

EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE SOMBRA DURANTE EL PASTOREO SOBRE LA SECRECIÓN DE CORTISOL Y EL PERFIL METABÓLICO Y HEMATOLÓGICO EN CORDERAS WEST AFRICAN

Effect of Shade Availability During Grazing, on Cortisol Secretion and Metabolic and Hematological Profile in West African Lambs

Tony Chacón*, Daniel Vargas**, Livia Pinto-Santini**,¹

*Facultad de Ciencias Veterinarias, **Instituto de Producción Animal, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (FCV-UCV) Campus Maracay, Maracay 2101, Aragua, Venezuela

Correo-E:mvtonycch@gmail.com

Recibido: 04/02/19 - Aprobado: 25/10/19

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del acceso voluntario a sombra sobre la concentración de cortisol, insulina, glucosa, colesterol total, nitrógeno ureico en sangre y perfil hematológico de corderas West African pastoreando. Veinticuatro animales fueron asignados al azar a los tratamientos (T): a) disponibilidad de sombra (CS; n=12): pastoreo con acceso voluntario a sombra artificial brindada por un techo de lona verde; b) sin disponibilidad de sombra (SS; n=12): pastoreo sin disponibilidad sombra. El análisis estadístico de los datos se efectuó por medidas longitudinales. Hubo mayor secreción de cortisol en las corderas del T SS ($P < 0,01$), las cuales, a su vez, presentaron menor secreción de insulina ($P < 0,001$), demostrando el antagonismo entre ambas hormonas. El T CS presentó mayor glicemia ($P = 0,04$), lo que a su vez, pudiera explicar su mayor concentración de insulina. La concentración de colesterol y la serie eritrocitaria no fueron afectadas por el T ($P > 0,05$). El colesterol total se redujo a lo largo del experimento ($P < 0,001$). Al final del experimento se presentó hemoconcentración ($P < 0,05$), probablemente debido a la activación de mecanismos de termólisis

ABSTRACT

The aim of the present work was to evaluate the effect of voluntary access to shade on the concentration of cortisol, insulin, glucose, total cholesterol, blood urea nitrogen and hematological profile of West African lambs grazing. Twenty-four animals were randomly assigned to treatments (T): a) shade availability (CS; n=12): grazing with voluntary access to artificial shade provided by a green canvas roof; b) no shade availability (SS; n=12): grazing without shade availability. The statistical analysis of the data was carried out by longitudinal measurements. There was greater secretion of cortisol in the SS ewe lambs ($P < 0.01$), which, in turn, presented lower insulin secretion ($P < 0.001$), demonstrating the antagonism between both hormones. The T CS presented higher glycemia ($P = 0.04$), which in turn, could explain its higher concentration of insulin. The cholesterol concentration and the erythrocyte series were not affected by the T ($P > 0.05$). Total cholesterol was reduced throughout the experiment ($P < 0.001$). At the end of the experiment hemoconcentration occurred ($P < 0.05$), probably due to the activation of thermolysis mechanisms in both T. The leukocyte series was variable over time ($P < 0.05$), reflecting

¹ A quien debe dirigirse la correspondencia (To whom correspondence should be addressed)

en ambos T. La serie leucocitaria fue variable en el tiempo ($P < 0,05$), reflejando la homeostasis de los animales. La disponibilidad de sombra para el grupo con acceso voluntario afectó la secreción de cortisol y en consecuencia, el metabolismo energético y perfil hematológico de las corderas.

(Palabras clave: Cortisol; insulina; glicemia; serie eritrocitaria; serie leucocitaria; estrés por calor; corderas)

the homeostasis of the animals. The availability of shade for voluntary access affected the secretion of cortisol and, consequently, the energetic metabolism and hematological profile of the female lambs.

(Key words: Cortisol; insulin; glycemic; erythrocyte; leukocyte; heat stress; female lambs)

INTRODUCCIÓN

El estrés calórico (EC) es una realidad subestimada en los sistemas de producción con rumiantes en Venezuela. El EC provoca desórdenes metabólicos [1], afecta la función reproductiva [2-4] e incrementa la incidencia de enfermedades [2-4]. No obstante, ha sido reportado que la presencia de sombra mitiga el EC y ha sido ampliamente recomendada para favorecer el bienestar térmico tanto en vacunos [5] como en ovinos de pelo [6]. En condiciones de estrés se activa el eje hipotálamo-hipófisis-corteza adrenal provocando la secreción de glucocorticoides [2]. La mayor secreción de cortisol produce incremento en la glicemia y secreción de insulina [7]. Pese a ello, en condiciones de EC, aun cuando la sensibilidad a la insulina no es afectada, existe una menor secreción de insulina, en consecuencia, los animales son menos eficientes en el uso de la glucosa, tal como fue reportado en cabras [8]. Por lo tanto, la glicemia y concentración de insulina, relacionadas con el estatus nutricional, pudieran ser utilizadas como indicadores de las respuestas productivas [9], adaptativas [10] y/o como biomarcadores de estrés [11].

Los índices hematológicos también pueden verse afectados en rumiantes bajo EC [4, 12, 13]. Las pérdidas de agua por evaporación pueden provocar hemoconcentración [14, 15]. Adicionalmente, se reporta neutrofilia y linfopenia en cabras bajo EC [16], como consecuencia de la mayor secreción de cortisol [17]. Hasta donde puede conocerse, no hay reportes asociados a respuestas diferenciales de glóbulos blancos por EC en ovinos de pelo en condiciones tropicales.

El acceso a sombra, al mitigar el efecto de la radiación solar, podría reducir la sensación térmica y disminuir la secreción de cortisol en rumiantes a pastoreo, mejorando la salud y el metabolismo de los animales, de manera que, la hipótesis de este trabajo es que la disponibilidad de sombra durante las horas de pastoreo reduce la secreción de cortisol, mejorando el perfil hematológico y metabólico de los ovinos de pelo. Con base a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del acceso voluntario a sombra artificial durante las horas de pastoreo sobre la concentración de cortisol, insulina, glucosa, colesterol, nitrógeno ureico en sangre y el perfil hematológico de corderas West African bajo condiciones de clima cálido.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio tuvo lugar en el Laboratorio Sección de Ovinos del Instituto de Producción Animal de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, localizado a una altitud de 460 msnm. El clima predominante es Bosque Seco Tropical [18]. Presenta una precipitación de 600-800 mm anuales, concentrada entre mayo y octubre, y una temperatura promedio de 24°C y humedad relativa entre 65 y 85%. El experimento, con una duración de 14 semanas, se realizó entre agosto y noviembre de 2012.

Se utilizaron 24 corderas West African con peso de $13,1 \pm 3,0$ kg y una edad comprendida entre los 3-3½ meses. Los animales fueron manejados en condiciones de semi-estabulación, consumiendo pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*) a pastoreo en las horas

diurnas (08:00 a 16:00) y confinamiento en corrales el resto del tiempo. Se suplementó diariamente con bloque mineral comercial y alimento concentrado a base de subproductos de cervecería (300 g/animal/d; 16% de proteína cruda). Los animales fueron desparasitados con Ivermectina al 1% al inicio del ensayo (administrado por vía subcutánea a razón de 1 mL/50kg de peso corporal).

Bajo un diseño completamente al azar, las corderas fueron separadas en dos tratamientos: a) Tratamiento con disponibilidad de sombra (CS; n=12): pastoreo continuo en potrero con acceso voluntario a sombra artificial, brindada con un techo de lona color verde colocado en posición este-oeste (altura de 1,8 m). La superficie total de sombra fue 36 m², equivalente a 3 m² por animal; b) Tratamiento sin disponibilidad de sombra (SS; n=12): consistió en el pastoreo continuo en potrero sin disponibilidad de sombra.

Se realizó la caracterización climática en CS y SS a través del registro de la temperatura ambiente (TA, °C), humedad relativa (HR, %) y radiación solar (RS, W/m²), obtenidas a través de sensores electrónicos conectados a estaciones meteorológicas automáticas (Testo 625®) [6]. Se calculó el índice de temperatura-humedad (ITH), utilizando para ello la conversión de Valtora y Gallardo [19].

Para la determinación sérica de cortisol, insulina, glucosa, colesterol total (COL) y nitrógeno ureico (BUN), fueron tomadas muestras de sangre a nivel de la vena yugular, cada dos semanas, en un día fijo, durante dos momentos del día (AM: 08:00 h y PM: 16:00 h). Estas muestras fueron colocadas en tubos con gel activador de la coagulación (*Becton Dickinson and Company, Franklin Lakes, NJ, USA*) mantenidos a temperatura ambiente por 1-2 h hasta que se formara el coágulo; el suero fue obtenido por centrifugación a 1500 g, por 10 min y guardados, a -20 C° en alícuotas de 2 mL en viales criogénicos (*Nalgene, Nalge, Company, Rochester NY, USA*) hasta su análisis.

La concentración de cortisol e insulina fue determinada por la metodología de ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas (ELISA), a través de kits comerciales Cortisol Elisa e Insulina Elisa (DRG Instruments GmbH, Alemania®). Los coeficientes de variación intra-ensayo e inter-ensayo, tanto para insulina como para cortisol, fueron de 6-8% y 10-12%, respectivamente. Todos los metabolitos fueron determinados por métodos enzimáticos-

espectrofotométricos [9]. Los reactivos utilizados fueron de la marca *Chemroy (Biochemical Trade Inc, San Antonio, Texas, EUA)*. La concentración de proteína plasmática total (PPT) fue obtenida a través de refractometría.

Las muestras de sangre para la evaluación hematológica fueron tomadas a nivel de la vena yugular utilizando tubos al vacío de 5 mL conteniendo ácido etilendiaminotetracético (EDTA) y aguja 21x1½ (*Becton, Dickinson and Company, Franklin Lakes, NJ, EUA*) cada 14 d. Posteriormente, las muestras fueron mantenidas refrigeradas hasta su procesamiento, el mismo día de la recolección, en el Laboratorio de Patología Veterinaria de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UCV.

La hematología incluyó la determinación de la concentración de hemoglobina utilizando el método de cianometahemoglobina; hematocrito a través del método de microhematocrito; y el recuento de eritrocitos en cámara de Neubauer. Además, se determinaron los índices eritrocíticos que incluyeron la determinación del volumen corpuscular medio (VCM) [(hematocrito/eritrocitos) x 10] y la concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) [(hemoglobina/hematocrito) x 100]. Se realizó el recuento de los leucocitos utilizando la cámara de Neubauer y el recuento diferencial de neutrófilos, eosinófilos, linfocitos y monocitos mediante frotis coloreado por tinción de Romanowsky.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los datos se realizó con la metodología de análisis de varianza para medidas longitudinales, usando el procedimiento MIXED de SAS, 2012. Se seleccionó una estructura apropiada de covarianza [20]. Las medias fueron comparadas a través de la instrucción PDIF (SAS, 2012); se consideró que habían diferencias significativas si $P \leq 0,05$ y que habían tendencias a ser diferentes si $P \leq 0,10$. El modelo incluyó como efectos fijos los tratamientos (SS vs. CS), la semana de medición (1, 2, 4, 6...12) la hora de medición, solo en el caso de cortisol, insulina y los metabolitos evaluados (AM vs. PM) y sus respectivas interacciones. Cada animal o repetición fue anidado dentro de la semana de medición como efecto aleatorio. Las concentraciones iniciales de los metabolitos y hormonas evaluadas fueron utilizadas como covariable. Los datos son presentados como medias \pm EE.

RESULTADOS

Aunque su medición no fue objetivo de la presente investigación, durante toda la fase experimental, los animales que disponían de sombra en el potrero fueron observados bajo el techo de lona verde efectuando diferentes actividades.

Caracterización climática

No se presentaron diferencias entre tratamientos para la TA promedio diario (24,5° en SS y 24,5° en CS). La HR fue en promedio de 77,6 y 85,4% en SS y CS, respectivamente ($P \leq 0,01$). El ITH (unidades) fue 73,8 en SS y 74,6 en CS ($P \leq 0,01$) y el número de horas con $ITH \geq 72$ fue en promedio 11,6 h en SS y 12,6 h en CS ($P \leq 0,01$). La RS promedio durante las horas diurnas (W/m^2) fue inferior en CS (41,9 W/m^2) respecto a SS (294,0 W/m^2) ($P \leq 0,01$); ésta comienza a aumentar desde las 08:00 h y desciende a partir de las 17:00 h, con valores máximos entre las 11:00 y 14:00 h, siendo que a las 13:00 h la misma alcanzó, en promedio 608,5 W/m^2 en el caso de SS y 42,9 W/m^2 en CS ($P \leq 0,01$).

Cortisol e insulina

En el Cuadro 1 se presentan las medias del efecto de la disponibilidad de sombra y significancia de los efectos evaluados para las variables metabólicas y endocrinas en corderas West African. Tanto la secreción de cortisol como la de insulina fueron afectadas por la disponibilidad de sombra y semana de evaluación. La mayor secreción de cortisol se presenta en las corderas sin acceso a sombra ($P < 0,01$), las cuales, a su vez, presentan una menor secreción de insulina (Figura 1; $P < 0,001$). La hora de medición no afectó la secreción de estas hormonas. En general, se observa un incremento en la concentración de ambas hormonas en las últimas semanas de

medición. La interacción tratamiento x semana x hora fue significativa para insulina ($P < 0,001$; Tabla 1). En ambos tratamientos, durante las primeras semanas experimentales se observan mayores concentraciones de insulina durante las mediciones PM. No obstante, a partir de la semana 8 y hasta el final del experimento, la concentración de insulina fueron superiores en la mañana

Metabolitos y proteína plasmática total (PPT)

La glicemia fue afectada por la disponibilidad de sombra (Cuadro 1). La mayor concentración se presentó en las corderas que pastorean con acceso a sombra (Figura 1; $P < 0,05$). No se presentó efecto de la hora de medición, semana de evaluación o sus respectivas interacciones para esta variable ($P > 0,05$).

La concentración de COL fue afectada por la semana de evaluación (Figura 2); los menores valores se presentaron el final del experimento, a partir de la semana 6 ($P < 0,001$). La disponibilidad de sombra, la hora de medición y las interacciones evaluadas no afectaron la concentración de COL ($P > 0,05$).

Respecto al BUN, las menores concentraciones para ambos tratamientos se presentan la primera semana de evaluación. La concentración de BUN en el tratamiento CS fue mayor que en el tratamiento SS en las semanas 2 ($P = 0,07$) y 6 ($P < 0,01$) del experimento (Figura 2).

Perfil hematológico

En el Cuadro 2 se presentan las medias del efecto de la disponibilidad de sombra o no y la significancia de los efectos evaluados para la serie eritrocitaria, serie leucocitaria en corderas West African. Con excepción de la tendencia ($P = 0,07$) de mayor concentración de hematocrito presentada

Cuadro 1. Medias del efecto de la disponibilidad de sombra (CS) o no (SS) y significancia de los efectos de tratamiento (Trat), semana (Sem), hora de medición (hora) y sus respectivas interacciones para cortisol (ng/mL), insulina (μ UI/mL), glucosa (mg/dL), colesterol total (mg/dL) y nitrógeno ureico (mg/dL) en corderas West African

Variable	SS	CS	EE	Trat	EE	Hora	Trat x Sem	Trat x Hora	Trat x Sem x Hora
Cortisol	26,2	19,9	1,6	0,01	<0,001	ns	ns	ns	ns
Insulina	16,2	25,7	0,1	<0,001	<0,001	ns	<0,001	ns	<0,001
Glucosa	56,3	59,8	1,1	0,04	ns	ns	ns	ns	ns
Colesterol	71,7	71,8	1,6	ns	<0,001	ns	ns	ns	ns
Nitrógeno	23,4	23,8	0,4	ns	0,03	ns	0,02	ns	ns
Proteína plasmática	6,3	6,5	0,1	ns	<0,001	-	ns	-	-

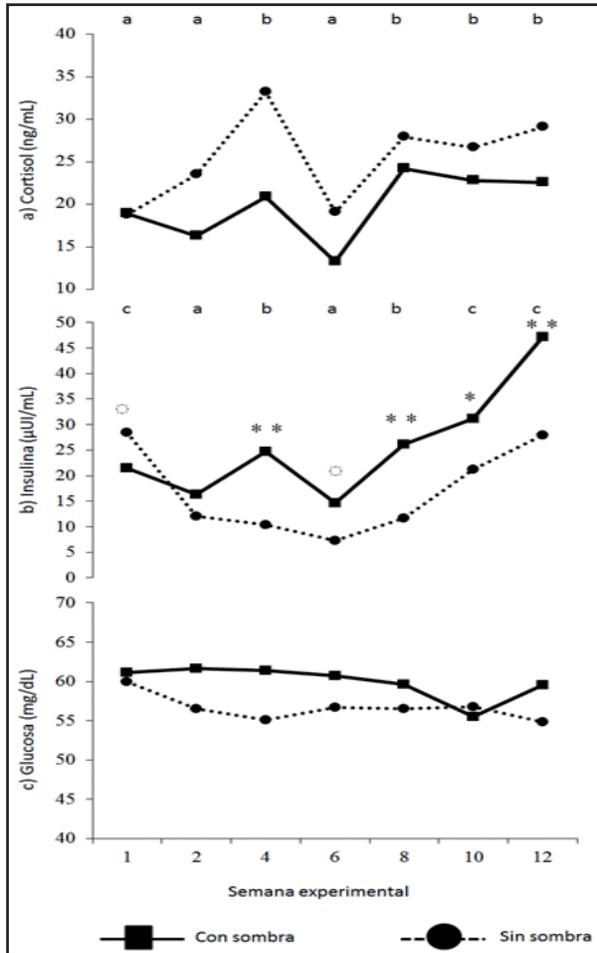


Figura 1. Cambios en la concentración de cortisol, insulina y glucosa sérica en corderas West African con y sin acceso a sombra durante las horas de pastoreo. Diferentes letras indican que las semanas difieren entre sí; en la interacción tratamiento x semana para esa variable; * = $P \leq 0,01$, indica diferencias entre los tratamientos en esa semana

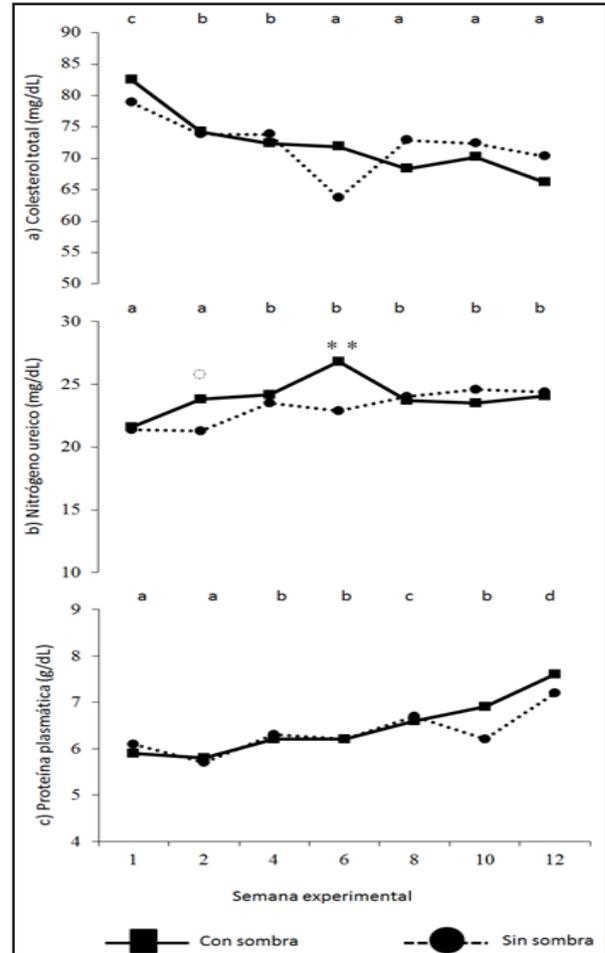


Figura 2. Cambios en la concentración de colesterol total, nitrógeno ureico y proteína plasmática en corderas West African con y sin acceso a sombra durante las horas de pastoreo. Diferentes letras indican que las semanas difieren entre sí; * = $P \leq 0,01$, indica diferencias entre los tratamientos en esa semana

Cuadro 2. Medias del efecto de la disponibilidad (CS) o no sombra (SS) y significancia de los efectos de tratamiento (Trat), semana (Sem) y su interacción para las variables serie eritrocitaria, serie leucocitaria y proteína plasmática en corderas West African

Variable	P valores					
	SS	CS	EE	Trat	Sem	Trat x Sem
Serie eritrocitaria						
Eritrocitos (células 10^6 /mL)	4,5	4,7	0,1	ns	<0,001	<0,001
Hematocrito (%)	26,8	28,4	0,6	0,07	0,03	0,053
Hemoglobina (g/dL)	8,4	8,2	0,2	ns	<0,001	0,059
Volumen corpuscular medio (μm^3)	60,2	60,2	0,04	ns	<0,001	ns
Concentración de hemoglobina corpuscular media (%)	30,7	29,6	0,5	ns	<0,001	ns
Serie leucocitaria						
Leucocitos (celulas 10^3 /mL)	8946,5	9263,1	416,6	ns	0,04	ns
Neutrófilos %	43,2	45,7	1,02	0,10	0,01	0,12
Eosinófilos %	1,05	1,09	0,1	ns	<0,001	ns
Linfocitos %	55,2	51,7	0,9	0,02	0,02	0,06
Monocitos %	0,5	0,7	0,08	0,08	0,03	0,06
Proteína plasmática (g/dL)						
	6,3	6,5	0,1	ns	<0,001	ns

ns: $P > 0,05$

en los animales del tratamiento con CS, las variables de la serie eritrocitaria no fueron afectadas por la disponibilidad de sombra (Figura 3). Hubo efecto de la interacción tratamiento y semana para el número de eritrocitos, % de hematocrito y concentración de hemoglobina. De esta forma, en las semanas 8 y 12 se presentaron los valores más elevados de eritrocitos ($P < 0,05$), % de hematocrito ($P < 0,05$). Hubo una tendencia de mayor concentración de hemoglobina

en la semana 6 ($P = 0,10$) en el tratamiento con sombra que se revierte en la semana 8 en la que puede observarse una mayor concentración de hemoglobina en los animales del tratamiento SS ($P = 0,10$). Todas las variables, excepto el VCM, se incrementan las últimas semanas del experimento.

Relativo a la serie leucocitaria (Figura 4), solo se presentó efecto del tratamiento en el porcentaje de linfocitos el cual fue mayor en el tratamiento SS

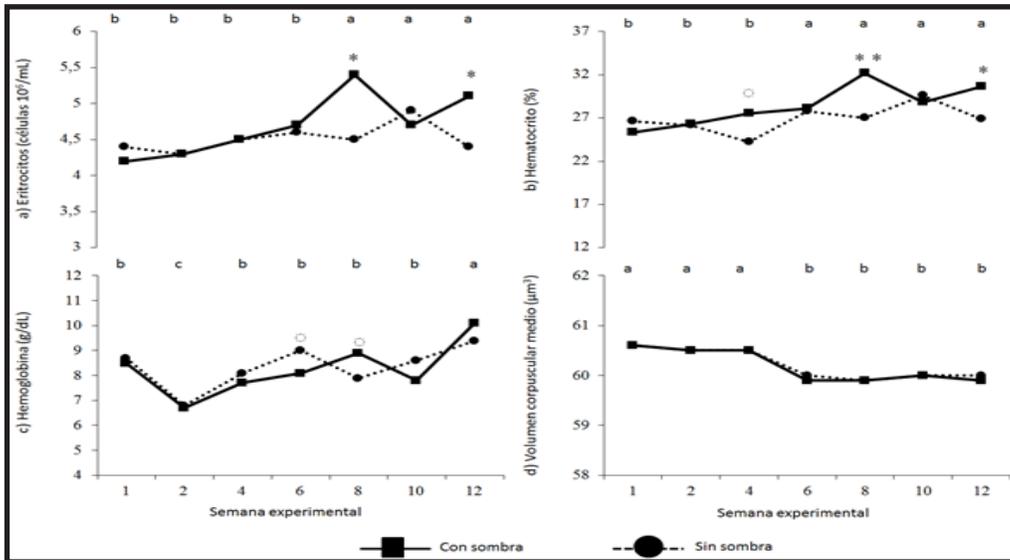


Figura 3. Cambios en la serie eritrocitaria en corderas West African con y sin acceso a sombra durante las horas de pastoreo. Diferentes letras indican que las semanas difieren entre sí; * = $P \leq 0,01$

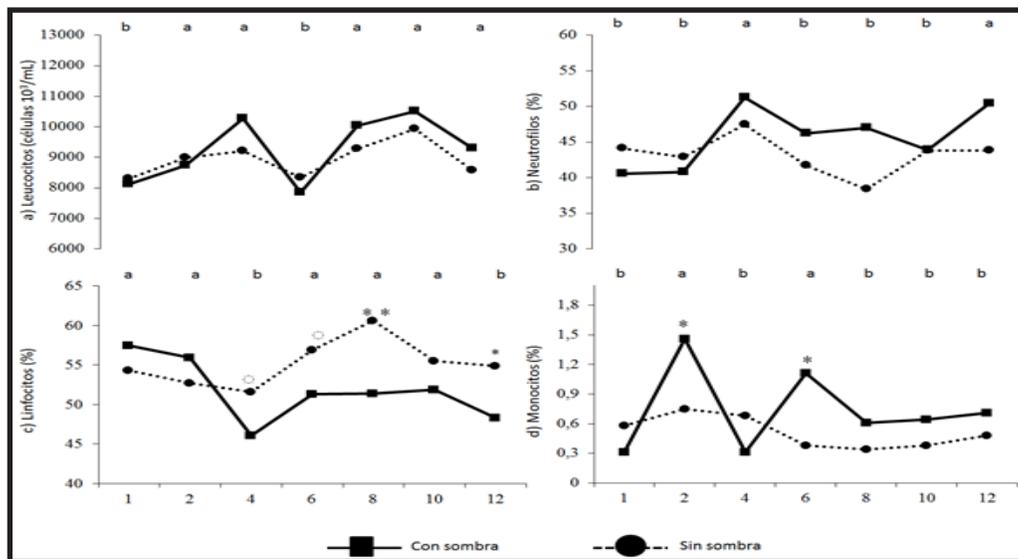


Figura 4. Cambios en la serie leucocitaria en corderas West African con y sin acceso a sombra durante las horas de pastoreo. Diferentes letras indican que las semanas difieren entre sí; * = $P \leq 0,05$

($P < 0,05$). Adicionalmente, se presentó una tendencia a una mayor concentración de neutrófilos ($P = 0,10$) y monocitos ($P = 0,08$) en las corderas con acceso a sombra. La semana de experimentación afectó la respuesta de estas variables. En la semana 4 se observan los menores valores de linfocitos en los animales del tratamiento CS, pero se elevan los de neutrófilos y monocitos. Los mayores valores de linfocitos del tratamiento SS se presentan en la semana 8 ($P < 0,01$) y en la semana 12 ($P < 0,05$). El porcentaje de monocitos se presenta elevado en los animales del tratamiento CS en la semana 2 y 6.

DISCUSIÓN

Como se había estimado en el inicio de este ensayo, la condición de ofrecer sombra durante el pastoreo a las corderas, puede estar originando menores concentraciones de cortisol, como respuesta a un mejor bienestar térmico en horas de alta radiación. La mayor secreción de cortisol en las corderas del tratamiento SS no estuvo acompañada con una mayor concentración de glucosa en sangre. En condiciones de estrés agudo es común observar una elevación de la glicemia producto de la secreción de cortisol [2, 21]. No obstante, cuando el estrés es crónico, tal como en el presente experimento, la glicemia puede mantenerse constante o incluso presentarse hipoglicemia [22] debido, entre otras, a una disminución en la disponibilidad de nutrientes y baja tasa de producción de ácido propiónico [23]. El requerimiento energético para la disipación de calor, probablemente mayor en las corderas SS, podría también explicar la menor glicemia en este tratamiento [24].

La concentración de insulina tuvo un comportamiento antagónico al cortisol. De esta forma, la mayor concentración de insulina se presenta en las corderas del tratamiento con CS las cuales, como ya fue mencionado, presentaron la menor concentración de cortisol y una mayor glicemia. Lo anterior podría considerarse un mecanismo compensatorio que permitiría la utilización de la glucosa para la termólisis en las corderas sin acceso a sombra.

La concentración de COL se redujo a medida que avanzó el experimento y fue similar a la reportada en ovinos [10]. Lo anterior, tomando en cuenta el rol de este metabolito en la síntesis de hormonas esteroideas (estrógenos y progesterona), podría ser de interés debido a la edad de las corderas (prepubéres)

o en su defecto asociarse a la síntesis de cortisol, el cual fue más elevado al final del experimento.

La mayor concentración de BUN y PPT a lo largo del experimento (Figura 2), son congruentes con la hemoconcentración observada en ambos tratamientos (Figura 3; $P < 0,05$). Las vías evaporativas (cutáneas o respiratorias) de disipación de calor son claves para mantener la homeostasis de la temperatura corporal en los animales endotermos. Las corderas de ambos tratamientos, a pesar de la disponibilidad de agua a voluntad, probablemente hicieron uso de éstos mecanismos para evitar el incremento de su temperatura corporal, lo que pudo causar deshidratación en las mismas [11]. Incrementos en la concentración de BUN en el verano, han sido atribuidos al menor flujo sanguíneo hacia los riñones [10].

A pesar de la mayor concentración de cortisol, la misma no tuvo efectos significativos en la serie leucocitaria la cual, pudiera ser considerada normal para los ovinos [25, 26]. Contrario a lo esperado, la concentración de linfocitos se incrementó al final del experimento solo en las corderas del tratamiento SS y no se presentaron incrementos en la concentración de neutrófilos. No obstante, en la cuarta semana experimental, se presentó un pico en la secreción de cortisol ($P < 0,01$) que estuvo acompañado de un incremento en el porcentaje de neutrófilos y una reducción en el porcentaje de linfocitos. Lo anterior refleja que los cambios a nivel sanguíneo operan en forma rápida ante situaciones de estrés agudo [2; 27].

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

La disponibilidad de sombra para acceso voluntario en corderas West African a pastoreo afectó la secreción de cortisol y en consecuencia el metabolismo energético y perfil hematológico. La exposición de los animales a condiciones de pleno sol causó incrementos en la secreción de cortisol y en consecuencia, modificó la secreción de insulina y glicemia. Los cambios en el perfil hematológico se presentan principalmente en la serie leucocitaria. Pese a ello, éstos operan en forma rápida, reflejando su homeostásis a lo largo del experimento. A pesar de que los ovinos West African son considerados animales de alta rusticidad y adaptabilidad a las

condiciones tropicales, estrategias de manejo que mejoren su bienestar, como es la disponibilidad de sombra en las horas de pastoreo, podrían mejorar su estatus metabólico y de salud e influir positivamente en sus niveles productivos.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses con relación a esta publicación.

APORTE DE LOS AUTORES

TCH: trabajo de campo, escritura de trabajo. DV: análisis de datos. LP: diseño de ensayo, trabajo de campo, análisis de datos, escritura de trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del proyecto PG-01-8308-2011/1, financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (CDCH-UCV).

REFERENCIAS

- Bernabucci U, Lacetera N, Baumgard LH, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*. 2010; (4):1167-1183.
- Aggarwal A, Upadhyay R. Heat stress and animal productivity. 2013; 200 p.
- Pinto-Santini L, Pigliacampo A, Drescher K, Fonseca J, Landaeta A. 2016. Effect of the availability of artificial shade during grazing on progesterone concentration in West African lambs before puberty in the tropic. 18th International Congress on Animal Reproduction. 26-30 Jun. 2016. Tours, France.
- Al-Dawood A. Towards heat stress management in small ruminants –a review. *Ann Anim Sci*. 2017; 17: 59–88.
- Das R, Sailo L, Verma N, Bharti P, Saikia J, Imtiwati, et al. 2016. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Vet World*. Mar; 9(3): 260-268.
- López R, Pinto-Santini L, Perozo D, Pineda J, Oliveros I, Chacón T, et al. Confort térmico y crecimiento de corderas West African pastoreando con y sin acceso a sombra artificial. *Arch Zootec*. 2015; 64: 139-146.
- Cunningham J. Tratado de Fisiología Veterinaria, Segunda Edición ed. México DF, México: McGraw-Hill Interamericana. 1999 ; 20 p.
- Hamzaoui S. Heat stress responses in dairy goats and effects of some nutritional strategies for mitigation. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. 2014; 135p. Revisar
- Pinto-Santini L, Martínez N, Drescher K, Machado I, Domínguez C, Ruiz A. Relación entre balance energético, concentración de algunos metabolitos sanguíneos y expresión hipotalámica del receptor tipo uno de orexina y neuropéptido Y en vacas mestizas postparto. *Rev Fac Cienc Vet UCV*. 2011; (52): 25-37.
- Macías-Cruz U, López-Baca MA, Vicente R, Mejía A, Álvarez FD, Correa-Calderón, Meza-Herrera CA, et al. Effects of seasonal ambient heat stress (spring vs. summer) on physiological and metabolic variables in hair sheep located in an arid region. *Int J Biometeorol* 2015; 1-8.
- Romero MH, Uribe-Velásquez LF, Sánchez JA. Biomarcadores de estrés como indicadores de bienestar animal en ganado de carne. *Biosalud*. 2011; 10: 71-87.
- Delfino LJ, Souza BB, Da RM, Silva WW. Efeito do estresse calórico sobre o eritograma de ruminantes. *Agrop Científ no Semi-Árido*. 2012; 8:23-27.
- Okoruwa MI. 2014. Effect of heat stress on thermoregulatory, live body weight and physiological responses of dwarf goats in southern Nigeria. *Europ Sci J*. 10:255-264.
- Ferreira F, Campos WE, Carvalho AU, Pires MFA, Martinez ML, Silva MVGB, et al. Parâmetros clínicos, hematológicos, bioquímicos e hormonais de bovinos submetidos ao estresse calórico. *Arq Bras Med Vet Zootec*. 2009; 61:769-776.
- Pandey P, Hooda OK, Kumar S. Impact of heat stress and hypercapnia on physiological, hematological, and behavioral profile of Tharparkar and Karan Fries heifers. *Vet World*. 2017;10:1146-1155.
- Souza PT, Salles MGF, Costa ANL, Carneiros HAV, Souza LP, Rocha DR, et al. Perfil hematológico de cabras Saanen e mestiças (1/2 Saanen e 1/2 Anglo-nubiana) criadas em clima tropical do Ceará. *Pesq Vet Bras* 2015; 35:99-104.
- Griffin JFT. Stress and immunity: A unifying concept. *Vet Immunol Immunop*. 1989; 20:263-312.
- Ewel JJ, Madriz A, Tosi J. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. 2^{da} Ed. Caracas, Venezuela. Editorial Sucre; 1976.
- Valtorta SE, Gallardo MR. El estrés por calor en producción lechera. En: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Ed.). *Miscelánea* 1996; 81: 173-185.
- Littell RC, Henry RP, Ammerman CB. Statistical

- analysis of repeated measures data using SAS procedures. *J Anim Sci* 1998; 76:1216-1231.
21. Kudielka BM, Kirschbaum C. Sex differences in HPA axis responses to stress: a review. *Biol Psychol.* 2007; 69:113-132.
 22. Sejian V, Indu S, Naqvi SMK. Impact of short term exposure to different environmental temperature on the blood biochemical and endocrine responses of Malpura ewes under semi-arid tropical environment. *Indian J Anim Sci.* 2013; 83:1155-1160.
 23. Mohamad S. Effect of level of feeding and season on rectal temperature and blood metabolites in desert rams. *Acad J Nutr.* 1:14-18.
 24. Sejian V, Srivastava R. Effects of melatonin on adrenal cortical functions of Indian goats under thermal stress. *Vet Med Int.*, doi: 10.4061/2010/348919.
 25. Schalm OW, Jain NC, Carrol EJ. *Hematología Veterinaria.* 1era edición. Buenos Aires, Argentina: Editorial Hemisferio Sur SA; 1981. 857 p.
 26. Ramírez L. Los leucocitos en mamíferos domésticos. *Mundo Pecuario* 2006; 2:37-39.
 27. Lopes S, Biondo A, Santos A. *Manual de Patología Clínica Veterinaria.* Departamento de Clínica de Pequenos Animais. 3ª edición: UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, CCR – Centro de Ciências Rurais; 2007. 117 p.