



**USO DE LA SOMBRA EN
LA RECRÍA DE NOVILLOS
EN SISTEMAS
PASTORILES DE LA
REGIÓN ESTE DEL
URUGUAY**

Octubre, 2012

SERIE
TÉCNICA

202

INIA

USO DE LA SOMBRA EN LA RECRÍA DE NOVILLOS EN SISTEMAS PASTORILES DE LA REGIÓN ESTE DEL URUGUAY

Editor: Pablo Rovira¹

¹Ing. Agr., MSc., Seguridad Alimentaria/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.

Título: USO DE LA SOMBRA EN LA RECRÍA DE NOVILLOS EN SISTEMAS PASTORILES DE LA REGIÓN ESTE DEL URUGUAY

Editor: Pablo Rovira

Serie Técnica N° 202

© 2012, INIA

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay
<http://www.inia.org.uy>

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Esta publicación no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr., MSc., PhD. Álvaro Roel - Presidente

D.M.V., Dr. José Luis Repetto Capello - Vicepresidente



D.M.V. Álvaro Bentancur

D.M.V., MSc. Pablo Zerbino



Ing. Agr. Joaquín Mangado

Ing. Agr. Pablo Gorriti



CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
<i>Marcia del Campo</i>	
II. ANTECEDENTES	3
<i>Pablo Rovira</i>	
III. CLIMA Y ESTRÉS CALÓRICO	
Evolución de las principales variables climáticas relacionadas al estrés calórico en la serie histórica 1973-2010	13
<i>Pablo Rovira y Martín Do Carmo</i>	
Evolución horaria del Índice de Temperatura-Humedad como indicador del riesgo de estrés calórico en animales	19
<i>Pablo Rovira</i>	
Cuantificación de variables climáticas y de respuesta animal asociadas al estrés calórico durante el verano	25
<i>Pablo Rovira y José Velazco</i>	
Condiciones ambientales generadas por distintos tipos de sombra para el ganado	31
<i>Pablo Rovira y José Velazco</i>	
IV. EFECTO DE LA SOMBRA EN EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO, CONDUCTA Y TASA RESPIRATORIA DE NOVILLOS EN PASTOREO	
Efecto de la disponibilidad de sombra en la ganancia de peso y conducta de novillos sobre sudangras	37
<i>Pablo Rovira</i>	
Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangras durante el verano	45
<i>José Velazco, José E. Esquivel y Pablo Rovira</i>	
Efecto del tipo de sombra en la ganancia de peso, tasa respiratoria y conducta de novillos sobre sudangras	59
<i>José Velazco y Pablo Rovira</i>	
Efecto de la sombra artificial en la recría de novillos sobre praderas durante el verano	71
<i>Pablo Rovira</i>	
V. PRINCIPALES TENDENCIAS REGISTRADAS EN LOS EXPERIMENTOS	77
<i>Pablo Rovira</i>	
VI. CONSIDERACIONES FINALES	81
<i>Pablo Rovira</i>	
VII. AGRADECIMIENTOS	83

ÍNDICE DE CUADROS

Página

ANTECEDENTES

Cuadro 1 Grados de jadeo según observación de la actividad respiratoria	7
--	---

EVOLUCIÓN HORARIA DEL ÍNDICE DE TEMPERATURA-HUMEDAD COMO INDICADOR DEL RIESGO DE ESTRÉS CALÓRICO EN ANIMALES

Cuadro 1 Riesgo de estrés calórico según evolución horaria del ITH en 4 veranos comprendidos en el periodo 2007-2011	20
---	----

CUANTIFICACIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS Y DE RESPUESTA ANIMAL ASOCIADAS AL ESTRÉS CALÓRICO DURANTE EL VERANO

Cuadro 1 Media \pm desvío estándar de los registros climáticos (promedio de 12 días de observación)	27
--	----

Cuadro 2 Media \pm desvío estándar de la tasa respiratoria y temperatura del cuero de novillos en pastoreo expuestos al sol	28
--	----

Cuadro 3 Regresión simple y correlación entre la temperatura del aire (T_a), la temperatura del globo negro (TGN), la humedad relativa (HR), el Índice de Temperatura-Humedad (ITH), y el ITH basado en globo negro (ITH_{GN}) con la tasa respiratoria y temperatura del cuero de novillos en pastoreo al sol durante el verano	29
---	----

CONDICIONES AMBIENTALES GENERADAS POR DISTINTOS TIPOS DE SOMBRA PARA EL GANADO

Cuadro 1 Media \pm desvío estándar de variables climáticas registradas por sensores automáticos al sol o bajo diferentes tipos de sombra (promedio entre las 10.00 y 18.00 horas)	33
--	----

EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE SOMBRA EN LA GANANCIA DE PESO Y CONDUCTA DE NOVILLOS SOBRE SUDANGRAS

Cuadro 1 Características y utilización del verdeo de sudangras	39
---	----

Cuadro 2 Desempeño productivo de los animales en el total del periodo	39
--	----

Cuadro 3 Condiciones climáticas durante la realización del ensayo en el verano 2001	40
--	----

Cuadro 4 Comparación de algunas variables climáticas entre el promedio de la serie histórica 1972-1999 y el verano de 2001	41
---	----

EFFECTO DEL ACCESO A SOMBRA ARTIFICIAL EN LA GANANCIA DE PESO, ESTRÉS Y CONDUCTA DE NOVILLOS PASTOREANDO SUDANGRAS DURANTE EL VERANO

Cuadro 1 Escala utilizada para cuantificar el estrés calórico en los animales	47
--	----

Cuadro 2 Escala utilizada para cuantificar el grado de jadeo de los animales	47
Cuadro 3 Registros de temperatura ambiental y humedad relativa del sensor ubicado al sol, nubosidad y cálculo del Índice de Temperatura-Humedad	48
Cuadro 4 Tiempo (en horas y porcentaje) al cual los animales estuvieron sometidos a distintos niveles de estrés calórico según ciclo de pastoreo	49
Cuadro 5 Características del verdeo durante el primer ciclo de pastoreo (04/01/07-08/02/07)	49
Cuadro 6 Características del verdeo durante el segundo ciclo de pastoreo (09/02/07-12/03/07)	50
Cuadro 7 Valor nutritivo del forraje ofrecido al animal según ciclo de pastoreo	50
Cuadro 8 Ganancia de peso y producción de peso vivo/ha por tratamiento	51
Cuadro 9 Promedio de respiraciones por minuto por hora y por tratamiento	52
Cuadro 10 Promedio de respiración por minuto por día y por tratamiento	53
Cuadro 11 Efecto de la sombra en la conducta animal (minutos) entre las 06.00 y 20.30 horas	55
EFFECTO DEL TIPO DE SOMBRA EN LA GANANCIA DE PESO, TASA RESPIRATORIA Y CONDUCTA DE NOVILLOS SOBRE SUDANGRAS	
Cuadro 1 Condiciones climáticas en los distintos tratamientos	62
Cuadro 2 Características del verdeo promedio para el período experimental según tratamiento	64
Cuadro 3 Características del verdeo según ciclo de pastoreo promediando sobre tratamientos	64
Cuadro 4 Disponibilidad inicial y rechazo de la fracción hoja	65
Cuadro 5 Ganancia de peso y producción de peso vivo/ha por tratamiento	65
Cuadro 6 Temperatura (T, °C) y humedad relativa media (HR, %) para los dos ciclos de pastoreo según tratamiento. Registros tomados entre las 11.00 y las 16.00 horas	65
Cuadro 7 Tasa respiratoria (respiraciones por minuto) de novillos por tratamiento y periodo del día (media ± d,e.)	66
Cuadro 8 Análisis de regresión del efecto de la temperatura del aire (T) y el Índice de Temperatura-Humedad (ITH) en la tasa respiratoria (respiraciones por minuto) de novillos en pastoreo con y sin sombra	68
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)	68

EFFECTO DE LA SOMBRA ARTIFICIAL EN LA RECRÍA DE NOVILLOS SOBRE PRADERAS DURANTE EL VERANO

Cuadro 1 Características y utilización de la pradera (19/12/01 - 25/02/02)	72
Cuadro 2 Registros de producción animal (19/12/01 – 25/02/02)	73
Cuadro 3 Condiciones climáticas durante la realización del ensayo	74
Cuadro 4 Comparación de algunas variables climáticas entre el promedio de la serie histórica 1972-2000 y el verano de 2001/02	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

ANTECEDENTES

Figura 1 Índice de Temperatura y Humedad ambiental (ITH) y riesgo de estrés calórico en los animales (verde: sin riesgo, amarillo: alerta, naranja: peligro, rojo: emergencia) 3

Figura 2 Índice de Temperatura y Humedad ambiental (ITH) y zonas de confort para vacas lecheras (A: sin estrés, B: estrés medio, C: estrés severo, D: estrés muy severo, E: riesgo de muerte) 4

Figura 3 Variación espacial del Índice de Temperatura-Humedad en enero para diferentes regiones de Uruguay (Serie histórica 1961-1990) 4

Figura 4 Evolución dinámica de la respuesta animal al estrés calórico 6

EVOLUCIÓN DE LAS PRINCIPALES VARIABLES CLIMÁTICAS RELACIONADAS AL ESTRÉS CALÓRICO EN LA SERIE HISTÓRICA 1973-2010

Figura 1 Evolución histórica del Índice de Temperatura-Humedad (ITH) tomando como referencia la temperatura diaria media 14

Figura 2 Evolución histórica del Índice de Temperatura-Humedad tomando como referencia la temperatura diaria máxima media (ITH_{máximo}) 15

Figura 3 Evolución mensual del Índice de Temperatura-Humedad basado en la temperatura máxima diaria (ITH_{máximo}) 15

Figura 4 Evolución histórica de la temperatura media, máxima media, mínima media y de la humedad relativa 16

Figura 5 Evolución histórica de la evaporación del tanque «A» 16

EVOLUCIÓN HORARIA DEL ÍNDICE DE TEMPERATURA-HUMEDAD COMO INDICADOR DEL RIESGO DE ESTRÉS CALÓRICO EN ANIMALES

Figura 1 Sensores automáticos para registro de la temperatura y humedad relativa del aire 20

Figura 2 Evolución horaria del ITH en el periodo comprendido entre el 5 de enero y el 12 de marzo de 2007 21

CUANTIFICACIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS Y DE RESPUESTA ANIMAL ASOCIADAS AL ESTRÉS CALÓRICO DURANTE EL VERANO

Figura 1 Termómetro de globo negro 26

Figura 2 Relación entre la tasa respiratoria de novillos en pastoreo expuestos al sol y la temperatura del aire 29

CONDICIONES AMBIENTALES GENERADAS POR DISTINTOS TIPOS DE SOMBRA PARA EL GANADO

Figura 1 Sensores automáticos de temperatura y humedad del aire colocados en los tratamientos de sombríte y monte natural 32

Figura 2 Lectura del termómetro de globo negro	32
Figura 3 Media de registros de temperatura del termómetro de globo negro al sol o bajo diferentes tipos de sombra entre las 10.00 y 18.00 horas)	33
Figura 4 Evolución de la temperatura del globo negro durante el día en los distintos tratamientos	34
Figura 5 Temperatura de la cobertura vegetal a nivel de la superficie del suelo al sol y bajo diferentes tipo de sombra entre las 10.00 y 18.00 horas)	34
EFFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE SOMBRA EN LA GANANCIA DE PESO Y CONDUCTA DE NOVILLOS SOBRE SUDANGRAS	
Figura 1 Observación de los tratamientos con y sin sombra	38
Figura 2 Ganancia individual de novillos según tratamiento y ciclo de pastoreo ..	40
Figura 3 Porcentaje de animales en actividad de pastoreo (promedio de 4 días de observación durante las horas luz del día)	42
Figura 4 Porcentaje de animales con acceso sombra descansando bajo la sombra o al sol (promedio de 4 días de observación durante las horas luz)	42
Figura 5 Actividad de pastoreo de los animales con sombra en dos días con condiciones climáticas contrastantes	43
Figura 6 Uso de la sombra en dos días con condiciones climáticas contrastantes	43
EFFECTO DEL ACCESO A SOMBRA ARTIFICIAL EN LA GANANCIA DE PESO, ESTRÉS Y CONDUCTA DE NOVILLOS PASTOREANDO SUDANGRAS DURANTE EL VERANO	
Figura 1 Animales del tratamiento con agua y sombra sin acceso al pastoreo entre las 11.00 y 16.00 horas	46
Figura 2 Relación entre la respiración y el índice de temperatura-humedad, la temperatura ambiente, la humedad relativa, y el porcentaje de nubosidad entre las 10.00 y 18.00 horas	54
Figura 3 Novillos del tratamiento sombra restringida saliendo a pastorear a las 16.00 horas	55
Figura 4 Tiempo de pastoreo según tratamiento y periodo del día	55
EFFECTO DEL TIPO DE SOMBRA EN LA GANANCIA DE PESO, TASA RESPIRATORIA Y CONDUCTA DE NOVILLOS SOBRE SUDANGRAS	
Figura 1 Estructura en el tratamiento de sombra artificial	60
Figura 2 Evolución de la temperatura del globo negro según tratamiento	63
Figura 3 Observación de las características del verdeo durante el 2º pastoreo	64

EFFECTO DE LA SOMBRA ARTIFICIAL EN LA RECRÍA DE NOVILLOS SOBRE PRADERAS DURANTE EL VERANO

Figura 1 Estructura y animales en el tratamiento con sombra 72

Figura 1 Disponibilidad total y de la fracción leguminosa en cada tratamiento por ciclo de pastoreo 73

Figura 3 Correlación entre el porcentaje de leguminosa en la pastura y la ganancia diaria de peso vivo (promediando sobre tratamientos) 74

PRINCIPALES TENDENCIAS REGISTRADAS EN LOS EXPERIMENTOS

Figura 1 Ganancia de peso de novillos en pastoreo con y sin acceso a sombra sobre distintas bases forrajeras: sudangras (2001, 2007, 2009), pradera (2002) y campo natural (2011) 77

Figura 2 Tasa respiratoria diurna de novillos con y sin acceso a sombra sobre sudangras 78

Figura 3 Tiempo de pastoreo diurno de novillos con y sin acceso a sombra sobre distintas bases forrajeras: sudangras (2007, 2009) y campo natural (2011) 79

Figura 4 Tiempo de permanencia y postura debajo de la sombra de novillos en pastoreo 80

PRÓLOGO

El Uruguay se encuentra en un momento único de la historia de la ganadería, con una demanda sostenida y con más de 100 mercados abiertos para la carne bovina nacional. En un contexto de alta demanda de tierras para la agricultura y la forestación, la ganadería deber ser más competitiva que nunca y debe mejorar la eficacia y eficiencia de producción en menos área disponible con menor potencial productivo y en un marco capaz de favorecer la conservación de los recursos naturales durante el proceso de intensificación.

Este contexto nos lleva, por una parte, directamente a acuñar el concepto de «Ganadería de Precisión», donde el proceso de intensificación necesariamente requiere de una gestión eficiente y sistemática de los recursos (suelo, planta, suplemento, animal, recursos humanos, infraestructura, operacionales, etc.), direccionamiento o re-direccionamiento de los sistemas productivos en torno a las demandas globales y específicas de los mercados (externo principalmente, donde Uruguay exporta entre 70 a 80% de lo que produce), y mejora en los conocimientos y destrezas de los recursos humanos involucrados en las cadenas de valor.

Por otro lado, con una visión sistémica de la cadena cárnica bovina del Uruguay y orientada a satisfacer la demanda, se destaca que están ocurriendo cambios a nivel de los consumidores en los mercados destino de nuestras carnes, que están determinando cambios cuanti y cualitativos en la forma de producir. Existen una serie de temáticas y factores que inciden en los cambios de actitud y motivación de los consumidores, entre los que se destacan: certificación de origen y de productos y procesos, cambio climático, impacto ambiental de los sistemas de producción sobre los recursos naturales, sanidad animal, seguridad alimentaria, calidad, consistencia, diferenciación, continuidad de la oferta del producto, salud humana, atributos culinarios, facilidad de preparación y cocción, responsabilidad social y bienestar animal. En referencia a este último tema, existe la idea errónea de que los sistemas pastoriles a cielo abierto no presentan inconvenientes desde el punto de vista del bienestar animal. Si bien nuestras condiciones de producción nos posicionan favorablemente en varios aspectos, existen amenazas reales en el mercado, asociadas a algunas de las características de nuestros sistemas productivos desde el punto de bienestar, entre otros, se destaca: a) subnutrición debida a la estacionalidad de la producción de forraje, la inadecuada relación entre la carga animal y el forraje disponible y/o a la deficiencia de ciertos minerales esenciales y elementos traza en las pasturas. Esto hace que los bajos niveles nutritivos en ciertas épocas del año provoquen pérdidas de peso y de condición corporal; b) la supervisión que existe por parte del hombre en los sistemas extensivos, no es tan frecuente como en la producción intensiva, por lo que existe un mayor riesgo de que los animales padezcan enfermedades, lesiones, muerte, etc.; c) algunas características de prácticas de manejo tradicionales (marcación, señalada, descorne, castración, esquila, etc.); d) manejo (uso de dispositivos como picanas y palos, gritos, perros, etc.) y finalmente, e) la exposición a situaciones climáticas adversas, particularmente la frecuente carencia de abrigo y sombra.

En un contexto de necesidad de aumentar la productividad ganadera y de satisfacer la demanda de los mercados en los factores mencionados se señala la baja disponibilidad de sombra para los animales en la ganadería extensiva y semi-extensiva. Este aspecto ha recibido menor dedicación relativa por parte de la investigación nacional, particularmente en el estudio de los impactos de la sombra sobre la productividad y bienestar animal en sistemas de producción ganaderos de intensificación variable.

La presente Serie Técnica aborda esta temática y resume un importante cúmulo de experimentación realizada en INIA Treinta y Tres, donde la información generada se concentra en el estudio del uso de la sombra durante el verano como estrategia para la mitigación del riesgo al estrés calórico e intensificación de la recría y engorde en sistemas ganaderos semi-extensivos del Este del Uruguay.

Esta línea de trabajo realiza aportes sustanciales e inéditos en la temática, generando información y recomendaciones técnicas de directa aplicación en los sistemas productivos ganaderos, con enfoque de Cadena y proyección nacional así como también genera nuevas interrogantes que deberán ser abordadas en el futuro cercano por la investigación nacional.

Como INIA, y en particular como integrantes del Programa Nacional de Carne y Lana, esperamos que esta información técnica generada sea de utilidad a productores, técnicos, estudiantes, industriales e investigadores, y que a su vez sirva como aporte al desarrollo de sistemas «Ganaderos de Precisión», más competitivos y que contemplen las demandas crecientes en los mercados más exigentes que la Cadena Cárnica Nacional abastece, o puede abastecer en el futuro.

Ing. Agr. PhD. Fabio Montossi

Director Programa Nacional de Carne y Lana de INIA

I. INTRODUCCIÓN

Sistemas ganaderos responsables con el bienestar animal y la ética de producción

Marcia del Campo*

El Bienestar Animal se define en términos del funcionamiento normal y satisfactorio de los sistemas biológicos (homeostasis) y está determinado por la ausencia de situaciones de estrés prolongadas o severas y por la capacidad de los animales de adaptarse al ambiente en el que se encuentran.

El Bienestar Animal no es un concepto puramente científico sino que ha surgido desde la sociedad para expresar una preocupación ética acerca del tratamiento de los animales, y se ha transformado en un importante factor de presión sobre el sector ganadero. Esa acelerada toma de conciencia de la sociedad sobre nuestra responsabilidad moral como productores de alimentos que provienen de seres vivos, no ha ocurrido por casualidad. El conocimiento científico ha evolucionado notablemente y hoy se sabe que los animales de producción son capaces de experimentar emociones y sensaciones negativas y positivas en forma similar al ser humano (dolor, miedo, estrés, frustración, aburrimiento, alegría, calor, incomodidad, hambre, sed, frío). Su aparente insensibilidad (atribuida a la no demostración), se encuentra relacionada a su menor elaboración emocional y de expresión, explicado esto último, por años de selección natural para favorecer su supervivencia.

El pensamiento occidental ha coincidido en que nuestra responsabilidad frente a los animales de producción, implica: 1) evitar sensaciones de hambre y sed por períodos prolongados, 2) prevenir y tratar las enfermedades, 3) proveerles abrigo y sombra, 4) controlar situaciones que causen malestar,

dolor y estrés, y 5) brindar a los animales la posibilidad de expresar conductas naturales o importantes para la especie.

Las respuestas de estrés de cualquier organismo animal (ser humano, vacuno, ovino) provocan una descarga hormonal en la sangre (adrenalina/noradrenalina y corticosteroides), hacen que ocurran cambios fisiológicos (mayor frecuencia respiratoria y cardíaca), se activa el sistema inmunitario (defensas) y se altera el comportamiento (disminución del consumo de alimentos, se afecta la reproducción y fertilidad). Todo eso con la finalidad de contrarrestar los efectos negativos del estrés y de adaptarse a él.

A nivel de producción, se suelen dar combinaciones de diferentes agentes estresantes tales como los físicos (frío, calor, ejercicio intenso, falta de alimento o agua, mal manejo), psicológicos (miedo, ansiedad, frustración) y sociales (mezcla de animales desconocidos, densidad excesiva, animales dominantes o conflictivos).

En muchas ocasiones y en un primer momento, las respuestas de estrés son beneficiosas porque permiten lograr la adaptación a la nueva situación. Sin embargo, si el estrés es muy severo o por períodos de tiempo muy prolongados, esas reacciones ocasionan una disminución de la productividad, provocan efectos negativos sobre diferentes órganos y mecanismos fisiológicos, así como sobre el sistema inmunitario, debilitando las defensas del organismo. Un organismo estresado es más vulnerable desde el punto de vista sanitario.

En general existe la idea errónea de que los sistemas extensivos de producción a cielo abierto no presentan inconvenientes desde el punto de vista del Bienestar Animal. Si bien dichas condiciones de producción nos posicionan favorablemente en varios aspectos, especialmente en lo que tiene que ver con la expresión de los comportamientos naturales, existen algunas amenazas reales que debemos plantearnos como desafíos a mejorar. Entre ellas se destacan, la posible subalimentación y/o subnutrición debida a la estacionalidad de la producción de forraje, la mortalidad neonatal en ovinos, las mutilaciones a edades avanzadas sin uso de mitigantes del dolor (castración, descorne, descole), el mayor riesgo de que los animales padezcan enfermedades, lesiones, muerte debido a la supervisión menos frecuente, la exposición a situaciones climáticas adversas, la frecuente carencia de abrigo y sombra y el mal manejo en general, que por motivos culturales o de «tradición», muchas veces va acompañado de agresiones innecesarias.

Las señales que estamos recibiendo nos dicen claramente que algunos de estos aspectos pueden llegar a ser una barrera de acceso a ciertos mercados, en el corto y mediano plazo. Nuestro desafío como país exportador, además de considerar el aspecto ético y revertir o eliminar algunas prácticas, es el de generar alternativas tecnológicas basadas en el conocimiento científico, para superar esas restricciones.

La problemática del estrés calórico, producto de una combinación entre temperatu-

ra y humedad ambiente, se encuentra en general algo subestimada en el Uruguay, especialmente en animales destinados a la producción de carne. Los trabajos incluidos en la presente publicación, muestran claramente que la problemática existe en el verano, a pesar de encontrarnos en una región de clima templado, y que ello afecta no solamente el bienestar de los animales, sino también su productividad. Por otra parte y considerando la creciente intensificación de los sistemas productivos, este tema adquiere una relevancia aún mayor.

La continuidad de los trabajos de investigación en este y otros temas Ético-Productivos que incluyan indicadores fisiológicos y de comportamiento, considerando interacciones entre el medio ambiente, la sanidad y la productividad, serán el camino hacia la generación de conocimientos de sólida base científica para el cuidado y manejo adecuado de los animales de producción. Nuestro desafío como investigadores en el área de producción animal es entender a los animales y su interacción con el ambiente de una manera tal, que haga posible una mayor producción de alimentos y de lana, ocasionando el mínimo estrés y sufrimiento al animal y con un importante retorno económico para el productor.

Finalmente, y con una visión holística, debemos tener también en cuenta aspectos que hacen a la cultura y tradición de los integrantes de la Cadena Cárnica y de la demanda de los mercados destino de nuestros productos.

II. ANTECEDENTES

Pablo Rovira*

1. INDICADORES AMBIENTALES DE ESTRÉS CALÓRICO EN BOVINOS

Numerosos esfuerzos se han llevado a cabo para identificar los umbrales a los que los animales comienzan a sufrir estrés térmico, de manera tal de prevenir los efectos negativos que éstos implican (Arias *et al.*, 2008). Shrode *et al.* (1960) determinaron que desde un punto de vista práctico la temperatura del aire es la principal variable climática relacionada con el estrés calórico de los animales, cuando la compararon con la radiación solar, velocidad del viento y presión ambiental. La severidad del estrés calórico depende en gran medida de la variación diaria de la temperatura ambiente. Si la temperatura en la noche es menor a 21 °C durante 3 a 6 horas, el animal tiene oportunidad suficiente para perder durante la noche el calor ganado en las horas luz previas (Igono *et al.*, 1992; Muller *et al.*, 1994a; Muller *et al.*, 1994b).

Además de la temperatura del aire, la humedad relativa es otra variable de importancia para la determinación del estrés calórico. Por tal motivo ha sido desarrollado el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) para estimar el riesgo de estrés calórico. Dicho índice se calcula a través de la ecuación desarrollada por Thorn (1959):

$$ITH = 0,8 * \text{temperatura del aire} + (\% \text{ humedad relativa} / 100) * (\text{temperatura del aire} - 14,4) + 46,4$$

En función del valor obtenido de ITH se han desarrollado diferentes escalas de cuantificación del riesgo potencial de estrés calórico en animales. En la década del 70, se desarrolló el *Livestock Weather Safety Index* (Indicador de Seguridad Climática para Ganado) como una manera práctica de categorizar el riesgo de estrés calórico en cuatro categorías: normal ($ITH \leq 74$), alerta ($74 < ITH < 79$), peligro ($79 \leq ITH < 84$) y emergencia ($ITH \geq 84$) (Mader *et al.*, 2006) (Figura 1). Puede observarse que con temperatura am-

		Humedad relativa ambiente (%)										
		50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Temperatura del aire (°C)	22	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71	72
	23	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73	73
	24	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75
	25	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77
	26	73	74	74	75	75	76	76	77	78	78	79
	27	74	75	76	76	77	77	78	79	79	80	81
	28	76	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82
	29	77	78	78	79	80	81	81	82	83	83	84
	30	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86
	31	80	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88
	32	81	82	83	83	84	85	86	87	88	89	90
	33	82	83	84	85	86	87	88	89	90	90	91
	34	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
	35	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
	36	86	87	88	89	90	91	92	94	95	96	97
	37	87	88	90	91	92	93	94	95	96	97	99
	38	89	90	91	92	93	95	96	97	98	99	100
	39	90	91	92	94	95	96	97	99	100	101	102
	40	91	92	94	95	96	98	99	100	101	103	104
	41	93	94	95	96	98	99	100	102	103	104	106
	42	94	95	97	98	99	101	102	103	105	106	108

Figura 1. Índice de Temperatura y Humedad ambiental (ITH) y riesgo de estrés calórico en los animales (verde: sin riesgo, amarillo: alerta, naranja: peligro, rojo: emergencia). Adaptado del *Livestock Weather Safety Index*.

*Ing. Agr., MSc., Seguridad Alimentaria/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.

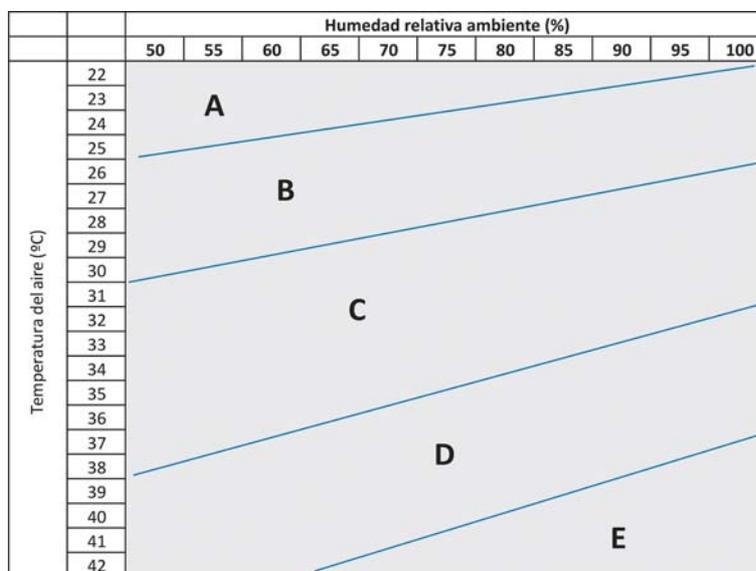


Figura 2. Índice de Temperatura y Humedad ambiental (ITH) y zonas de confort para vacas lecheras (A: sin estrés, B: estrés medio, C: estrés severo, D: estrés muy severo, E: riesgo de muerte). Adaptado de Wiersama (2005).

biente mayor a 24 °C ya pueden comenzar a manifestarse escenarios de riesgo de estrés calórico con mayor o menor severidad dependiendo de la humedad relativa ambiente.

Más recientemente, Wiersama (2005) publicó la siguiente escala para ganado lechero: en función del valor del ITH <72 sin estrés calórico, 72-78 estrés medio, 79-89 estrés severo, 89-98 estrés muy severo, >98 riesgo de muerte por estrés calórico (Figura 2).

Desde el punto de vista práctico, el ITH es una herramienta fácil de utilizar para caracterizar el ambiente de producción y el riesgo de estrés calórico. Por ejemplo, Arias y Mader (2010) en Chile, De la Casa y Ravelo (2003) en Argentina, y Cruz y Urioste (2009) en Uruguay diagnosticaron el riesgo de estrés calórico en diferentes regiones de cada país en función de los valores de ITH y, en algunos casos, estimaron el impacto en los sistemas de producción animal (Figura 3).

El valor de ITH presenta ciertas limitaciones como indicador de estrés calórico. El conocimiento de la temperatura y humedad relativa del aire son básicos para determinar el confort del animal, pero sería de gran utilidad conocer también el nivel de radiación y la velocidad del viento para obtener una esti-

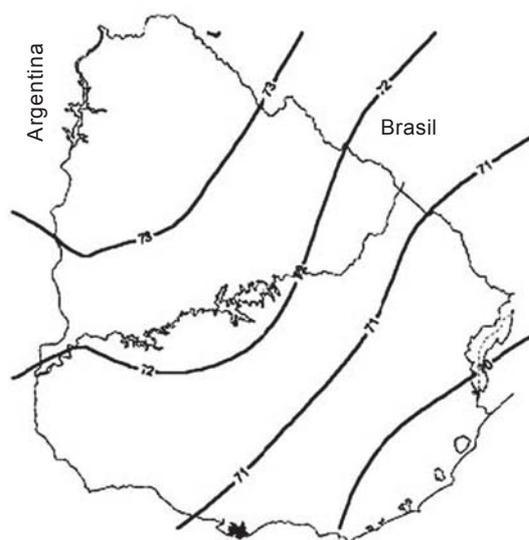


Figura 3. Variación espacial del Índice de Temperatura-Humedad en enero para diferentes regiones de Uruguay (Serie histórica 1961-1990) (Saravia y Cruz, 2009).

mación más ajustada del riesgo de estrés calórico (Mader *et al.*, 2006). Davis y Mader (2003) reportaron que el ITH debería ser reducido en 1 unidad por cada incremento de 10% en la nubosidad y/o por cada incremen-

to de 1,7 km/h en la velocidad del viento. En una evaluación de la correlación de 6 índices ambientales con indicadores fisiológicos de estrés en el animal (tasa respiratoria y temperatura rectal), Gomes da Silva *et al.* (2007) concluyeron que aquellos índices que incluyeron la velocidad del viento y/o la radiación solar fueron los que mejor se ajustaron.

Sin duda que la mejor evaluación del estrés calórico de los animales se realiza con observación directa y medición de variables de respuesta en el propio animal. La principal utilidad de los indicadores ambientales, además de su fácil interpretación, radica en que se pueden prever con antelación a través de los pronósticos del tiempo lo que brinda una ventana de acción para tomar medidas preventivas ante la inminencia de pronósticos de olas de calor o situaciones de riesgo de estrés calórico.

2. PRINCIPALES FACTORES DEL ANIMAL QUE PREDISPONEN EL ESTRÉS CALÓRICO

La diversidad genética de los animales dentro de un mismo rodeo, el nivel de producción, el estatus sanitario, la condición corporal, y el temperamento son factores que influyen en la susceptibilidad y/o adaptabilidad a condiciones de estrés calórico (Hahn 1999; Brown-Brandl *et al.*, 2006b). Brown-Brandl *et al.* (2006b) encontraron que la tasa respiratoria fue mayor en animales con mayor condición corporal (más grasa) y/o de temperamento nervioso comparados con aquellos de menor estado corporal y de temperamento calmo.

El ganado *Bos indicus* es menos susceptible al riesgo de estrés calórico que el ganado *Bos taurus* debido a una mayor capacidad de adaptación en ambientes calurosos expresada a través de cambios menos significativos en la tasa de consumo, tasa respiratoria, y/o temperatura corporal (Beatty *et al.*, 2006). En términos generales la mejor adaptación de *Bos indicus* a condiciones de estrés calórico se debe a una menor actividad metabólica y mayor capacidad de elimi-

nar calor (Hansen 2004). Más específicamente, la mayor capacidad de termorregulación de *Bos indicus* comparado con *Bos taurus* se puede atribuir a una menor resistencia de los tejidos a transferir calor metabólico hacia la superficie de la piel, a una mayor resistencia del cuero a la radiación solar, y a una mayor habilidad para incrementar y mantener pérdidas evaporativas de calor a través de la piel, entre otros factores (Finch, 1986).

Comparando la susceptibilidad de diferentes razas al estrés calórico, Brown-Brandl *et al.* (2006a) encontraron que aquellas de color de cuero oscuro son más susceptibles, expresado a través de una mayor tasa respiratoria y jadeo, comparada con aquellos animales de color de cuero claro. Superficies oscuras irradian y absorben más calor que superficies claras a una misma condición ambiental (Kadzere *et al.*, 2002). Previamente, Mader *et al.* (2001) analizando una ola de calor que azotó Nebraska (USA) en 1999 concluyeron que el ganado con color de cuero oscuro registró una probabilidad 5,7 veces mayor de morir que el resto de los animales. Dentro de razas, la selección de animales con mayor habilidad de termorregulación (característica heredable), como por ejemplo con alta tasa de sudoración y baja resistencia a la pérdida de calor, puede ser una estrategia válida para incrementar la productividad en ambientes con alto riesgo de estrés calórico (Finch, 1986).

3. DESARROLLO DEL ESTRÉS CALÓRICO EN EL ANIMAL

La respuesta animal al estrés calórico es dinámica atravesando por varias etapas (Figura 4). La primera etapa tiende a evitar la acumulación de calor, para ello el animal incrementa la vasodilatación, la tasa de sudoración y la frecuencia respiratoria. Si con eso logra evitar el incremento de la temperatura corporal, el animal mantiene sus funciones básicas de producción sin ser afectadas. En cambio, si el riesgo de estrés calórico se mantiene se puede atravesar el umbral por encima del cual ocurren pérdidas productivas significativas. Dicho umbral es variable, y como se mencionó anteriormen-

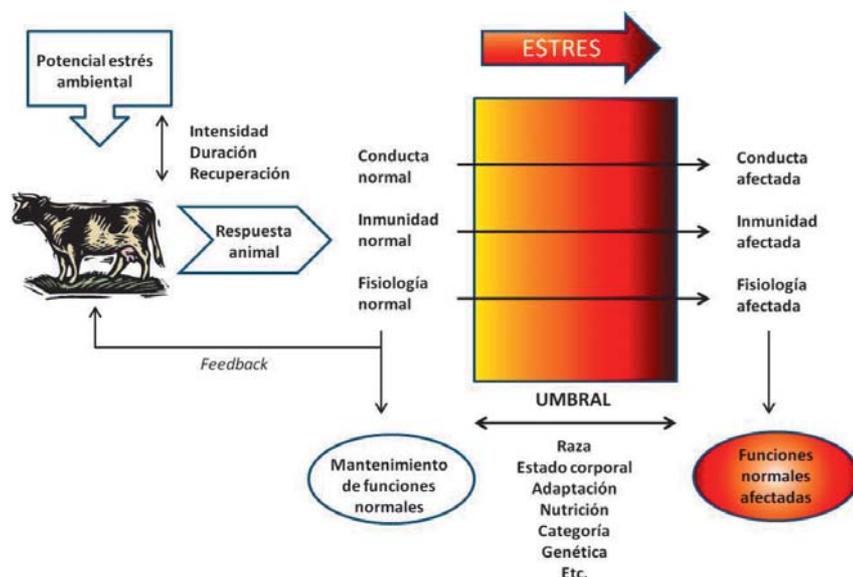


Figura 4. Evolución dinámica de la respuesta animal al estrés calórico (Adaptado de Hahn, 1998).

te, interacciona con la raza, categoría animal, estado corporal, temperamento, etc.

En situaciones extremas de estrés calórico resultan obvias las pérdidas potenciales por muerte de animales. En situaciones no tan severas, es común que las pérdidas productivas por estrés calórico pasen desapercibidas (reducción en el consumo de forraje, menor tasa de ganancia de peso, sistema inmune debilitado, etc.) pero pueden llegar a ser tan costosas como la pérdida de animales (Hahn, 1998).

La temperatura rectal y la tasa respiratoria son los principales indicadores fisiológicos de estrés calórico en los animales. Probablemente, la temperatura rectal es el mejor indicador, pero en las condiciones extensivas de los sistemas pastoriles su medición se dificulta (Silanikove, 2000). El animal debe ser trasladado y retenido en alguna instalación física para obtener el registro, situación que de por sí sola puede incrementar la temperatura interna del animal confundiendo con el incremento de temperatura corporal asociado a estrés calórico (Mitlöhner *et al.*, 2001). Como método alternativo se puede colocar un dispositivo en el cuerpo del animal (sensor) que registre automáticamente la temperatura interna del animal ya sea en el recto, vagina y/u oreja (Hahn *et al.*, 1990, Mitlöhner *et al.*, 2001).

El registro de la tasa respiratoria, a través de la observación directa de los animales, es la manera más eficaz de cuantificar el estrés calórico. Por ejemplo, Silanikove (2000) propone la escala de 40-60 respiraciones por minuto (rpm) riesgo bajo de estrés calórico, 60-80 rpm para riesgo medio, 80-120 rpm riesgo alto, > 120 rpm riesgo severo de estrés calórico. A medida que aumenta la temperatura del aire se incrementa la tasa respiratoria. Según Lemerle y Goddard (1986), la temperatura rectal y tasa respiratoria se incrementan cuando el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) excede el valor de 80 y 73, respectivamente. El incremento en la tasa respiratoria sugiere que el animal pone en marcha el proceso de disipación térmica evaporativa como compensación a la reducida eficiencia de pérdida de calor sensible, lo que le permite mantener la temperatura corporal dentro de los límites fisiológicos (Alzina-López *et al.*, 2001).

Si el estrés calórico sigue su curso y la temperatura corporal continúa incrementando el animal entra en una fase aguda que induce un jadeo intenso y máxima sudoración. Esto genera un círculo vicioso, en donde dichos mecanismos a su vez generan más calor interno al animal agravando la situación. Meat and Livestock Australia (2005) sugiere utilizar la escala de jadeo basada en la ob-

Cuadro 1. Grados de jadeo según observación de la actividad respiratoria

Grado	Jadeo
0	Ausente
1	Jadeo leve, boca cerrada, sin babeo ni espuma
2	Jadeo acelerado, babeo o espuma presente en la boca
2,5	Igual al anterior, pero con boca abierta
3	Boca abierta, babeo, nuca extendida, cabeza generalmente hacia arriba
3,5	Igual al anterior, pero con lengua hacia afuera
4	Boca abierta, lengua hacia afuera, babeo, nuca extendida, cabeza hacia arriba
4,5	Igual que el anterior, pero cabeza hacia abajo

servación de la boca y posición de la cabeza del animal (Cuadro 1). Según Bianca (1968) citado por Silanikove (2000) el riesgo de muerte se produce cuando la temperatura interna se eleva a 42-45 °C.

4. DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE SOMBRA COMO ESTRATEGIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE ESTRÉS CALÓRICO

Silanikove (2000) propone la construcción de estructuras de sombra en regiones donde la temperatura ambiente y el valor de ITH normalmente exceden el umbral de 24 °C y 70, respectivamente. La sombra protege al animal de la radiación solar reduciendo el calor proveniente de dicha radiación pero sin afectar significativamente la temperatura o humedad ambiente (Ittner y Kelly 1951; Mitlöhner, 2000). Schütz *et al.* (2009) reportaron entre 1 a 3 °C menos debajo de sombras con diferente nivel de bloqueo de la radiación solar comparado con la temperatura del aire sin protección solar.

La sombra natural generada por árboles es la alternativa más barata pero a menudo no está localizada en el lugar correcto o deseado y/o el sobrepastoreo y amontonamiento de los animales puede afectar los árboles (Turner, 2000). Como alternativa, sombras artificiales pueden ser construidas a un bajo costo. Generalmente hay dos opciones para su construcción: mallas (sombrites) y mate-

riales sólidos (chapas, planchadas), siendo estos últimos más eficientes en la protección solar y de mayor vida útil (Meat and Livestock Australia 2004). Eigenberg *et al.* (2009) compararon distintos materiales para construcción de la sombra, basados en polietileno con distinto grado de cobertura (100 y 60%) con o sin revestimiento reflectivo, y todos fueron eficientes en reducir la radiación solar y el riesgo de estrés calórico en los animales. Ittner y Kelly (1951) compararon 11 materiales distintos para sombra, y por razones prácticas recomendaron para zonas lluviosas el uso de chapas de aluminio o de hierro galvanizado colocadas sobre una capa de paja o heno.

En las estructuras construidas con mallas, la principal variación es el grado de intercepción de la radiación solar. Schütz *et al.* (2009) evaluaron mallas con tres niveles de intercepción de la luz solar (25, 50 y 99%) y concluyeron que los animales prefieren la sombra proyectada por los materiales con más de 50% de intercepción. Estos resultados coinciden con otros reportados en la literatura internacional que confirman que tanto vacas (Tucker *et al.*, 2008) como novillos (Bennett *et al.*, 1984/1985) prefieren pasar más tiempo debajo de las sombras que bloquean más radiación solar.

Cuanto más altura tenga la estructura de sombra, menor radiación incidente en el animal y mayor ventilación, mejorando el confort térmico de los animales (Ittner y Kelly, 1951). McDaniel y Roark (1956) recomiendan colocar la malla de sombra al menos 3,6 m por encima del nivel de suelo.

La orientación del eje principal de la estructura de sombra este-oeste reduce la temperatura del suelo por un mayor tiempo de la sombra proyectada debajo de la estructura, mientras que la orientación norte-sur incrementa el secado de las excretas (orina, heces) debajo de la sombra (Armstrong, 1994; Mitlöhner, 2000).

El espacio sugerido de sombra por animal varía entre 2 y 5 m² dependiendo de la categoría animal (McDaniel y Roark 1956; Turner, 2000; Meat and Livestock Australia 2004). A veces no es posible diseñar la estructura de sombra para que el 100% de los animales tengan acceso al mismo tiempo, siendo en esos casos recomendable que al menos el 75% de los animales lo puedan hacer (Turner, 2000).

5. EFECTO DE LA SOMBRA EN VARIABLES MEDIDAS SOBRE EL ANIMAL

5.1. Indicadores fisiológicos

Tanto en ganado de carne como lechero varios trabajos han reportado una reducción de la temperatura corporal en animales con acceso a sombra (Paul y Turner, 2000; Gaughan *et al.*, 2004; Kendall *et al.*, 2006). Sin embargo, otros autores no han encontrado diferencias significativas en temperatura corporal debido al efecto de la sombra (Mitlöhner *et al.*, 2001, Tucker *et al.*, 2008, Schütz *et al.*, 2010). Tanto el método de registro de la temperatura corporal como la severidad de las condiciones climáticas en cada experimento pueden explicar las diferencias entre trabajos. Berman *et al.* (1983) reportaron que el ganado es capaz de mantener la temperatura corporal estable cuando la temperatura ambiente no excede los 25-26 °C. En condiciones de estrés calórico, la variación diurna de la temperatura corporal puede llegar a ser tan alta como 3 °C (Silanikove, 2000).

Muller *et al.* (1994b) reportaron que la temperatura corporal y tasa respiratoria de vacas sin sombra fueron más altas que aquellas que se dan en vacas con acceso a som-

bra a las 11, 13 y 15 h en los días más calurosos (máxima temperatura > 25 °C), pero no hubo diferencias en los días más templados. Lee (1953), citado por Mitlöhner *et al.* (2001), brindó dos interpretaciones respecto del incremento de la tasa respiratoria en animales asociado a estrés calórico: a) el animal con mayor tasa respiratoria efectivamente está más estresado, o b) el animal con mayor tasa respiratoria es más eficiente en términos de regulación de la temperatura corporal y mantenimiento del equilibrio interno (homeostasis).

5.2. Conducta animal

En una experiencia realizada en Sudáfrica, vacas sin acceso a sombra pastorearon menos durante el día, estuvieron más tiempo alrededor del bebedero e incrementaron el tiempo que permanecían paradas comparado con la conducta de vacas con sombra, siendo todas actividades relacionadas a la reducción del estrés calórico (Muller *et al.*, 1994c). Ganado en estrés calórico tiende a incrementar el consumo de agua y a mantenerse parado en forma estática (McDaniel y Roark, 1956; Mitlöhner *et al.*, 2001) como forma de refrescarse y de incrementar la ventilación, respectivamente.

McDaniel y Roark (1956) no encontraron un efecto de la sombra en el tiempo de pastoreo entre animales con y sin acceso a la misma, y lo atribuyeron al pastoreo nocturno. Animales con disponibilidad de sombra pueden cambiar su patrón de pastoreo con una actividad más intensa durante la noche (Kendall, *et al.*, 2008) aunque la disponibilidad y calidad de la pastura ofrecida son variables claves para determinar cambios en la conducta de pastoreo (Tucker *et al.*, 2008).

Schütz *et al.* (2009) registraron en Nueva Zelanda que vacas lecheras en pastoreo utilizaron la sombra en promedio 1,8 horas por día por animal en el periodo comprendido entre las 10.00 y 17.00 horas, aunque existió una variación significativa entre días. La utilización más intensa de la sombra efectivamente se registra en los días de mayor radiación y temperatura del aire (Bennett *et al.*, 1984/1985; Tucker *et al.*, 2008; Schütz *et al.*, 2009). En una experiencia realizada por

Widowski (1999) vacas en pastoreo utilizaron la sombra un 13% del tiempo (sobre un total de 6 h de observación) cuando la temperatura del aire estuvo por debajo de 25 °C, mientras que cuando la misma estuvo por encima de 28 °C el tiempo de permanencia en la sombra fue de 28%.

La cantidad de sombra disponible por animal es otro factor que afecta la conducta de los animales. Vacas con mayor espacio de sombra (9,6 vs. 2,4 m²/animal) incrementaron el tiempo de permanencia debajo de la misma (2,9 y 1,4 h, respectivamente, en 5,8 h de observación) y tuvieron menor frecuencia de conductas agresivas (Schütz *et al.*, 2010). El momento de traslado de los animales del pastoreo hacia la estructura de sombra se realiza en forma grupal no sólo por las condiciones climáticas sino también por un efecto grupo. La conducta gregaria o de movimiento en «cluster» de los animales en pastoreo reportada por Hassoun (2002) determina que el acceso y el uso de la sombra sea de carácter competitivo.

5.3. Desempeño productivo

En ganado en pastoreo, Paul y Turner (2000) encontraron una ganancia de peso mayor en vacas, terneros y novillos con acceso a sombra comparado con aquellos sin sombra. El impacto de la sombra en la ganancia de peso sería menor en categorías jóvenes o más livianas, como terneros, ya que tienen mayor área de superficie externa por kg de peso vivo permitiendo una mayor disipación del calor comparado con categorías adultas (vacas, novillos) (McDaniel y Roark, 1956). Vandenheede *et al.* (1995) no encontraron un efecto de la sombra en la ganancia de peso en toritos a pastoreo aunque de todas maneras recomendaron su uso por el efecto benéfico en el bienestar animal. McDaniel y Roark (1956) atribuyeron la falta de efecto de sombra artificial en la ganancia de peso de vacas en pastoreo a un diseño inadecuado de la estructura de sombra.

En ganado en feedlots, vaquillonas que tenían acceso a sombra registraron un con-

sumo mayor de materia seca por día (+7,5%) y una ganancia de peso más elevada que vaquillonas sin acceso a sombra (1,600 y 1,410 kg/a/día, respectivamente) (Mitlöhner *et al.*, 2001). En una serie de trabajos realizados en tres años, Mader *et al.* (1999) encontraron resultados contradictorios respecto al efecto de la sombra en el desempeño productivo de animales en feedlot. El impacto más significativo de la sombra lo registraron cuando se adicionó una protección contra el viento y/o durante las primeras semanas de los trabajos experimentales cuando los animales aún no estaban aclimatados al verano. En este sentido, es de esperar crecimiento compensatorio en ganado que sufrió estrés calórico una vez retomadas las condiciones climáticas normales y/o una vez que el ganado se acostumbró a las altas temperaturas (Mitlöhner *et al.*, 2001). En Uruguay, Simeone *et al.* (2010, 2011) reportaron una ganancia de peso 11 y 19% mayor en terneros de destete precoz y novillos en confinamiento, respectivamente, con acceso a sombra comparado con aquellos animales sin disponibilidad de sombra.

En ganado lechero, condiciones de estrés calórico provocan un descenso en el consumo de materia seca y una merma en la producción de leche (West, 2002). Se ha determinado un valor de Índice de Temperatura-Humedad de 72 como el umbral por encima del cual se comienza a manifestar el estrés calórico en vacas lecheras (Ravagnolo y Misztal, 2002). La provisión de sombra es una estrategia que permite aumentar la producción de leche sin afectar la composición de la misma (Muller *et al.*, 1994a; Kendall *et al.*, 2006). En condiciones de clima templado, Kendall *et al.* (2006) sugirieron que el pastoreo nocturno más intenso registrado por vacas con disponibilidad de sombra durante el día puede ser una explicación al aumento de producción de leche de 3% en dicho tratamiento. En condiciones subtropicales, el incremento en producción de leche registrado asociado a la sombra es más significativo, llegando a niveles de 11-12% (Roman-Ponce *et al.*, 1977; Davison *et al.*, 1988).

6. BIBLIOGRAFÍA

- ALZINA-LÓPEZ, A.; FARFÁN-ESCALANTE, J.C.; VALENCIA-HEREDIA, E.R.; YOKOYAMA-KANO, J.** 2001. Condición ambiental y su efecto en la temperatura rectal y frecuencia respiratoria en bovinos cruzados (*Bos taurus* x *Bos indicus*) del estado de Yucatán, México. *Revista Biomédica* 12, 112-121.
- ARIAS, R.A.; MADER, T.L.; ESCOBAR, P.C.** 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria* 40, 7-22.
- ARIAS R.A.; MADER, T.L.** 2010. Determination of potential risk of heat stress of cattle in four locations of Central and Southern Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria* 42, 33-39.
- ARMSTRONG, D.V.** 1994. Nutrition and Heat Stress Symposium: Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science* 77, 2044-2050.
- BEATTY D.T.; A.; BARNES, TAYLOR, E.; PETHICK, D.; MCCARTHY, M.; MALONEY, S.K.** 2006. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. *Journal of Animal Science* 84, 972-985.
- BENNETT, I.L.; FINCH, V.A.; HOLMES, C.R.** 1984/1985. Time spent in shade and its relationship with physiological factors of thermoregulation in three breeds of cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 13, 227-236.
- BERMAN, A.; FOLKMAN, Y.; KAIM, M.; MAMEN, M.; HIERZ, Z.; WOLFENSON, D.; ARIELI, A.; GRABER, Y.** 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *Journal of Dairy Science* 68, 488-495.
- BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A.; EIGENBERG, R.A.; MADER, T.L.; MORROW, J.L.; DAILEY, J.W.** 2006A. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livestock Science* 105, 19-26.
- BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A.** 2006B. Heat stress risk factors of feedlot heifers. *Livestock Science* 105, 57-68.
- CRUZ, G.; URIOSTE, J.I.** 2009. Variabilidad temporal y espacial del Índice de Temperatura y Humedad (ITH) en zonas de producción lechera de Uruguay. *Agrociencia* 13, 37-46.
- DAVIS S.; MADER, T.** 2003. Adjustments for wind speed and solar radiation to the temperature-humidity index. *Nebraska Beef report* 49-51.
- DAVISON, T.M.; SILVER, B.A.; LISLE, A.T.; ORR, W.N.** 1988. The influence of shade on milk production of Holstein-Friesian cows in a tropical upland environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 28, 149-154.
- DE LA CASA, A.C.; RAVELO, A.C.** 2003. Assessing temperature and humidity conditions for dairy cattle in Córdoba, Argentina. *International Journal of Biometeorology* 48, 6-9.
- EIGENBERG, R.A.; BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A.** 2009. Shade material evaluation using a cattle response model and meteorological instrumentation. *International Journal of Biometeorology* 53, 501-507.
- FINCH, V.A.** 1986. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *Journal of Animal Science* 62, 531-542.
- GAUGHAN J.B.; TAIT, L.A.; EIGENBERG, R.; BRYDEN, W.L.** 2004. Effect of shade on respiration rate and rectal temperature of Angus heifers. *Animal Production in Australia* 25, 69-72.
- GOMES DA SILVA, R.; MORAIS, D.A.; GUILHERMINO, M.M.** 2007. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36, 1192-1198.
- HAHN G.L.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A.; LITTLEDIKE, E.T.** 1990. Measuring physiological responses of animals to environmental stressors using a microcomputer based portable dataloger. *Journal of Animal Science* 68, 2658-2665.
- HAHN, G.L.** 1999. Dynamic Responses of Cattle to Thermal Heat Loads. *Journal of Animal Science* 77 (Suppl. 2), 10-20.
- HANSEN, P.J.** 2004. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Animal Reproduction Science* 82-83, 349-360.

- HASSOUN, P.A.** 2002. Cattle feeding behaviour at pasture: a methodology related to on farm measurements. *Animal Research* 51, 35-41.
- IGONO, M.O.; BJOTVET, G.; SANFORD-CRANE, H.T.** 1992. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *International Journal of Biometeorology* 36, 77-87.
- ITTNER, N.R.; KELLY, C.F.** 1951. Cattle shades. *Journal of Animal Science* 10, 184-194.
- KADZERE, C.T.; MURPHY, M.R.; SILANIKOVE, N.; MALTZ, E.** 2002. Heat stress in lactating cows: a review. *Livestock Production Science* 77, 59-91.
- KENDALL, T.L.; NIELSEN, P.P.; HAHN, G.L.; VERKERK, J.B.; LITTLEJOHN, R.P.; MATTHEWS, L.R.** 2006. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science* 103, 148-157.
- LEMERLE, C.; GODDARD, M.E.** 1986. Assessment of heat stress in dairy cattle in Papua New Guinea. *Tropical Animal Health Production* 18, 232-242.
- MADER, T.L.; DAHLQUIST, J.M.; HAHN, G.L.; GAUGHAN, J.B.** 1999. Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. *Journal of Animal Science* 77:2065-2072.
- MADER, T.L.; HUNGERFORD, L.L.; NIENABER, J.A.; BUHMAN, M.J.; DAVIS, M.S.; HAHN, G.L.; CERKONEY, W.M., HOLT, S.M.** 2001. Heat stress mortality in Midwest feedlots. *Journal of Animal Science* 79 (Suppl. 2), 2.
- MADERT.L.; DAVIES, M.S.; BROWN-BRANDL, T.** 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 84, 712-719.
- MCDANIEL, A.H.; ROARK, C.B.** 1956. Performance and grazing habits of Hereford and Aberdeen-Angus cows and calves on improved pastures as related to types of shade. *Journal of Animal Science* 15, 59-63.
- MITLÖHNER, F.M.** 2000. Behavioral and environmental management of feedlot cattle. Thesis Doctor of Philosophy. Department of Animal Science, Texas Tech University.
- MITLÖHNER, F.M., MORROW, J. L.; DAILEY, J. W.; WILSON, S. C.; GALYEAN, M. L.; MILLER, M. F.; MCGLONE, J. J.** 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.
- MEAT AND LIVESTOCK AUSTRALIA.** 2004. Feedlot shade structures. *Tips & Tools. Animal Health and Welfare.*
- MEAT AND LIVESTOCK AUSTRALIA.** 2005. Wetting cattle to alleviate heat stress on ships. *Tips & Tools. Animal Health and Welfare.*
- MULLER, C.J.C.; BOTHA, J.A.B.; SMITH, W.A.** 1994A. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa. 1. Feed and water intake, milk production and milk composition. *South African Journal of Animal Science* 24, 49-55.
- MULLER, C.J.C.; BOTHA, J.A.B.; COETZER, W.A.; SMITH, W.A.** 1994B. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa. 2. Physiological responses. *South African Journal of Animal Science* 24, 56-60.
- MULLER, C.J.C.; BOTHA, J.A.B.; SMITH, W.A.** 1994A. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa. 3. Behaviour. *South African Journal of Animal Science* 24, 61-6.
- PAUL R.M.; TURNER, L.W.** 2000. Effects of shade on body temperatures and production of grazing beef cows. Kentucky Beef Cattle Research Report. College of Agriculture, University of Kentucky. pp.24-28.
- RAVAGNOLO, O.; MISZTAL, I.** 2002. Studies on genetics of heat tolerance in dairy cattle with reduced weather information via cluster analysis. *Journal of Dairy Science* 85, 1586-1589.
- ROMAN-PONCE, H.; THATCHER, W.W.; BUFFINGTON, D.E.; WILCOX, C.J.; VAN HORN, H.H.** 1977. Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. *Journal of Dairy Science* 60, 424-430.

- SCHÜTZ, K.E.; ROGERS, A.R.; COX, N.R.; TUCKER, C.B.** 2009. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behaviour, and body temperature. *Applied Animal Behaviour Science* 116, 28-34.
- SCHÜTZ, K.E.; ROGERS, A.R.; POULOUIN, Y.A.; COX, N.R.; TUCKER, C.B.** 2010. The amount of shade influences the behaviour and physiology of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 93, 125-133.
- SHRODE, R.R.; QUAZI, F.R.; RUPEL, I.W.; LEIGHTON, R.E.** 1960. Variation in rectal temperature, respiration rate, and pulse rate of cattle as related to variation in four environmental variables. *Journal of Dairy Science* 43, 1235-1244.
- SILANIKOVE N.** 2000. Effect of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* 67, 1-18.
- SIMEONE, A.; BERETTA, V.; ELIZALDE, J. C.; CORTAZZO, D.; VIERA, G.** 2010. La problemática del verano en la recría y engorde de ganado de carne en condiciones de pastoreo y de corral. En: Ganadería a pasto, feedlot e industria frigorífica: ¿Es posible una integración de tipo «ganar-ganar» en la cadena de la carne? 12ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne, Facultad de Agronomía, Paysandú. pp. 56-63.
- SIMEONE, A.; BERETTA, V.; ELIZALDE, J.; CAORSI, J.** 2011. Cuantificando la importancia de la sombra en un corral de terneros destetados precozmente. En: Alimentación a corral en sistemas ganaderos. «¿Cuándo y Cómo?». 13ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne, Facultad de Agronomía, Paysandú. pp. 14-20.
- THORN, E.C.** 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12, 57-59.
- TUCKER, C.B.; ROGERS, A.R.; SCHÜTZ, K.E.** 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science* 109, 141-154.
- TURNER, L.W.** 2000. Shade options for grazing cattle. *Agricultural Engineering Update AEU-91*. College of Agriculture, University of Kentucky.
- VANDENHEEDE, M.; NICKS, B.; SHEHI, R.; CANART, B.; DUFRASNE, I.; BISTOM, R.; LECOMTE, P.** 1995. Use of a shelter by grazing fattening bulls: effect of climatic factors. *Animal Science* 60, 81-85.
- WEST J.W.** 2002. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 86, 2131-2144.
- WIDOWSKI, T.M.** 1999. The effect of providing artificial shade on the behaviour of rotationally grazed cows and their calves. En: Ontario Beef Research Update. pp. 69-72.
- WIERSAMA, F.** 2005. Appendix 1: Temperature-Humidity Index. In: Tropical dairy farming: feeding management for the small holder dairy farmers in the humid tropics. Ed. John Moran. Landlinks Press. p275.

III. CLIMA Y ESTRÉS CALÓRICO

Evolución de las principales variables climáticas relacionadas al estrés calórico en la serie histórica 1973-2010

Pablo Rovira*
Martín Do Carmo**

RESUMEN

El objetivo fue estudiar la evolución de las principales variables climáticas relacionadas al estrés calórico en animales durante los meses de verano comprendidos en la serie histórica 1973-2010. Se utilizó la base de datos de la Estación Meteorológica de INIA ubicada en la Unidad Experimental de Paso de la Laguna (latitud 33° 14' S, longitud 54° 15' O). Se analizó la evolución de las variables de temperatura media, mínima y máxima, humedad relativa, evaporación del tanque «A» y se calculó el Índice de Temperatura-Humedad (ITH) tomando como referencia la temperatura media y máxima. La evaporación del tanque «A» (mm/verano) fue la única variable que se correlacionó positiva y significativamente con el paso de los años ($r = 0,50$) indicando condiciones climáticas más propensas al desarrollo de estrés calórico. En temperatura, humedad relativa e ITH no existió una tendencia significativa de incremento en la serie histórica analizada. El valor medio de ITH (\pm d.e.) para la serie histórica fue de 70 ± 2 cuando se tomó como referencia para el cálculo la temperatura media del aire y 82 ± 2 cuando se utilizó la temperatura máxima media. De acuerdo a la escala utilizada existen condiciones ambientales para el desarrollo de estrés calórico medio ($72 < \text{ITH} < 79$) y severo ($\text{ITH} \geq 79$) en animales. Futuros trabajos de investigación deben caracterizar la frecuencia y distribución de los días y horas con mayor riesgo de estrés calórico dentro del periodo estival.

13

1. OBJETIVOS

Estudiar la evolución de las principales variables climáticas relacionadas al estrés calórico en animales durante los meses de verano comprendidos en la serie histórica 1973-2010.

Caracterizar las condiciones climáticas del verano de acuerdo al valor del Índice de Temperatura-Humedad (ITH) y su asociación con el estrés calórico en animales.

2. HIPÓTESIS

En la zona este del país existen condiciones puntuales para el desarrollo de estrés calórico moderado en animales en pastoreo.

*Ing. Agr., MSc., Seguridad Alimentaria/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.

**Ing. Agr. Programa Nacional de Investigación Pasturas y Forrajes.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la base de datos de la Estación Meteorológica de INIA ubicada en la Unidad Experimental de Paso de la Laguna (latitud 33° 14' S, longitud 54° 15' O). Para cada día de la serie histórica se contó con los registros de temperatura media (°C), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), humedad relativa (%) y evaporación del tanque «A» (mm). Se calculó el Índice de Temperatura-Humedad (ITH) de acuerdo a la ecuación (Thorn, 1959):

$$\text{ITH} = (0,8 \times \text{temperatura media del aire}) + (\% \text{ humedad relativa}/100) \times (\text{temperatura media del aire} - 14,4) + 46,4$$

La categorización utilizada del ITH según el riesgo de estrés calórico fue la publicada por Wiersama (2005): <72 sin estrés calórico, 72-78 estrés medio, 79-89 estrés muy severo, >98 riesgo de muerte.

Adicionalmente, se calculó el ITH sustituyendo la temperatura media del aire por la temperatura máxima media (ITH_{máximo}) como indicador puntual de riesgo de estrés calórico durante las horas más calurosas del día (Arias y Mader, 2010). En este caso, además, se calculó el ITH_{máximo} para cada década (10 días) comprendida entre el 1° de diciembre y 31 de marzo de cada año, para definir el periodo de mayor riesgo de estrés calórico dentro de los meses de verano.

Para analizar estadísticamente la evolución de las variables ambientales (variable dependiente) en los veranos de la serie histórica (variable independiente) se utilizó el comando PROC REG y PROC CORR del programa estadístico de SAS. El modelo de regresión y/o la correlación fue considerado significativo cuando la probabilidad (*P*) fue menor a 0,05.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Índice de Temperatura y Humedad (ITH)

Cuando se analizó la evolución del ITH_{medio} a lo largo de la serie histórica no hubo una tendencia significativa a incrementarse (Figura 1). La media ± d.e. fue 70 ± 2 con un mínimo y máximo de 67 y 72, respectivamente. Dicho valor coincide con el obtenido por Cruz y Saravia (2008) quienes reportaron para las localidades en el este del país, al sur del Río Negro un valor medio de ITH entre 70 y 71 en los meses de enero y febrero. De acuerdo a la escala utilizada por Wiersama (2005) para categorizar el riesgo de estrés calórico según el ITH (<72 sin estrés calórico, 72-78 estrés medio, 79-89 estrés severo, >98 riesgo de muerte) en promedio no existirían condiciones para el desarrollo de estrés calórico en animales durante el verano en la región este.

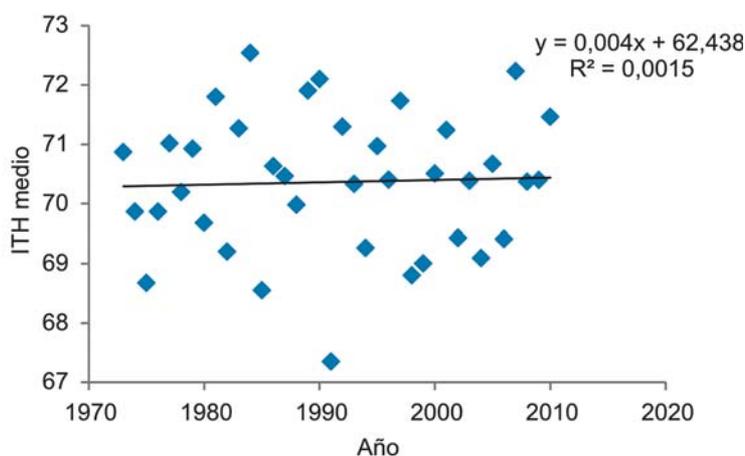


Figura 1. Evolución histórica del Índice de Temperatura-Humedad (ITH) tomando como referencia la temperatura diaria media.

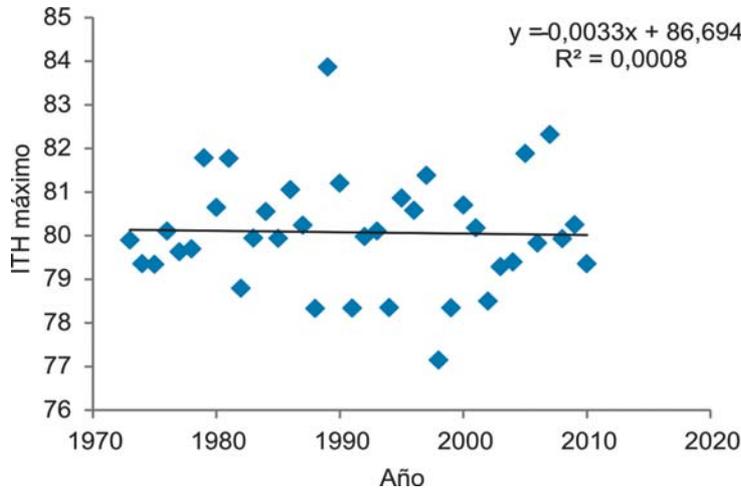


Figura 2. Evolución histórica del Índice de Temperatura-Humedad tomando como referencia la temperatura diaria máxima media (ITH_{máximo}).

Sin embargo, el riesgo de utilizar promedios es que enmascara periodos puntuales de estrés calórico dentro de un mismo día. Cuando en la ecuación de predicción de ITH se sustituyó el valor de temperatura media por la temperatura máxima media, el valor de ITH_{máximo} fue 80 ± 2 . Tampoco se encontró una tendencia a incrementar el valor de ITH_{máximo} con el paso de los años (Figura 2).

El promedio mensual de ITH_{máximo} fue 79, 82, 80 y 78 para los meses de diciembre,

enero, febrero y marzo, respectivamente (Figura 3). Más específicamente, la 1^{er} y 3^a década de enero (1-10 de enero y 21-31 de enero, respectivamente) fueron las que presentaron los valores más altos de ITH_{máximo} (=82) representando los periodos de mayor riesgo de estrés calórico para el ganado. Existe riesgo de estrés calórico severo (ITH > 79) desde finales del mes de diciembre hasta principios del mes de marzo.



Figura 3. Evolución mensual del Índice de Temperatura-Humedad basado en la temperatura máxima diaria (ITH_{máximo}). Nota: 1,2,3 en el eje x corresponde a periodos consecutivos de 10 días dentro de cada mes. Líneas verticales en cada barra indican desviación estándar de la media.

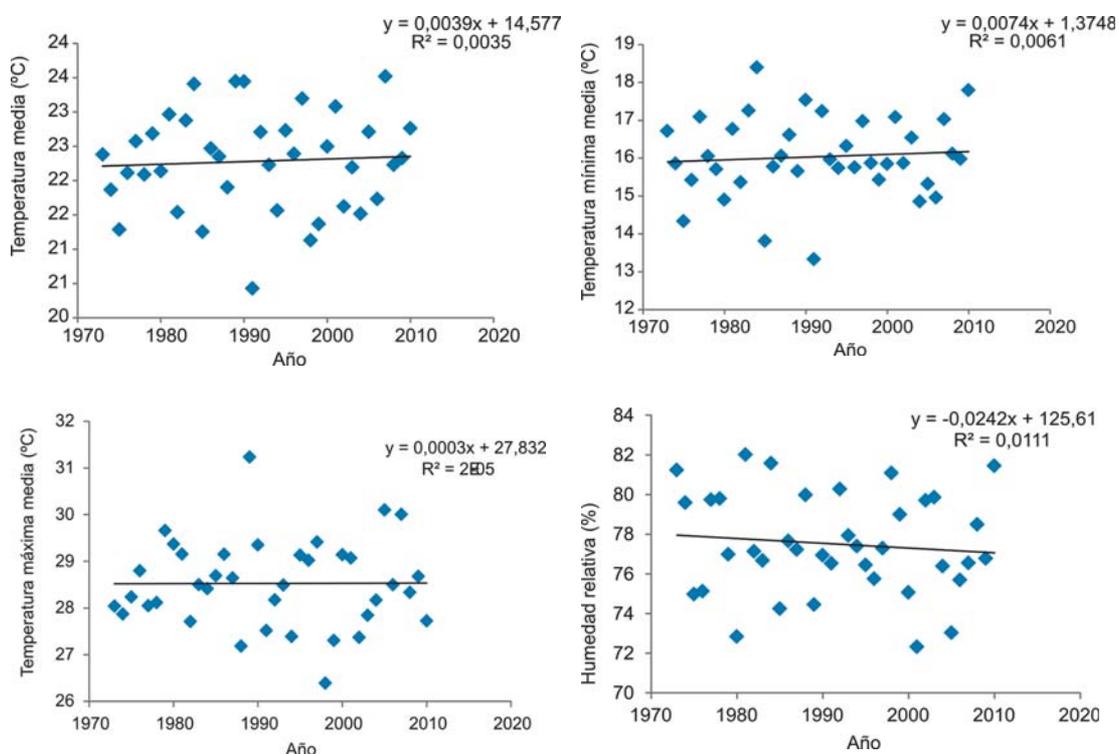


Figura 4. Evolución histórica de la temperatura media, máxima media, mínima media y de la humedad relativa.

En la Figura 4 se observa la evolución histórica para el periodo considerado de las temperaturas (media, máxima media y mínima media) y la humedad relativa.

Al igual que lo registrado para el ITH, no hubo una tendencia significativa de aumento o descenso de las variables de temperatura y humedad relativa. Como tendencia general se puede interpretar el signo del coeficiente de regresión junto a la letra x de cada ecuación.

En el caso de la temperatura fue positivo en todos los casos, indicando que año a año hay un incremento, si bien no resultó significativo ($P > 0,05$). Giménez (2006) reportó un incremento de la temperatura máxima y mínima absoluta de 4,3 y 1,9 °C, respectivamente, en el período 1930-2000 en el Uruguay.

La Figura 5 muestra la evolución de la evaporación del tanque «A» a lo largo de la serie histórica. Fue la única variable que se

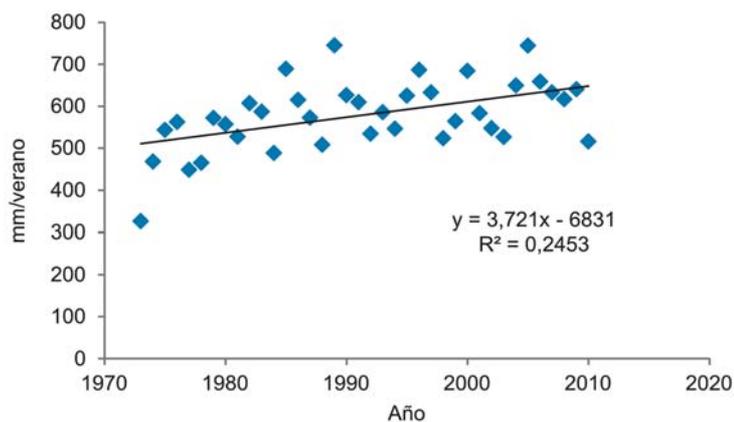


Figura 5. Evolución histórica de la evaporación del tanque «A».

correlacionó significativamente ($P < 0,05$) con el paso del tiempo ($r = 0,50$). El tanque de evaporación permite estimar los efectos combinados de la radiación solar, el viento, la temperatura del aire y la humedad relativa sobre la evaporación de una superficie de agua libre. De un modo análogo, el animal respondería a las mismas variables climáticas. Mayor evaporación implica condiciones más severas desde el punto de vista del estrés calórico. Entre todas las variables analizadas, la evaporación del tanque «A» es la única que indirectamente evidencia un incremento del riesgo de estrés calórico en los animales en el correr de la serie histórica, probablemente porque conjuga el efecto de distintas variables.

A pesar de que ITH ha sido utilizado exitosamente como indicador del riesgo de estrés calórico en animales, el ajuste de dicho índice por la velocidad del viento y la radiación solar mejora su utilidad y precisión (Davis y Mader, 2003). Ambas variables climáticas afectan la habilidad del animal de mantener el balance térmico (Brosh *et al.*, 1998; Mader, 2003). La radiación solar incrementa la carga calórica del animal mientras que cambios en la velocidad del viento afectan el enfriamiento convectivo del animal (Mader *et al.*, 2006). Un incremento de la velocidad del viento produce la remoción del aire sobre la superficie del animal reemplazando aire caliente por aire fresco (Mader *et al.*, 2006).

5. CONCLUSIONES

Si bien el valor promedio de ITH para la totalidad del verano no representa riesgo de estrés calórico, existen condiciones climáticas puntuales desde fines de diciembre hasta principios de marzo favorables para el desarrollo de estrés calórico medio y severo durante las horas luz del día.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ARIAS R.A.; MADER, T.L.** 2010. Determination of potential risk of heat stress of cattle in four locations of Central and Southern Chile. *Archivos de Medicina Veterinaria* 42, 33-39.
- BROSH, A.; AHARONI, Y.; DEGEN, A. A.; WRIGHT, D.; YOUNG, B.** 1998. Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. *Journal Animal Science* 76:2671-2677.
- CRUZ, G.; SARAVIA, C.** 2008. Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. *Agrociencia* 12:56-60.
- DAVIS, S.; MADER, T.** 2003. Adjustments for wind speed and solar radiation to the temperature-humidity index. *Nebraska Beef Report*, 49-50.
- GIMÉNEZ, A.** 2006. Climate Change and Variability in the Mixed Crop/Livestock Production Systems of the Argentinean, Brazilian and Uruguayan Pampas. The International START Secretariat, Washington DC, USA. 70p.
- MADER, T. L.** 2003. Environmental stress in confined beef cattle. *Journal Animal Science* 81 (E. Suppl.): E110-E119.
- MADER, T.L.; DAVIS, M.S.; BROWN-BRANDL, T.** 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal Animal Science* 84:712-719.
- HORN, E.C.** 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12, 57-59.
- WIERSAMA, F.** 2005. Temperature-Humidity Index. In: *Tropical dairy farming: feeding management for the small holder dairy farmers in the humid tropics*. Ed. John Moran. Landlink Press, Australia. p 275.

Evolución horaria del Índice de Temperatura-Humedad como indicador del riesgo de estrés calórico en animales

Pablo Rovira*

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue realizar un seguimiento de la evolución del Índice de Temperatura-Humedad (ITH) durante los meses de verano para caracterizar el riesgo de estrés calórico. Durante cuatro veranos en el periodo 2007-2011 se registró en forma horaria la temperatura del aire y humedad relativa mediante el uso de sensores externos automáticos para luego calcular en forma horaria el ITH a través de la ecuación: $(0,8 \times \text{temperatura media del aire}) + (\% \text{ humedad relativa}/100) \times (\text{temperatura media del aire} - 14,4) + 46,4$. Para cada verano se categorizó el valor de ITH por hora según el riesgo de estrés calórico. En promedio para los cuatro veranos evaluados, un 39% y un 10% del tiempo, las condiciones ambientales fueron favorables para el desarrollo de estrés calórico medio ($72 < \text{ITH} < 79$) y severo ($\text{ITH} \geq 79$), respectivamente. Tomando como referencia el verano de 2007 se graficó en forma horaria la evolución del ITH durante el periodo comprendido entre el 4 de enero y 12 de marzo. Se registraron seis eventos climáticos u «olas de calor», definido como al menos cuatro días seguidos con al menos 2 horas/día con $\text{ITH} \geq 79$ (estrés calórico severo). En dichos días incluso durante la noche y madrugada se registran condiciones climáticas para el desarrollo de estrés calórico medio ($72 < \text{ITH} < 79$) afectando la normal recuperación del animal. La frecuencia de aparición de dichos eventos de calor en cada verano en particular es lo que determina la magnitud de las pérdidas productivas asociadas al estrés calórico.

1. OBJETIVOS

Determinar el porcentaje del tiempo durante los meses de verano en que animales en pastoreo están sometidos a condiciones ambientales con riesgo de estrés calórico medio y severo.

Estudiar la evolución horaria del Índice de Temperatura-Humedad (ITH) entre días y en un mismo día identificando la frecuencia y distribución de los días y horas con riesgo de estrés calórico severo.

2. HIPÓTESIS

Existen condiciones ambientales de estrés calórico en animales en pastoreo en la región este del país. La evolución horaria del ITH determina que dichas condiciones

sean de corta a media duración brindando la posibilidad al animal de recuperarse en el corto plazo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Durante cuatro veranos en el periodo 2007-2011 se registró en forma horaria la temperatura del aire y humedad relativa mediante el uso de sensores externos automáticos (Hobo Pro Series Model) (Figura 1). Con dichos registros se calculó en forma horaria el Índice de Temperatura-Humedad (ITH) a través de la ecuación desarrollada por Thorn (1959):

$\text{TH} = (0,8 \times \text{temperatura media del aire}) + (\% \text{ humedad relativa}/100) \times (\text{temperatura media del aire} - 14,4) + 46,4$

*Ing. Agr., MSc., Seguridad Alimentaria/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.



Figura 1. Sensores automáticos para registro de la temperatura y humedad relativa del aire.

De esta manera se obtuvieron 24 registros de ITH por día durante periodos que variaron de 67 días (verano 2007) hasta 83 días (verano 2010/11). Para cada verano se categorizó el valor de ITH por hora según el riesgo de estrés calórico de acuerdo a la escala publicada por Wiersama (2005): <72 sin estrés calórico, 72-78 estrés medio, 79-89 estrés severo, >98 riesgo de muerte. En función del número de horas en cada categoría se determinó el porcentaje del tiempo con riesgo de estrés calórico.

En una segunda etapa se tomó como referencia el verano de 2007 considerado promedio desde el punto de vista del riesgo de estrés calórico de acuerdo a los registros obtenidos. Se graficó en forma horaria la evolución del ITH durante el periodo comprendido entre el 4 de enero y 12 de marzo con el objetivo de (i) visualizar la evolución horaria del ITH y (ii) determinar la distribución y fre-

cuencia de los días y horas con riesgo de estrés calórico severo ($ITH \geq 79$). Se definió como evento climático «ola de calor» al menos cuatro días seguidos con por lo menos 2 horas/día con registros de $ITH \geq 79$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Categorización del riesgo de estrés calórico en el periodo 2007-2011

En promedio, en los 4 veranos evaluados el porcentaje del tiempo con riesgo de estrés calórico nulo, medio y severo fue de 51%, 39% y 10%, respectivamente (Cuadro 1). En términos generales, durante la mitad del tiempo en verano existen condiciones de estrés calórico en animales en pastoreo, aunque dicho valor no brinda información sobre la

Cuadro 1. Riesgo de estrés calórico según evolución horaria del ITH en cuatro veranos comprendidos en el periodo 2007-2011

Verano	Periodo	Días	Riesgo de estrés calórico (% del tiempo) ¹		
			Nulo	Medio	Severo
2007	4 ene – 12 mar	67	51	36	13
2008	11 ene – 26 mar	74	57	30	13
2008/09	23 dic – 16 mar	83	45	47	8
2010/11	15 dic – 8 mar	83	52	42	6

¹Riesgo nulo $ITH < 72$; riesgo medio $72 \leq ITH \leq 78$; riesgo severo $ITH \geq 79$.

distribución y frecuencia de los días y horas de mayor riesgo así como de la eventualidad de «olas de calor».

En las categorías de riesgo de estrés calórico medio y severo existe probabilidad de afectar la respuesta en producción animal dependiendo de la intensidad y duración de las condiciones estresantes. Para estimar las pérdidas productivas en sistemas lecheros, Arias y Mader (2010) utilizaron la ecuación reportada por De la Casa y Ravelo (2003), en donde la producción de leche (litros/día/vaca) = $40,51 - 0,2524 \cdot \text{ITH}$.

4.2. Evolución horaria del Índice de Temperatura-Humedad en el verano 2007

Para estudiar la evolución dinámica del ITH se tomó como referencia el verano del 2007 el cual presentó una proporción alta del

tiempo con riesgo de estrés calórico alto (13%). En la Figura 2 se observa la evolución horaria del ITH para cada día del periodo comprendido entre el 5 de enero y el 12 de marzo de 2007. Cada celda representa 1 hora y aquellas coloreadas de amarillo o rojo significan condiciones ambientales de estrés calórico medio o alto, respectivamente.

Desde el punto de vista del riesgo de estrés calórico severo (celdas en rojo), que es el de mayor probabilidad de afectar significativamente la producción, existieron 6 eventos climáticos definidos como «olas de calor» bien diferenciados cada uno compuesto por 4-5 días en donde se registraron horas del día con un $\text{ITH} \geq 79$. Por ejemplo, la primera «ola de calor» fue entre el 9 y 13 de enero en el horario comprendido entre las 11 y 19 horas. La segunda ola de riesgo de estrés calórico alto fue la más severa y estuvo comprendida entre las 10 y 20 horas de

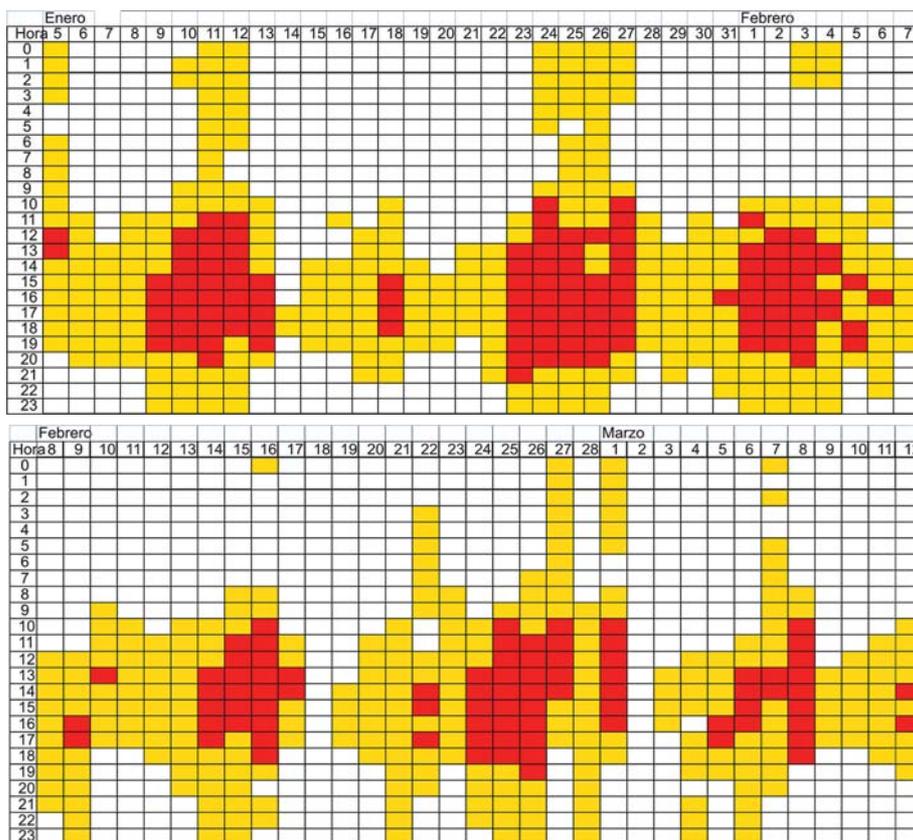


Figura 2. Evolución horaria del ITH en el periodo comprendido entre el 5 de enero y el 12 de marzo de 2007. Cada celda corresponde a 1 hora. Coloración: sin color (riesgo de estrés calórico nulo), amarillo (riesgo medio), rojo (riesgo severo).

los días 23, 24, 25, 26 y 27 de enero de 2007. Como referencia a situaciones extremas de olas de calor, para ganado *Bos taurus* en feedlot se ha definido que cuando durante tres o más días consecutivos se registran valores de $ITH \geq 85$ durante al menos 15 horas/día existe riesgo real de muerte de animales (Hahn *et al.*, 1999).

En dichos periodos de «ola de calor» incluso durante las horas de la noche y madrugada se registraron condiciones de estrés calórico medio (celdas en amarillo) lo que afecta la normal recuperación desde el punto de vista del equilibrio térmico y conducta de pastoreo del animal. Por ejemplo, entre el 24 y 27 de enero prácticamente todas las horas transcurridas tuvieron riesgo de estrés calórico medio o alto. En esas condiciones el animal comienza a acumular calor día a día y se ve imposibilitado de liberarlo ya que las condiciones ambientales se mantienen calurosas.

Dentro de los días categorizados con riesgo de estrés calórico medio en algunas de sus celdas (color amarillo), exceptuando los días comprendidos en las «olas de calor», la situación más común es que dicho riesgo se registre desde media mañana (09.00-10.00 h) hasta la noche (21.00-00.00 h). Luego durante la noche y la madrugada la situación es de ausencia de riesgo de estrés calórico ($ITH < 72$) por lo cual cualquier exceso de calor acumulado durante el día se libera durante las horas más frescas.

Considerando a enero como el mes más caluroso, en los 27 días que se llevaron registros, el número de horas promedio por día con riesgo de estrés calórico ($ITH \geq 72$) fue de 13 horas. Coincide con lo reportado por Valtorta *et al.* (1996) para la región lechera en Santa Fe en Argentina quienes también reportaron un promedio de 13 horas/día en enero con $ITH \geq 72$. Los mismos autores, tomando como referencia un escenario de cambio climático, auguran un incremento a 17 horas/día con riesgo de estrés calórico para el 2025.

El mismo análisis de evolución horaria del ITH se realizó para el verano 2010/11 en donde la proporción de tiempo con riesgo de estrés calórico fue más baja (6%) de acuer-

do al Cuadro 1. En el periodo considerado entre el 15 de diciembre de 2010 y el 8 de marzo de 2011 se registraron 4 «olas de calor» con riesgo de estrés calórico alto comprendido entre principios de enero y mediados de febrero. La frecuencia de aparición de dichos eventos de calor en cada verano en particular es lo que determina la magnitud de las pérdidas productivas asociadas al estrés calórico.

5. CONCLUSIONES

Aproximadamente un 50% del tiempo en el verano los animales están expuestos a condiciones ambientales con riesgo de estrés calórico en la región este del país.

En la mayoría de los días del verano, las horas de la madrugada y temprano en la mañana no representan riesgo de estrés calórico permitiendo la recuperación de los animales en caso de haber sufrido estrés calórico durante el día previo.

Los días que registran horas con riesgo de estrés calórico severo ($ITH \geq 79$) generalmente se agrupan en eventos climáticos u «olas de calor» que ocurren durante 4-5 días seguidos en donde incluso durante la madrugada existen condiciones de riesgo de estrés calórico medio.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ARIAS, R.A.; MADER, T.L.** 2010. Determination of potential risk of heat stress of cattle in four locations of Central and Southern Chile. Archivos de Medicina Veterinaria 42, 33-39.
- DE LA CASA, A.C.; RAVELO, A.C.** 2003. Assessing temperature and humidity conditions for dairy cattle in Córdoba, Argentina. International Journal of Biometeorology 48:6-9.
- HAHN, G.L.; MADER, T.L.; GAUGHAN, J.B.; HU, Q.; NIENABER, J.A.** 2000. Heat waves and their impacts on feedlot cattle. In: de Dear, R.J.; Kalma, J.D.; Oke, T.R.; Auliciems, A. (eds.) Biometeorology and Urban Climatology at the turn of the millennium: Selected papers from the Conference ICB-ICUC'99 (Sydney, 8-12

November 1999). WMO/TD-N° 1026. WMO, Geneva. pp 353-357. Consultado en: <http://animalsciences.missouri.edu/research/bec/Brody%20Lecture%20-%20Valtora.pdf>

THORN, E.C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12, 57-59.

VALTORTA, S.E.; LEVA, P.E.; FORNASERO, L.V.; BARDIN, J. 1996A. Horas de estrés para el ganado de origen europeo en la República Argentina: Situación actual e

impacto del cambio climático global. *Anais do 1° Congresso Brasileiro de Biometeorologia*: 275 - 285. Consultado en: <http://animalsciences.missouri.edu/research/bec/Brody%20Lecture%20-%20Valtora.pdf>

WIERSAMA, F. 2005. Temperature-Humidity Index. In: *Tropical dairy farming: feeding management for the small holder dairy farmers in the humid tropics*. Ed. John Moran. Landlink Press, Australia. p275.

Cuantificación de variables climáticas y de respuesta animal asociadas al estrés calórico durante el verano

Pablo Rovira*
José Velazco**

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue analizar el efecto de variables climáticas en la tasa respiratoria y temperatura del cuero en novillos en pastoreo sin acceso a sombra. La temperatura del aire, humedad relativa y temperatura del globo negro se registró en 12 días seleccionados al azar entre el 15 de enero y 14 de marzo de 2008 en cuatro momentos del día (10.00, 12.00, 14.00 y 16.00 h). Se calculó el Índice de Temperatura-Humedad (ITH) para cuantificar el riesgo de estrés calórico. En los animales se registró tasa respiratoria y temperatura superficial del cuero en los mismos días que se registraron las variables climáticas. La temperatura del aire y humedad relativa fueron diferentes a las 10.00 h (22,7 °C y 83%, respectivamente) comparado con el promedio entre las 12.00 y 16.00 h (26,7 °C y 65%, respectivamente). El ITH promedio fue 76 entre las 12.00 y 16.00 h estando dentro del rango de estrés calórico medio en animales. En forma similar a la evolución de las variables climáticas, la tasa respiratoria y temperatura del cuero fueron mínimas a las 10.00 h (48 resp/min y 32,5 °C, respectivamente) y máximas a las 14.00 h (84 resp/min y 36,4 °C, respectivamente). Los novillos incrementaron la tasa respiratoria significativamente por encima de 70 resp/min luego de las 12.00 h cuando la temperatura del aire y el ITH superaron los registros de 26,0 °C y 75, respectivamente. La temperatura del globo negro fue la variable ambiental individual que mejor explicó la variación en la tasa respiratoria y en la temperatura del cuero de los animales.

25

1. OBJETIVOS

Determinar la relación entre variables climáticas y de respuesta fisiológica de bovinos en pastoreo sin acceso a sombra durante el verano.

2. HIPÓTESIS

En la región este del país existen condiciones de estrés calórico en animales en pastoreo durante el verano de acuerdo a los registros climáticos y a indicadores de respuesta animal (tasa respiratoria, temperatura superficial).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló entre el 15 de enero y el 14 de marzo de 2008 en la Unidad Experimental Palo a Pique de INIA Treinta y Tres (latitud: 33° 14' S, longitud: 54° 15' O). La temperatura del aire y la humedad relativa se registró utilizando un sensor externo automático (Hobo Pro Series Model) en cuatro momentos del día (10.00, 12.00, 14.00 y 16.00 h) en 12 días seleccionados al azar. Se calculó el Índice de Temperatura-Humedad (ITH) para el cálculo del riesgo de estrés calórico de acuerdo a la ecuación: $ITH = 0,8 * \text{temperatura del aire} + (\% \text{ humedad})$

*Ing. Agr., MSc., Seguridad Alimentaria/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.

**Ing. Agr., Nutrición/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.



Figura 1. Termómetro de globo negro.

relativa/100)*(temperatura del aire -14,4) + 46,4 (Thorn, 1959). La categorización utilizada del ITH fue la publicada por Wiersama (2005) en función del valor del ITH: <72 sin estrés calórico, 72-78 estrés medio, 79-89 estrés severo, >98 riesgo de muerte por estrés calórico.

La temperatura del globo negro fue medida a través de observación visual de un termómetro de globo negro (Novalynx Corp.) a las 10.00, 12.00, 14.00 y 16.00 h. Dicho termómetro consiste en un termómetro convencional cuyo bulbo está inserto en una esfera negra y el registro es indicador de la temperatura radiante (concepto similar a lo que puede ser la sensación térmica) (Figura 1). Adicionalmente, se calculó el ITH utilizando el valor de temperatura del globo negro en sustitución de la temperatura del aire.

Para el registro de las variables en los animales se utilizaron 14 novillos sobreaño cruce Hereford x Aberdeen Angus (15 meses de edad, 310 kg de peso vivo) pastoreando un verdeo de sudangras en forma rotativa en tres parcelas con acceso permanente al agua de bebida. Los animales no tenían acceso a sombra.

Se registró la tasa respiratoria y temperatura externa del cuero en los animales en los mismos días que se registraron las variables climáticas arriba mencionadas. La tasa respiratoria se midió a través del conteo de

los movimientos del flanco del animal durante 60 segundos en 4 novillos seleccionados al azar. Luego, en los mismos animales, se registró la temperatura de la superficie del cuero mediante el uso de un termómetro manual infrarrojo (Raytec[®]) colocado a una distancia entre 1 y 3 metros del animal.

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). El comando GLM fue utilizado para el análisis del efecto del periodo del día en la tasa respiratoria y temperatura del cuero. La relación entre variables climáticas y del animal se estableció mediante la aplicación del comando PROC REG. En todos los casos el nivel de significancia fue 5% ($P < 0.05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables climáticas

La temperatura del aire y la humedad relativa fueron significativamente diferentes a las 10.00 h comparado con los registros obtenidos entre las 12.00 y 16.00 h (Cuadro 1). El promedio de ambas variables entre las 12.00 y 16.00 h fue 26,7 °C y 65%, respectivamente. Según Armstrong (1994), cuando la temperatura supera los 27 °C, incluso a niveles bajos de humedad relativa, animales de alta producción, como ser el caso de vacas lecheras, estarían fuera de la zona de

Cuadro 3. Media \pm desvío estándar de los registros climáticos (promedio de 12 días de observación)

	Hora del día			
	10.00	12.00	14.00	16.00
Temperatura del aire, °C	22,7 ^a \pm 2,7	25,8 ^b \pm 3,0	26,9 ^b \pm 3,1	27,3 ^b \pm 3,0
Humedad relativa, %	83 ^a \pm 18	68 ^b \pm 18	62 ^b \pm 15	64 ^b \pm 21
Temperatura globo negro, °C	32,9 ^a \pm 4,7	36,7 ^{ab} \pm 6,4	39,4 ^b \pm 7,8	36,8 ^{ab} \pm 5,7
Índice Temperatura-Humedad	71 ^a \pm 4	75 ^b \pm 5	76 ^b \pm 4	76 ^b \pm 4
Índice Temperatura-Humedad (Globo Negro)	88 ^a \pm 8	91 ^a \pm 10	93 ^a \pm 9	89 ^a \pm 6

^{a b c} valores con letras diferentes en una misma fila diferencia significativa ($P < 0.05$).

confort térmico. En forma similar, Berman (1995) reportó que la temperatura superior crítica para vacas lecheras es 25-26 °C por encima de la cual se incrementa tanto la tasa metabólica como las pérdidas por evaporación de calor.

La temperatura del globo negro mínima y máxima se alcanzó a las 10.00 y 14.00 h, respectivamente. La diferencia promedio observada entre los registros de temperatura del aire y del globo negro fue 10,7 °C, lo que equivale a una estimación de la contribución de la radiación solar al estrés calórico en los animales. La radiación de onda larga y/o corta, en este caso reflejada a través de la temperatura del globo negro, es un factor que contribuye significativamente más al desarrollo del estrés calórico que la temperatura del aire (Yamamoto *et al.*, 1994; Silanikove 2000).

El valor de ITH fue significativamente más bajo a las 10.00 h (=71) comparado con el promedio entre las 12.00 y 16.00 h (=76). De acuerdo a dicho valor, y considerando la escala utilizada por Wiersama (2005), los animales del presente trabajo estuvieron expuestos a riesgo de estrés calórico medio entre las 12.00 y 16.00 h. Silanikove (2000) propuso que el suministro de sombra a animales en pastoreo se justifica desde el punto de vista del bienestar animal cuando el ITH supera el umbral de 70. Cuando la temperatura del globo negro sustituyó a la temperatura del aire en la ecuación de cálculo de ITH, el valor de ITH ascendió a 90 sin diferencias a lo largo del día ($P > 0.05$).

Si bien diferentes combinaciones de temperatura, humedad relativa y radiación pueden determinar el desarrollo de estrés calórico durante las horas del día, condiciones nocturnas «frescas» permiten una mayor tolerancia del ganado bovino al estrés calórico diurno (West 2003). En el presente trabajo, la temperatura, humedad relativa y el ITH promedió 18,9 °C; 100% y 66, respectivamente, entre las 21.00 y 06.00 h en los 12 días de evaluación climática. Si bien las condiciones registradas de alta humedad durante la noche pueden reducir el potencial de evaporación por la piel y respiración del animal (Gomes da Silva *et al.*, 2007), la baja temperatura registrada permite al animal disipar calor durante la noche en caso de ser necesario para retomar el balance térmico e iniciar las actividades de pastoreo al día siguiente sin calor acumulado (Mader *et al.*, 2006).

4.2. Respuesta fisiológica

La hora del día tuvo un efecto significativo en la tasa respiratoria ($P < 0.05$) (Cuadro 2). La respiración fue mínima a las 10.00 h (48 resp/min) y máxima a las 14.00 h (84 resp/min). El incremento de la tasa respiratoria es una estrategia del animal para disipar calor con el objetivo de mantener el equilibrio térmico (Legates *et al.*, 1991).

Valores en el rango de 70-80 resp/min han sido reportados como una respuesta inmediata a condiciones de calor (Berman, 2005), a diferencia del incremento en la temperatura rectal el cual es más retardado en el tiem-

Cuadro 2. Media \pm desvío estándar de la tasa respiratoria y temperatura del cuero de novillos en pastoreo expuestos al sol

	Hora del día			
	10.00	12.00	14.00	16.00
Tasa respiratoria (resp/min)	48 ^a \pm 9	68 ^b \pm 19	84 ^c \pm 23	77 ^c \pm 21
Temperatura del cuero (°C)	32,5 ^a \pm 3,0	35,6 ^b \pm 4.7	36,4 ^b \pm 4,3	35,1 ^b \pm 4,4

^{a b c} valores con letras diferentes en una misma fila diferencia significativa ($P < 0.05$).

po (Brown-Brandl *et al.*, 2003). En el presente trabajo, la tasa respiratoria se incrementó significativamente por encima de 70 resp/min luego de las 12.00 h cuando la temperatura y el ITH excedieron los valores de 26 °C y 75, respectivamente.

Silanikove (2000) afirmó que el estrés calórico puede ser identificado en animales en pastoreo cuando la tasa respiratoria supera el umbral de 100 resp/min. En las condiciones que se desarrolló el presente trabajo, 17 observaciones de tasa respiratoria (11 a las 14.00 h y 6 a las 16.00 h) de un total de 192 observaciones estuvieron por encima de 100 resp/min, con un promedio de 115 resp/min. Esto confirma que en Uruguay existen condiciones de estrés calórico en animales en pastoreo, y que por lo tanto, estrategias de mitigación del impacto deben ser adoptadas tanto desde el punto de vista productivo como desde el punto de vista del bienestar animal.

La evolución de la temperatura del cuero fue similar a lo ocurrido con la tasa respiratoria (Cuadro 2). La temperatura mínima y máxima del cuero fue a las 10.00 h (32,5 °C) y 14.00 h (36,4 °C), respectivamente ($P < 0.05$). Una alta temperatura del cuero es indicador de que los tejidos más próximos a la superficie del animal reciben más flujo sanguíneo para mantener un equilibrio de temperaturas externa e interna (Beede and Collier, 1986). Collier and Zimbelman (2007) propusieron un índice de temperatura y humedad de la superficie del animal para predecir el estrés calórico considerando que dicha temperatura superficial externa capta mejor el micro-ambiente más próximo al animal.

4.3. Relación entre variables climáticas y respuesta fisiológica del animal

Todos los modelos de regresión simple evaluados fueron significativos para ambas variables dependientes, la tasa respiratoria y la temperatura del cuero ($P < 0.05$) (Cuadro 3). La temperatura del globo negro fue la variable simple más importante en explicar la variación en la tasa respiratoria y la temperatura del cuero, seguida por la temperatura del aire.

La respiración y temperatura del cuero se incrementaron 4,37 resp/min y 0,47 °C, respectivamente, por cada 1 °C de incremento en el rango de 17 a 33 °C. Resultados similares fueron reportados por Hahn (1999) quien encontró un umbral de 21,3 °C por encima del cual la tasa respiratoria se incrementó 4,3 resp/min por cada 1 °C de incremento.

La incorporación de la humedad relativa y/o el ITH, junto a las variables simples de temperatura arriba mencionadas en un modelo de regresión múltiple, no fue de utilidad para la predicción de la respuesta fisiológica del animal. Gomes da Silva *et al.* (2007) reportó que el ITH no se correlaciona necesariamente con la respuesta animal debido a que es un índice de estrés calórico generado para un ambiente o zona en particular. Además, ciertas condiciones ambientales pueden atenuar o intensificar la respuesta animal agregando incertidumbre a la relación entre variables climáticas y variables fisiológicas del animal (De la Casa y Ravelo 2003).

Cuando se incorporó el término cuadrático en el modelo de predicción de la tasa respi-

Cuadro 3. Regresión simple y correlación entre la temperatura del aire (T_a), la temperatura del globo negro (TGN), la humedad relativa (HR), el Índice de Temperatura-Humedad (ITH), y el ITH basado en globo negro (ITH_{GN}) con la tasa respiratoria y temperatura del cuero de novillos en pastoreo al sol durante el verano

Variable de respuesta (y)	Variable independiente (x)	a*	b*	r ² **	r***
Tasa respiratoria, resp/min	T_a	-43,0	4,37	0,47	0,68
	TGN	-16,2	2,34	0,49	0,70
	HR	121,1	-0,74	0,43	-0,65
	ITH	-94,4	2,20	0,21	0,45
	ITH_{GN}	-41,4	1,23	0,23	0,48
Temperatura del cuero, °C	T_a	13,5	0,47	0,53	0,72
	TGN	17,4	0,48	0,64	0,80
	HR	42,8	-0,11	0,30	-0,55
	ITH	-0,3	0,47	0,29	0,54
	ITH_{GN}	6,8	0,31	0,45	0,67

* $y = a + b(x)$.

**Coeficiente de determinación.

***Coeficiente de correlación.

riora, el coeficiente de determinación se incrementó levemente para la variable temperatura del aire (Figura 2). Esto está de acuerdo a información internacional que demostró que el incremento de la tasa respiratoria tiende a ser curvilíneo a medida que aumenta la temperatura (Brown-Brandl *et al.*, 2003).

5. CONCLUSIONES

A través de la cuantificación de variables climáticas y de respuesta animal se determinó que en la región este de Uruguay existen condiciones para el desarrollo de estrés calórico en animales en pastoreo expuestos al sol. Dichas condiciones serian puntuales

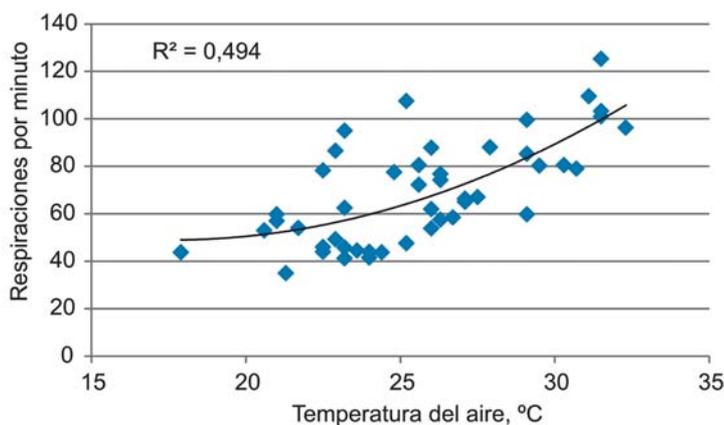


Figura 2. Relación entre la tasa respiratoria de novillos en pastoreo expuestos al sol y la temperatura del aire.

durante las horas de más calor, pero justificarían la adopción de estrategias de mitigación del impacto del estrés calórico en animales (ej. disponibilidad de sombra).

6. BIBLIOGRAFÍA

- ARMSTRONG, D. V.** 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77: 2044-2050.
- BEEDE, D.K.; COLLIER, R.J.** 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *J. Anim. Sci.* 62: 543-554.
- BERMAN, A.; FOLMAN, Y.; KAIM, M.; MAMEN, M.; HERZ, Z.; WOLFENSON, D.; ARIELI, A.; GRABER, Y.** 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high yielding dairy cows in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 68:1488-1495.
- BERMAN, A.** 2005. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *J. Anim. Sci.* 83: 1377-1384.
- BROWN-BRANDL, T. M.; NIENABER, J.A.; EIGENBERG, R.A.; HAHN, G. L.; FREELY, H.** 2003. Thermoregulatory response of feeder cattle. *J. Thermal. Biol.* 206: 371-374.
- COLLIER, R.J.; ZIMBELMAN, R. B.** 2007. Heat stress effects on cattle: What we know and what we do not know. 22nd Annual Southwest Nutrition & Management Conference. Tempe, AZ. pp.76-83.
- DE LA CASA, A.C.; RAVELO, A.C.** 2003. Assessing temperature and humidity conditions for dairy cattle in Córdoba, Argentina. *Int. J. Biometeorol.* 48:6-9.
- FINCH, V. A.** 1986. Body temperature in beef cattle: Its control and relevance to production in the tropics. *J. Anim. Sci.* 62: 531-542.
- GOMES DA SILVA, G.; MORAIS, D.A.E.F.; GUILHERMINO, M.M.** 2007. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36: 1191-1198 (supl.).
- HAHN, G.L.** 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Dairy Sci.* 82: 10-20.
- LEGATES, J.E.; FARTHING, B.R.; CASADY, R.B.; BARRADA, M.S.** 1991. Body temperature and respiratory rate of lactating dairy cattle under field and chamber conditions. *J. Dairy Sci.* 74: 2491-2500.
- MADER, T.L.; DAVIS, M. S.; BROWN-BRANDL, T.** 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84: 712-719.
- MITLÖHNER, F.M.; MORROW, J. L.; DAILEY, J. W.; WILSON, S. C.; GALYEAN, M. L.; MILLER, M. F.; MCGLONE, J. J.** 2001. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 79: 2327-2335.
- SILANIKOVE, N.** 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 67: 1-18.
- THORN EC.** 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12, 57-59.
- YAMAMOTO, S.; YOUNG, B.A.; PURWANTO, B.P.; NAKAMASU, F.; MATSUMOTO, T.** 1994. Effect of solar radiation on the heat load of dairy heifers. *Aust. J. Agric. Res.* 45: 1741-1749.
- WEST, J. W.** 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86: 2131-2144.
- WIERSAMA, F.** 2005. Appendix 1: Temperature-Humidity Index. In: *Tropical dairy farming: feeding management for the small holder dairy farmers in the humid tropics*. Ed. John Moran. Landlinks Press. p275.

Condiciones ambientales generadas por distintos tipos de sombra para el ganado

Pablo Rovira*
José Velazco**

RESUMEN

El trabajo se desarrolló entre enero y marzo de 2008 en la Unidad Experimental Palo a Pique de INIA Treinta y Tres. El objetivo fue caracterizar las condiciones ambientales generadas al sol y bajo diferentes tipos de sombra (monte natural y sombrite) y evaluar el impacto potencial en animales en pastoreo. Se registraron las variables de temperatura del aire, temperatura del globo negro, humedad relativa, temperatura del suelo y radiación solar entre las 10.00 y 18.00 horas en 12 días seleccionados al azar. Como indicador de confort animal se calculó el Índice de Temperatura-Humedad (ITH). No hubo diferencias significativas en la temperatura y humedad del aire entre los distintos tratamientos (25,7°C y 67%, respectivamente). La temperatura del globo negro fue significativamente mayor expuesto directamente al sol (35,3 °C) que bajo el sombrite (30,3 °C) o el monte natural (28,0 °C). El valor de temperatura del globo negro se correlacionó alta y positivamente con la radiación ($r = 0,67$). La temperatura del suelo, a nivel de la cobertura vegetal, fue significativamente menor en los tratamientos con sombra (26,1 °C) comparado con el tratamiento expuesto al sol (36,1 °C). La utilización de la temperatura del globo negro en la ecuación de cálculo de ITH permitió identificar condiciones ambientales más favorables en los tratamientos con sombra para evitar el riesgo de estrés calórico en animales en pastoreo.

31

1. OBJETIVOS

Caracterizar las condiciones ambientales generadas al sol y bajo diferentes tipos de sombra.

Evaluar teóricamente el impacto de las distintas condiciones ambientales generadas en el desempeño productivo de animales en pastoreo.

2. HIPÓTESIS

La sombra generada por montes naturales o mallas artificiales (sombrite) mejora las condiciones ambientales comparadas con ambientes sin protección solar mejorando el confort térmico de animales en pastoreo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló entre el 15 de enero y 13 de marzo de 2008 (57 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 evaluaron las condiciones ambientales generadas en tres situaciones: 1) al sol, 2) sombra artificial (sombrite), y 3) monte natural. La sombra artificial estuvo provista por una malla con 80% de intercepción de la radiación solar sostenida por cuatro postes de madera a una distancia de 3 metros de la superficie del suelo. La sombra natural estuvo provista por un monte de *Eucalyptus* spp.

*Ing. Agr., MSc., Seguridad Alimentaria/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.

**Ing. Agr., Nutrición/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.



Figura 1. Sensores automáticos de temperatura y humedad del aire colocados en los tratamientos de sombrite y monte natural.

La temperatura del aire y la humedad relativa se registraron automáticamente cada 1 hora continuamente mediante el uso de sensores automáticos externos (HOBO Pro Series Model) colocados al sol, debajo de la sombra artificial, y en el monte natural (Figura 1). La temperatura de la cobertura ve-

getal a nivel de la superficie del suelo se registró al sol, debajo del monte natural y en el área de sombra proyectada por la malla artificial en los mismos días e intervalos que la temperatura del globo negro utilizando un termómetro manual infrarrojo (Raytek®).

La temperatura de globo negro se registró en 12 días (15, 17, 29 y 31 de enero; 18, 21 y 27 de febrero; 3, 7, 11 y 13 de marzo) entre las 10.00 y 18.00 horas a intervalos de 2 horas mediante observación visual de un termómetro de globo negro (Novalynx Corp.). 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 (Figura 2). El termómetro fue colocado al sol y debajo de cada tipo de sombra a aproximadamente 1 metro de la superficie del suelo.

Se calculó el Índice de Temperatura-Humedad (ITH) cada 1 hora para caracterizar el estrés calórico de los animales utilizando la ecuación desarrollada por Thorn (1959): $(0.8 \times \text{temperatura del aire}) + (\text{humedad relativa}/100) \times (T-14.4) + 46.4$. Adicionalmente se calculó el valor de ITH sustituyendo el valor de la temperatura del aire por la temperatura del globo negro (Buffington *et al.*, 1981).



Figura 2. Lectura del termómetro de globo negro.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Temperatura del aire y humedad relativa

No hubo diferencias significativas entre tratamientos en las variables registradas por los sensores automáticos: temperatura bulbo seco (T) y humedad relativa (HR) (Cuadro 1). El promedio \pm desvío estándar (d.e.) fue $25,7 \pm 3,0$ °C y $67 \pm 17\%$, para T y HR, respectivamente, entre las 10.00 y 18.00 h. Numéricamente se registró una tendencia a disminuir HR en los tratamientos con sombra. Tampoco se registraron diferencias significativas en el Índice de Temperatura-Humedad (ITH), el cual registró un valor promedio \pm d.e. de 75 ± 4 para los tres tratamientos. Los sensores automáticos utilizados no fueron capaces de detectar diferencias en la temperatura y humedad del aire en las distintas condiciones ambientales evaluadas. El suministro de sombra reduce el estrés calórico a través de una mejora en el balance de ra-

diación en el animal pero no afecta la temperatura del aire (Mader *et al.*, 1999).

4.2. Temperatura del globo negro

Para detectar diferencias en la radiación se utiliza un termómetro de globo negro, el cual mide la temperatura radiante. La esfera absorbe radiación de los objetos del entorno más calientes que el aire y emite radiación hacia los más fríos, dando como resultado una medición que tiene en cuenta la radiación. Se utiliza para comprobar las condiciones de confort térmico en animales o personas en ambientes con riesgo de estrés calórico.

El registro de temperatura de globo negro (TGN) a la sombra fue significativamente menor que el registrado al sol (Figura 3). La temperatura media (°C) \pm d.e. fue $35,3 \pm 6,8$; $30,3 \pm 4,4$; y $28,0 \pm 3,3$, al sol, en el sombrite y monte natural, respectivamente. Estos resultados muestran que el suministro de sombra efectivamente mejoró el balance calórico

Cuadro 1. Media \pm desvío estándar de variables climáticas registradas por sensores automáticos al sol o bajo diferentes tipos de sombra (promedio entre las 10.00 y 18.00 horas)

	Sol	Sombrite	Monte
Temperatura bulbo seco, °C	$25,7^a \pm 3,1$	$25,7^a \pm 2,7$	$25,4^a \pm 2,7$
Humedad relativa, %	$73^a \pm 17$	$70^a \pm 15$	$67^a \pm 18$
Índice Temperatura y Humedad (ITH)	$75^a \pm 4$	$75^a \pm 3$	$74^a \pm 3$

a b c: valores en una misma fila con letras diferentes diferencia significativa ($P < 0.05$).

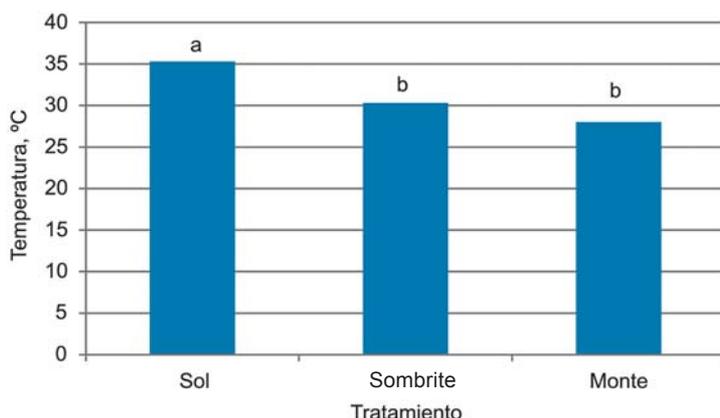


Figura 3. Media de registros de temperatura del termómetro de globo negro al sol o bajo diferentes tipos de sombra entre las 10.00 y 18.00 horas. Nota: columnas con letras diferentes diferencia significativa ($P < 0.05$).

de novillos en pastoreo durante el verano a través de la reducción de la radiación.

Cuando se calculó el ITH sustituyendo la temperatura del aire por la temperatura del globo negro, los valores obtenidos (media \pm d.e.) fueron: 90 ± 8 (sol), 81 ± 6 (sombrite), y 78 ± 5 (monte). La utilización de la temperatura del globo negro para el cálculo de ITH permitió diferenciar mejor las distintas condiciones ambientales generadas por los tratamientos debido a que incluye la variable radiación.

El tipo de sombra no tuvo un efecto significativo en la temperatura del globo negro ($P > 0.05$), a pesar de que el monte natural registró un valor $2,3^\circ\text{C}$ menor que el sombrite ($28,0$ y $30,3$; respectivamente). Similares resultados fueron reportados por Valtorta *et al.* (1994) en Argentina, quienes no obtuvieron un efecto significativo del tipo de sombra

(sombrite vs. monte) en la temperatura del globo negro evaluando el confort térmico en vacas lecheras. La temperatura del globo negro fue máxima en el periodo de 14.00 a 16.00 horas en todos los tratamientos, momento en el cual también fue máxima la diferencia en temperatura entre los tratamientos al sol y bajo los diferentes tipos de sombra (Figura 4).

4.3. Temperatura de la superficie del suelo

El suministro de sombra tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) en la temperatura de la superficie del suelo a nivel de la cobertura vegetal (Figura 5). La temperatura de la cobertura vegetal fue $10,6^\circ\text{C}$ y $9,1^\circ\text{C}$ menor en el monte y sombrite, respectivamente, comparado con la cobertura vegetal expues-

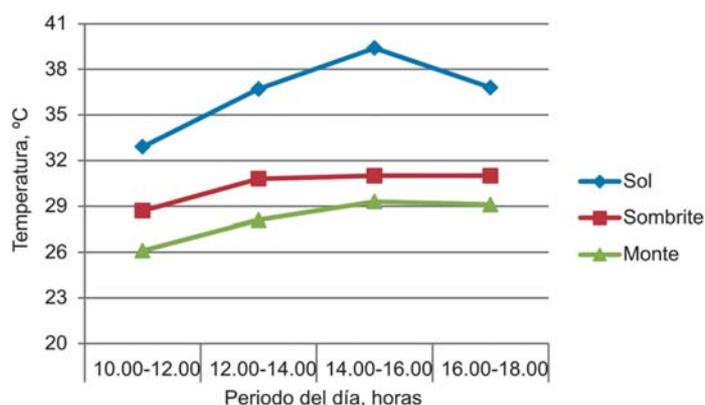


Figura 4. Evolución de la temperatura del globo negro durante el día en los distintos tratamientos.

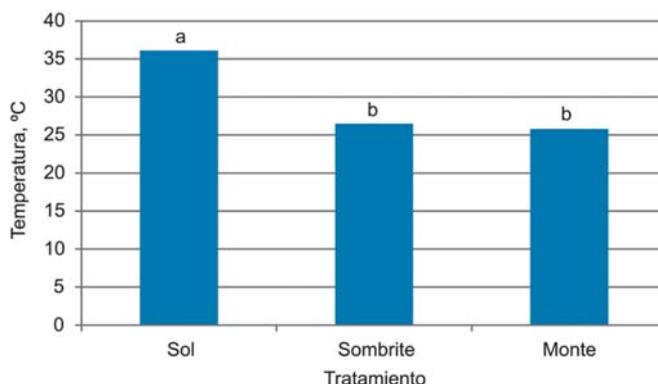


Figura 5. Temperatura de la cobertura vegetal a nivel de la superficie del suelo al sol y bajo diferentes tipo de sombra entre las 10.00 y 18.00 horas. Nota: columnas con letras diferentes dentro de un mismo tipo de sombra diferencia significativa ($P < 0.05$).

ta al sol (36,1 °C). Considerando que la temperatura de la cobertura vegetal puede ser mayor que la temperatura del cuero del animal en condiciones de ausencia de sombra, el animal puede ganar calor por mecanismo de conducción desde el suelo, fundamentalmente en animales echados, incrementando la carga calórica en el animal y agravando el estrés calórico (Silanikove, 2000).

5. CONCLUSIONES

El uso del termómetro de globo negro permitió determinar que no existieron diferencias significativas en el confort de animales en pastoreo en las condiciones ambientales generadas por la sombra natural o artificial comparado con ambientes sin protección del sol.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. PITT, D.** 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. Transactions of the ASAE 24, 711-714.
- MADER, T.L.; DAHLQUIST, J.M.; HAHN, G.L.; GAUGHAN, J.B.** 1999. Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. Journal of Animal Science 77:2065-2072.
- SILANIKOVE, N.** 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. Livestock Production Science 67: 1-18.
- THORN EC.** 1959. The discomfort index. Weatherwise 12, 57-59.
- VALTORTA, S.E.; LEVA, P.E.; GALLARDO, M.R.** 1997. Evaluation of different shades to improve dairy cattle well-being in Argentina. International Journal of Biometeorology 41: 65-67.

IV. EFECTO DE LA SOMBRA EN EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO, CONDUCTA Y TASA RESPIRATORIA DE NOVILLOS EN PASTOREO

Efecto de la disponibilidad de sombra en la ganancia de peso y conducta de novillos sobre sudangras

Pablo Rovira*

RESUMEN

El trabajo se desarrolló entre enero y marzo de 2000 en la Unidad Experimental Palo a Pique de INIA Treinta y Tres. El objetivo fue evaluar el efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso y conducta de novillos en pastoreo. Se utilizaron 32 novillos cruza Hereford x A. Angus (401 kg) distribuidos en dos tratamientos: con y sin acceso a sombra. El pastoreo fue rotativo en 3 ha de sudangras por tratamiento (5,3 novillos/ha). Se utilizó una malla de sombra de 80% de intersección de la luz solar correspondiendo 3 metros cuadrados por animal. La disponibilidad de sombra no afectó la utilización del forraje disponible ($P > 0,05$). Los animales del tratamiento con sombra manifestaron una ganancia individual promedio 14% mayor que los animales sin disponibilidad de sombra ($P > 0,05$). No existieron diferencias entre tratamientos en el tiempo de pastoreo diurno (510 minutos) aunque los animales del tratamiento con sombra tendieron a cesar más temprano el pastoreo matutino (10.00 h) y a reiniciar su actividad de la tarde más temprano (15.30 h) con respecto a los animales sin disponibilidad de sombra. Los animales con acceso a sombra hicieron uso de la misma durante las horas más calurosas del día, excepto en días templados ($< 20^{\circ}\text{C}$) en dónde la utilización de la sombra fue menor y mayor el tiempo en el área de pastoreo. La disponibilidad de sombra no afectó significativamente la ganancia de peso y tiempo de pastoreo de los novillos, si bien numéricamente la ganancia de peso fue 14% mayor en aquellos animales con acceso a sombra.

37

1. OBJETIVOS

Cuantificar el efecto de la sombra artificial en la tasa de crecimiento animal durante el verano.

Observar el efecto de la sombra artificial en la conducta de pastoreo durante las horas luz del día.

2. HIPÓTESIS

La disponibilidad de sombra artificial reduce el tiempo de pastoreo diurno sin afectar la ganancia diaria de peso de novillos en pastoreo.

*Ing. Agr., MSc., Seguridad Alimentaria/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó sobre 6 ha de sudangras cv. Estanzuela Comiray sembrado en línea con máquina de siembra directa el 22 de noviembre de 2000 a 18 kg/ha. El potrero se dividió longitudinalmente al medio, de manera que quedaron 2 sub-potreros de 3 ha correspondientes a cada uno de los tratamientos: con y sin sombra (Figura 1). A su vez, cada tratamiento se dividió en 4 sub-parcelas de aproximadamente 7500 metros cuadrados cada una (100 x 75 m), donde los animales iban rotando, dejándose una calle a lo largo del perímetro del potrero para que los animales tuvieran acceso al bebedero y/o sombra desde todos los sitios de pastoreo.

Los animales utilizados fueron 32 novillos cruza Hereford x Aberdeen Angus nacidos en la primavera de 1998 (2 años de edad). El área de pastoreo fue de 6 ha, por lo cual correspondió 3 ha por tratamiento. Cada tratamiento contó con 16 animales que al inicio del ensayo promediaron 401 kg, correspondiendo a una dotación de 5,3 animales/ha. Se utilizó una malla de sombra de 80% de intersección, de 4,5 m de ancho por 11,5 m de largo, totalizando aproximadamente 50 m², lo que correspondió a 3 m cuadrados por animal. La altura máxima fue de 3 m, habiéndose realizado una pendiente para permitir el escurrimiento del agua de lluvia. Los mate-

riales utilizados, además de la malla, fueron postes de madera, alambre y broches.

En el verdeo se registró la disponibilidad (MS kg/ha), la altura (cm) y la relación hoja/tallo (en base materia seca). En los animales se registró el peso vivo cada 28 días y la conducta de pastoreo entre las 06.00 y 20.00 horas con observación de la totalidad de los animales cada 15 minutos (n=56) en 4 días de evaluación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de la base forrajera

Las condiciones ambientales del verano 2000/01 fueron muy propicias para el crecimiento del cultivo, fundamentalmente desde el punto de vista de la humedad en el suelo, la cual la mayoría de las veces es el factor limitante para la implantación y desarrollo de los verdes de verano. El primer pastoreo del cultivo tuvo que realizarse cuando aún no había comenzado el ensayo, dada la rapidez y exuberancia del crecimiento inicial. Por lo tanto el primer y segundo ciclo de pastoreo del ensayo corresponde al segundo y tercer pastoreo del cultivo.

En el Cuadro 1 se detallan las características del forraje ofrecido así como su utiliza-

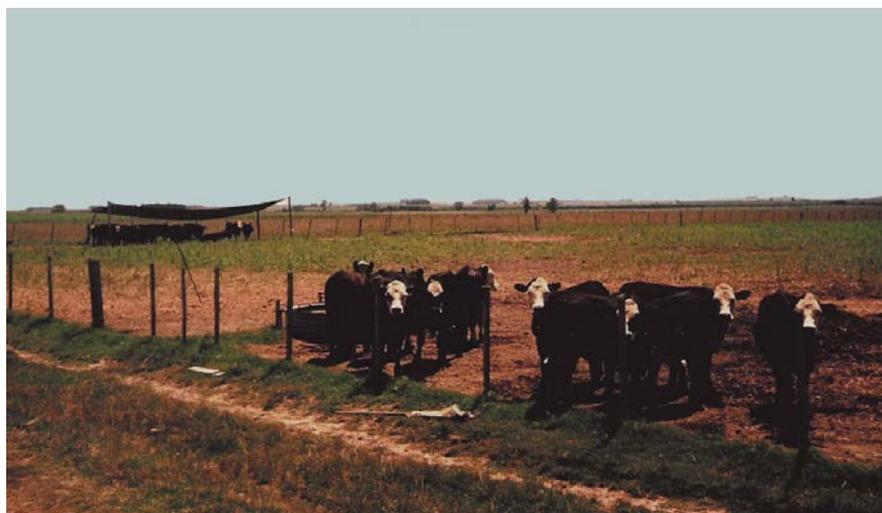


Figura 1. Observación de los tratamientos con y sin sombra.

Cuadro 1. Características y utilización del verdeo de sudangras

	Sin sombra	Con sombra
Disponible		
Forraje (MS kg/ha)	4366	4594
Altura (cm)	74,0	76,9
Hojas (%)	37,2	37,8
Rechazo		
Forraje (MS kg/ha)	2031	2079
Altura (cm)	29,6	29,6
Hojas (%)	16,7	18,6
Utilización (%)	53,5	54,7

ción en los 53 días que duró el ensayo (22 de enero 2000 – 16 de marzo 2001). La disponibilidad de sombra no afectó la utilización del forraje ofrecido por el verdeo ($P > 0,05$). Se debió acelerar la velocidad de la rotación entre las sub - parcelas con el objetivo de evitar la encañazón de alguna de ellas, lo que repercutió en el bajo porcentaje de utilización (54%). El porcentaje de hojas en el rechazo osciló entre 15 y 20% de la materia seca total para ambos tratamientos.

La relación hoja/tallo del verdeo fue variable según el ciclo de pastoreo. En el segundo ciclo, el 50% de la materia seca ofrecida era aportada por las hojas de la planta, en tanto en el primer ciclo sólo fue un 25%, correspondiendo el resto al forraje aportado por tallos.

4.2. Efecto de la sombra en la producción animal

Los animales del tratamiento con sombra manifestaron una ganancia individual promedio 14% mayor que los animales sin disponibilidad de sombra que no llegó a ser significativa ($P > 0,05$) (Cuadro 2). Tampoco se

registraron diferencias significativas en el peso final de los animales debido a la disponibilidad de sombra ($P > 0,05$).

Se identificaron dos etapas con ganancias individuales muy distintas y con diferente repercusión en la producción animal (Figura 2). Durante el primer ciclo de pastoreo (28 días) las ganancias de peso fueron bajas sin diferencias significativas entre tratamientos (0,315 kg/a/d). En cambio en el segundo ciclo de pastoreo (25 días) las ganancias fueron más elevadas y los animales del tratamiento con sombra obtuvieron una mejor performance animal comparado con aquellos animales sin acceso a sombra (0,805 y 0,531 kg/a/d, respectivamente).

La explicación del incremento de las ganancias en el segundo ciclo, independientemente del tratamiento, podría estar fundamentada en el aumento de la relación hoja/tallo en el forraje ofrecido, ya que la disponibilidad de forraje fue similar en ambos ciclos. El porcentaje de hojas del cultivo es muy importante ya que se ha demostrado, para sorgo y sudan, que la producción de materia seca digestible de las plantas enteras es directamente proporcional al porcentaje de

Cuadro 2. Desempeño productivo de los animales en el total del periodo

	Sin sombra	Con sombra
Peso inicial (kg)	400	402
Peso final (kg)	423,9	429,2
Ganancia individual (kg/a/día)	0,451	0,513
Producción de carne/ha (kg)	128	145

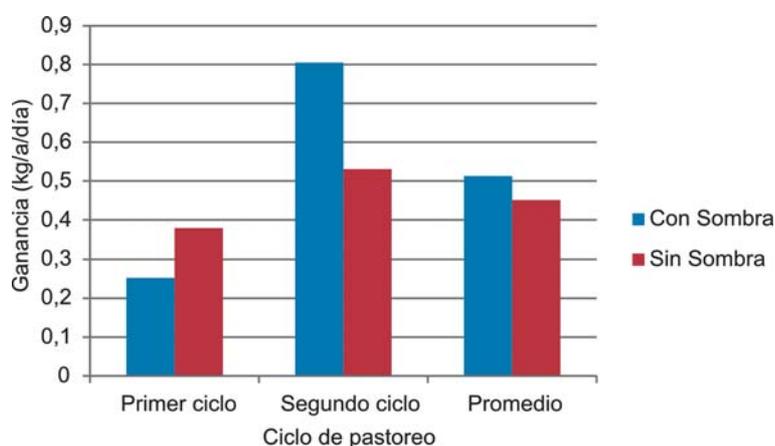


Figura 2. Ganancia individual de novillos según tratamiento y ciclo de pastoreo.

hojas, e inversamente proporcional al porcentaje de tallos de los mismos (Edwards *et al.*, 1971; citados por Carámbula, 1977).

Los resultados obtenidos sugieren que la necesidad de contar con sombra se justificó en situaciones de ganancias individuales altas. De esta manera al eliminar la limitación desde el punto de vista de la alimentación, se estaría intentando levantar otro factor limitante que podría estar influyendo negativamente en la performance animal, como es el estrés calórico durante el verano. En situaciones de baja disponibilidad y/o calidad del forraje, con bajas ganancias diarias de peso, la principal limitante la constituye el nivel de alimentación del animal.

En el Cuadro 3 se resume la información climática correspondiente a las décadas (período de 10 días) en las cuáles se desarrolló el ensayo. En tanto, en el Cuadro 4 se comparan mensualmente algunas variables climáticas del verano 2001 contra el promedio de la serie histórica 1972-1999. El trimestre enero/febrero/marzo de 2001 se caracterizó por temperaturas medias elevadas, fundamentalmente por temperaturas mínimas altas, con abundantes precipitaciones y alta humedad relativa. Precisamente, una elevada humedad relativa en presencia de altas temperaturas son las principales condicionantes que se requieren para la manifestación del estrés calórico en los animales.

Cuadro 3. Condiciones climáticas durante la realización del ensayo en el verano 2001

	Enero	Febrero			Marzo	
Década (10 días)	3	1	2	3	1	2
Temperatura (°C)						
Media	23,3	24,6	22,3	25,2	25,2	23,2
Máxima media	28,1	30,9	28,1	29,2	30,8	28,0
Mínima media	18,1	18,3	16,4	21,2	19,7	18,9
Horas de sol	7,7	9,0	8,8	5,2	7,9	4,8
Precipitaciones						
Días	1	0	2	1	2	1
Milímetros	110	0	62	50	50	13
Evaporación tanque A (mm)	62	73	59	37	48,1	40,2
Humedad Relativa (%)	73	69	71	75	77	80

Fuente: Estación Meteorológica de Paso de la Laguna, INIA Treinta y Tres, excepto precipitaciones correspondientes a Unidad Experimental Palo a Pique.

Cuadro 4. Comparación de algunas variables climáticas entre el promedio de la serie histórica 1972-1999 y el verano de 2001.

	Enero		Febrero		Marzo	
	1972/99	2001	1972/99	2001	1972/99	2001
Temperatura (°C)						
Media	22,7	23,9	22,1	24,0	20,6	23,1
Máxima media	29,3	29,2	28,2	29,4	27,0	27,7
Mínima media	16,6	18,6	16,6	18,6	14,9	18,5
Horas de sol	8,5	8,1	7,5	7,7	5,7	5,7
Evap.tanque A (mm)	208	195	154	169	137	119,1
Precipitaciones (mm)	90	223	124	112	91	176

Fuente: Estación Meteorológica de Paso de la Laguna, INIA Treinta y Tres, excepto precipitaciones correspondientes a Unidad Experimental Palo a Pique.

Mcllvain y Shoop (1970) llevaron a cabo en Estados Unidos un estudio del efecto de la sombra en la ganancia de peso de novillos Hereford sobreaño en pastoreo durante cuatro veranos consecutivos (1959-1962). Encontraron que la disponibilidad de sombra influyó en la producción de carne durante el verano, aumentando la producción en 8,6 kg/animal. Se registró un mayor efecto adverso cuando la humedad era alta que cuando lo era la temperatura. Los aumentos de peso fueron menores con más de 45% de humedad relativa y 30 °C de temperatura. En tal sentido, coincide con lo expresado por Blackshaw y Blackshaw (1994), quienes afirman que en climas calurosos lo que más contribuye al estrés térmico es la alta humedad relativa, la cual reduce la efectividad del mecanismo de evaporación del calor a través de la sudoración y la respiración.

En la experiencia realizada en la Unidad Experimental Palo a Pique, si bien los novillos con acceso a sombra lograron una mejor performance animal durante el período experimental, los resultados obtenidos no permiten afirmar que haya existido estrés térmico de magnitud en los animales sin disponibilidad de sombra debido al corto período de evaluación y a que tampoco se tomó ninguna medida objetiva, como la temperatura rectal o el ritmo de respiración, que así lo indicara. Dado que el estrés por calor tiende a disminuir el consumo animal (Lefcourt y Adams, 1996), tampoco hubo una diferencia en el porcentaje de utilización del verdeo

que indicara una menor actividad de pastoreo.

A nivel nacional, Bartaburu (1995) hace referencia a una consultoría realizada por técnicos extranjeros con énfasis en la producción lechera, donde concluyeron que en el Uruguay se dan las condiciones para que exista estrés calórico durante el período estival, pero que es de carácter moderado, donde el animal tiene la posibilidad de recuperar su temperatura corporal normal durante la noche, además de existir una variabilidad climática que hace que las condiciones no sean severas.

4.3. Efecto de la sombra en el comportamiento animal

Analizando cuatro días de comportamiento animal existieron dos períodos bien definidos de pastoreo asociados a la salida y puesta del sol (Figura 3). En ellos la mayoría de los animales estaban realizando la misma actividad de pastoreo, fundamentalmente al atardecer. Los animales del tratamiento con sombra tendieron a cesar más temprano el pastoreo matutino (10.00 h) y a reiniciar su actividad de la tarde más temprano (15.30 h) con respecto a los animales sin disponibilidad de sombra, los cuales extendieron el cese del pastoreo de la mañana y retrasaron el comienzo del pastoreo de la tarde (11.15 y 16.15 h, respectivamente). Esto determinó que del total de observaciones en un día (n=56) los dos tratamientos obtuvieron un

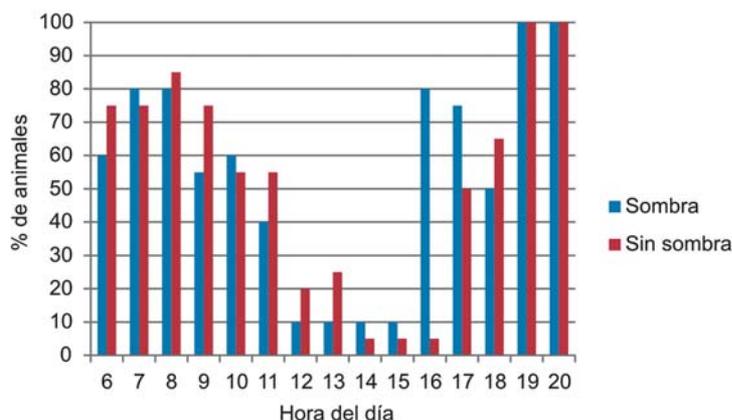


Figura 3. Porcentaje de animales en actividad de pastoreo (promedio de 4 días de observación durante las horas luz del día).

mismo número de observaciones ($n=34$) donde la actividad principal era el pastoreo. Si se tiene en cuenta que cada observación se realizaba cada 15 minutos, se obtiene un total de ocho horas y media de pastoreo diurno por día para ambos tratamientos (510 minutos).

En un estudio llevado a cabo en Estados Unidos durante cuatro años (McDaniel y Roark, 1956) con vacas y terneros Hereford y Aberdeen Angus, los animales con disponibilidad de sombra, ya sea natural o artificial, pasaron más horas pastoreando durante el día comparado con aquéllos sin acceso a sombra. Sin embargo, la diferencia no fue significativa y la similitud en producción en-

tre los diferentes tratamientos la atribuyeron a la influencia del pastoreo nocturno.

Los animales con sombra efectivamente la utilizaron en las horas más calurosas del día (Figura 4) abandonándola para ir a pastorear o a tomar agua. No hubo una tendencia clara en el comportamiento durante el tiempo de descanso, aunque algunos autores sugieren que en los días calurosos el ganado pasa más tiempo echado que parado, especialmente si hay poco viento (Blackshaw y Blackshaw, 1994). Los animales del tratamiento sin sombra pasaron las horas más calurosas junto al bebedero, parados o echados (tampoco hubo una tendencia clara) a muy corta distancia entre ellos. Prácticamen-

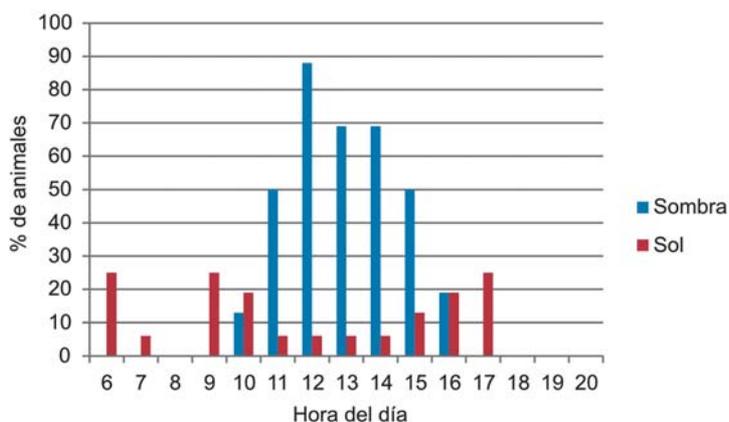


Figura 4. Porcentaje de animales con acceso a sombra descansando bajo la sombra o al sol (promedio de 4 días de observación durante las horas luz).

te no hubo casos de que el ganado descansara en el área de pastoreo, sino que se trasladaban hasta alrededor de la fuente de agua y allí descansaban. Daly (1984), citado por Blackshaw Blackshaw *et al.* (1994), menciona que en áreas sin sombra el acceso al agua actúa parcialmente de forma sustitutiva a la sombra.

Los resultados hasta aquí presentados corresponden a un promedio de 4 días de observaciones, pero resulta interesante contrastar 2 días significativamente diferentes en cuanto a temperatura y sensación térmica para determinar posibles pautas de comportamiento. Se tomó como referencia un día que se consideró «caluroso» (temperatura máxima 34,3 °C, temperatura media 27,1 °C, y humedad relativa 80%) y otro día conside-

rado «templado» (26,8 °C; 19,9 °C; y 71%, respectivamente).

En el caso de los animales que tenían disponibilidad de sombra en el día templado hubo una actividad de pastoreo más constante durante el día, incluso durante el mediodía y primeras horas de la tarde (Figura 5). En cambio en el día caluroso, el pastoreo se concentró alrededor del amanecer y atardecer, con un acceso temprano a la sombra (10.00 h) y un retorno tardío al pastoreo (16.00 h), con pastoreos intermitentes en el medio, y dos accesos al bebedero (al mediodía y a las 18.00 h). No solo hubo diferencias en el hábito de pastoreo sino también en el lugar escogido para el descanso como se ve en la Figura 6. En el día templado hubo una menor utilización de la sombra, con un

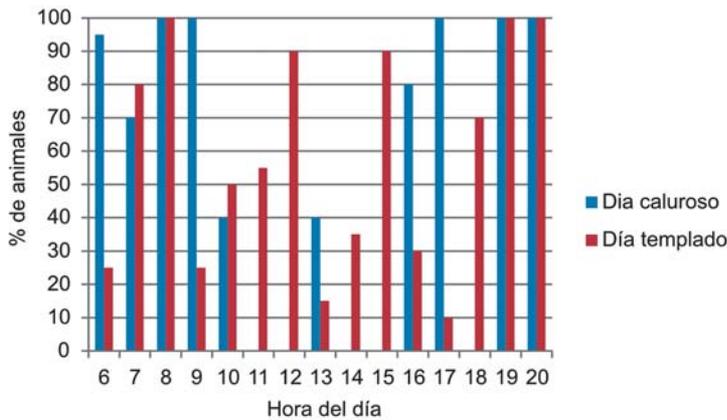


Figura 5. Actividad de pastoreo de los animales con sombra en dos días con condiciones climáticas contrastantes.

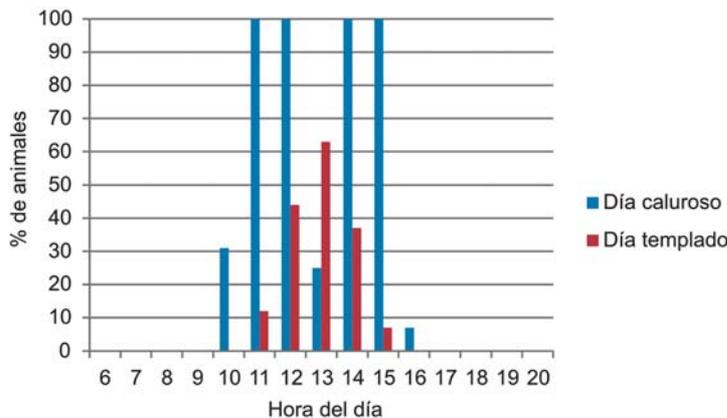


Figura 6. Uso de la sombra en dos días con condiciones climáticas contrastantes.

mayor porcentaje de animales descansando al sol.

Una de las interrogantes planteadas que surge luego del ensayo es el comportamiento animal nocturno. Muchos trabajos internacionales afirman la existencia de un período nocturno de pastoreo alrededor de la medianoche (Gary *et al.*, 1970 y Ruckebush y Bueno, 1978; citados por Carrera *et al.*, 1996; Ebersohn *et al.*, 1983; Hodgson, 1990).

5. CONCLUSIONES

Novillos en pastoreo sobre sudangras con acceso a sombra artificial obtuvieron un 14% más de ganancia diaria que aquellos sin disponibilidad de sombra aunque no resultó estadísticamente significativo.

Los animales con acceso a sombra hicieron uso de la misma en las horas más calurosas del día, excepto en días templados (<20 ° C) en donde la utilización de la sombra fue menor y mayor el tiempo en el área de pastoreo.

El tiempo de pastoreo diurno fue similar en ambos tratamientos, con y sin sombra, variando el comportamiento según la sensación térmica del día. En días calurosos el pastoreo se concentró más alrededor de la salida y puesta del sol, en tanto en días templados el pastoreo fue más homogéneo a lo largo del día.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BARTABURU, D.** 1995. Curso de Producción Lechera en Zonas No Tradicionales. Estación Experimental Facultad de Agronomía de Salto, Universidad de la República.
- BLACKSHAW, J.K.; BLACKSHAW, A.W.** 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 34, 285-295.
- CARÁMBULA, M.** 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. pp. 243-273. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay.
- CARRERA, M.; GONZÁLEZ, R.; GONZÁLEZ, D.; ROVIRA P.** 1996. Efecto de la dotación y manejo del pastoreo en la productividad del campo natural y mejorado. Tesis Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. pp. 23-29.
- EBERSOHN, J.P.; EVANS, J.; LIMPUS, J.F.** 1983. Grazing time and its diurnal variation in beef steers in coastal south-east Queensland. *Tropical Grasslands Vol. 17*, N°2.
- HODGSON, J.** 1990. *Grazing Management. Science into practice.* Longman Handbooks in Agriculture, Estados Unidos. pp. 29-37, 65-69.
- LEFCOURT, A.M.; ADAMS, W.R.** 1996. Radiotelemetry measurements of body temperatures of feedlot steers during summer. *Journal of Animal Science* 1996. 74: 2633-2640.
- MCDANIEL, A.H.; ROARK, C.B.** 1956. Performance and grazing habits of Hereford and Aberdeen Angus cows and calves on improved pastures as related to types of shade. *Journal of Animal Science*, 11: 59-63.
- MCILVAIN, E.; SHOOP, M. C.** 1970. Shade for improving cattle grains and rangeland use. *Journal of Range Management* 24, 181-4.

Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangras durante el verano

José Velazco*
José E. Esquivel**
Pablo Rovira***

RESUMEN

El trabajo se desarrolló en la Unidad Experimental Palo a Pique de INIA Treinta y Tres entre enero y marzo de 2007 (68 días). El objetivo fue evaluar el efecto de la restricción en el tiempo de acceso a la sombra artificial en el desempeño productivo, conducta y estrés de novillos en pastoreo. Novillos sobreaño (n=42) se asignaron al azar en 3 tratamientos sobre sudangras: **(1)** animales sin acceso a sombra, **(2)** animales con acceso diario a sombra entre la hora 11.00 y 16.00 horas, y **(3)** animales con libre acceso a la sombra en el pastoreo. Los animales de los tratamientos con sombra restringida (0,884 kg/a/d) y con libre acceso a sombra (0,910 kg/a/d) obtuvieron ganancias de peso significativamente mayores que los animales sin acceso a sombra (0,698 kg/a/d) durante el primer ciclo de pastoreo (4 enero al 8 de febrero). Sin embargo, no se registraron diferencias significativas en ganancia de peso entre los tratamientos durante todo el periodo experimental (0,508 kg/a/d). Animales sin acceso a sombra presentaron una tasa respiratoria (69 respiraciones por minuto, rpm) significativamente ($P<0,05$) mayor comparado con animales con acceso a sombra restringida o libre (57 rpm). La disponibilidad de sombra no afectó significativamente el tiempo de pastoreo diurno de los novillos (515 minutos) pero disminuyó las actividades de amontonamiento y jadeo relacionadas a estrés calórico. El acceso a sombra artificial, en forma restringida o *ad-libitum*, fue eficaz para reducir la tasa respiratoria y estrés de novillos en pastoreo sin afectar significativamente la ganancia de peso ni el tiempo de pastoreo.

45

1. OBJETIVOS

Evaluar el efecto de la disponibilidad de sombra artificial en el desempeño productivo, conducta y estrés de novillos en pastoreo.

2. HIPÓTESIS

La disponibilidad de sombra mejora el desempeño productivo y bienestar de novillos en pastoreo durante el verano reduciendo el riesgo de estrés calórico.

*Ing. Agr., Nutrición/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.

**Bachiller (Facultad de Agronomía).

***Ing. Agr., MSc., Seguridad Alimentaria/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló entre el 4 de enero y el 12 de marzo del 2007 (68 días) en una superficie de 6 ha dentro del área de rotaciones de la Unidad Experimental Palo a Pique (UEPP) de la Estación Experimental del Este, INIA Treinta y Tres (latitud 33° 54´ Sur, longitud 54° 38´ Oeste), sobre suelos de la unidad de Alférez. La preparación del mismo para la posterior siembra del verdeo comenzó el 26 de setiembre con la aplicación de 5 litros/ha de Glifosato sobre un verdeo de invierno (Raigrás). Previo a la siembra se aplicaron 200cc de Banvel más 600 cc de 2-4-D por hectárea para control de malezas de hoja ancha. El cultivo utilizado fue Sudangras cv. INIA Surubí sembrado con maquinaria de siembra directa entre el 15 y 16 de noviembre del 2006 con una densidad por hectárea de 18 kg de semilla y 130 kg de fertilizante (9-39-15).

Se utilizaron 42 animales sobreño cruce Hereford x Aberdeen Angus nacidos en la primavera de 2005 (Peso inicial \pm desvío estándar: 278 \pm 26 kg.) los cuáles se asignaron al azar en 3 tratamientos: **(1)** animales sin acceso a sombra, **(2)** animales con acceso diario a sombra entre la hora 11.00 y 16.00 , y **(3)** animales con libre acceso a la sombra en el pastoreo. Cada tratamiento tuvo una superficie total de 2 ha y una dotación de 7 novillos/ha (14 novillos por tratamiento). El sistema de pastoreo fue rotativo en tres

parcelas dentro de cada tratamiento con cambios del pastoreo en función del remanente y el disponible de cada parcela. Se realizaron dos ciclos de pastoreo, entre el 04/01/07-08/02/07 (36 días) y entre el 9/02/07-12/03/07 (32 días), correspondiendo al pastoreo del primer crecimiento del verdeo y al pastoreo del rebrote, respectivamente.

En los tratamientos 2 y 3 la sombra estaba constituida por un área de 50 m² (3,5 m² por animal) en donde se había instalado una malla artificial (sombrite) de 80% de intercepción de la luz solar a 4 m del suelo. Los animales del tratamiento 2 se retiraban diariamente de la parcela entre las 11.00 y 16.00 horas hacia un área de 0,2 ha con disponibilidad de agua y sombra, pero sin acceso a pastoreo (Figura 1). Los animales de los tratamientos 1 y 3 tenían agua disponible en el pastoreo. Excluyendo el área de sombra y agua, el área efectiva de pastoreo fue de 1,8 ha por tratamiento (7,8 novillos/ha).

Se registró diariamente la temperatura ambiente y la humedad relativa a intervalos de 1 hora durante las 24 horas a través de dos sensores de uso externo, uno ubicado al sol y otro debajo de la sombra. En base a las lecturas se calculó un Índice de Temperatura-Humedad (ITH) descrito por Wiersama (2005) y utilizado como indicador de estrés térmico en ganado lechero (Cuadro 1). La fórmula de cálculo fue $ITH = (0.8 * temperatura) + (humedad\ relativa/100) * (temperatura - 14.4) + 46.4$.



Figura 1. Animales del tratamiento con agua y sombra sin acceso al pastoreo entre las 11.00 y 16.00 horas.

Cuadro 1. Escala utilizada para cuantificar el estrés calórico en los animales

Índice Temperatura-Humedad	Riesgo de estrés calórico
< 72	Nulo
72-78	Medio
79-89	Severo
90-98	Muy severo
> 98	Riesgo de muerte

Adicionalmente se tomaron registros de precipitaciones (pluviómetro UEPP) y se evaluó subjetivamente el porcentaje de nubosidad en tres momentos del día utilizando un rango de 0% (cielo totalmente despejado) a 100% (cielo totalmente nublado).

En el verdeo de sudangras se tomaron muestras para cuantificar el forraje disponible (kg MS/ha), relación hoja/tallo y altura del tapiz (cm) a la entrada y salida del pastoreo en cada parcela. Por ciclo de pastoreo se tomó una muestra de lo que realmente desaparecía de la pastura, para cuantificar el valor nutritivo de la dieta del animal a través de la cuantificación de la Digestibilidad de la Materia Orgánica (DMO), Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Ácida (FDA), Fibra Detergente Neutro (FDN) y Cenizas (C).

Durante el periodo experimental se realizaron 5 pesadas de los animales (cada 21 días promedio). Para el cálculo de la ganancia diaria de peso promedio de los animales se ajustó por periodos entre pesadas (tem-

prano en la mañana sin ayuno previo) con el siguiente modelo:

$y = a + b(x)$, donde y = peso vivo; a = constante, b = ganancia diaria; x = días entre pesadas

Una vez por semana se registró visualmente la frecuencia respiratoria (respiraciones por minuto) de cuatro animales al azar por tratamiento en 5 momentos del día: 10.00, 12.00, 14.00, 16.00, y 18.00 horas. Adicionalmente, se observó el grado de jadeo (Cuadro 2) y el grado de amontonamiento (donde se tomó como grupo de amontonamiento 3 o más animales que se encuentran a menos de un metro y medio de la línea media de cada uno) del 100% de los animales a las 10.00, 12.00, 14.00, 16.00, y 18.00 horas.

Cada 14 días se realizó la observación de la conducta del 100% de los animales durante las horas luz (06.30 - 20.30 horas) a intervalos de 15 minutos. Se identificaron las conductas de pastoreo, caminata, bebida, echados al sol o sombra, y parados al sol o sombra.

Cuadro 2. Escala utilizada para cuantificar el grado de jadeo de los animales*

Grado	Descripción
1	Sin jadeo
2	Jadeo leve, boca cerrada, sin babeo o espuma
3	Jadeo rápido, babeo o espuma presente
4	Ídem a 3, boca abierta
5	Ídem a 4, nuca extendida, cabeza hacia arriba
6	Ídem a 5, lengua hacia afuera
7	Jadeo rápido, babeo o espuma presente, boca abierta, nuca extendida, cabeza hacia abajo, lengua totalmente afuera

*Adaptado de Meat and Livestock Australia (2005).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Clima

Los registros pluviométricos durante el periodo experimental totalizaron 304 mm, siendo dicho valor similar al registrado en la región en la serie histórica 1973-2006 (307 mm). Sin embargo, la distribución de las precipitaciones fue diferente. La mayor diferencia se registró en el mes de enero, con escasas precipitaciones en el 2007 (13 mm) comparado con el periodo 1973-2006 (116 mm). Luego, en el periodo febrero-marzo las precipitaciones fueron mayores en el 2007 comparado con la serie histórica (291 y 191 mm, respectivamente).

Tomando como referencia los datos de la Estación Meteorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna, las temperaturas medias y máximas medias en los meses de enero, febrero y marzo de 2007 fueron levemente superiores a las de la serie histórica 1973-2006. Durante el periodo experimental la temperatura media (21,5 °C) y la temperatura máxima media (28,3 °C) fueron en promedio 1,0 °C y 2,6 °C superiores, respectivamente, comparado con las temperaturas de la serie histórica. Desde el punto de vista del estrés calórico del animal, la temperatura corporal del animal está más relacionada con la temperatura ambiental media que con la temperatura ambiental máxima

media (Kabuga y Sarpong, 1991; citados por West, 1999).

En el Cuadro 3 se presentan los registros de temperatura ambiental, humedad relativa, nubosidad e Índice de Temperatura-Humedad (ITH) por ciclo de pastoreo y promedio durante el trabajo experimental. Los datos de temperatura y humedad corresponden al sensor ubicado al sol debido a que no hubo diferencias con respecto al sensor ubicado debajo de la sombra. Los sensores utilizados miden la temperatura del aire, y está demostrado que la sombra afecta el balance de radiación del animal pero no afecta la temperatura del aire o la humedad ambiental (Mader *et al.*, 1999), por lo tanto es lógico que no hayan existido diferencias en los registros entre sensores ubicados al sol o debajo de la sombra.

En ambos periodos de pastoreos las temperaturas medias se encuentran por encima de la zona de confort térmico (5-22°C) reportada por Josifovich (1995), lo que en conjunto con la alta humedad relativa inciden en la severidad del estrés calórico sufrido por los animales. Según la escala de ITH y zonas de confort (Cuadro 1), el promedio de ITH en los dos ciclos de pastoreo indica que no existió estrés calórico, mientras que para el valor de ITH máximo medio dicha escala estaría indicando un estrés calórico medio sufrido por los animales de los tres tratamientos.

Cuadro 3. Registros de temperatura ambiental y humedad relativa del sensor ubicado al sol, nubosidad y cálculo del Índice de Temperatura-Humedad

	1° Pastoreo (04/01-08/02)	2° Pastoreo (09/2-12/03)	Promedio (04/01-12/03)
Temperatura, °C			
Media	23,6	22,1	23,0
Máxima media	32,6	29,5	31,4
Humedad Relativa, %			
Media	70	83	78
Máxima media	98	100	99
Nubosidad, %			
Media	50	66	58
Índice Temperatura-Humedad			
Medio	71	70	72
Máximo	79	78	79

El Cuadro 4 cuantifica el tiempo, en horas y porcentaje, que los animales estuvieron sometidos a los distintos niveles de estrés por ciclo de pastoreo de acuerdo a la escala utilizada. Durante el primer ciclo de pastoreo las condiciones ambientales determinaron un mayor porcentaje del tiempo con estrés calórico medio en el animal comparado con las condiciones ambientales del segundo periodo de pastoreo. Sin embargo, el ITH debe ser tomado con precaución para evaluar el riesgo potencial de estrés calórico ya que no considera la velocidad del viento ni la radiación solar, variables que pueden agravar o aliviar la magnitud del estrés calórico (Davis y Mader, 2003).

4.2. Características del verdeo

En términos generales, el sudangras demostró tener una gran capacidad de adapta-

ción al medio, demostrando una buena resistencia al déficit hídrico registrado durante el primer ciclo de pastoreo. El inicio del primer pastoreo se retrasó sensiblemente por problemas operativos, lo que determinó un excesivo crecimiento inicial y afectó el manejo posterior del verdeo.

No se encontraron diferencias significativas en las características del verdeo (disponibilidad total y de hojas, altura) durante el primer ciclo de pastoreo ($P>0.05$) (Cuadro 5). El verdeo registró un forraje disponible inicial acumulado de 6266 kg MS/ha, una altura de 163 cm y una relación hoja /tallo de 31/69 durante el primer ciclo de pastoreo, en promedio para los tres tratamientos. El porcentaje de utilización del forraje total fue menor en el tratamiento donde los animales no tenían acceso a sombra comparado con los tratamientos con acceso a sombra (36 y 51%, respectivamente). El consumo que

Cuadro 4. Tiempo (en horas y porcentaje) al cual los animales estuvieron sometidos a distintos niveles de estrés calórico según ciclo de pastoreo

ITH	Estrés	Primer pastoreo		Segundo pastoreo		Promedio	
		Horas	%	Horas	%	Horas	%
< 72	Nulo	422	50	461	60	883	54
72-78	Medio	317	37	211	27	528	33
79-89	Severo	115	13	97	13	212	13
90-98	Muy severo	1	0	0	0	1	0
> 98	Riesgo de muerte	0	0	0	0	0	0

Cuadro 5. Características del verdeo durante el primer ciclo de pastoreo (04/01/07-08/02/07)

	Sin sombra	Sombra restringida	Libre acceso a sombra	Probabilidad*
Disponible inicial, kg MS/ha				
Forraje total	6084	6250	6464	ns
Forraje de hoja	1820	1948	2136	ns
Altura, cm	165	160	164	ns
Rechazo, kg MS/ha				
Forraje total	3911	3046	3072	ns
Forraje de hoja	333	160	152	ns
Altura, cm	95	86	82	ns
Utilización, %				
Forraje total	36	51	52	
Forraje hoja	82	92	93	

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

mayoritariamente realizaron los animales correspondió a la fracción hoja de acuerdo a los porcentajes de utilización del forraje total y del forraje aportado por la hoja (46% y 89%, respectivamente, en promedio para los tres tratamientos).

No se encontraron diferencias significativas en las características del verdeo (disponibilidad total y de hojas, altura) durante el segundo ciclo de pastoreo ($P>0.05$) (Cuadro 6). Comparado con el primer ciclo de pastoreo, el forraje del segundo ciclo de pastoreo (rebrote) presentó una menor disponibilidad total (6266 y 4499 kg MS/ha, respectivamente), un menor aporte de la fracción hoja en el forraje total (31 y 19%, respectivamente) y una menor altura del verdeo (163 y 109 cm, respectivamente). Al igual que en el primer ciclo de pastoreo, el porcentaje de uti-

lización del forraje total fue menor en el tratamiento donde los animales no tenían acceso a sombra.

El valor nutritivo del forraje ofrecido al animal fue similar en ambos ciclos de pastoreo (Cuadro 7). El retraso en el inicio del primer pastoreo determinó un excesivo crecimiento de las plantas que perjudicó la calidad del forraje ofrecido al animal durante el primer ciclo de pastoreo. El valor nutritivo del forraje consumido resultó bajo en digestibilidad y proteína y alto en fibra debido principalmente a la altura y estado fisiológico del verdeo al momento del muestreo. La digestibilidad de la materia orgánica y el contenido de proteína cruda disminuyen a medida que la altura del forraje aumenta y/o el ciclo del cultivo avanza, tanto en sudangras como en sorgo (Carámbula, 1977; Wedin, 1970 citado por Carámbula 2007).

Cuadro 6. Características del verdeo durante el segundo ciclo de pastoreo (09/02/07-12/03/07)

	Sin sombra	Sombra restringida	Libre acceso a sombra	Probabilidad*
Disponible inicial, kg MS/ha				
Forraje total	4309	4706	4481	ns
Forraje de hoja	755	941	961	ns
Altura, cm	113	108	105	ns
Rechazo, kg MS/ha				
Forraje total	2368	7801	2007	ns
Forraje de hoja	30	30	43	ns
Altura, cm	73	67	77	ns
Utilización, %				
Forraje total	45	62	55	
Forraje hoja	96	97	95	

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

Cuadro 7. Valor nutritivo del forraje ofrecido al animal según ciclo de pastoreo

Momento de muestreo	Valor nutritivo (%)				
	Digestibilidad Materia Orgánica	Proteína Cruda	Fibra Detergente Ácida	Fibra Detergente Neutra	Cenizas
Primer ciclo de pastoreo	59,2	7,8	46,6	70,4	8,2
Segundo ciclo de pastoreo	59,4	7,5	42,0	66,5	7,7

4.3. Producción animal

En términos generales, los animales registraron altas ganancias de peso durante el primer ciclo de pastoreo, y ganancias de peso medias a bajas durante el segundo ciclo de pastoreo (Cuadro 8). La ganancia de peso estuvo asociada a las características del verdeo. Durante el segundo ciclo de pastoreo tanto la disponibilidad total de forraje como el aporte de las hojas en el forraje total fue menor comparado con el primer ciclo de pastoreo. Una mayor relación hoja/tallo en sorgo forrajero o sudangras generalmente implica una mayor digestibilidad del forraje ofrecido y por lo tanto una mayor ganancia diaria de peso del ganado en pastoreo (Vasconcelos *et al.*, 2003).

Los animales de los tratamientos con sombra restringida y con libre acceso a sombra obtuvieron ganancias diarias de peso 28% mayores que los animales sin acceso a sombra durante el primer ciclo de pastoreo ($P < 0.05$). Sin embargo, durante el segundo ciclo de pastoreo no se registraron diferencias significativas en ganancia de peso entre los tratamientos ($P > 0.05$), determinando que tampoco hubiera diferencias en la ganancia diaria de peso promedio durante todo el periodo experimental ($P > 0.05$). La menor ganancia de peso de los animales del tratamiento sin acceso a sombra durante el

primer ciclo de pastoreo puede estar explicada por razones forrajeras y/o climáticas.

En primer lugar, desde el punto de vista forrajero, los animales sin acceso a sombra registraron una utilización menor del forraje disponible durante el primer pastoreo (ver Cuadro 5), lo que puede ser indicador de un menor consumo de forraje. El menor consumo estimado de los animales sin acceso a sombra es una estrategia de prevención ante condiciones de estrés calórico (Coppock, 1985). La ingestión y digestión del forraje ocasiona un incremento del calor metabólico producido por el animal, que junto al calor de origen ambiental, son los responsables del incremento de temperatura corporal del animal. En condiciones de estrés calórico un menor consumo de forraje implica que el animal genera menos calor metabólico.

En segundo lugar, desde el punto de vista climático, los animales estuvieron expuestos a mayor estrés calórico durante el primer ciclo de pastoreo de acuerdo al Índice de Temperatura-Humedad comparado con el segundo ciclo de pastoreo (ver Cuadro 4). Bajo dichas condiciones ambientales, en el primer ciclo de pastoreo, los animales sin acceso a sombra fueron los más perjudicados al no disponer de sombra para disminuir el efecto de la radiación. Por lo tanto, los animales sin acceso a sombra registraron menor ganancia de peso durante el primer

Cuadro 8. Ganancia de peso y producción de peso vivo/ha por tratamiento

	Sin sombra	Sombra restringida	Libre acceso a sombra
Peso vivo, kg			
Inicial	277 ^a	278 ^a	279 ^a
Final	312 ^a	312 ^a	317 ^a
Ganancia de peso, kg/a/día			
Primer pastoreo	0,698 ^a	0,884 ^b	0,910 ^b
Segundo pastoreo	0,353 ^a	0,083 ^a	0,241 ^a
Promedio	0,473 ^a	0,511 ^a	0,541 ^a
Producción de peso vivo, kg/ha			
Primer pastoreo	187	241	241
Segundo pastoreo	85	23	55
Total	272	264	296

Valores con una misma letra en la misma fila no difieren significativamente ($P > 0.05$).

ciclo de pastoreo con respecto a los animales que tenían acceso a sombra (libre o restringida) al presentar mayores requerimientos de mantenimiento para mantener la temperatura corporal estable ante un balance calórico más desfavorable por la mayor radiación.

Adicionalmente, la diferencia significativa en ganancia de peso entre novillos con y sin acceso a sombra durante el primer ciclo de pastoreo, y no durante el segundo ciclo de pastoreo, pudo ser debida a las diferentes tasas promedio de ganancia de peso entre ciclos de pastoreos (0,831 y 0,226 kg/a/día, primer y segundo pastoreo, respectivamente). Es probable que el incremento en ganancia de peso debido a la inclusión de sombra en el pastoreo tenga más impacto cuando los animales tienen un alto nivel nutricional (altas ganancias de peso durante el primer pastoreo) que cuando los animales tienen un bajo nivel nutricional (bajas ganancias de peso durante el segundo pastoreo), en donde el factor limitante pasa a ser la nutrición y no las condiciones climáticas.

4.4. Indicadores de estrés

4.4.1. Tasa respiratoria

El ganado que no tuvo disponibilidad de sombra registró 12 respiraciones más por minuto ($P < 0.05$) que el promedio del ganado que tuvo acceso a sombra libre o restringida (69 y 57 respiraciones/minuto, respectivamente) (Cuadro 9). El incremento de la tasa respiratoria es uno de los mecanismos que posee el ganado para incrementar la di-

sipación del calor en condiciones de riesgo de estrés calórico y de esa manera mantener la temperatura corporal (Beatty *et al.*, 2006). Gaughan *et al.*, (2004) encontraron que vaquillonas Angus expuestas al sol presentaron una mayor tasa respiratoria y una menor temperatura rectal que vaquillonas con acceso a sombra durante las horas más calurosas del día.

Excepto a las 10.00 horas, en el resto de los momentos del día en que se registró la respiración el ganado sin acceso a sombra tuvo una tasa respiratoria significativamente mayor que el ganado con algún grado de acceso a sombra. Las condiciones ambientales más frescas a las 10.00 h determinaron que no hubieran diferencias significativas en la tasa respiratoria entre tratamientos. Adicionalmente, las condiciones climáticas nocturnas probablemente permitieron que, incluso el ganado con mayor acumulación de calor durante el día (animales sin acceso a sombra), disipara el exceso de calor durante la noche y de esa manera no hubo diferencias significativas en la tasa respiratoria entre tratamientos temprano a la mañana (10.00 horas). Las condiciones ambientales nocturnas, principalmente el valor de ITH y la velocidad del viento, son de fundamental importancia para aliviar el incremento calórico en el animal generado durante el día (Mader *et al.*, 2006).

Entre los tratamientos con sombra, los animales con libre acceso a sombra registraron una mayor tasa respiratoria a las 14.00 horas que los animales con acceso a sombra restringida ($P < 0.05$). Esto fue debido a que los animales con sombra restringida, no tenían acceso al pastoreo desde las

Cuadro 9. Promedio de respiraciones por minuto por hora y por tratamiento

Hora	Sin sombra	Sombra restringida	Libre acceso a sombra
10:00	55 ^a	52 ^a	54 ^a
12:00	72 ^a	56 ^b	56 ^b
14:00	71 ^a	59 ^b	64 ^c
16:00	77 ^a	57 ^b	60 ^b
18:00	68 ^a	54 ^b	56 ^b
Promedio	69^a	56^b	58^b

Valores con una misma letra en la misma fila no difieren significativamente ($P > 0.05$).

11.00 horas, siendo el pastoreo una de las principales razones del incremento calórico del animal que luego produce una mayor tasa respiratoria como mecanismo de disipación del calor. En cambio, los animales con libre acceso a sombra, probablemente realizaron alguna actividad corta de pastoreo en torno al mediodía, lo que provocó un incremento del calor metabólico producido y, por lo tanto, una mayor tasa respiratoria a las 14.00 horas.

Existió una interacción significativa entre el efecto de la sombra y la hora del día ($P < 0.05$). Animales sin acceso a sombra registraron la máxima tasa respiratoria a las 16.00 horas. En cambio, animales con sombra restringida o con libre acceso a la sombra, registraron la mayor tasa respiratoria a las 14.00 horas. Adicionalmente, existió una interacción significativa entre el efecto de la sombra y el día de evaluación ($P < 0.05$). En dos días de evaluación, 21/02/07 y 01/03/07, no hubo diferencias significativas en la variable respiración entre tratamientos (Cuadro 10). Por el contrario, las mayores diferencias entre tratamientos se registraron los días 11/01/07 y 03/02/07, los cuales correspondieron a los días con mayor temperatura promedio entre las 10.00 y 18.00 horas (31,1 ° C y 35,8 ° C, respectivamente). Sin embargo, la variable climática que más se relacionó con la respiración fue el Índice de Temperatura-Humedad (Figura 2). Cada incremento unitario del ITH, significó un incremento de 3 respiraciones por minuto entre las 10.00 y 18.00 horas. En dicho periodo, el promedio de ITH

explicó un 55% de la variación en la respiración.

4.4.2. Amontonamiento y Jadeo

Se registraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el grado de amontonamiento de animales entre tratamientos. En promedio, los animales sin acceso a sombra registraron una probabilidad 2,3 y 6,4 veces mayor de presentar síntomas de amontonamiento que los animales con sombra restringida y libre acceso a la sombra, respectivamente, entre las 10.00 y 18.00 horas. Generalmente dicho amontonamiento se produjo alrededor del bebedero, con animales de nuca extendida y cabeza hacia abajo, en un intento de acceder a la sombra generada por el animal contiguo. La conducta de amontonamiento en ganado durante potenciales condiciones de estrés calórico está asociada a la necesidad de reducir la radiación solar (Martin, 2003). Sin embargo, el amontonamiento de animales puede contribuir a incrementar el riesgo de estrés calórico del animal, a través de la reducción de la circulación de aire (Mader *et al.*, 2002).

En cada hora de observación se registraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el grado de amontonamiento. Excepto a las 10.00 horas, en el resto del día los animales sin acceso a sombra registraron más observaciones de amontonamiento que los animales con acceso a sombra libre o restringida.

Al igual que para amontonamiento, en las observaciones de jadeo también se registra-

Cuadro 10. Promedio de respiración por minuto por día y por tratamiento

Fecha	Sin sombra	Sombra restringida	Libre acceso a sombra
11/01	95 ^a	67 ^b	78 ^c
18/01	64 ^a	59 ^b	58 ^b
22/01	52 ^a	48 ^b	47 ^b
03/02	94 ^a	61 ^b	55 ^c
06/02	50 ^a	41 ^b	45 ^b
15/02	66 ^a	49 ^b	58 ^b
21/02	49 ^a	47 ^a	46 ^a
01/03	69 ^a	67 ^a	71 ^a
06/03	81 ^a	62 ^b	64 ^b

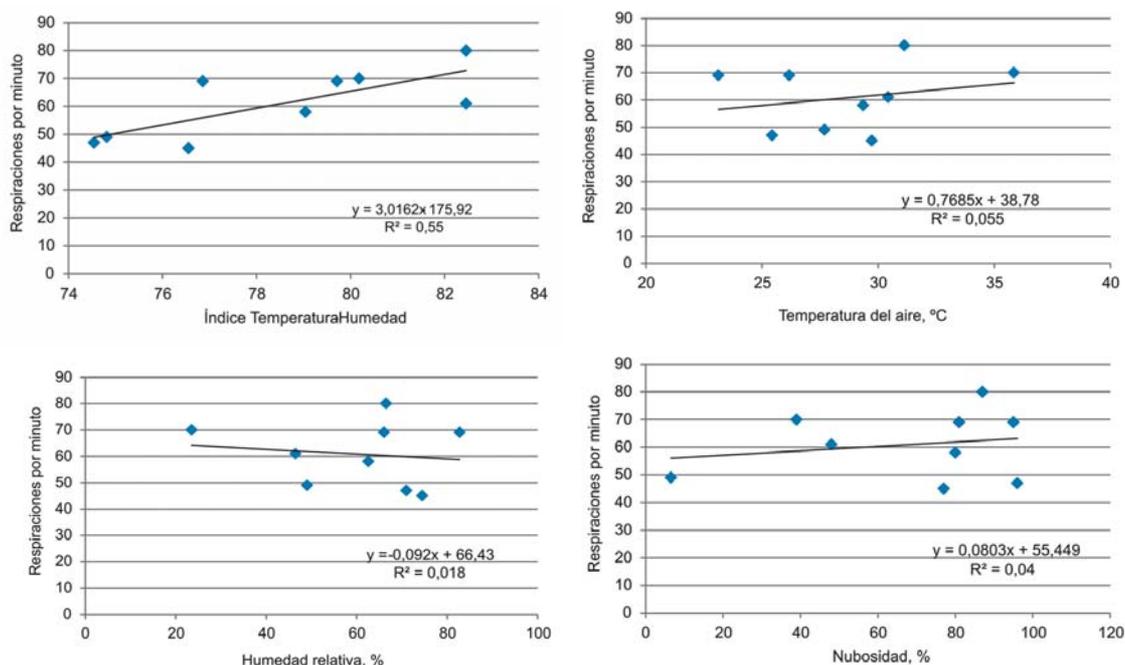


Figura 2. Relación entre la respiración y el índice de temperatura-humedad, la temperatura ambiente, la humedad relativa, y el porcentaje de nubosidad entre las 10.00 y 18.00 horas.

ron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$). En general, el ganado con síntomas de jadeo tiende a amontonarse (Mader *et al.*, 2002). Los animales del tratamiento sin acceso a sombra registraron una probabilidad 6,3 y 14,6 veces mayor de presentar síntomas de jadeo entre las 10.00 y 18.00 horas que los tratamientos de libre acceso y sombra restringida, respectivamente. Concretamente, los animales sin acceso a sombra registraron mayores observaciones de jadeo a las 12.00, 16.00 y 18.00 horas ($P < 0.05$). Sin embargo, a las 14.00 horas se registró la mayor temperatura ambiental (31,0 °C) en los días de evaluación comparado con las 10.00 (26,8 °C), 12.00 (30,1 °C), 16.00 (29,8 °C) y 18.00 horas (26,2 °C). Mader *et al.* (2006) obtuvieron el máximo de observaciones de jadeo en novillos 2 horas después del máximo de temperatura ambiental, indicando que dicho desfase en el tiempo se corresponde al momento en que las ganancias de calor (ambiental y metabólico) exceden a la pérdida de calor a través de los mecanismos normales de disipación.

Dentro del tratamiento sin acceso a sombra, el 91% de las observaciones de jadeo correspondieron al Grado 2 (jadeo leve) de

acuerdo a la escala utilizada. El restante 9% de las observaciones correspondió a los Grados 3 y 4, en donde aparecen síntomas más evidentes de jadeo, como la presencia de babeo o espuma con la boca abierta del animal. En el caso de los tratamientos con sombra restringida y libre acceso a la sombra, el 100% de las observaciones de jadeo en los animales correspondieron al Grado 2. Esto indicaría que si bien se registran síntomas de jadeo en animales en pastoreo bajo nuestras condiciones climáticas, los mismos son síntomas leves y, generalmente, de corta duración.

4.5. Conducta animal

La sombra no afectó significativamente ($P > 0.05$) el tiempo de pastoreo diurno de los novillos (Cuadro 11). Sin embargo, los animales sin acceso a sombra pastorearon 62 minutos más durante el día que los novillos con libre acceso a sombra. Dicha tendencia coincide con la menor utilización del verdeo que realizaron los animales en el tratamiento sin sombra comparado con la utilización del verdeo en el tratamiento con libre acceso a la sombra (40% y 53%, respectivamente).

Cuadro 11. Efecto de la sombra en la conducta animal (minutos) entre 06.00 y 20.30 horas

Tratamiento	Pastoreo	Actividad					
		Caminar	Bebida	Parados		Echados	
				Sol	Sombra	Sol	Sombra
Sin sombra	540 ^a	17 ^a	25 ^a	120 ^a	-	138 ^a	-
Sombra restringida	528 ^a	15 ^a	9 ^a	47 ^{ab}	43 ^a	112 ^a	87 ^a
Sombra libre	478 ^a	21 ^a	13 ^a	27 ^b	72 ^a	103 ^a	126 ^a

^{ab} Valores con una misma letra en la misma columna no difieren significativamente ($P > 0.05$).

Los animales del tratamiento con acceso a sombra restringida registraron un tiempo de pastoreo intermedio, lo que indica que la restricción del pastoreo (durante el tiempo que se le suministraba la sombra, 11.00 a 16.00 horas) no afectó el pastoreo diurno ya que los animales compensaron con una mayor actividad de pastoreo a la mañana y tarde (Figura 3). Los novillos con acceso a som-

bra restringida pastorearon 45 y 51 minutos más durante la mañana (06.00 – 11.00 horas) y tarde (16.00 - 20.30 horas), respectivamente, que el promedio de tiempo de pastoreo de los animales sin restricción del pastoreo (Figura 4).

Con respecto a las demás actividades, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$) en el tiempo que



Figura 3. Novillos del tratamiento sombra restringida saliendo a pastorear a las 16.00 horas.

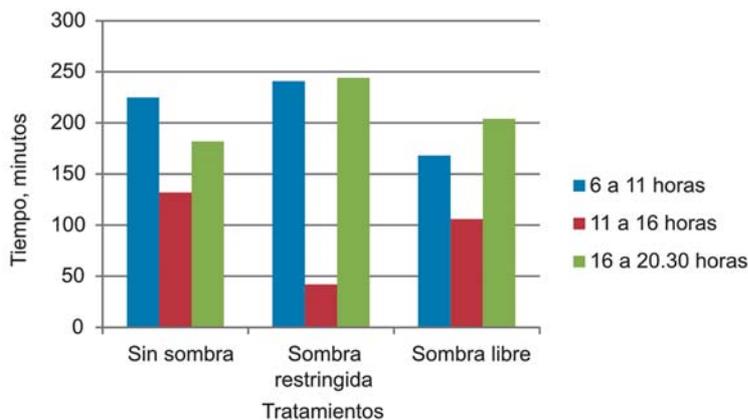


Figura 4. Tiempo de pastoreo según tratamiento y periodo del día.

los animales pasaban caminando, bebiendo agua y echados al sol y/o sombra. No se registró un excesivo tiempo de los animales sin acceso a sombra consumiendo agua. Un excesivo consumo de agua está asociado a situaciones de estrés calórico en el ganado (Mitlöhner *et al.*, 2001). Aunque se registraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el tiempo que los animales sin acceso a sombra pasaban parados al sol con respecto a la misma actividad en los animales con libre acceso a sombra, el tiempo total que los animales pasaron parados al sol o sombra fue similar en ambos tratamientos (120 y 99 minutos, respectivamente). Mitlöhner *et al.* (2001) afirmaron que si el animal pasa un tiempo excesivo parado puede ser un indicador de estrés calórico, situación que no se encontró en el presente trabajo.

La respuesta en conducta animal ante el clima y/o la disponibilidad de sombra debe ser considerada con precaución al momento de su extrapolación, ya que la conducta animal puede variar sensiblemente en función del manejo y categoría animal, las condiciones topográficas del terreno, la ubicación del agua y de la sombra, entre otros factores (Castañeda *et al.*, 2004). Adicionalmente, aquellas actividades de corta duración o que el animal realiza en breves momentos, como el consumo de agua, pueden ser sub o sobre estimadas bajo la metodología utilizada en el presente trabajo de observaciones cada 15 minutos.

5. CONCLUSIONES

La disponibilidad de sombra mejoró significativamente el comportamiento productivo de novillos pastoreando sudangras cuando el plano nutricional fue alto y en condiciones ambientales de mayor estrés calórico. No existieron diferencias en producción entre animales con acceso libre o restringido a la sombra.

Los animales sin acceso a sombra registraron un mayor nivel de estrés que los animales con acceso a sombra (libre y restringida) medido a través de una mayor tasa res-

piratoria y una mayor probabilidad de síntomas de amontonamiento y jadeo durante el día.

Los animales con libre acceso a la sombra tendieron a pastorear durante menos tiempo y a estar más tiempo descansando y/o rumiando durante las horas luz del día que los animales sin acceso a sombra.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BEATTY D.T.; BARNES, A.; TAYLOR, E.; PETHICK, D.; MCCARTHY, M.; MALONEY, S.K.** 2006. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. *Journal of Animal Science* 84: 972-985.
- CARÁMBULA M.** 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Editorial Hemisferio Sur. Reimpresión. 464 p. Montevideo.
- CARÁMBULA M.** 2007. Verdeos de verano. Editorial Hemisferio Sur. 226 p. Montevideo.
- CASTAÑEDA, C.A.; GAUGHAN, J.B.; SAKAGUCHI, Y.** 2004. Relationship between climatic conditions and the behaviour of feedlot cattle. *Animal Production in Australia* 25: 33-36.
- COPPOCK C.E.** 1985. Energy nutrition and metabolism of the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science* 68: 3403-3410.
- DAVIS S.; MADER, T.** 2003. Adjustments for wind speed and solar radiation to the temperature-humidity index. *Nebraska Beef Report*. pp. 49-51.
- GAUGHAN J.B.; TAIT, L.A.; EIGENBERG, R.; BRYDEN, W.L.** 2004. Effect of shade on respiration rate and rectal temperature of Angus heifers. *Animal Production in Australia* 25: 69-72.
- JOSIFOVICH J. A.** 1995. Medio ambiente y la invernada. En: Invernada en el Norte de la Provincia de Buenos Aires. Editorial Hemisferio Sur. pp. 67-71.
- MADER T.L.; DAHIQUIST, J.M.; HAHN, G.L.; GAUGHAN, J.B.** 1999. Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. *Journal of Animal Science* 77: 2065-2072.

- MADER T.L.; HOLT, S.M.; HAHN, G.L.; DAVIS, M.S.; SPIERS, D.E.** 2002. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 80: 2373-2382.
- MADERT.L.; DAVIS, M.S.; BROWN-BRANDL, T.** 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 84: 712-719.
- MARTIN, D.** 2003. Managing heat stress in fed cattle. Ministry of Agricultural, Food and Rural Affairs. Ontario.
- MEAT AND LIVESTOCK AUSTRALIA.** 2005. Wetting cattle to alleviate heat stress on ships. Tips and Tools. Animal Health and Welfare.
- MITLÖHNER F.M.; MORROW, J.L.; DAILEY, J.W.; WILSON, S.C.; GALLEAN, M.L.; MILLER, M.F.; MCGLONE, J.J.** 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.
- VASCONCELOS J.T.; GREENE, L.W.; MCCOLLUM, F.T.; BEAN, B.W.; VAN METER, R.** 2003. Performance of crossbred steers grazing photoperiod sensitive and non photoperiod sensitive sorghum sudangrass hybrids. Forage Sorghum Publication. Texas A&M University System Agricultural Research and Extension Center.
- WEST J. W.** 1999. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *Journal of Animal Sciences* 77: Suppl. 2/J.
- WIERSAMA F.** 2005. Appendix 1: Temperature-Humidity Index. In: Tropical dairy farming: feeding management for the small holder dairy farmers in the humid tropics. Ed. John Moran. Landlinks Press. p275.

Efecto del tipo de sombra en la ganancia de peso, tasa respiratoria y conducta de novillos sobre sudangras

José Velazco*
Pablo Rovira**

RESUMEN

El trabajo se desarrolló en INIA Treinta y Tres en el verano de 2009. El objetivo fue evaluar el efecto del tipo de sombra en las variables climáticas y en el desempeño productivo, conducta y tasa respiratoria de novillos pastoreando sudangras. Treinta novillos fueron asignados al azar en tres tratamientos: 1) sin sombra, 2) sombra natural y 3) sombra artificial. El suministro de sombra redujo significativamente la temperatura del globo negro pero no afectó la temperatura ni humedad relativa del aire. La tasa respiratoria fue de 74, 67 y 61 respiraciones/minuto en los tratamientos sin sombra, sombra artificial y natural, respectivamente ($P < 0.05$). La ganancia diaria de peso vivo (0,914 kg/a/día) y el tiempo de pastoreo diurno (473 minutos) no fueron afectados por la disponibilidad de sombra ($P > 0.05$). El tiempo de permanencia de los animales bajo la sombra estuvo fuertemente relacionado con la temperatura del aire con un umbral de 25 °C, a partir del cual el uso de la sombra se intensificó. El suministro de sombra, sea natural o artificial, fue efectivo para reducir la tasa respiratoria de novillos en pastoreo, y por lo tanto el riesgo de estrés calórico, sin afectar el desempeño productivo de los animales.

1. OBJETIVOS

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 del tipo de sombra en el desempeño productivo, tasa respiratoria y conducta de novillos en pastoreo.

2. HIPÓTESIS

La disponibilidad de sombra mejora el desempeño productivo y reduce la tasa respiratoria de novillos en pastoreo durante el verano. El efecto es mayor cuando la sombra proviene de montes naturales comparado

con la construcción de mallas artificiales (sombrite).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

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 sobreños de cruces británicas (peso inicial \pm desvío estándar: 339 \pm 25 kg) los cuales fueron asignados en 2 bloques según coloración predominante del pelaje (colorados, negros) y luego distribuidos al azar en tres tratamientos de 10 animales cada uno. Los tratamientos

*Ing. Agr., Nutrición/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.

**Ing. Agr., MSc., Seguridad Alimentaria/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.

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 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 intercepción de la radiación solar sostenida por cuatro postes de madera a una distancia de 2,5 metros de la superficie del suelo (Figura 1). 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.

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-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 09.00 y 16.00 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)



Figura 1. Estructura en el tratamiento de sombra artificial.

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 09.00 y 16.00 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).

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 seis 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 tres pesadas a lo largo del periodo experimental (inicial, al final del primer pastoreo y final).

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 cuatro novillos por tratamiento, correspondiendo a dos de pelaje negro y a dos 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 tres de los nueve días de evaluación, la posición del animal (sol, sombra) fue registrada al momento de medir TR.

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 06.00 y 21.00 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).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables climáticas

4.1.1. Temperatura, Humedad Relativa e Índice de Temperatura-Humedad

Durante el periodo que se comparó la temperatura del aire (T), la humedad relativa ambiente (HR) y el Índice de Temperatura-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).

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,

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
Índice Temperatura-Humedad	71 ^a ± 7	71 ^a ± 6	70 ^a ± 7

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

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 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 donde 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 $31,6 \pm 4,2$ °C y $17,6 \pm 3,2$ °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 $8,8 \pm 3,9$ 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.

4.1.2. Temperatura del Globo Negro

Para sobrellevar las limitantes del ITH como indicador del estrés calórico, se utilizó la temperatura del globo negro (TGN, 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 TGN expuesta al sol fue $35,1 \pm 7,2$ °C, variando de 27,4 a 41,2 °C entre las 09.00 y 16.00 horas (Figura 2). 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 donde por cada 10% de incremento en la nubosidad la TGN disminuyó 1,6 °C. El suministro de sombra disminuyó significativamente la TGN ($P < 0.05$). La reducción de TGN bajo la sombra comparado con el sol fue de 5,0 y 9,3 °C a las 09.00 y 16.00 horas, respectivamente. La media \pm d.e. de TGN fue $28,3 \pm 4,6$ °C y $27,6 \pm 4,8$ °C bajo sombra artificial y natural, respectivamente ($P > 0.05$). Coincidentemente con nuestros resultados, Valtorta *et al.* (1994) compararon la TGN bajo sombra artificial y natural en sistemas intensivos de producción de leche en Argentina y tampoco encontraron diferencias significativas.

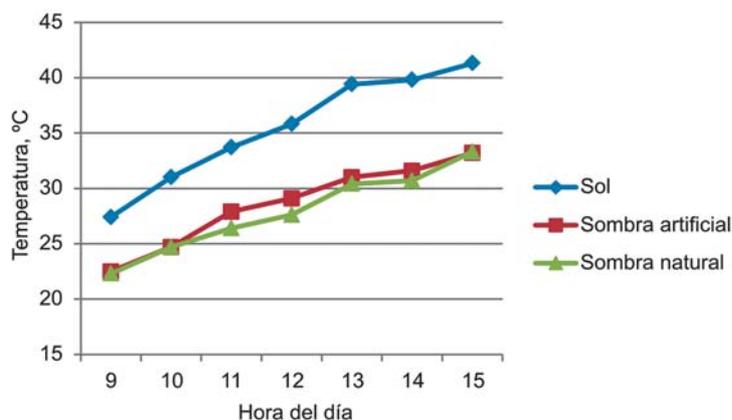


Figura 2. Evolución de la temperatura del globo negro según tratamiento.

4.1.3. 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).

4.2. Producción animal

4.2.1. Características del forraje

No se encontraron diferencias significativas en las características del verdeo (disponibilidad total y altura) durante el período experimental ($P > 0,05$) (Cuadro 2). El sudangras registró un forraje disponible de 2.997 kg MS/ha, una altura de 89,5 cm y un rechazo promedio de 2.252 kg MS/ha y 65,1 cm (Figura 3).

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).

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

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

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



Figura 3. Observación de las características del verdeo durante el 2° pastoreo.

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, MS kg/ha	3741 ^a	2252 ^b	0,013
Altura, cm	86	93	ns
Rechazo			
Forraje total, MS kg/ha	2266	2238	ns
Altura, cm	62	68	ns

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

Cuadro 4. Disponibilidad inicial y rechazo de la fracción hoja

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

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

4.2.2. 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.

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 posiblemente a mayores requerimientos 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). Este resultado

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 ($P > 0.05$). ns: no significativo.

Cuadro 6. Temperatura (T, °C) y humedad relativa media (HR, %) 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)	
	HR	T	HR	T
Sol	54	27,1	80	22,8
Sombrite	59	27,4	84	22,8
Monte	56	27,1	85	22,7

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 ($P<0.05$).

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 ($P<0.05$). Esta 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 forraje 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 tratamien-

to 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 en el segundo pastoreo, no hubo un efecto significativo del tipo de sombra en la ganancia de peso ($P>0.05$).

4.3. Tasa respiratoria

4.3.1 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.

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, Silanikove (2000) propuso medir visualmente la TR en

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

Periodo, h	Sin sombra	Sombra artificial	Sombra natural
09.00-10.30	57 ^a \pm 9	55 ^a \pm 11	55 ^a \pm 9
10.30-12.00	69 ^a \pm 17	61 ^{ab} \pm 14	54 ^b \pm 10
12.00-13.30	79 ^a \pm 19	73 ^a \pm 18	60 ^b \pm 10
13.30-15.00	80 ^a \pm 22	69 ^{ab} \pm 18	65 ^b \pm 12
15.00-16.30	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 ($P<0.05$).

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).

4.3.2. 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 ± 29 rpm (09.00-10.30 h), 66 ± 35 rpm (12.00-13.30 h), 71 ± 37 rpm (13.30-15.00 h), y 75 ± 39 rpm (15.00-16.30 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 cuál observaron efectos significativos de la sombra en la TR de novillos en feedlot.

4.3.3. Efecto del animal

Promediando entre los tres 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 tres 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.

4.3.4. 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 incre-

mento 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).

4.4. 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 $23,9 \pm 4,5$ °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 tres 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

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	Parámetro				
	Variable	Intercepto	Pendiente	R ²	Probabilidad
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	22,6	1,46	0,20	0,0022
	ITH	04,16	0,76	0,08	0,0574

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)

Actividad	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 ($P < 0,05$).

($R^2=0.93$). 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 y 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).

5. CONCLUSIONES

La disponibilidad de sombra mejoró significativamente el desempeño productivo de novillos pastoreando sudangras cuando se dieron las condiciones ambientales de mayor estrés calórico.

No existieron diferencias significativas en la ganancia de peso entre los tratamientos con sombra artificial o natural, a pesar que los novillos con sombra natural registraron una menor tasa respiratoria.

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.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BOE, K.E.; FAEREVIK G.** 2003. Grouping and social preferences in calves, heifers and cows. *Applied Animal Behaviour Science* 80, 175-190.
- BROWN-BRANDL, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, J.A.; 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, T.M.; EIGENBERG, R.A.; NIENABER, JA.** 2006. Heat stress risk factors of feedlot heifers. *Livestock Science* 105, 57-68.
- BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A.; EIGENBERG, T.A.; MADER, T.L.; MORROW, J.L.; DAILEY, JW.** 2006. Comparison of heat tolerance of feedlot heifers of different breeds. *Livestock Science* 105, 19-26.
- DAVIS, S.; 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.; RAVELO, A.C.** 2003. Assessing temperature and humidity conditions for dairy cattle in Córdoba, Argentina. *International Journal of Biometeorology* 48, 6-9.
- EIGENBERG, R.A.; BROWN-BRANDL, T.M.; NIENABER, J.A.; HAHN, G.L.** 2005. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 2: Predictive Relationships. *Biosystems Engineering* 9, 111-118.

- GAUGHAN, J.B.; TAIT, L.A.; EIGENBERG, R.; BRYDEN, W.L.** 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.
- 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, J.L.; LOFGREEN, G.P.; MEYER, J.H.** 1960. Continuous versus intermittent observations behavior studies with grazing cattle. *Journal of Animal Science* 19:1204-1207.
- LOFGREEN, G.P.; GIVENS, R.L.; MORRISON, S.R.; BOND, T.E.** 1975. Effect of drinking water temperature on beef cattle performance. *Journal of Animal Science* 40, 223-229.
- MADER, T.L.; DAHLQUIST, J.M.; HAHN, G.L.; GAUGHAN, J.B.** 1999. Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. *Journal of Animal Science* 77, 2065-2072.
- MADER, T.L.; HOLT, S.M.; HAHN, G.L.; DAVIS, M.S.; SPIERS, D.E.** 2002. Feeding strategies for managing heat load in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 80, 2373-2382.
- MADER, T.L.; DAVIS, M.S.; BROWN-BRANDL, T.** 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 84, 712-719.
- MEAT & LIVESTOCK AUSTRALIA, M.L.A.** 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, F.M.; MORROW, J.L.; DAILEY, J.W.; WILSON, S.C.; GALYEAN, M.L.; MILLER, M.F.; MCGLONE, J.J.** 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, F.M.; MORROW-TESCH, J.L.; WILSON, S.C.; DAILEY, J.W.; MCGLONE, J.J.** 2001. Behavioral sampling techniques for feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 79, 1189-1193.
- ROVIRA, P.J.; VELAZCO, J.I.** 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.
- THORN, E.C.** 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12, 57-59.
- TURNER, L.W.** 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>
- VALTORTA, S.E.; LEVA, P.E.; GALLARDO, M.R.** 1997. Evaluation of different shades to improve dairy cattle well-being in Argentina. *International Journal of Biometeorology* 41, 65-67.

Efecto de la sombra artificial en la recría de novillos sobre praderas durante el verano

Pablo Rovira*

RESUMEN

El trabajo se desarrolló entre diciembre de 2001 y febrero de 2002 (68 días) en la Unidad Experimental Palo a Pique de INIA Treinta y Tres. El objetivo fue evaluar el efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso y conducta de novillos en pastoreo. Se utilizaron 20 novillos sobreaño (285 kg) distribuidos en dos tratamientos: con y sin acceso a sombra. El pastoreo fue rotativo en 3 ha de pradera de trébol rojo y raigrás por tratamiento (3,3 novillos/ha). Se utilizó una malla de sombra de 80% de intercepción de la luz solar correspondiendo 4 metros cuadrados por animal. La disponibilidad de sombra no afectó la utilización del forraje disponible. La proporción del forraje proveniente de leguminosas fue mayor en el tratamiento con sombra (65%) comparado con el tratamiento sin sombra (50%) ($P > 0,05$). Los animales del tratamiento con sombra manifestaron una ganancia individual promedio 56% mayor que los animales sin disponibilidad de sombra (0,360 y 0,261 kg/a/día, respectivamente) ($P > 0,05$). Promediando sobre tratamientos, existió una relación alta y positiva entre el porcentaje de leguminosas y la ganancia de peso de los animales. La disponibilidad de sombra mejoró el desempeño productivo de novillos en pastoreo sobre praderas en verano.

1. OBJETIVOS

Evaluar el efecto de la sombra artificial en el desempeño productivo de novillos sobre praderas en el verano.

2. HIPÓTESIS

El suministro de sombra mejora el desempeño productivo de novillos en crecimiento en pasturas mejoradas durante el verano.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó sobre 6 ha de pradera de 2º año de trébol rojo (*Trifolium pratense*) cv. E116 (8 kg/ha) y raigrás (*Lolium multiflorum*) E284 (12 kg/ha) sembrada en línea con máquina de siembra directa en el otoño de 2000. El potrero se dividió longitudinal-

mente al medio, de manera que quedaron dos sub-potreros de 3 ha correspondientes a cada uno de los tratamientos: con y sin sombra. A su vez, cada tratamiento se dividió en cuatro sub-parcelas de aproximadamente 7500 metros cuadrados cada una (100 x 75 m), donde los animales iban rotando, dejándose una calle a lo largo del perímetro del potrero para que los animales tuvieran acceso al bebedero y/o sombra desde todos los sitios de pastoreo.

Los animales utilizados fueron 20 novillos cruza Hereford x Aberdeen Angus nacidos en la primavera de 2000. Cada tratamiento contó con 10 animales (285 kg) correspondiendo a una dotación de 3,3 animales/ha (950 kg PV/ha). Se utilizó una malla de sombra de 80% de intercepción, de 4 metros de ancho por 10 m de largo, totalizando 40 m², lo que correspondió a 4 m² cuadrados por animal (Figura 1).

*Ing. Agr., MSc., Seguridad Alimentaria/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.



Figura 1. Estructura y animales en el tratamiento con sombra.

Las mediciones realizadas en la pastura fueron disponibilidad (kg MS/ha), altura (cm) y porcentaje de leguminosas (en base materia seca). En los animales se registró el peso vivo cada 28 días.

25 de febrero de 2002, en donde la leguminosa aportó el 80 y 55% del forraje total, para el tratamiento con y sin sombra, respectivamente (Figura 2).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de la base forrajera

La disponibilidad promedio durante el ensayo fue de 4290 y 3835 kg MS/ha ($P > 0,05$) para el tratamiento sin sombra y con sombra, respectivamente (Cuadro 1). Si bien no hubo diferencias significativas en el porcentaje de leguminosa entre tratamientos ($P = 0,242$), numéricamente fue mayor en la pastura del tratamiento con sombra. Dicha diferencia surge del aporte de la leguminosa en el período de pastoreo del 18 de enero al

4.2. Producción Animal

El Cuadro 2 muestra los registros de producción animal. Luego de 68 días de pastoreo los pesos finales de los animales fueron de 311 y 300 kg en los tratamientos con y sin acceso a sombra, respectivamente ($P > 0,05$). Esto determinó una tendencia a que la ganancia diaria promedio de peso vivo fuera significativamente mayor en los animales con acceso a sombra comparado con aquellos desprovistos de sombra (0,360 y 0,231 kg/a/d, respectivamente).

En el primer periodo de pastoreo la ganancia de peso fue significativamente superior en los animales con acceso a sombra

Cuadro 1. Características y utilización de la pradera (19/12/01 - 25/02/02)

	Sin sombra	Con sombra	Probabilidad
Disponible			
Forraje (MS kg/ha)	4290	3835	ns
Altura (cm)	34,6	34,1	ns
% Leguminosa	50	65	ns
Rechazo			
Forraje (MS kg/ha)	1596	1570	ns
Altura (cm)	12,8	13,6	ns
Utilización (%)	63	59	

ns: no significativo ($P > 0,05$).

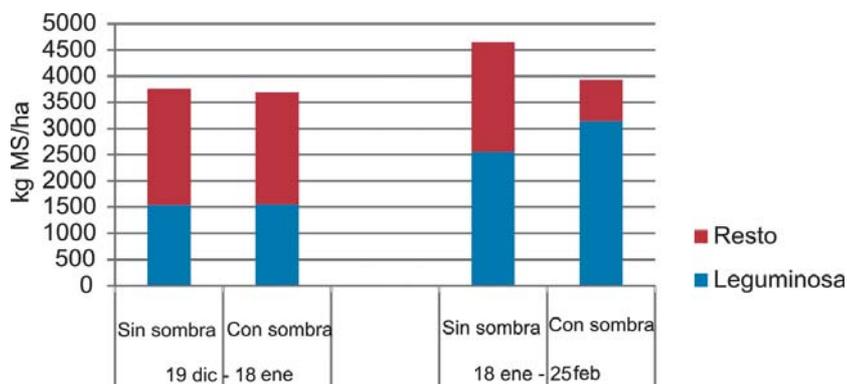


Figura 2. Disponibilidad total y de la fracción leguminosa en cada tratamiento por ciclo de pastoreo.

Cuadro 2. Registros de producción animal (19/12/01-25/02/02)

	Sin sombra	Con sombra	Probabilidad
Peso inicial, kg	285	287	ns
Peso final, kg	300	311	ns
Ganancia de peso, kg/a/d			
19/12-18/01	0,120	0,330	< 0,05
18/01-25/02	0,218	0,384	ns
Total	0,231	0,360	ns
Producción de carne, kg/ha	52	82	

ns: no significativo ($P > 0.05$).

comprado con aquellos sin sombra (0,330 y 0,120 kg/a/día). A lo largo del ensayo los novillos con sombra lograron una ganancia diaria de peso vivo 56% mayor con respecto a los novillos sin sombra, lo que determinó una diferencia de peso vivo agregado durante el período de casi 9 kilos/animal. Estos datos coinciden con los obtenidos por McIlvain y Shoop (1970) en una experiencia repetida durante cuatro veranos consecutivos en pasturas nativas de Oklahoma (Estados Unidos), donde obtuvieron una diferencia promedio de 8,5 kg de peso vivo a favor de los novillos con acceso a sombra.

Sin embargo, la diferencia en producción animal no puede ser únicamente atribuida a la variable sombra, ya que como se observó en la descripción de las pasturas el contenido de leguminosas fue numéricamente mayor en el tratamiento con sombra comparado con aquel sin sombra (65 y 50%, respectivamente). Esta pudo haber sido una de las causas que determinó el mejor comporta-

miento de los novillos con acceso a sombra, teniendo en cuenta la asociación positiva encontrada entre la ganancia de peso vivo y el % de leguminosas en la pastura (Figura 3). Sin embargo, la máxima diferencia en la ganancia de peso de los novillos entre los tratamientos con y sin sombra se observó en el periodo 19/12/01-18/01/02 (0,330 y 0,120 kg/a/día, respectivamente) cuando no existieron diferencias importantes significativas en el porcentaje de leguminosas entre ambos tratamientos (42 y 41%, respectivamente).

4.3. Efecto del clima en la producción animal

En el Cuadro 3 se resume la información climática correspondiente a las décadas (período de 10 días) en las cuáles se desarrolló el ensayo. En tanto, en el Cuadro 4 se comparan mensualmente algunas variables climáticas del verano 2001/02 contra el pro-

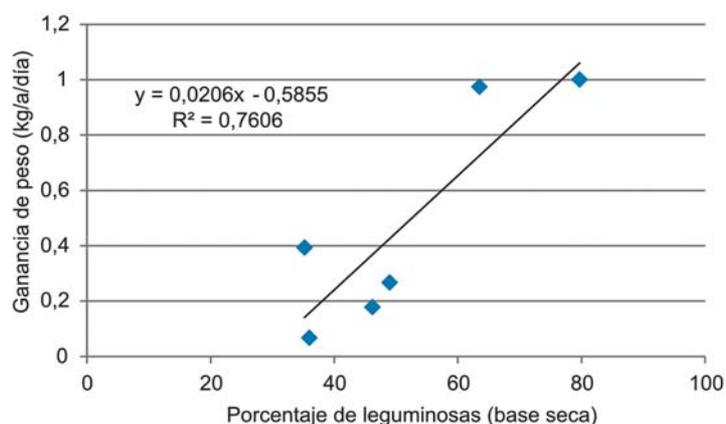


Figura 3. Correlación entre el porcentaje de leguminosa en la pastura y la ganancia diaria de peso vivo (promediando sobre tratamientos).

Cuadro 3. Condiciones climáticas durante la realización del ensayo

Década (10 días)	Diciembre	Enero			Febrero		
	3	1	2	3	1	2	3
Temperatura (°C)							
Media	22,0	22,4	21,7	23,7	21,3	21,9	22,1
Máxima media	28,5	27,3	27,7	29,5	26,4	26,7	28,7
Mínima media	15,5	17,5	15,8	17,8	16,2	17,1	15,4
Horas de sol	9,8	8,3	8,9	7,2	8,2	6,4	9,1
Precipitaciones							
Días	2	3	6	5	4	3	2
Milímetros	24,5	206,9	6,5	100,6	40,9	47,9	31
Evaporación tanque A (mm)	77,1	60,1	66,5	62,6	54,0	50,2	49,7
Humedad Relativa (%)	76	83	78	79	81	82	77

Fuente: Estación Meteorológica de Paso de la Laguna, INIA Treinta y Tres.

Cuadro 4. Comparación de algunas variables climáticas entre el promedio de la serie histórica 1972-2000 y el verano de 2001/02

	Diciembre		Enero		Febrero	
	1973/00	2001	1973/00	2002	1973/00	2002
Temperatura (°C)						
Media	21,5	20,5	22,6	22,6	22,0	21,7
Máxima media	27,8	26,7	29,3	28,2	28,2	27,2
Mínima media	14,5	14,3	16,6	17,0	16,5	16,3
Horas de sol	8,4	8,9	8,5	8,1	7,6	7,8
Evaporación tanque A (mm)	208	204,5	210	189,2	156	153,9
Precipitaciones (mm)	98	66,8	114	314	156	119,8

Fuente: Estación Meteorológica de Paso de la Laguna, INIA Treinta y Tres.

medio de la serie histórica 1973-2000, para evaluar si las condiciones climáticas durante el ensayo corresponden o no a lo que puede ser un verano promedio o normal en la región.

El trimestre diciembre/enero/febrero de 2001/02, se caracterizó por temperaturas medias normales, con abundantes precipitaciones y alta humedad relativa. Se destacó la última década de diciembre de 2001 donde hubo casi 10 horas de sol por día y una temperatura máxima media cercana a 29,0 °C, lo que determinó una alta evaporación del tanque A (7,7 mm/día) y una elevada radiación solar (la más alta de todas las décadas consideradas en el ensayo). Precisamente, en dicho período fue donde los novillos con acceso a sombra presentaron una performance muy superior al grupo de novillos sin disponibilidad de sombra.

Existe un índice que combina la temperatura y la humedad en un único valor (ITH) y que es utilizado como guía para medir el estrés calórico. Existen tres categorías: alerta, peligro y emergencia (Hupp y Rathwell, 1998). Si se considera el promedio de la temperatura media y la humedad relativa a lo largo del ensayo (22,1 °C y 80%, respectivamente), no existiría ningún riesgo de estrés calórico. En cambio, si se toma como referencia el promedio de la temperatura máxi-

ma en los 68 días del experimento (27,8 °C), la situación es de alerta, estuvo muy próximo a la zona de peligro de estrés calórico.

5. CONCLUSIONES

En las condiciones que se realizó el presente experimento, los novillos con acceso a sombra presentaron una ganancia diaria de peso 56% mayor con respecto a los novillos sin disponibilidad de sombra durante el verano. Sin embargo, dicha diferencia no pudo ser atribuida completamente al efecto de la sombra ya que existió una interacción con el porcentaje de leguminosas en la pasturas.

6. BIBLIOGRAFÍA

HUPP, H.D.; RATHWELL, P.J. 1998. Protecting Livestock from Heat Stress. Management Marketing Memo. Cooperative Extension Service. Clemson University. Página web:

<http://cherokee.agecon.clemson.edu/mmm371.htm>

MCILVAIN, E.; SHOOP, M. C. 1970. Shade for improving cattle grains and rangeland use. *Journal of Range Management* 24, 181-4.

V. PRINCIPALES TENDENCIAS REGISTRADAS EN LOS EXPERIMENTOS

Pablo Rovira*

1. CONDICIONES CLIMÁTICAS DEBAJO DE LA SOMBRA Y AL SOL

En los años en que se cuantificó la temperatura del aire, humedad relativa y el índice que combina ambas variables (ITH) debajo de la sombra a través del uso de sensores automáticos (2008, 2009), no se detectaron diferencias significativas con las mismas variables pero registradas al sol. Incluso cuando se comparó la sombra artificial con aquella generada por el monte natural tampoco se detectaron diferencias significativas. Esto implica que la temperatura del aire al sol o a la sombra es la misma, lo que varía es la sensación térmica asociado a la radiación y velocidad del viento.

La sombra actúa disminuyendo la radiación solar que incide sobre el animal mejorando el confort térmico. Cuando se utilizó el

termómetro de globo negro, específico para medir estrés calórico ya que combina la influencia de la temperatura del aire, la velocidad del viento y la radiación, sí se registraron diferencias entre los registros a la sombra y al sol, pero no cuando se compararon distintos tipos de sombra.

2. SOMBRA Y GANANCIA DE PESO

En los cuatro años en que se registró la ganancia de peso, la superioridad de los novillos con acceso de sombra fue de 12% con una variabilidad importante que fue desde ausencia de efecto de la sombra (2009) hasta un 56% más de ganancia en animales con sombra (2002) (Figura 1). La variabilidad observada fue reflejo de las condiciones climáticas de cada verano en particular así

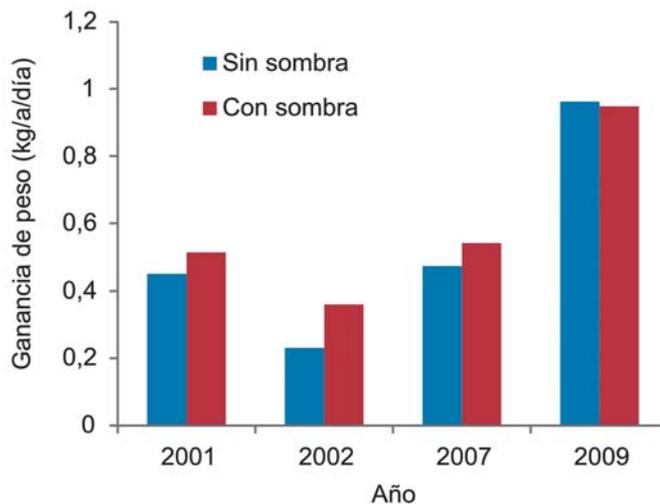


Figura 1. Ganancia de peso de novillos en pastoreo con y sin acceso a sombra sobre distintas bases forrajeras: sudangras (2001, 2007, 2009) y pradera (2002).

*Ing. Agr., MSc., Seguridad Alimentaria/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.

como de las características de la base forrajera. En términos generales se puede decir que únicamente en uno de cuatro años no hubo una diferencia numérica en ganancia de peso a favor de la presencia de sombra en el área de pastoreo.

Cuando se analiza el efecto de la sombra en la ganancia de peso por periodo, en la primera mitad del verano, hasta mediados de febrero, fue cuando la diferencia fue más significativa a favor de la sombra. En el año 2009 en donde no hubo diferencias en ganancia de peso sobre sudangras en el total del verano, en el primer ciclo de pastoreo (inicios de enero a inicios de febrero) los animales con acceso a sombra registraron una ganancia de peso 50% superior que aquellos sin sombra. Lo que sucedió en ese año, y en la mayoría de los experimentos, es un crecimiento compensatorio de los animales sin acceso a sombra durante la segunda mitad del verano cuando las condiciones climáticas no son tan extremas (mediados febrero a mediados de marzo) que tendió a emparejar el desempeño de los animales con y sin acceso a sombra.

Los resultados obtenidos demuestran que la sombra es una estrategia válida para mejorar la ganancia de peso de novillos en pastoreo sin riesgo de afectar el desempeño productivo de los animales por un mayor tiempo de descanso en la sombra. Su inclusión se justifica fundamentalmente en la primera mitad del verano donde las condiciones climáticas son más extremas y propensas a generar estrés calórico en los animales.

Luego, durante fines de verano y las estaciones posteriores, es probable que las diferencias productivas asociadas a la sombra tiendan a desaparecer.

3. SOMBRA Y TASA RESPIRATORIA

Animales con disponibilidad de sombra registraron una tasa respiratoria promedio en las horas luz del día 15% inferior que la registrada en los animales sin sombra, siendo consistente en los años que se registró dicha variable (Figura 2). Un registro de menor tasa respiratoria implica menor costo destinado a funciones de mantenimiento y mayor energía destinada a funciones de producción, explicando la superioridad en ganancia de peso descrita en el punto anterior.

Los valores promedio fueron 61 y 72 respiraciones por minuto (rpm) para novillos con y sin acceso a sombra, respectivamente, equivalente a una reducción de 11 rpm por efecto de la sombra. En ambos años, el efecto de la sombra en la tasa respiratoria fue máximo a las 16 h con una reducción de 20% equivalente a 16 rpm menos en animales con sombra comparado con aquellos sin sombra (66 y 82 rpm, respectivamente). No necesariamente implica que las condiciones climáticas más propensas para el estrés calórico se hayan registrado a las 16 h, debido a que el incremento de la tasa respiratoria es una respuesta fisiológica con retraso a las condiciones climáticas más adver-

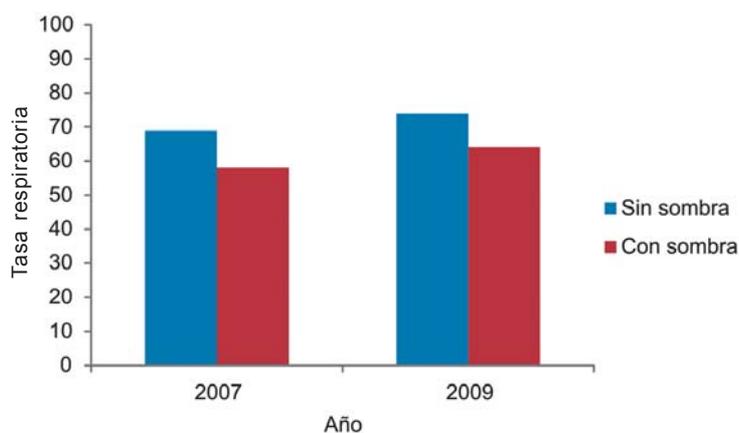


Figura 2. Tasa respiratoria diaria de novillos con y sin acceso a sombra sobre sudangras.

sas registradas en las primeras horas de la tarde. La acumulación de calor a partir del mediodía envía una señal al sistema nervioso central del animal que se expresa fisiológicamente con cierto retardo en un incremento de la frecuencia respiratoria como mecanismo de contingencia para mitigar el desbalance térmico.

La superioridad en la tasa respiratoria de los animales sin sombra fue consistente a lo largo del día, excepto en el primer registro tomado en la mañana entre las 09.00 y 10.00 h, en donde no hubo efecto asociado a la sombra y la tasa respiratoria fue similar (54 y 56 rpm, con y sin sombra, promedio de dos años). Esto implica que las condiciones climáticas durante la noche son lo suficientemente «frescas» como para permitir que el animal sin sombra, con mayor tasa respiratoria durante el día, retome el balance térmico y fisiológico para iniciar normalmente la actividad de pastoreo en la mañana del día siguiente, evitando la acumulación continua de calor. Esta es una diferencia clave entre las regiones de clima templado y tropical, en donde en estas últimas las condiciones nocturnas no favorecen la disipación del calor acumulado durante el día.

En los años que se evaluaron alternativas en el manejo de la sombra, como el acceso restringido en las horas de más calor (2007) o la comparación entre sombra artificial y natural (2009), la variable que siempre fue más afectada fue la tasa respiratoria. Esto indica que es la variable más sensible al efec-

to de la sombra, asociado a la mejora del confort térmico debido a la reducción de la radiación solar sobre el animal y debe ser utilizada como primer indicador para evaluar el efecto de la sombra.

4. SOMBRA Y TIEMPO DE PASTOREO DIURNO

En los años en que se registró la conducta de los animales sobre sudangras durante las horas luz, aquellos con acceso a sombra redujeron el tiempo de pastoreo un 14% comparado con los animales sin sombra, promediando 451 y 522 min, respectivamente (Figura 3).

Del total de las actividades que realizaban los animales durante el día, el pastoreo representó un 62% y 54% del tiempo total en los tratamientos sin y con acceso a sombra, respectivamente. En los días más calurosos la reducción del tiempo de pastoreo fue más significativa por un uso más intenso de la sombra, así como en los días más frescos, nublados y/o lluviosos no hubo diferencias en el tiempo de pastoreo entre tratamientos. Esto confirma que el motivo principal que guía al animal para utilizar la sombra son las condiciones climáticas propensas a causar estrés calórico y que no hay un factor de interacción social que pueda estar incidiendo significativamente en la conducta de los animales expuestos a una estructura de sombra.

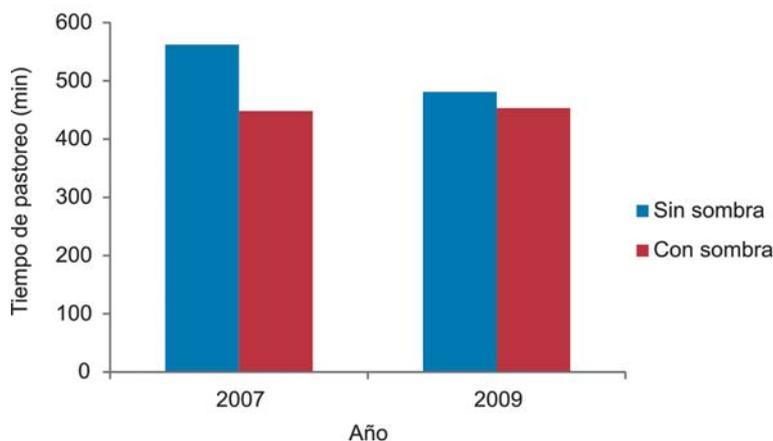


Figura 3. Tiempo de pastoreo diurno de novillos con y sin acceso a sombra sobre distintas bases forrajeras: sudangras (2007, 2009) y campo natural (2011).

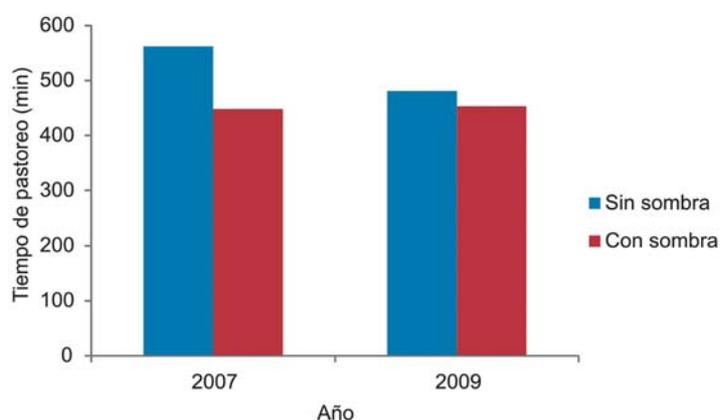


Figura 4. Tiempo de permanencia y postura debajo de la sombra de novillos en pastoreo.

Si bien el tiempo de pastoreo diurno se redujo con la sombra, la ganancia de peso se incrementó como se discutió anteriormente. El acceso a sombra genera una mejor eficiencia de conversión del alimento a peso vivo debido a la disminución de los requerimientos de mantenimiento de los animales por menor necesidad de disipar calor (no hay incremento de la tasa respiratoria). Adicionalmente, el menor tiempo de pastoreo diurno pudo ser compensado por mayor pastoreo nocturno cuando las condiciones climáticas son más favorables. Otra explicación puede ser que el animal incrementa su tasa y/o tamaño de bocado durante las horas más frescas del día a sabiendas que luego va a estar un mayor tiempo rumiando y descansando bajo la sombra.

5. UTILIZACIÓN DE LA SOMBRA

La utilización de la sombra durante las horas luz por animal fue 210 minutos/día (3,5 horas/día) promediando sobre tres años (Figura 4). Dicho valor es equivalente a un 25% del tiempo de observación entre las 6.30 y 20.30 h.

Fue consistente la observación que los animales prefirieron estar echados debajo de

la sombra. Del tiempo total de utilización de la sombra, los animales estuvieron echados y parados un 68 y 32%, respectivamente. Dicha conducta es reflejo de condiciones climáticas favorables debajo de la sombra y de animales sin estrés calórico. En condiciones de riesgo de estrés calórico los animales prefieren estar parados para favorecer la circulación de aire y ventilación del cuerpo del animal. De hecho, cuando se analizó la conducta de los animales sin acceso a sombra cuando se encontraban descansando y/o rumiando al sol, un 40% del tiempo lo hicieron en posición «parada».

El uso de la sombra fue más intenso en los días más calurosos (temperatura del aire ≥ 25 °C) y disminuyó en los días más frescos, nublados y/o lluviosos. Esto implica que los animales utilizan la sombra cuando realmente la necesitan para disminuir la carga calórica reduciendo el riesgo de estrés calórico, lo que redundaría en una menor tasa respiratoria y mayor ganancia de peso. No hay riesgo de que en días templados o cuando no se justifica desde el punto de vista climático, los animales hagan un uso excesivo de la sombra, asociado al ocio, que pueda perjudicar el desempeño productivo.

VI. CONSIDERACIONES FINALES

Pablo Rovira*

En el ámbito de los establecimientos agropecuarios es común escuchar la frase «*prefiero que los animales no tengan sombra porque si no pasan mucho tiempo descansando en la sombra, no pastorean lo debido y ganan menos peso*». Concepto muy arraigado entre la gente de campo, que se transmite de generación en generación, pero con poca solidez científica. Otra frase muy común de escuchar es «*en el Uruguay no existe estrés calórico en los animales*». Concepto basado en la definición de región de clima templado dentro de la cual se ubica Uruguay. Generalmente se tiende a asociar estrés calórico con climas tropicales.

Sin embargo, en los últimos años estos conceptos comenzaron a ser cuestionados o al menos ser motivo de investigación científica y objetiva debido a tendencias o lineamientos internacionales que en un mundo globalizado también afectan nuestros sistemas de producción.

En primer lugar, y tal cual fue presentado en el capítulo de Introducción, desde el punto de vista del bienestar animal uno de los principios básicos es asegurar que los animales no sufran debido a condiciones ambientales extremas o fuera del rango de confort del animal, como por ejemplo puede ser la exposición a temperaturas elevadas durante el verano. Es un requerimiento que surge en las sociedades de países desarrollados en Europa y cuyo principal responsable de que se cumpla es el productor. Fue uno de los motivos que dieron origen a la línea de investigación cuyos resultados se discuten en la presente publicación, demostrar con evidencia científica si en el Uruguay existen o no condiciones para la manifestación de estrés calórico de ganado en pastoreo.

Hay consenso a nivel internacional que estamos en presencia de un fenómeno de cambio climático donde una de las consecuencias es el calentamiento global. En ese

escenario, es de esperar que regiones que actualmente tienen clima moderado, como en la que se encuentra Uruguay, tiendan a incrementar su temperatura en el mediano y largo plazo. Este fue otro de los motivos que dio origen a la presente línea de investigación estudiando en forma preventiva la eficiencia del uso de sombra para los animales como una estrategia de mitigación del riesgo de estrés calórico. Sin duda la adaptación a las condiciones climáticas actuales nos hace estar mejor preparados ante un cambio en el escenario futuro.

La información presentada permite extraer conclusiones importantes para los sistemas de producción. Existen condiciones ambientales para la manifestación de estrés calórico puntual y de corta duración en animales en pastoreo en Uruguay. Si bien la información fue generada en la región este, se pueden extrapolar los datos a otras regiones del país utilizando información climática regional. Probablemente en el norte el riesgo de estrés calórico es aún mayor, mientras que en las zonas costeras la cercanía del mar y su influencia en el clima ayudan a disminuir el riesgo de estrés calórico.

La manifestación del estrés calórico en los animales fue demostrada tanto por indicadores ambientales (Índice de Temperatura-Humedad, temperatura del globo negro) como por observación directa de los animales (tasa respiratoria, temperatura del cuero, síntomas de jadeo). La buena noticia es que dicho riesgo de estrés calórico es intermitente, no se observa todos los días y dentro de un mismo día se da en determinadas horas. Esto favorece la recuperación y capacidad de compensación de los animales durante las horas más frescas del día.

En dichas condiciones ambientales el suministro de sombra a los animales ha tenido una respuesta dinámica según cuál sea la variable que se mide. Consistentemente la sombra redujo la tasa respiratoria de novi-

*Ing. Agr., MSc., Seguridad Alimentaria/Sistemas de Producción. Programa Nacional de Investigación Producción de Carne y Lana.

llos en crecimiento y en tres de cuatro años de investigación mejoró la ganancia diaria de peso de los animales en un 22% comparado con aquellos animales sin sombra (en el restante año la ganancia de peso fue igual). Es decir, más allá de la magnitud de la diferencia en la ganancia de peso que depende más de las condiciones climáticas y forrajeras de cada verano en particular, el suministro de sombra mejoró el bienestar de los animales expresado por la reducción en la tasa respiratoria lo que ya de por sí justifica su inclusión en los sistemas productivos.

La diferencia en respuesta en producción animal obtenida en el verano, medida en ganancia de peso de novillos en crecimiento, entre animales con y sin acceso a sombra, parece estar definida por las condiciones climáticas entre mediados de diciembre y mediados de febrero, donde el riesgo de estrés calórico es mayor. Luego, hacia finales del verano y durante el otoño puede ocurrir cierta compensación en donde los animales que estuvieron más expuestos al estrés calórico (sin sombra) registran mayor ganancia de peso que aquellos que tuvieron acceso a sombra en el verano. En dicho escenario, ¿qué tan conveniente es la inclusión

de la sombra desde el punto de vista productivo? Pensamos que desde el punto de vista de la prevención (mitigación) es conveniente adelantarse al problema del estrés calórico y contar con disponibilidad de sombra en los potreros. Con respecto a la creencia de que la sombra reduce el tiempo de pastoreo y afecta negativamente el desempeño productivo de los animales, efectivamente la sombra redujo el tiempo de pastoreo diurno pero incrementó la ganancia de peso debido a un menor costo de mantenimiento (menor tasa respiratoria) y eventualmente a un mayor pastoreo nocturno.

En un escenario actual de incremento de costos de producción, mayor valor y competencia por el recurso tierra, y mayor variabilidad climática, las empresas ganaderas deben hacer lo posible para mantenerse competitivas. El uso más generalizado de la sombra en los potreros de pastoreo es una estrategia de manejo alineada con dicho objetivo pero no suficiente. Debe estar inserta dentro de un conjunto de medidas productivas durante la estación de verano (manejo, suplementación, sanidad, fuentes de agua, etc.) en donde cada una aporte su beneficio individual en pos de potenciar el sistema en su conjunto.

VII. AGRADECIMIENTOS

A los Ings. Agrs. PhD Gustavo Brito y Fabio Montossi por la revisión de este trabajo y sus valiosas sugerencias.

Al Ing. Agr. Raúl Gómez Miller y a la Lic. Laura Orrego por sus aportes en el proceso de edición y publicación.

A los funcionarios de la Unidad Experimental Palo a Pique de INIA Treinta y Tres por su invaluable esfuerzo en la instalación y seguimiento de los trabajos experimentales.

