

EFECTO DEL TIPO DE SOMBRA EN LA GANANCIA DE PESO, TASA RESPIRATORIA Y CONDUCTA DE NOVILLOS EN PASTOREO

J. I. Velazco^{1/} y P.J. Rovira^{1/}

INTRODUCCIÓN

Numerosos trabajos de investigación han sido realizados evaluando el estrés calórico en ganado de feedlot (Gaughan *et al* 2004, Mader *et al* 1999, 2002, 2006, Mitlöhner *et al* 2001) y/o en zonas tropicales (Brosh *et al* 1998, Beatty *et al* 2006, Gomes da Silva *et al* 2007). Sin embargo, existe poca información del efecto del estrés calórico en ganado en pastoreo en zonas templadas, como serían las condiciones productivas y climáticas en Uruguay.

Una herramienta para disminuir el riesgo de estrés calórico durante el verano es la disponibilidad de sombra en los potreros de pastoreo, ya sea natural (montes) o artificial (mallas) a través de la reducción de la radiación. Rovira (2002) encontró que novillos en terminación pastoreando sudangras durante el verano con acceso a sombra artificial registraron una ganancia diaria de peso 13% superior que novillos pastoreando el mismo verdeo pero sin acceso a sombra. Simeone y Berreta (2005) reportaron que el encierro diurno de animales en un área de confort térmico con sombra y agua durante las horas de más calor determinó una mayor ganancia diaria de peso de los animales en comparación con aquellos de pastoreo libre. Esquivel *et al* (2007) reportaron que novillos en pastoreo sin acceso a sombra registraron un mayor nivel de estrés calórico que los animales con acceso libre o restringido a sombra artificial, cuantificado a través de una mayor tasa respiratoria y un mayor probabilidad de síntomas de amontonamiento y jadeo durante el día. En ese mismo trabajo, los animales con acceso a sombra artificial no presentaron diferencias significativas en las variables tiempo de pastoreo y ganancia de peso comparado con los animales sin acceso a sombra.

El objetivo general del presente trabajo fue continuar evaluando el efecto de la utilización de sombra en los sistemas pastoriles de producción animal desde el punto de vista del desempeño productivo, tasa respiratoria y conducta animal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos del trabajo fueron:

- Caracterizar las condiciones ambientales tanto al sol como bajo diferentes tipos de sombra y su relación con el estrés calórico en animales.
- Evaluar el efecto de la sombra en el desempeño productivo de los animales.
- Evaluar el efecto del tipo de sombra y las condiciones climáticas en la tasa respiratoria de novillos en pastoreo.
- Evaluar el efecto del tipo de sombra en la conducta de novillos en pastoreo.

MATERIALES Y METODOS

Tratamientos

El trabajo se desarrolló entre el 9 de enero y 3 de marzo de 2009 (53 días) en la Unidad Experimental Palo a Pique (latitud: 33° 14' S, longitud: 54° 15' O) perteneciente a INIA Treinta y Tres en la región Este de Uruguay. Se utilizaron 30 novillos sobreaños de cruza británicas (peso inicial \pm desvío estándar: 339 \pm 25 kg.) los cuáles fueron asignados en 2 bloques según coloración predominante del pelaje (colorados, negros) y luego distribuidos al azar en 3 tratamientos de 10 animales cada uno. Los tratamientos fueron: 1) sin acceso a sombra, 2) con libre acceso a sombra artificial, y 3) con libre acceso a sombra natural. Los animales fueron individualmente identificados y tratados contra parásitos externos al inicio del trabajo. Cada

^{1/} Programa Carne y Lana, INIA Treinta y Tres

tratamiento abarcó 2 hectáreas de sudangras (*Sorghum sudanense*) las cuáles fueron subdivididas en 4 parcelas de 0,5 ha cada una, correspondiendo a una dotación general e instantánea de 5 y 20 novillos/ha, respectivamente. El sistema de pastoreo fue rotativo con cambios semanales de parcela. La sombra artificial estuvo compuesta por una malla con 80% de intersección de la radiación solar sostenida por 4 postes de madera a una distancia de 2,5 metros de la superficie del suelo. La superficie total de la malla fue de 32 m² (8 m de largo x 4 m de ancho), correspondiendo 3 m² por animal siguiendo las recomendaciones de Meat & Livestock Australia (2006). La sombra natural estuvo compuesta por un monte de *Eucalyptus spp.* de aproximadamente 5.000 m² correspondiendo 500 m² por animal. La diferencia en espacio de sombra disponible por animal comparando los tratamientos con malla y monte (3 y 500 m², respectivamente) intentó reflejar la situación más común a nivel comercial. Ambos tipos de sombra, artificial y natural, estuvieron orientadas de norte a sur y colocadas en las cercanías de la fuente de agua en un extremo de cada franja de pastoreo.

Variables climáticas

Entre el 24 de enero y el 19 de febrero (27 días) se registró cada 1 hora la temperatura del aire (T, °C) y la humedad relativa ambiente (HR, %) a través del uso de sensores externos automáticos (HOBO Pro Series Model) colocados al sol y debajo de cada tipo de sombra a una distancia de 1,5-2,0 metros de la superficie del suelo. Dichas variables no se pudieron registrar durante los 53 días del ensayo debido a fallas en algunos de los sensores utilizados. Se calculó el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) cada 1 hora para caracterizar el estrés calórico de los animales utilizando la ecuación desarrollada por Thorn (1959): $(0.8 \times T) + (HR/100) \times (T-14.4) + 46.4$. Adicionalmente, la temperatura del globo negro (TGN, °C) fue medida cada 1 hora entre las 0900 y 1600 h a través de la observación visual de un termómetro de globo negro (Novalynx Corp.) en 9 días de evaluación (12, 19 y 26 de enero; 2, 4, 13, 20 y 27 de febrero; y 5 de marzo). Los termómetros de globo negro consisten de un bulbo tradicional inserto en

una esfera hueca de cobre pintada de negro y son utilizados como indicador de la temperatura radiante. El termómetro fue colocado al sol y debajo de cada tipo de sombra a aproximadamente 1 metro de la superficie del suelo. Al mismo tiempo que se medía la TGN se registraba el grado de nubosidad en el cielo (%) por observación visual. La velocidad del viento (km/hora), radiación solar (cal/cm²/día) y heliofanía (horas de sol/día) fueron obtenidas de la Estación Meteorológica localizada en la Unidad de Paso de la Laguna (INIA Treinta y Tres), aproximadamente 20 km al Este del sitio experimental del presente trabajo. La temperatura (°C) de la vegetación expuesta al sol o debajo de cada tipo de sombra y la temperatura del agua (°C) al sol y debajo de la sombra natural fue registrada cada 1 hora entre las 0900 y 1600 horas en 9 días de evaluación (12, 19 y 26 de enero; 2, 4, 13, 20 y 27 de febrero; y 5 de marzo) utilizando un termómetro infrarrojo (MiniTemp, Raytek).

Producción Animal

Se registró el forraje disponible y rechazo a la entrada y salida de los animales en cada franja de pastoreo por tratamiento (1 metro lineal en 6 lugares determinados al azar). Previo al corte se registró la altura del verdeo haciendo un promedio de tres puntos a lo largo del metro lineal. Cada muestra se pesó verde en forma individual y luego se mezcló haciendo un pool del cual se analizó la composición por fracciones (hoja, tallo, panoja) y materia seca de la muestra. Los animales se pesaron en los días 0, 32 y 60 totalizando 3 pesadas a lo largo del periodo experimental (inicial, al final del primer pastoreo y final).

Tasa respiratoria

La tasa respiratoria (TR) fue medida en 4 novillos por tratamiento en 9 días de observación (13, 20 y 27 de enero; 3, 5, 12, 18 y 25 de febrero; y 3 de marzo) en 5 periodos (P) dentro de cada día: P1 (09:00-10:30 h), P2 (10:30-12:00 h), P3 (12:00-13:30 h), P4 (13:30-15:00 h), y P5 (15:00-16:30 h). Las mediciones siempre fueron tomadas en los mismos 4 novillos por tratamiento, correspondiendo a 2 de pelaje negro y a 2 de pelaje colorado. Durante 10 segundos se



contabilizaban los movimientos del flanco de cada animal y en base a ello se calculaba el número de respiraciones por minuto (rpm). Los 9 días de evaluación trataron de reflejar las distintas condiciones ambientales durante el desarrollo del trabajo e incluyeron días soleados, nublados, y lluviosos, entre otros factores. En 3 de los 9 días de evaluación, la posición del animal (sol, sombra) fue registrada al momento de medir TR.

Conducta animal

La conducta animal fue registrada a través de la observación visual de 4 animales por tratamiento cada 15 minutos en 6 días de evaluación (14, 21 y 28 de enero; 6 y 19 de febrero; 4 de marzo) entre las 0600 y 2100 horas. Las actividades registradas fueron: pastoreo, posición estática parada, posición estática echada, y las actividades de caminar y beber agua (cabeza sobre el bebedero). El tiempo total de cada actividad (minutos/día) fue calculado asumiendo que el animal observado en una actividad en particular mantenía dicha actividad durante los próximos 15 minutos hasta la siguiente observación (Hull *et al* 1960).

Cuadro 1. Condiciones climáticas en los distintos tratamientos.

	Sol	Sombrite	Monte
Temperatura del aire, °C	23,3 ^a ± 5,6	23,0 ^a ± 4,6	23,0 ^a ± 5,7
Humedad relativa, %	78,7 ^a ± 23,0	79,4 ^a ± 22,2	76,5 ^a ± 26,2
Indice Temperatura-Humedad	71 ^a ± 7	71 ^a ± 6	70 ^a ± 7

^a Letras diferentes en una misma fila expresan diferencias significativas ($P < 0.05$).

El valor medio de ITH estuvo dentro de la categoría "normal" en la escala utilizada por Mader *et al* (2006) para asignar el riesgo de estrés calórico en ganado vacuno (normal, ≤ 74 ; alerta, $74 < \text{THI} < 79$; peligro $79 \leq \text{THI} < 84$; y emergencia, $\text{THI} \geq 84$). Sin embargo hay que considerar la variación diaria del ITH, con un mínimo y máximo medio de 62 y 79, respectivamente. En los 27 días que se calculó el ITH, correspondiendo a un total de 648 horas, los novillos del experimento estuvieron expuestos a las categorías normal, alerta, peligro y emergencia de estrés calórico durante el 68, 21, 9 y 2% del tiempo total, respectivamente. Las categorías de peligro y emergencia son aquellas con riesgo potencial

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variabes climáticas

Temperatura, Humedad Relativa e Índice de Temperatura y Humedad

Durante el periodo que se comparó la temperatura del aire (T), la humedad relativa ambiente (HR) y el índice de temperatura y humedad (ITH) no se registraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre los diferentes tratamientos (Cuadro 1). Los valores promedios fueron de 23,1°C; 78,2% y 71, para T, HR e ITH, respectivamente. El suministro de sombra no afectó dichos parámetros. Trabajos internacionales llegan a la misma conclusión, afirmando que el principal beneficio de la sombra como estrategia de mitigación del calor es la reducción de la radiación solar incidente en el animal, pero sin afectar significativamente la temperatura del aire (Mader *et al* 1999, Gaughan *et al* 2004, Hicks 2006).

de afectar el desempeño productivo de los animales. Wiersama (2005) utilizó otra escala más exigente para categorizar el riesgo de estrés calórico en ganado lechero en zonas húmedas tropicales (sin estrés, < 72 ; estrés medio, $72 \leq \text{THI} \leq 78$; estrés severo, $79 \leq \text{THI} \leq 89$; estrés muy severo, $90 \leq \text{THI} \leq 98$; y riesgo de muerte, $\text{THI} > 98$). De acuerdo a dicha escala, en los 27 días que se calculó el ITH los novillos del experimento estuvieron sin estrés, con estrés medio, y con estrés severo un 49, 39 y 12% del tiempo, respectivamente. La categoría de estrés calórico severo puede causar pérdidas productivas irreversibles. Las condiciones de estrés severo se registraron en 14 de los

27 días evaluados, con un promedio de 5 horas consecutivas en dónde el ITH estuvo entre 79 y 89, generalmente en el periodo de 12:30 – 17:30 h.

Ciertas condiciones ambientales pueden enmascarar la efectividad del ITH como indicador de estrés calórico. Por ejemplo, una amplitud térmica elevada permite la recuperación del animal durante las horas más frescas, generalmente durante la noche, evitando el estrés calórico constante (De la Casa y Ravelo 2003, Mader *et al* 2006).

En el presente trabajo, las temperaturas extremas durante el día (06:00 – 20:00 h) y la noche (20:00 – 06:00) promediaron $31.6 \pm 4.2^{\circ}\text{C}$ y $17.6 \pm 3.2^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Adicionalmente, la radiación solar y la velocidad del viento pueden influenciar significativamente la carga calórica del animal. Si bien en el sitio experimental no se midieron dichas variables, la Estación Meteorológica de Paso de la Laguna (20 km al Este), registró promedios de 8.8 ± 3.9 km/hora (viento), 521 ± 144 cal/cm²/día (radiación) y 8.1 ± 3.8 horas/día (heliofanía) durante los 53 días del ensayo. Davis y Mader (2003) encontraron que por cada incremento de 1,7 km/hora en la velocidad del viento, el ITH debería disminuir 1 unidad, en tanto por cada 10% de incremento en la nubosidad, el ITH también debería disminuir 1 unidad.

Temperatura del Globo Negro

Para sobrellevar las limitantes del ITH como indicador del estrés calórico, se utilizó la temperatura del globo negro (TGB, ver Materiales y Métodos) que combina la influencia de la temperatura del aire, la velocidad del viento y la radiación (Gomes da Silva *et al* 2007). Durante los 9 días evaluados, la media \pm d.e. de la TGB expuesta al sol fue $35,1 \pm 7,2^{\circ}\text{C}$, variando de $27,4$ a $41,2^{\circ}\text{C}$ entre las 09.00 y 16.00 horas (Figura 1). Existió una correlación alta y negativa ($r = -0.83$) entre TGB y el grado de nubosidad ($P > 0.05$). El promedio de nubosidad en los 9 días evaluados fue de 55% entre las 09.00 y 16.00 horas, en dónde por cada 10% de incremento en la nubosidad la TGB disminuyó $1,6^{\circ}\text{C}$. El suministro de sombra disminuyó significativamente la TGB ($P < 0.05$). La reducción de TGB bajo la sombra comparado con el sol fue de $5,0$ y $9,3^{\circ}\text{C}$ a las 09:00 y 16:00 horas, respectivamente. La media \pm d.e. de TGB fue $28,3 \pm 4,6^{\circ}\text{C}$ y $27,6 \pm 4,8^{\circ}\text{C}$ bajo sombra artificial y natural, respectivamente ($P > 0.05$). Coincidentemente con nuestros resultados, Valvorta *et al* (1994) compararon la TGB bajo sombra artificial y natural en sistemas intensivos de producción de leche en Argentina y tampoco encontraron diferencias significativas.

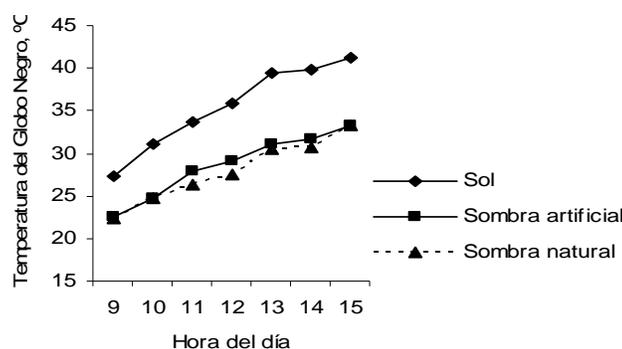


Figura 1. Evolución de la temperatura del globo negro.

Temperatura del suelo y del agua

La temperatura media \pm d.e. de la superficie del cultivo expuesto al sol, de la superficie del suelo bajo la sombra artificial (sin vegetación) y de la vegetación debajo de la sombra natural (gramilla) fue $27,4 \pm 5,3$ °C; $25,6 \pm 4,9$ °C y $23,4 \pm 4,0$ °C, respectivamente ($P < 0.05$). Debajo de la sombra artificial no había vegetación debido al continuo pisoteo y deyecciones de los animales. La temperatura a nivel de la superficie del suelo es importante porque puede afectar el grado de estrés calórico de los animales. Por ejemplo, si la temperatura del suelo en donde se echan los animales es mayor a la temperatura del cuero, en ese caso los animales incrementarían la carga calórica por el mecanismo de conducción (Silanikove 2000). Por tal motivo no es común observar animales con estrés calórico echados.

Otro factor importante a considerar es la temperatura del agua. Estudios desarrollados por Lofgreen *et al* (1975) demostraron el efecto benéfico del suministro de agua fresca (18.3°C) comparado con agua caliente

(32.2°C) a ganado vacuno con síntomas de estrés calórico.

En nuestro experimento, la superficie del agua de bebida para ganado protegida por sombra artificial presentó una temperatura significativamente menor ($P < 0.05$) que la superficie del agua sin protección solar ($21,0 \pm 3,5$ °C y $24,2 \pm 4,0$ °C, respectivamente).

Producción animal

Características del forraje

El Sudangrás (*Sorghum sudanense*) es una gramínea anual estival particularmente adecuado para el consumo directo (pastoreo) debido a su alta producción de forraje asociada a buena calidad, gran macollaje, resistencia al pisoteo y capacidad de rebrote. No se encontraron diferencias significativas en las características del verdeo (disponibilidad total y altura) durante el período experimental ($P > 0.05$) (Cuadro 2). El verdeo registró un forraje disponible de 2996.8 kg/ha MS, una altura de 89.5 cm y un rechazo promedio de 2251.8 lg/ha MS y 65.1 cm.

Cuadro 2. Características del verdeo promedio para el período experimental según tratamiento.

	Sol	Sombra artificial	Sombra natural	Prob.*
Disponible inicial				
Forraje total, kg./ha MS	3099	3111	2779	ns
Altura, cm.	93	84	92	ns
Rechazo				
Forraje total, kg./ha MS	2574	2112	2069	ns
Altura, cm.	69	63	63	ns

* $P > 0.05$, ns: diferencias estadísticamente no significativas

Cuando se analizó el verdeo por ciclo de pastoreo se registraron diferencias significativas únicamente al comparar el forraje disponible (Cuadro 3) no existiendo interacción tratamiento*ciclo de pastoreo ($P > 0.05$). La disponibilidad de forraje fue significativamente mayor durante el primer

ciclo de pastoreo comparado con el segundo ciclo del pastoreo, promediando entre los tratamientos. Ambos ciclos de pastoreo presentaron disponibilidades de forraje suficientes para cubrir el máximo consumo potencial si se consideran las disponibilidades totales (fracción hoja + fracción tallo).

Cuadro 3. Características del verdeo según ciclo de pastoreo promediando sobre tratamientos.

	Primer ciclo (9/01 al 9/02)	Segundo ciclo (10/02 al 10/03)	Probabilidad*
Disponible inicial			
Forraje total, kg./ha MS	3741 ^a	2252 ^b	0.013
Altura, cm.	86	93	ns
Rechazo			
Forraje total, kg./ha MS	2266	2238	ns
Altura, cm.	62	68	ns

* $P > 0.05$, ns: diferencias estadísticamente no significativas; letras diferentes entre columnas difieren significativamente ($P < 0.05$).

Cuando el análisis se planteó dentro de lo que sería la fracción de mayor consumo por parte del animal (hojas) la disponibilidad se expresó en kg de MS de la fracción hoja (Cuadro 4). Este análisis permitió comparar la

disponibilidad de los componentes con mejores características desde el punto de vista nutricional. No existieron diferencias significativas en la disponibilidad y rechazo de la fracción hoja entre tratamientos ($P > 0.05$).

Cuadro 4. Disponibilidad inicial y rechazo de la fracción hoja según tratamiento y ciclo de pastoreo.

	Sol	Sombra artificial	Sombra natural	Prob*
Disponible inicial, kg./ha MS				
Primer ciclo	1284	1443	1229	ns
Segundo ciclo	1058	1028	709	ns
Rechazo, kg./ha MS				
Primer ciclo	703	785	592	ns
Segundo ciclo	723	650	642	ns

* $P > 0.05$, ns: diferencias estadísticamente no significativas

Desempeño productivo de los animales

Los animales registraron ganancias de peso acordes con las expectativas durante todo el período experimental (Cuadro 5). Dichas ganancias se situaron en el entorno de las registradas en experimentos anteriores en la Unidad Experimental Palo a Pique. Una

particularidad del presente año fue el ajuste de la carga que permitió pastoreos más intensos y menos frecuentes. Así se logró capitalizar las características nutricionales del verdeo sin que este envejeciera y perdiera calidad, permitiendo mayores niveles de proteína en planta y mejores digestibilidades.

Cuadro 5. Ganancia de peso y producción de peso vivo/ha por tratamiento.

	Sol	Sombrite	Monte	Probabilidad
Peso vivo, kg				
Inicial	339.7	337.1	337.5	ns
Final	397.4	394.0	387.5	ns
Ganancia de peso, kg/a/día				
Primer ciclo de pastoreo	0.692 ^b	1.035 ^a	1.002 ^a	<0.015
Segundo ciclo de pastoreo	1.268 ^a	0.850 ^b	0.644 ^b	<0.0001
Total período experimental	0.962 ^a	0.948 ^a	0.834 ^a	ns
Producción de peso vivo, Kg/ha				
Primer ciclo de pastoreo	111	165.5	160	
Segundo ciclo de pastoreo	177.5	119	90	
Total período experimental	288.5	284.5	250	

Valores con letras diferentes entre columnas de una misma fila difieren significativamente ($P > 0.05$).

Durante el primer pastoreo se dieron las condiciones climáticas de mayor rigor (Cuadro 6) lo que determinó un peor desempeño para el tratamiento sin sombra asociado a mayores requerimientos de mantenimiento para mantener la temperatura corporal estable. Dicha diferencia fue del 32% con relación a los lotes que accedieron a sombra (sin distinción por tipo de sombra). Éste resultado

coincide con los obtenidos en 2007 en la UEPP cuando se manejaron animales con sombra restringida y con libre acceso a sombra y éstos obtuvieron ganancias diarias de peso 28% mayores que los animales sin acceso a sombra. En ambos casos (2007 y 2009) las ganancias difirieron significativamente ($P<0.05$).

Cuadro 6. Temperatura y humedad relativa media para los dos ciclos de pastoreo según tratamiento. Registros tomados entre las 11 y las 16 horas.

	Primer pastoreo (9/01 al 9/02)		Segundo pastoreo (10/02 al 10/03)	
	Humedad relativa (%)	Temperatura media (° C)	Humedad relativa (%)	Temperatura media (° C)
Sol	54	27.1	80	22.8
Sombrite	59	27.4	84	22.8
Monte	56	27.1	85	22.7

Durante el segundo ciclo de pastoreo (pastoreo del rebrote) las diferencias se invirtieron siendo el tratamiento sin acceso a sombra el que registró las mayores ganancias de peso ($P<0.05$). Ésta diferencia puede estar explicada por varios factores entre los que se encuentran la posibilidad de que haya existido una compensación en las ganancias. La ingestión y digestión del forraje ocasiona un incremento del calor metabólico producido por el animal, que junto al calor de origen ambiental (primer pastoreo), son los responsables del incremento de temperatura corporal del animal. En condiciones de estrés calórico un menor consumo de forrajes implica que el animal tiene menos calor metabólico. Dicha disminución del consumo origina una disminución en las ganancias de peso. Considerando que durante el primer pastoreo los animales pueden haber resentido su consumo producto del estrés calórico (nivel de alerta medio), es razonable pensar que en ausencia de dichas condiciones de estrés los animales compensaron la ganancia resignada.

Para el acumulado del período de evaluación las ganancias fueron altas y no difirieron

significativamente ($P>0.05$). Esto reafirma la hipótesis de una compensación en el crecimiento experimentada por el tratamiento sin sombra cuando las condiciones ambientales fueron de riesgo nulo de estrés calórico durante el segundo pastoreo (establecido a través del ITH). Adicionalmente, tanto en el primer como segundo pastoreo, no hubo un efecto significativo del tipo de sombra en la ganancia de peso ($P>0.05$).

Tasa respiratoria

Efecto de la sombra

La tasa respiratoria (**TR**) fue afectada por el tratamiento ($P<0.05$) (Cuadro 7). Animales con acceso a sombra registraron una menor TR que animales sin acceso a sombra ($P<0.05$). Desde el punto de vista metodológico, es importante resaltar que entre 70 y 80% de las observaciones de la TR en los tratamientos con sombra fueron registradas en animales descansando bajo el área de sombra, sea natural o artificial.

Cuadro 7. Tasa respiratoria (respiraciones por minuto) de novillos por tratamiento y periodo del día (media \pm d.e.)

Periodo, h	Sin sombra	Sombra artificial	Sombra natural
P1 (0900-1030)	57 ^a \pm 9	55 ^a \pm 11	55 ^a \pm 9
P2 (1030-1200)	69 ^a \pm 17	61 ^{ab} \pm 14	54 ^b \pm 10
P3 (1200-1330)	79 ^a \pm 19	73 ^a \pm 18	60 ^b \pm 10
P4 (1330-1500)	80 ^a \pm 22	69 ^{ab} \pm 18	65 ^b \pm 12
P5 (1500-1630)	86 ^a \pm 26	75 ^{ab} \pm 20	70 ^b \pm 12
Media	74^a \pm 22	67^b \pm 18	61^c \pm 12

^{ab} Letras diferentes en una misma fila expresan diferencias significativas ($P < 0.05$).

Únicamente entre las 09.00 y 10.30 h no hubo diferencias significativas en TR entre tratamientos ($P > 0.05$). La diferencia máxima en TR entre ganado con y sin sombra ocurrió entre las 15.00 y 16.30 horas (14 respiraciones por minuto, rpm). Gaughan *et al* (2004) encontraron una máxima diferencia entre las 12.00-17.00 h cuando compararon la TR de vaquillonas Angus con y sin acceso a sombra en Australia (75 y 98 rpm, respectivamente). En Estados Unidos, Eigenberg *et al* (2005) reportaron una media de 86 y 102 rpm en la TR de novillos en feedlot con y sin acceso a sombra, respectivamente.

En condiciones extensivas, similares a los sistemas de pastoreo en Uruguay, Silanikove (2000) propuso medir visualmente la TR en los animales, expresada en respiraciones por minuto (rpm), y cuantificar la severidad del estrés calórico de acuerdo a la siguiente escala: bajo (40-60 rpm), medio (60-80 rpm), alto (80-120 rpm) y severo estrés calórico (> 120 rpm). Brown-Brandl *et al* (2005, 2006) también propusieron utilizar la TR como un indicador fisiológico de estrés calórico aunque consideraron que otras características del animal (condición corporal, raza, color del cuero, historia sanitaria y temperamento) deberían ser tenidas en cuenta para identificar animales con mayor riesgo de sufrimiento de estrés calórico y mayor probabilidad de presentar pérdidas productivas. Como referencia, en nuestro experimento, las observaciones de TR que excedieron las 100 rpm correspondieron a un 34, 11 y 2% en los tratamientos sin sombra, sombra artificial y sombra natural, respectivamente.

En nuestro experimento, novillos con acceso a sombra natural presentaron una menor TR que novillos con acceso a sombra artificial (61 y 67 rpm, respectivamente) ($P < 0.05$). La diferencia máxima entre ambos tratamientos (13 rpm) ocurrió entre las 12.00 y 13.30 horas, cuando la mayoría del ganado estaba descansando bajo la sombra. Dicha diferencia pudo ser debida a la diferente temperatura del globo negro registrada bajo el monte natural y bajo la malla artificial. Adicionalmente, el amontonamiento de los animales bajo la sombra artificial puede predisponer condiciones higiénicas y sanitarias de mayor riesgo además de disminuir la circulación de aire lo que puede, en parte, diluir los efectos benéficos de la sombra en la reducción de la radiación incidente (Gaughan *et al* 2004). Las continuas deyecciones debajo de la sombra favorecen la creación de un ambiente húmedo, por lo cual en ambientes muy lluviosos se recomienda que la orientación de la sombra artificial sea norte-sur a los efectos de incrementar la luminosidad debajo de la malla (Meat & Livestock Australia, 2006).

Efecto del día de evaluación

Promediando todos los tratamientos, la TR fue afectada por el periodo del día y el día de evaluación ($P < 0.05$). La TR media \pm d.e. por periodo del día fue: 56 \pm 29 rpm (0900-1030 h), 66 \pm 35 rpm (1200-1330 h), 71 \pm 37 rpm (1330-1500 h), y 75 \pm 39 rpm (1500-1630 h). La TR se incrementó a medida que la temperatura del aire aumentó entre las 08.00 y 16.00 horas. Considerando los distintos días de evaluación, la TR fue máxima el 27 de enero y 18 de febrero (77 y 75 rpm,



respectivamente) y mínima el 3 y 5 de febrero (59 rpm en ambos días). En 3 de los 9 días en donde se registró la TR, no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P>0.05$). Dichos días registraron una menor temperatura promedio del aire entre las 06.00 y 21.00 horas (22.9°C) comparado con la temperatura en el mismo periodo en los días que hubo un efecto del tratamiento en TR (24.8°C). Coincidentemente, Eigenberg *et al* (2005) reportaron un umbral de 25°C en la temperatura del aire por encima del cual observaron efectos significativos de la sombra en la TR de novillos en feedlot.

Efecto del animal

Promediando entre los 3 tratamientos no existió un efecto del color del pelaje del cuero del animal en la TR ($P>0.05$). Únicamente existió un efecto significativo del color del pelaje en el tratamiento sin sombra ($P<0.05$). Los novillos cuyo pelaje era predominantemente colorado registraron una mayor TR que los novillos de pelaje negro (78 y 71 rpm, respectivamente). Esto contrasta con información previamente generada en INIA Treinta y Tres en donde novillos de pelaje negro habían registrado una mayor TR y temperatura externa del cuero expuestos al sol que aquellos de pelaje colorado (Rovira y Velazco 2008). Otros factores, como la pigmentación de la piel, el largo y densidad del pelo, la cantidad de glándulas sudoríparas y la variabilidad en la resistencia al calor entre

individuos, pueden explicar la diferencia en los resultados obtenidos. Por ejemplo, promediando entre los 3 tratamientos, hubo un efecto significativo ($P<0.05$) del animal en la TR, independientemente del color del pelaje. Ciertos animales presentaron una TR consistentemente más alta o baja que el promedio.

Análisis de regresión

El cuadro 8 muestra los valores comparativos de la regresión lineal de la TR en la temperatura del aire (T) y el índice de temperatura y humedad (ITH) para los diferentes tratamientos. El tratamiento de sombra natural registró la menor pendiente, es decir un menor incremento en la TR por cada unidad de incremento de T o ITH. La TR se incrementó a una tasa de 4,91 rpm por cada 1°C de incremento en T en el caso de los animales sin sombra, mientras que la TR se incrementó a 3,08 y 1,46 rpm por cada 1°C de incremento en T en los tratamientos con sombra artificial y natural, respectivamente, en todos los casos entre las 09.00 y 16.30 horas. Eigenberg *et al* (2005) reportaron una tasa similar de 4,57 y 1,57 rpm por cada 1°C de incremento en T en ganado de feedlot sin y con acceso a sombra, respectivamente. Cuando la humedad fue combinada con la temperatura para lograr el ITH, un incremento de 1 unidad en ITH significó un incremento en la TR de 3,22 rpm (sin sombra), 2,67 rpm (sombra artificial) y 0,76 rpm (sombra natural)

Cuadro 8. Análisis de regresión del efecto de la temperatura del aire (T) y el índice de temperatura y humedad (ITH) en la tasa respiratoria (respiraciones por minuto) de novillos en pastoreo con y sin sombra.

Tratamiento	Variable	Parámetro			
		Intercepto	Pendiente	R ²	Prob.
Sin sombra	T	-56.04	4.91	0.58	< 0.0001
	ITH	-166.23	3.22	0.37	< 0.0001
Sombra artificial	T	-14.54	3.08	0.37	<0.0001
	ITH	-131.86	2.67	0.41	< 0.0001
Sombra natural	T	22.60	1.46	0.20	0.0022
	ITH	4.16	0.76	0.08	0.0574

Conducta animal

En los 6 días que se evaluó la conducta animal durante las horas luz, la media \pm d.e. de la temperatura, humedad relativa e índice

de temperatura-humedad fueron 23.9 ± 4.5 °C, 79 ± 26 % y 72 ± 5 , respectivamente, entre las 06.00 y 21.00 horas. El suministro de sombra no afectó significativamente el tiempo de pastoreo ($P>0.05$) (Cuadro 9).

Promediando los 3 tratamientos, el tiempo dedicado al pastoreo fue 473 ± 79 minutos (media \pm d.e.) entre las 06.00 y 21.00 horas, representando un 53% del tiempo total de observación.

La utilización de la sombra estuvo fuertemente explicado por la temperatura del aire ($R^2=0.93$). Promediando los tratamientos con sombra, cuando la temperatura del aire estuvo por debajo de los 25 °C, los animales pasaron 95 minutos en la sombra (11% del tiempo total); mientras que cuando la temperatura estuvo por encima de 25 °C, los novillos pasaron 371 minutos debajo de la sombra (42% del tiempo total) entre las 06.00 y 21.00 horas. Esto confirma que los animales hacen un uso más intensivo de la sombra cuando realmente las condiciones climáticas así lo exigen. Los novillos con acceso a sombra natural pasaron más tiempo debajo de la misma que aquellos novillos con acceso a sombra artificial (281 y 164 minutos, respectivamente) ($P < 0.05$). En el caso de la sombra artificial, a pesar de que había suficiente espacio para todos los animales,

algunos novillos preferían quedarse al sol incluso durante las horas más calurosas. Cuando la sombra es restringida, aspectos relacionados al vínculo social entre los animales y relaciones de dominancia cobran importancia al momento de definir la utilización del espacio de sombra (Boe and Faerevik 2003). Turner (2000) recomendó que el cálculo de las necesidades de sombra en sistemas de pastoreo debería ser considerando una utilización máxima de la sombra al mismo tiempo por el 75% de los animales del rodeo.

Los novillos sin disponibilidad de sombra pasaron más tiempo alrededor del bebedero durante las horas más calurosas del día. No se encontró que dichos animales estuvieran parados en forma estática por un tiempo excesivo (16% del tiempo total de observación). Dicha conducta está asociada a animales sufriendo estrés calórico, en orden de incrementar la circulación de aire y el enfriamiento (Mitlöhner *et al* 2001, Brown-Brandl *et al* 2006).

Cuadro 9. Conducta de pastoreo (minutos) de los novillos en los diferentes tratamientos entre las 06.15 y 21.00 horas (promedio de 6 días).

	Sin sombra	Sombra artificial	Sombra natural
Pastoreo	481 ^a	453 ^a	485 ^a
Parados	145 ^{ab}	159 ^a	117 ^b
Echados	227 ^a	234 ^a	267 ^b
Caminando	31 ^{ab}	22 ^a	17 ^c
Bebiendo agua	17 ^{ab}	26 ^a	12 ^b
Uso total de la sombra	-	164 ^a	281 ^b
Parados	-	52 ^a	74 ^b
Echados	-	112 ^a	168 ^b

^{ab} Medias con diferente letra en una misma fila difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

CONCLUSIONES

- La disponibilidad de sombra mejoró significativamente el comportamiento productivo de novillos pastoreando sudangras cuando se dieron las condiciones ambientales de mayor estrés calórico.
- El tipo de sombra no afectó significativamente la ganancia de peso de novillos en pastoreo.

- El suministro de sombra a novillos en pastoreo fue una estrategia exitosa para reducir la tasa respiratoria de los animales, variable tomada como indicador de estrés calórico.
- La sombra natural (monte) fue más efectiva en la reducción de la tasa respiratoria de los animales que la sombra artificial (sombrite).



- La temperatura promedio del aire entre las 06.00 y 21.00 horas fue la variable simple mayormente relacionada con la tasa respiratoria y con el uso de la sombra. Cuando la temperatura ambiental superó los 25°C, independientemente de la humedad relativa, el efecto de la sombra fue significativo en la reducción de la tasa respiratoria y se incrementó el uso de la sombra.
- Los animales usaron más intensamente la sombra los días más calurosos. En promedio, el suministro de sombra no afectó significativamente el tiempo de pastoreo durante las horas luz.

IMPLICANCIAS

Es recomendable la disponibilidad de sombra en los sistemas pastoriles durante el verano. Acorde a los resultados obtenidos, la sombra no reduce el tiempo de pastoreo de los animales y por lo tanto, no afecta ni el consumo ni el desempeño productivo. La utilización estratégica de sombra artificial (sombrite) es una alternativa válida cuando no se cuenta con recursos naturales (montes).

AGRADECIMIENTOS

A los funcionarios de la Unidad Experimental Palo a Pique que colaboraron en el desarrollo del presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Beatty DT, Barnes A, Taylor E, Pethick D, McCarthy M and Maloney SK. 2006. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. *Journal of Animal Science* 84, 972-985.

Boe KE and Faerevik G. 2003. Grouping and social preferences in calves, heifers and cows. *Applied Animal Behaviour Science* 80, 175-190.

Brosh A, Aharoni Y, Degen AA, Wright D and Young BA. 1998. Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. *Journal of Animal Science* 76, 2671-2677.

Brown-Brandl TM, Eigenberg RA, Nienaber JA and Hahn GL. 2005. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 1: Analyses of Indicators. *Biosystems Engineering* 90, 451-462.

Brown-Brandl TM, Eigenberg RA and Nienaber JA. 2006. Heat stress risk factors of feedlot heifers. *Livestock Science* 105, 57-68.

Brown-Brandl TM, Nienaber JA, Eigenberg TA, Mader TL, Morrow JL and Dailey JW. 2006. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livestock Science* 105, 19-26.

Davis S and Mader T. 2003. Adjustments for wind speed and solar radiation to the Temperature-Humidity Index. In *Nebraska Beef Cattle Report*, pp.49-51. University of Nebraska Cooperative Extension, USA.

De la Casa A and Ravelo AC. 2003. Assessing temperature and humidity conditions for dairy cattle in Córdoba, Argentina. *International Journal of Biometeorology* 48, 6-9.

Eigenberg RA, Brown-Brandl TM, Nienaber JA, Hahn GL. 2005. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 2: Predictive Relationships. *Biosystems Engineering* 9, 111-118.

Esquivel, J.E., J.I. Velazco y P.J. Rovira. 2007. Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangras durante el verano. *Producción Animal. Unidad Experimental Palo a Pique. Actividades de Difusión* 511. pp. 22-36.

Gaughan JB, Tait LA, Eigenberg R and Bryden WL. 2004. Effect of shade on respiration rate and rectal temperature of Angus heifers. In *Animal Production in Australia. Proceedings of the 25th Biennial Conference of the Australian Society of Animal Production*, Victoria, Australia, 25, 69-72.

Gomes da Silva R, Facanha Morais DAE and Guilhermino MM. 2007. Evaluation of thermal

- stress indexes for dairy cows in tropical regions. *Revista Brasileira de Zootecnia* 4, 1192-1198.
- Hicks B. 2006. Effect of management strategies on reducing heat stress in feedlot cattle. Beef cattle research update. Oklahoma Panhandle Research & Extension Center. Oklahoma State University, USA. Retrieved March 25, 2009, from <http://oaes.pss.okstate.edu/goodwell/Publications/Animal%20Science/OSU%20Beef%20Cattle%20Research%20Update%20July%202006.pdf>
- Hull JL, Lofgreen GP and Meyer JH. 1960. Continuous versus intermittent observations behavior studies with grazing cattle. *Journal of Animal Science* 19:1204-1207
- Lofgreen GP, Givens RL, Morrison SR and Bond TE. 1975. Effect of drinking water temperature on beef cattle performance. *Journal of Animal Science* 40, 223-229.
- Mader TL, Dahlquist JM, Hahn GL and Gaughan JB. 1999. Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. *Journal of Animal Science* 77, 2065-2072.
- Mader TL, Holt SM, Hahn GL, Davis MS and Spiers DE. 2002. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 80, 2373-2382.
- Mader TL, Davis MS and Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 84, 712-719.
- Meat & Livestock Australia, MLA. 2006. Feedlot shade structures. Tips and Tools. Feedlots. MLA, North Sidney, New South Wales. Australia. Retrieved March 15, 2009, from <http://www.mla.com.au/NR/rdonlyres/D7BE7EFD-084C-4F2B-9F44-EA95C61D8D8A/0/TipsToolsFeedlotshadestructuresOct2006.pdf>
- Mitlöhner FM, Morrow JL, Dailey JW, Wilson SC, Galyean ML, Miller MF and McGlone JJ. 2001. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 79, 2327-2335.
- Mitlöhner FM, Morrow-Tesch JL, Wilson SC, Dailey JW and McGlone JJ. 2001. Behavioral sampling techniques for feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 79, 1189-1193.
- Rovira P. J. 2002. Efecto de la sombra artificial en el engorde de novillos durante los meses de verano. Jornada Anual de Producción Animal. Unidad Experimental Palo a Pique. INIA Treinta y Tres. pp.82-98.
- Rovira, P.J. y J.I. Velazco. 2008. Cuantificando el estrés calórico en vacunos en pastoreo. *Revista INIA* N° 16. pp.10-13.
- Silanikove N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* 67, 1-18.
- Simeone A. y V. Berreta. 2005. Suplementación y engorde a corral: cuándo y cómo integrarlos en el sistema ganadero. Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC). Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni". Facultad de Agronomía. Paysandú.
- Thorn EC. 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12, 57-59.
- Turner LW. 2000. Shade options for grazing cattle. In *Agricultural Engineer Update*. Cooperative Extension Service. University of Kentucky, USA. Retrieved March 18, 2009, from <http://www.bae.uky.edu/Publications/AEUs/aeu-91.pdf>
- Valvorta SE, Leva PE and Gallardo MR. 1997. Evaluation of different shades to improve dairy cattle well-being in Argentina. *International Journal of Biometeorology* 41, 65-67.