,05 ± 0,31 <sup>bc</sup>	34,67 ± 1,36 <sup>cd</sup>
60	38,43 ± 0,35 <sup>abc</sup>	35,92 ± 1,48 <sup>abcd</sup>
75	38,55 ± 0,25 <sup>abc</sup>	36,07 ± 2,08 <sup>abcd</sup>
90	38,61 ± 0,30 <sup>abc</sup>	35,71 ± 1,24 <sup>abcd</sup>
120	38,80 ± 0,58 <sup>ab</sup>	35,70 ± 1,15 <sup>abcd</sup>

<sup>1</sup> Medias ± desviación estándar de 14 animales por registro.

<sup>a,b,c,d</sup> Los valores indicados con letra distinta en una misma columna, son estadísticamente diferentes al test de Scheffé ( $p < 0,05$ ).

central. El valor altiplánico es significativamente menor ( $p < 0,05$ ) que los alcanzados en los días 10, 30 y 120 en la zona central (**tabla II**). A su vez la temperatura cutánea ofrece una situación parecida, en la que el valor altiplánico es significativamente menor ( $p < 0,05$ ) en relación a los valores de los días 1, 2 y 30 en zona central. Los valores se mantienen inestables hasta el día 45 en zona central para luego estabilizarse (**tabla II**).

Las variables humorales sanguíneas presentan notorias fluctuaciones, así se observa que el menor valor de glicemia se

## ADAPTACION FISIOLÓGICA DE LA ALPACA

encontró en el muestreo altiplánico, elevándose este significativamente durante la permanencia a nivel del mar ( $p < 0,05$ ), situación que se mantiene hasta el día 30 en la zona central (**tabla III**).

Por su parte el cortisol (**tabla III**) decursa en forma inversa, puesto que el mayor valor se encuentra en el altiplano, situación que continúa similar a nivel del mar y en el primer día de muestreo en la zona central, para luego descender significativamente ( $p < 0,05$ ).

El resumen de las variaciones

**Tabla III.** Concentraciones<sup>1</sup> de glucosa<sup>2</sup> y cortisol<sup>3</sup> plasmáticos registradas en alpacas en altura y a nivel del mar. (Blood glucose and cortisol plasmatic concentration of alpacas in the andean high plateau and at sea level).

Registro	Glicemia (mg/dl)	Cortisol (nmol/l)
Altiplano	92,85 ± 5,78 <sup>c</sup>	31,92 ± 8,79 <sup>a</sup>
Arica (*)	145,85 ± 28,04 <sup>a</sup>	31,33 ± 7,92 <sup>a</sup>
Zona central		
día 1	134,21 ± 37,94 <sup>a</sup>	30,27 ± 14,67 <sup>a</sup>
2	140,00 ± 23,29 <sup>a</sup>	16,28 ± 0,59 <sup>b</sup>
3	135,35 ± 24,34 <sup>a</sup>	17,18 ± 4,62 <sup>b</sup>
5	132,07 ± 21,41 <sup>ab</sup>	-
10	131,57 ± 13,48 <sup>ab</sup>	-
15	130,38 ± 16,03 <sup>ab</sup>	11,78 ± 5,17 <sup>b</sup>
30	150,07 ± 17,67 <sup>a</sup>	19,62 ± 5,30 <sup>b</sup>
45	116,92 ± 14,43 <sup>abc</sup>	9,41 ± 2,20 <sup>b</sup>
60	127,28 ± 17,70 <sup>abc</sup>	12,77 ± 3,63 <sup>b</sup>
75	127,57 ± 24,17 <sup>abc</sup>	-
90	121,14 ± 17,19 <sup>abc</sup>	8,01 ± 2,74 <sup>b</sup>
120	121,00 ± 15,47 <sup>abc</sup>	9,30 ± 3,10 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Medias ± desviación estándar. <sup>2</sup> 14 animales por registro. <sup>3</sup> 8 animales por registro.

<sup>a,b,c,d</sup> Los valores indicados con letra distinta en una misma columna, son estadísticamente diferentes al test de Scheffé ( $p < 0,05$ )

**Tabla IV.** Volumen globular aglomerado (V.G.A.) y concentración de hemoglobina (Hb) registrados en alpacas en altura y a nivel del mar<sup>d</sup>. (Packed red cell volume and hemoglobin concentration of alpacas in the andean high plateau and at sea level).

Registro	V.G.A. (p.100)	Hb (mg/dl)
Altiplano	28,14 ± 2,85	-
Arica (*)		
Zona Central		
día 1	28,88 ± 1,79	
2	27,85 ± 2,59	14,30 ± 0,94 <sup>a</sup>
3	26,83 ± 2,38	11,94 ± 1,36 <sup>bc</sup>
5	27,54 ± 2,16	11,08 ± 1,13 <sup>c</sup>
10	26,50 ± 2,56	10,80 ± 1,06 <sup>c</sup>
15	27,16 ± 1,94	11,73 ± 1,14 <sup>bc</sup>
30	26,78 ± 2,57	10,44 ± 1,23 <sup>c</sup>
45	29,07 ± 1,07	11,02 ± 1,02 <sup>bc</sup>
60	29,07 ± 3,98	10,82 ± 1,91 <sup>c</sup>
75	28,28 ± 3,66	10,69 ± 1,38 <sup>c</sup>
90	27,38 ± 2,84	11,60 ± 1,31 <sup>bc</sup>
120	29,00 ± 2,68	13,01 ± 1,19 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup> Medias ± desviación estándar de 14 animales por registro.

\* Lecturas no realizadas por dificultades técnicas.

<sup>a,b,c</sup> Los valores indicados con letra distinta en una misma columna, son estadísticamente diferentes al test de Scheffé ( $p < 0,05$ ).

hemáticas se muestra en la **tabla IV**, observándose que el VGA presenta variaciones que no fueron estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ). En cuanto a la concentración de hemoglobina (**tabla IV**) análisis que por razones técnicas se realizó sólo en la zona central, se observa que el valor del día 1 es significativamente mayor que todos los otros registrados, excepto el del día 120 ( $p < 0,05$ ).

Las variaciones registradas en la cuenta diferencial leucocitaria, expresadas en

porcentaje de cada uno de los elementos de la serie blanca e indicados en la **tabla V**, señalan que los linfocitos presentan el valor más alto en la muestra altiplánica y que este difiere significativamente del primer valor de la zona central ( $p < 0,05$ ), aunque no del resto del muestreo en dicha zona. En el caso de los neutrófilos no se observan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los muestreos de las diferentes zonas (altiplánica y central), aunque los mayores valores se registran en los primeros muestreos en la zona central (día 1 y 3). Finalmente el menor valor de eosinófilos se registró en la muestra altiplánica el que es significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) respecto de todos los muestreos de la zona central excepto el del día 3, alcanzándose el mayor valor para esta variable en el día 90 en la zona central.

## DISCUSION

Los diferentes cambios de ambiente no generaron mayores alteraciones de

conducta, aunque sí se observaron diferencias en las variables fisiológicas.

El incremento experimentado por la frecuencia cardíaca en los muestreos a nivel del mar y en la zona central, resulta sorprendente si se parte de la base que el paso de un medio hipóxico (altiplano) a uno con mayor tensión de oxígeno, origina en los mamíferos en general una disminución de ella (Monge y Whitemburg, 1976). En todo caso un fenómeno similar ha sido descrito por Martínez *et al.* (1988), a través de registros electrocardiográficos y por Crossley *et al.* (1990), por observación directa a la auscultación.

Este fenómeno se explicaría en función de cambios anatómicos observados en el corazón de camélidos trasladados desde la altura al nivel de mar y que se traduce en una disminución de la masa ventricular derecha, lo que implica una menor descarga sistólica provocando ello, como consecuencia, un aumento compensatorio de la frecuencia cardíaca (Martínez *et al.*, 1988). Es necesario hacer notar que estos cambios han sido

**Tabla V.** Concentración ( $p.100$ ) leucocitaria relativa en alpacas en altura y a nivel del mar<sup>1</sup>. (Leucocyte differential count (%) of alpacas in the andean high plateau and at sea level).

Registro	Linfocitos	Neutrófilos	Eosinófilos
Altiplano	46,46 ± 11,16 <sup>a</sup>	53,07 ± 11,19 <sup>ab</sup>	0,42 ± 0,64 <sup>d</sup>
Zona central			
día 1	20,53 ± 12,47 <sup>b</sup>	65,65 ± 12,75 <sup>a</sup>	4,00 ± 3,08 <sup>bc</sup>
3	36,72 ± 13,77 <sup>ab</sup>	61,60 ± 13,81 <sup>a</sup>	1,58 ± 1,25 <sup>cd</sup>
15	38,77 ± 13,97 <sup>ab</sup>	55,45 ± 14,20 <sup>a</sup>	5,61 ± 3,03 <sup>b</sup>
45	37,32 ± 9,64 <sup>ab</sup>	54,59 ± 11,18 <sup>ab</sup>	7,95 ± 4,36 <sup>b</sup>
90	34,89 ± 11,97 <sup>ab</sup>	45,00 ± 14,01 <sup>b</sup>	19,57 ± 15,33 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Los valores indicados corresponden a 14 animales por registro: media ± desviación estándar.

<sup>a,b,c,d</sup> Los valores indicados con letra distinta en una misma columna, son estadísticamente diferentes al test de Scheffé ( $p < 0,05$ ).

## ADAPTACION FISIOLÓGICA DE LA ALPACA

descritos luego de una permanencia de un año de las alpacas en la zona central, por lo que si ello fuera la explicación a los registros obtenidos en este trabajo, esto significaría que la instalación de dichas alteraciones anatómicas serían rápidas y tempranas, aunque las variaciones inicialmente detectadas podrían ser consecuencia de las alteraciones generadas por el diferente manejo, como lo serían la toma de muestras y los cambios de ambiente.

Al igual que la situación anterior se podría haber esperado y por razones similares, una disminución en la frecuencia respiratoria (Monge y Whittemburg, 1976), sin embargo esta variable no experimenta cambios significativos e incluso una cierta alza hacia finales de la experiencia. Esta variable está fuertemente influenciada por las condiciones de temperatura ambiente, ya que estos animales utilizan el mecanismo del jadeo para eliminar calor vía evaporación (Crossley, 1989). La tendencia al alza de la frecuencia respiratoria, coincide con los mayores registros de temperatura ambiente durante el ensayo en la zona central, correspondiente a los inicios de primavera.

El fenómeno anteriormente descrito, estaría relacionado con las variaciones registradas respecto de la temperatura rectal, puesto que los mayores valores alcanzados por esta variable ocurren hacia finales de la experiencia. En relación a lo anterior Crossley (1989), señala que es posible encontrar variaciones de hasta 1°C en la temperatura rectal de alpacas sometidas a temperaturas ambientes extremas.

A diferencia de la variable anterior la temperatura cutánea experimenta incrementos desde el comienzo de la estancia

en la zona central, fenómeno que se explicaría en función de la mayor temperatura ambiente y menor intensidad de los vientos en dicha zona, en relación a la altiplánica, en especial si se considera que esta variable está influenciada entre otros factores por la actividad metabólica, la temperatura ambiental y el índice de aislamiento corporal (Weiss, 1986). Se puede señalar además la posibilidad de que el estrés inicial incremente la tasa metabólica en función del predominio simpático (Eckert *et al.*, 1990).

El alza registrada en la glicemia en la medición a nivel del mar y luego en la zona central, respecto de la del altiplano, puede ser explicada en parte como una respuesta a la situación estresante ambiental y social que genera descargas de catecolaminas adrenales por estimulación simpática y luego por actividad hipofisocorticoadrenal (Eckert *et al.*, 1990). La posterior nivelación de los valores, aunque siempre superiores al registrado en el altiplano no correspondería al fenómeno antes descrito, sino más bien a la mejor calidad del alimento disponible en la zona central en relación al altiplano (Gastó *et al.*, 1987). El valor promedio registrado en el muestreo altiplánico es similar a lo descrito en la literatura (Vallenas, 1985).

La presencia de estrés en los animales en estudio, también se observa cuando se analizan las variaciones experimentadas por el cortisol plasmático. Los altos y significativos valores evidenciados en el muestreo altiplánico; nivel del mar y primer muestreo en la zona central son indicadores de estrés adaptativo, tanto a fenómenos conductuales sociales, como es la situación en el altiplano, donde el reagrupamiento del rebaño genera todo un proceso de dominancia (Franklin,

1982), o bien a adaptaciones ambientales en el muestreo a nivel del mar y en la zona central a la llegada de los animales a ésta.

El progresivo descenso de los niveles de cortisol plasmático que se evidencia a partir del segundo muestreo en la zona central indicaría una adaptación a la situación estresante. Las variaciones observadas entre los valores no pueden ser atribuidas a ritmos circadianos endógenos de cortisol (Ecker *et al.*, 1990), puesto que las muestras fueron recolectadas a la misma hora.

En cuanto a los valores hemáticos el VGA no experimenta variaciones significativas a lo largo de todo el ensayo a pesar de que se describe que, en humanos y mamíferos, en general estos valores descienden alrededor de un 20 p.100 al ser trasladados de una zona hipóxica (altiplano) a otra de mayor tensión parcial de oxígeno (nivel del mar, zona central) (Martínez, 1989). El que los camélidos no presenten variaciones en el VGA, ante estos cambios de tensión de oxígeno ambiental, radicaría en que los niveles de eritropoyetina renal no presentan diferencias en relación con la altura (Martínez, 1989), por lo demás estos valores se ajustan a los descritos por otros autores (Banchemo, 1973; Jurgen *et al.*, 1988; Crossley *et al.*, 1990).

Las variaciones en la concentración de hemoglobina se asemejan en su tendencia a las del VGA, durante la permanencia en la zona central, ya que no se

contó con muestreos durante la estadia en la zona altiplánica y nivel del mar. El primer valor de zona central es semejante al mencionado por otros autores en camélidos en zona altiplánica (Banchemo, 1973; Monge y Wittemburg, 1976; Raggi *et al.*, 1993). La disminución de los valores en las muestras posteriores representaría la respuesta a la mayor tensión de oxígeno (Cueva y Sillau, 1972, Banchemo, 1973), la elevación que este valor y el VGA experimentan en el último muestreo, podría explicarse en función de un aumento relativo debido a cierto grado de deshidratación, que los animales experimentarían producto de las mayores temperaturas ambientales ya señaladas anteriormente.

La neutrofilia y linfopenia significativas así como la relativamente constante cantidad de eosinófilos iniciales, representan una clásica respuesta a un estímulo estresante (Ganong, 1984; Revington, 1983), situación que se normaliza con posterioridad a excepción de los eosinófilos que experimentan una significativa elevación en la muestra del día 90, sin que se tenga una clara explicación al respecto.

Los resultados obtenidos muestran que tanto el traslado como el cambio ambiental producen variaciones fisiológicas propias de una situación estresante. Por otra parte la estabilización de dichas variaciones demuestran que la alpaca experimenta una rápida y eficiente adaptación ante cambios extremos.

## BIBLIOGRAFIA

**Banchemo, N. 1973.** Mecanismos fisiológicos de adaptación a la hipoxia en la llama. *Arch. Inst. Biol. Andina. Lima, Perú.* 6: 1-36.

**Crossley, J. 1989.** Termorregulación en camélidos sudamericanos en condiciones altiplánicas. En: *Tópicos sobre biología y manejo de camélidos*

## ADAPTACION FISIOLÓGICA DE LA ALPACA

- sudamericanos. Santiago, Facultad Cs. Veterinarias y Pecuarias. Universidad de Chile. 116 pp.
- Crossley, J., L.A. Raggi, V. Mac-Niven. 1990.** Constantes fisiológicas de interés clínico en alpacas chilenas (*Lama pacos*), en el altiplano y la zona central. *Monografías Med. Vet.* 12: 52-58.
- Cueva, S., H. Sillau. 1972.** Peso relativo del ventrículo derecho en alpacas y llamas en la altura y a nivel del mar. *Rev. Inv. Pec. Lima, Perú.* 1: 145-149.
- Eckert, R., D. Randall, y G. Augustine. 1990.** Fisiología animal. Mecanismos y adaptaciones. Madrid, Ed. Interamericana. 683 pp.
- Franklin, W. 1982.** Biology, ecology and relationship to man of the South American Camelids. In: *Mammalian Biology in South America*. M.A. Mares and H.H. Genoways editors. Pittsburg, Pymatuning lab. of Ecol. and Univ. Pittsburg. 539pp.
- Ganong, W. 1984.** Fisiología médica. Novena edición, México, Ed. El Manual Moderno. 682 pp.
- Gastó, J., S. Gallardo, D. Contreras. 1987.** Caracterización de los pastizales de Chile. Sistemas en agricultura. IISA-8716. 465 pp.
- Jurgen, K., M. Pretschmann, K. Yamaguchi., K. Kleinshmidt. 1988.** Oxygen binding properties, capillary densities and heart weights in high altitud camelids. *J. Comp. Physiol.* 158: 469-477.
- Martínez, R., B. Urquieta, J. Rojas, y J. Sumar. 1988.** Estudio electrocardiográfico comparativo en camélidos sudamericanos en la región altoandina y a nivel del mar. *Av. Cienc. Vet.* 3: 92-97.
- Monge, C., J. Whitemburg. 1976.** High altitude adaptations in the whole animal. In: *Environmental Physiology of animals*. Blight, J., T. Cloudsley., A.G. Macdonald. Ed. Blackwell Sc. publications p. 289-303.
- Raggi, L. 1992.** Camélidos: Una opción ganadera. *El Campesino*. CXXIII, 16-23.
- Raggi, L.A., J. Crossley, S. Coppia, y G. Ferrando. 1993.** Algunas características fisiológicas de la alpaca (*Lama pacos*) sometidas a manejo extensivo en el altiplano chileno. *Arch. Zootec.* 43: 199-204.
- Revington, M. 1983.** Haematology of the racing thoroughbred in Australia: Reference values and the effect of excitement. *Equine Vet. J.* 15: 141-144.
- Vallenas, A. 1985.** Algunos aspectos fisiológicos en la digestión en la alpaca. *Rev. Fac. Med. Vet. Perú.* 30: 14.62.
- Weiss, L. 1986.** Efecto del propanolol en borregas sometidas a esquila durante el período invernal. Tesis Med. Vet. Santiago, Universidad de Chile. 70 pp.

Recibido: 21-1-94. Aceptado: 20-12-94.