RAPA Revista Argentina de Producción Animal

MITIGACIÓN DEL ESTRÉS CALÓRICO EN NOVILLOS TERMINADOS A CORRAL

Mitigation of heat stress in feedlot fattening steers

Clariget, J.M.[1], Banchero, G.[1], Aznárez, V.[2], Perez, E.[1], Roig, G.[2], Luzardo, S.[1], Fernandez, E.[1] y La Manna, A.[1]

[1]Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Colonia, Uruguay.
[2]MARFRIG Group, Rio Negro, Uruguay.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar y cuantificar el efecto de diferentes alternativas de mitigación del calor (sombra o aspersión) sobre el desempeño productivo de novillos terminados a corral. Se utilizaron 48 novillos con un peso vivo inicial de 379 ± 8 kg en un diseño experimental completamente al azar con 4 repeticiones por tratamiento (4 novillos por repetición). Los tratamientos evaluados para mitigar el calor fueron: sombra continua (4,5m^2/animal) y aspersión (9 l/min desde las 11:00 a 19:00 h, cuando el ITH diario ≥ 75 o más de 5 h con ITH ≥79), el tercer tratamiento fue el control sin estrategia de mitigación del calor (sol). La duración del ensayo fue de 65 d donde se diferenciaron dos momentos: Período 1 (33 d en febrero y marzo; ITH promedio 73,6 y presencia de ola de calor) y Período 2 (32 d en marzo y abril, ITH promedio 67,7 y sin presencia de ola de calor). Los animales con alguna estrategia de mitigación (sombra o aspersión) lograron menores valores de frecuencia respiratoria y escala de jadeo. Sin embargo, solamente los animales con acceso a sombra lograron mayores niveles de consumo diario de materia seca. El aumento medio diario al igual que la conversión alimenticia no fue diferente entre tratamientos, sin embargo al separarlos por períodos, durante el Período 1 los animales con alguna estrategia de mitigación del calor lograron mayores aumentos medios diarios (38 y 56% superior) respecto que los que estaban al sol. Si bien no hubo diferencias estadísticas en el peso de faena ni en el peso de la canal caliente, los animales con acceso a sombra fueron más pesados (10 y 6 kg, respectivamente) respecto a los otros dos tratamientos. Se concluye que bajo las condiciones ambientales donde se desarrolló el ensayo, se vio que los animales expuestos al sol presentaron variables fisiológicas – frecuencia respiratoria y escala de jadeo – por encima de valores normales, así como rumia e ingesta disminuidas, indicadores de estrés por calor.

Palabras clave: sombra, aspersión, feedlot.

SUMMARY

The aim of this study was to evaluate and quantify the effect of different heat mitigation alternatives (shade or spray) on animal performance of fattening beef steers in feedlot. Forty-eight steers with an initial live weight of 379 ± 8 kg were used in a totally randomized experimental design with four replicates (4 steers per replicates). The treatments to mitigate heat stress were: continuous shadow (4.5 m^2/animal) and spray (9 l/min from 11:00 to 19:00, when daily THI ≥75 or more than 5 h with THI ≥79), the third treatment was the control without heat mitigation strategy (sun). The length of the trial was 65 d, divided in two periods: Period 1 (33 d in February and March, average THI 73.6 and presence of heat wave) and Period 2 (32 d in March and April, average THI 67.7 and without presence of heat wave). The steers under some mitigation strategy (shade or spray) achieved lower values of respiratory rate and panting scale. However, only animals with access to shade achieved higher levels of daily dry matter intake. The average daily gain as well as feed efficiency did not differ among treatments. However, when it was analyzed by separated periods, during Period 1 the steers with some heat mitigation strategy achieved higher daily gain (38 y 56% superior) than those in the sun. Although there were no statistical differences in slaughter weight or hot carcass weight, the animals with shade access were heavier (10 and 6 kg, respectively) compared to the other two treatments. It is concluded that under the environmental conditions of this trial, it was seen that animals exposed to the sun presented physiological variables - respiratory rate and panting scale - above normal, as well as decreased rumination and intake, indicators of heat stress.

Key words: shadow, aspersión, feedlot.

Recibido: febrero de 2018
Aceptado: mayo de 2019

[1] Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Colonia, Uruguay. E-mail: jclariget@inia.org.uy
[2] MARFRIG Group, Rio Negro, Uruguay.

Introducción

Durante el verano, la región que incluye Uruguay y las provincias de Buenos Aires y Entre Ríos de Argentina se caracteriza por las altas temperaturas y elevados niveles de radiación solar y humedad los cuales pueden ocasionar aumentos en la producción de calor de los rumiantes. La zona de confort térmico para bovinos jóvenes con acceso *ad libitum* a dietas de feedlot se encuentra entre -10 y 20 ºC (FASS, 2010), siendo este rango orientativo ya que depende de varios factores, como ser el grado de aclimatación/acostumbramiento de los animales al calor, el nivel de producción, el estado fisiológico, estado reproductivo, tipo de alimentación, movimiento de aire y humedad relativa (Arias et al., 2008; Gaughan et al., 2008). Cuando los rumiantes aumentan su producción de calor (debido al estrés térmico) tienen 4 mecanismos para disiparlo: conducción, convección, radiación y evaporación. La evaporación es el principal mecanismo de pérdida de calor (Blackshaw y Blackshaw, 1994) pero trae consigo aumentos en los gastos de energía de mantenimiento (aumenta los gastos de termorregulación) ya que deben incrementar su tasa respiratoria y tasa de transpiración. Si el estrés persiste, comienzan a manifestarse cambios comportamentales en el animal, como ser reducción del consumo de materia seca y aumento del consumo de agua (Armstrong, 1994; Mader y Davis, 2004), llevando así a una disminución en el desempeño productivo.

Thorn (1959) desarrolló un índice de temperatura y humedad denominado ITH como una manera práctica de categorizar el riesgo de estrés calórico. El mismo, se calcula de la siguiente forma: ITH = 0,8 × Temperatura del aire (°C) + (Humedad relativa/100) × (Temperatura del aire (°C) - 14,4) + 46,4. Posteriormente, en la década del 70, se desarrolló el Livestock Weather Safety Index (Indicador de Seguridad Climática para Ganado) con cuatro categorías según el rango de ITH: normal (ITH≤74), alerta (74<ITH<79), peligro (79≤ITH<84) y emergencia (ITH≥84), el cual se sigue utilizando en la actualidad (Mader et al., 2006).

En una encuesta realizada por Banchero et al. (2016) en 71 corrales de engorde comercial en Uruguay, se observó que 2 de cada 3 productores (68%) no tiene ninguna estrategia de mitigación del estrés calórico en sus corrales, un 6% solo tiene acceso a sombra en alguno de sus corrales y el restante 26% tiene sombra en todos los corrales. En una encuesta similar realizada por Rossanigio y Frasinelli (2015) en Argentina reportaron también, que solamente el 30% de los corrales tienen acceso a sombra.

A nivel de investigación y más precisamente a nivel de Uruguay existe sólo un trabajo (Simeone et al., 2010) donde se evaluó el efecto de la sombra en novillos terminados a corral. En este caso se utilizaron novillos livianos de sobreaño (peso inicial: 265 kg) donde el efecto de la sombra mejoró 20% el aumento medio diario (sol: 1,17 vs. sombra: 1,40 kg/d) y la conversión alimenticia (sol: 6,8 vs. sombra: 5,7 kg MS/kg PV).

Otra alternativa para mitigar el estrés por calor es a través de la aspersión de agua. En Uruguay y Argentina algunos corrales cuentan con esta tecnología, aunque no se ha cuantificado su efecto para nuestra región. Información internacional, muestra como los beneficios de rociar al animal tienden a ser mayores si se comienza a rociar por la mañana, antes de que el ganado comience a levantar temperatura (Davis et al., 2003). El mojado o rociado puede tener efectos adversos, particularmente cuando el ganado se aclimata a estar húmedo y se producen fallas en la aspersión o esta es incompleta durante los días calientes posteriores (Mader, 2014). Los sistemas de rociado se asocian con la posibilidad de acumulación de barro. En la literatura se recomienda aspersión interrumpida y consiste en una aplicación de 2 a 5 minutos cada 30 a 45 minutos o hasta 20 minutos de aplicación cada 1 a 1,5 h. Se desconoce si el ganado que necesita ser rociado (enfriado) siempre va o se ubica voluntariamente debajo de los rociadores (Mader, 2014).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar y cuantificar el efecto de diferentes alternativas de mitigación del calor (sombra o aspersión) sobre el desempeño productivo de novillos (+370 kg) terminados a corral en verano. La hipótesis planteada es que animales con acceso a alguna estrategia de mitigación del estrés por calor, presentarán un mejor bienestar y desempeño productivo que animales que no la reciben durante el verano.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en los corrales de engorde de la empresa MARFRIG (Río Negro, Uruguay; latitud Sur 33°15'08" y longitud oeste 58°01'49"). La duración de dicho experimento fue de 65 d (comenzando el 3 de febrero y finalizando el 9 de abril de 2017).

Se utilizaron 48 novillos con 24 meses de edad y un peso vivo (PV) inicial de 379 ± 8 kg. Los mismos fueron sorteados a 3 tratamientos (sol, aspersión y sombra) en un diseño experimental completamente al azar con 4 repeticiones por tratamiento (12 corrales en total). En cada corral se albergaron tres novillos Aberdeen Angus y uno cruza (Aberdeen Angus × Hereford). Los animales contaban con un espacio de 20 m^2/animal y 1,25 m de frente de comedero/animal. El acceso a la sombra lo tenían durante todo el día con un espacio de 4,5m^2/animal. La misma era de chapa a 4 m de altura. Los aspersores se encendían por una combinación entre temperatura y comportamiento animal en la mañana, lo que resultó que los mismos fueran encendidos cuando el ITH promedio diario fue ≥75 o hubo durante el día más de 5 horas con ITH ≥79. Los mismos eran encendidos desde las 11:00 hasta las 19:00 h. El volumen de aspersión fue de 9 l/min y en un radio de 8,5 m.

La comida se suministró tres veces por día (6:30, 10:00 y 15:30 h). Previo a la primera entrega de alimento se realizaba lectura de comedero para el ajuste del suministro

(aumentos o disminuciones) de la dieta. Cuando el comedero quedaba lamido se aumentaba un 3% la dieta, mientras si el rechazo era mayor a 5%, la oferta total diaria se disminuía en un 3%. A los 48 animales se les asignó una dieta de acostumbramiento durante 13 d en sus respectivos corrales con el fin de adaptar a los animales a raciones con niveles crecientes de concentración energética en la dieta. Todos los corrales contaban con agua *ad libitum* y bebedero propio. La dieta de engorde tuvo una duración de (65 d). Las características de la misma se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de la dieta de engorde.
Table 1. *Characteristics of the fattening diet.*

Ingredientes de la dieta	Proporción (%) de la MS
Cebada quebrada	34,0
Maíz steam-flake	25,5
Avena entera	10,8
DDG Maíz	8,9
Aserrín	8,9
Cascara de soja	6,8
Harina de soja	2,4
Núcleo vitamínico-mineral	2,6
Composición química de la dieta	
Materia seca (%)	77,3
Cenizas (% MS)	6,0
Proteína cruda (% MS)	13,3
Fibra detergente neutra (% MS)	43,8
Fibra detergente ácida (% MS)	27,2
Lignina (% MS)	6,5
Extracto etéreo (% MS)	3,7
Energía metabolizable (Mcal/kg MS)	2,93

Variables fisiológicas

La frecuencia respiratoria por minuto (RPM) y la escala de jadeo (Gaughan et al., 2008; Cuadro 2) se registró dos veces por semana en todos los animales, cuatro veces por día (7:00, 11:00, 15:00 y 18:00 h) por dos operarios entrenados. Con los cuatro momentos por días se calculó el promedio diario para ambas variables.

Cuadro 2. Escala de jadeo.
Table 2. *Panting scale.*

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 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

Dos veces por mes, se registró cada 15 minutos en dos animales por corral durante las horas de luz (6:00 hasta las 20:00 h), el comportamiento ingestivo de los mismos (comiendo, rumiando, descansando y tomando agua). Se asumió qué durante ese intervalo, los animales estaban bajo el mismo comportamiento, para posteriormente calcular el tiempo total (min) por día que los animales dedicaban a cada actividad.

Desempeño productivo

El peso vivo (kg) de los animales se registró cada 14 d. El mismo se realizó a primera hora de la mañana (6:00 h), antes de la entrega de la primera comida. El aumento medio diario (AMD; kg/d) se calculó como la regresión lineal de la pendiente del PV en función del tiempo.

El consumo de alimentos (kg MS/d) se registró diariamente por corral, realizando la diferencia entre el alimento ofrecido y rechazado. La conversión alimenticia (CA; kg MS/kg PV) se calculó dividiendo el consumo medio diario de alimentos sobre el AMD de los animales.

Metabolitos sanguíneos

Para la medición de metabolitos en sangre, a todos los animales se les extrajo una muestra de sangre de vena yugular cada dos semanas a las 6 am previo a la primera alimentación diaria. Las muestras de sangre fueron por duplicado (con y sin anticoagulante (EDTA)) y centrifugadas a 2500 rpm durante 10 min en la primera hora de extraídas y sus respectivos plasma y suero almacenados en freezer a -20 °C. Las concentraciones de haptoglobinas se determinaron a través de un kit de Elisa comercial (Tridelta Development LTD, Dublin, Irlanda). La sensibilidad del método fue de 0,005 mg/mL. Los coeficientes de variación (CV) intra-ensayo fueron 9,2% y 10,4% para los controles 1 (0,57 mg/mL) y 2 (0,32 mg/mL). Los CV inter-ensayo para los mismos controles fueron 9,2% y 10,3%, respectivamente. Las concentraciones de glucosa, proteína total, albúmina y ácidos grasos no esterificados (AGNE) se determinaron por espectrofotometría (Espectrofotómetro A 25) utilizando kits comerciales (Glucosa oxidasa/peroxidasa, ByoSistem S.A, Barcelona, España; Biuret, ByoSistem S.A, Barcelona, España; Bromocresol Green, ByoSistem S.A, Barcelona, España; enzimático colorimétrico ACS ACOD, Wako NEFA-HR (2), Wako Pure Chemical Industries Ltd., Osaka, Japón, respectivamente). Las sensibilidades de los métodos fueron: 0,08 mmol/L, 1,6 g/L, 1,1 g/L y 0,01 mmol/L para glucosa, proteína total, albúmina y AGNE, respectivamente. Los CV intra-ensayo para los controles altos y bajos fueron en todos los casos menores a 8%.

pH y temperatura ruminal

Durante los últimos 28 d del experimento, se colocaron bolos ruminales en 2 animales por corral que registraron el pH y la temperatura (eBolus®; eCow, United Kingdom) cada 15 minutos. Los mismos fueron retirados directamente del rumen al momento de la faena. Solamente en once animales (cuatro al sol, cinco a la sombra y dos bajo aspersión) fue posible extraer la información de los mismos.

Medidas pre-faena y de la canal

Al final del experimento se realizaron determinaciones por ultrasonografía de: área de ojo de bife (AOB, cm^2), espesor de grasa dorsal (EGD; mm), espesor de grasa en la cadera (P8; mm), profundidad del glúteo medio (mm) y grasa intramuscular (%), utilizando un equipo ALOKA® modelo SSD-500 con un transductor lineal y una frecuencia de 3,5 MHz.

A la faena se registró el PV vacío por lote en el frigorífico, el peso de la canal caliente (PCC) y con la relación entre el PCC y el PV se calculó el rendimiento carnicero (%).

Análisis estadístico

El experimento fue analizado mediante un diseño completamente aleatorizado (DCA) con un factor y 3 niveles, utilizando el paquete estadístico SAS (9.4). Para el análisis estadístico se consideró el período en el cual se ofreció la dieta de engorde (65 d). Los datos se analizaron mediante el procedimiento MIXED y se tomó como unidad experimental al corral.

Para las variables como: AMD, CA, peso a faena, peso de la canal caliente, rendimiento carnicero, comportamiento ingestivo (tiempo comiendo, rumiando, descansado y tomando agua), ultrasonografía (área de ojo de bife, espesor de grasa dorsal, espesor de grasa en la cadera, profundidad del glúteo medio, grasa intramuscular); el modelo de análisis fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Siendo:

y_{ij}: variable de respuesta

μ: media general (común a todos los datos del experimento)

τ: Efecto del tratamiento

$_i$: sol, sombra y aspersión

ε_{ij}: error experimental

Para las variables como: frecuencia respiratoria, escala de jadeo, consumo de materia seca, pH ruminal, temperatura ruminal, metabolitos sanguíneos (haptoglobina, glucosa, AGNE, proteína total, albúmina, globulina), donde el tiempo (día u hora) fue un factor, el modelo de análisis fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau_i \times \beta_j + \varepsilon_{ijk}$$

Siendo:

y_{ij}: variable de respuesta

μ: media general (común a todos los datos del experimento)

τ: Efecto del tratamiento

$_i$: sol, sombra y aspersión

β: Efecto de la hora o el día

$_j$: 1, …, 19 (frecuencia respiratoria y escala de jadeo) o 1,…,5 (metabolitos sanguíneos) o 1,…, 65 (consumo de materia seca) o 1,…96 (pH y temperatura ruminal)

$\tau_i \times \beta_j$: interacción del tratamiento con la hora o el día (según corresponda)

ε_{ijk}: error experimental

Para las variables sanguíneas se utilizó como covariable la concentración inicial de cada metabolito.

Las medias de cada variable se compararon por Tukey por los tres niveles del factor. Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando P-valor < 0,05 y las tendencias cuando P-valor < 0,10. Los resultados se expresan en medias ajustadas ± error estándar (EE).

Resultados y Discusión

Caracterización del ITH

Durante los días donde se ofreció la dieta de engorde, se pueden observar dos períodos que denominaremos Periodos 1 y 2 dependiendo de la presencia o no de ola de calor. La ola de calor se define como 3 o más días consecutivos (American Meteorological Society, 1989) con ITH mayor a 74. En el Período 1 (33 d) el ITH promedio fue de 73,6 y hubo ola de calor, mientras que en el Período 2 (32 d), el ITH promedio fue de 67,7 y no hubo ola de calor (Anexo 1 - Figura 1). De los 65 d de ensayo con dieta de engorde, los aspersores sólo se prendieron durante 19 d (30% del tiempo), estos lo hicieron desde las 11:00 a 19:00 h y todos fueron durante el Período 1. A pesar de que el experimento empezó en febrero donde normalmente las temperaturas extremas ya son más bajas que en diciembre y enero (Cruz y Saravia, 2008), se puede observar como en los últimos 10 d de febrero el ITH promedio siempre estuvo por encima de 77 y días como el 24 de febrero se alcanzaron ITH de 87, siendo el promedio del día de 81.

Variables fisiológicas

El registro de la tasa respiratoria, a través de la observación directa de los animales, es una manera muy eficaz de cuantificar el estrés calórico. A medida que aumenta la temperatura del aire se incrementa la tasa respiratoria. En efecto, las estrategias de mitigación del estrés calórico aplicadas en este experimento modificaron la frecuencia respiratoria de los animales (p<0,01) comparado con animales expuestos al sol. Estos últimos presentaron mayor frecuencia respiratoria por minuto 92 ± 1^c que los animales bajo aspersión 81 ± 1^b, y estos últimos mayor que

los animales con acceso a sombra 76±1[a]. A pesar de que en la literatura existe variabilidad acerca de cuál es la frecuencia respiratoria máxima donde el animal comienza a disipar calor, todos coinciden que esta debe estar por debajo de 84 RPM (60 RPM para Silanikove, 2000; 60 RPM para Arias et al., 2008; 75 RPM para Brown-Brandl et al., 2013 y 84 RPM para Gaughan y Eigenberg, 2003). Tomando en cuenta ese criterio, en nuestro experimento los dos tratamientos con medidas de mitigación estuvieron dentro de los valores normales mientras que los animales al sol los superaron en 10%. También se observó efecto del día ($p<0,01$) y de la interacción tratamiento × día ($p<0,01$; Figura 2). Se puede observar como durante el Período 1 los valores reportados fueron mayores a los del Período 2 en todos los tratamientos lo que se condice con los valores de ITH registrados. Seguramente, esto determinó que en el Período 1, las estrategias de mitigación fueron efectivas en disminuir la frecuencia respiratoria. Efectivamente, la frecuencia respiratoria en el Período 1 disminuyó 17% cuando la mitigación fue sombra con respecto al control. Datos similares fueron reportados por Brown-Brandl et al. (2013) en Angus (biotipo similar al utilizado en nuestro experimento) quienes reportaron una disminución de la frecuencia respiratoria en el orden del 10%. Según Lemerle y Goddard (1986), la tasa respiratoria se incrementa cuando el ITH excede el valor de 73. Cabe mencionar que en el presente trabajo, durante el Período 1, el ITH promedio fue de 73,6. En el Período 2, a partir de la semana 5, disminuyó la frecuencia respiratoria en todos los tratamientos sin observarse grandes diferencia entre los mismos cuando el ITH promedio del período fue de 67,7.

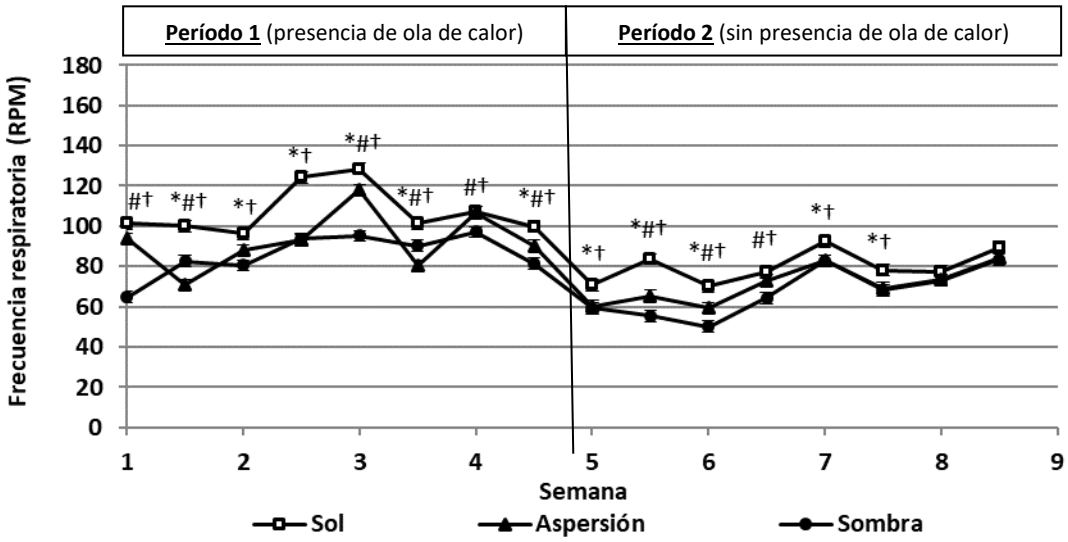

Figura 2. Frecuencia respiratoria de los animales según tratamiento.
Figure 2. *Respiration rate of the animals according to treatment.*
* = Indica diferencias significativas ($p\leq0,05$) entre Sol vs. Aspersión; † = Indica diferencias significativas ($p\leq0,05$) entre Sol vs. Sombra; # = Indica diferencias significativas ($p\leq0,05$) entre Aspersión vs. Sombra.

Las estrategias de mitigación del estrés calórico afectaron la escala de jadeo ($p<0,01$). Los animales con acceso a sombra (0,52 ± 0,02[a]) presentaron menor escala de jadeo que los animales bajo aspersión (0,59 ± 0,02[b]) y estos últimos menor que los animales al sol (0,78 ± 0,02[c]). También se observó efecto del día ($p<0,01$) y de la interacción tratamiento × día ($p < 0,01$; Figura 3). Se puede observar como luego de la ola de calor - a partir de la semana 5, la escala de jadeo disminuyó en todos los tratamientos. Valores iguales o superiores a 1 indican algún grado de estrés calórico en los animales, y durante el Período 1 eso fue lo que ocurrió. Este resultado se condice con la frecuencia respiratoria de los animales. Cuando no se puede medir la temperatura rectal (mejor parámetro para estimar estrés por calor), las medidas de frecuencia respiratoria y/o escala de jadeo estiman estrés por calor de forma rápida y correcta (Gaughan et al., 2000).

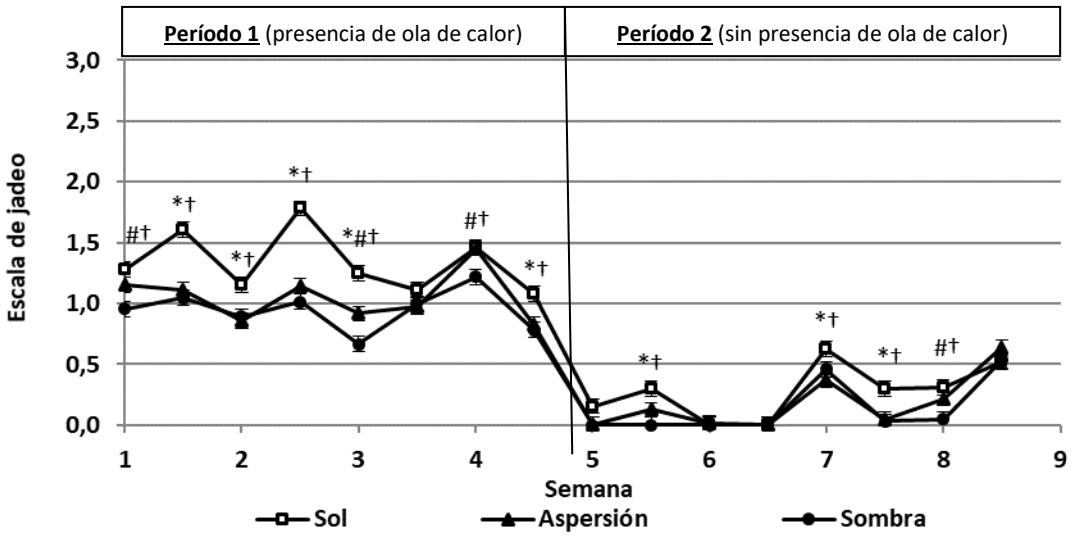

Figura 3. Escala de Jadeo de los animales según tratamiento.
Figure 3. *Panting scale of the animals according to treatment.*

* = Indica diferencias significativas (p≤0,05) entre Sol vs. Aspersión; † = Indica diferencias significativas (p≤0,05) entre Sol vs. Sombra; # = Indica diferencias significativas (p≤0,05) entre Aspersión vs. Sombra.

Desempeño productivo

En el Cuadro 3 se muestra el AMD durante el período que hubo ola de calor (Período 1) y cuando no lo hubo (Período 2). Se observa cómo durante el Período 1 los animales que tenían alguna estrategia de mitigación del estrés calórico presentaron mayores AMD que los que estaban al sol (p=0,09). Durante el Período 2 si bien no se observaron diferencias entre tratamientos, se observa como los animales que estaban bajo el tratamiento con aspersión tuvieron menores AMD que los que estaban al sol o tenían acceso a sombra (-11 y -13%, respectivamente). Esto podría estar asociado a que si bien los valores reportados de ITH (diario y horario) no justificaron encender los aspersores, posiblemente los animales ya tenían un acostumbramiento a los mismos y el calor los perjudicó en mayor medida que a los animales que habían estado desde un principio al sol, tal como lo reporta Mader (2014). Por lo cual parece necesario evaluar si los mismos no deberían estar encendidos aún, con menores valores de ITH diarios y/o horarios. Por ejemplo, Davis et al. (2003) establece que los aspersores se deberían encender cuando el ITH a las 9:00 es superior a 68, mientras que Mader et al. (2000) sugiere encender los aspersores cuando el ITH a las 8:00 es superior a 70. Teniendo en cuenta el criterio de Davis et al. (2003), en nuestro experimento los aspersores deberían haber estado encendidos el 77% del tiempo durante todo el ensayo y si utilizamos el criterio de Mader et al. (2000), los mismos debieron estar encendidos el 48% del tiempo.

Si bien no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el AMD ni en la CA por las diferentes estrategias de mitigación del calor, se puede observar como el AMD se incrementó en un 14% y la CA mejoró en un 6% por efecto de la sombra en comparación con el testigo sin estrategia de mitigación (sol; Cuadro 3). En novillos jóvenes y más livianos (265 kg), Simeone et al. (2010) reportaron similares incrementos en aumentos de peso (19%) y mejoras en la conversión alimenticia (16%).

Las estrategias de mitigación del estrés calórico tendieron a afectar el consumo diario de materia seca (p = 0,09). Los novillos del tratamiento control consumieron menos que el tratamiento sombra, no obstante, la aspersión no mejoró el consumo respecto al control. A diferencia de Simeone et al. (2010), en nuestro experimento se observó un mayor consumo de materia seca (7,5%) para los animales que tenían acceso a sombra con respecto a novillos que estaban al sol. Posiblemente estas diferencias podrían estar asociadas a que animales con mayor engrasamiento (peso inicial: 265 vs. 379 kg, Simeone et al., 2010 y nuestro experimento, respectivamente), sufren en mayor medida el estrés calórico (Brown-Brandl et al., 2006). En el mismo sentido, Brown-Brandl et al. (2005) también reportaron que la sombra incrementó el consumo de materia seca en un rango de 2 a 11% dependiendo del nivel de riesgo del estrés calórico (desde Alerta hasta Emergencia).

Cuadro 3. Variables productivas, fisiológicas y comportamentales de los animales según tratamiento.
Table 3. *Productive, physiological and behavioral variables of the animals according to treatment.*

	Tratamientos[1]			EE[2]	P-valor
	Sol	Aspersión	Sombra		
AMD Período 1 (kg/d)	0,52 b	0,81 A	0,72 ab	0,09	#
AMD Período 2 (kg/d)	1,48	1,32	1,51	0,21	ns
AMD (kg/d)	1,07	1,09	1,22	0,06	ns
Consumo (kg MS/d)	9,08 b	9,21 ab	9,76 a	0,20	#
Conversión alimenticia (kg MS/kg PV)	8,56	8,51	8,04	0,34	ns
Comiendo (min)	70 b	75 b	95 a	6	*
Rumiando (min)	102 b	104 b	136 a	8	*
Descansado (min)	554 b	560 b	509 a	8	**
Bebiendo agua (min)	30 b	18 ab	15 a	4	#
Haptoglobina (mg/mL)	0,13	0,13	0,14	0,02	ns
Glucosa (mmol/L)	5,4	5,2	5,4	0,2	ns
AGNE (mmol/L)	0,16	0,19	0,18	0,02	ns
Proteína total (g/L)	70,4	73,5	70,7	1,7	ns
Albúmina (g/L)	33,6	34,9	34,0	1,2	ns
Globulina (g/L)	37,3	38,2	36,6	0,7	ns
Área de ojo de bife (cm^2)	57,2	57,3	59,7	1,0	ns
Espesor de grasa dorsal (mm)	10,9	11,0	10,6	0,7	ns
Espesor de grasa en la cadera (mm)	10,9	11,4	10,8	0,6	ns
Profundidad del glúteo medio (mm)	78,0	78,5	79,6	0,9	ns
Grasa intramuscular (%)	4,0	3,9	3,9	0,2	ns
Peso a faena (kg)	459	458	469	7	ns
Peso de la canal caliente (kg)	264	265	271	4	ns
Rendimiento de carcasa (%)	57,6	57,9	57,7	0,5	ns

** = p≤0,01; * = P≤0,05; # = p≤0,10; ns = no significativa.
[1] Sol: sin estrategia de mitigación del calor; Aspersión: 9 l/min desde las 11:00 a 19:00 h, cuando el ITH diario ≥ 75 o más de 5 h con ITH ≥ 79; Sombra: acceso durante todo el día con un espacio de 4,5m^2/animal.
[2] EE: error estándar.

Sé observó efecto del día (p<0,01) y de la interacción tratamiento × día (p < 0,01; Figura 4) para el consumo. Al final del Período 1, se puede observar que cuando el ITH fue mayor a 74 el consumo de MS bajó en todos los tratamientos, siendo mayor la disminución para los animales que no tenían medida de mitigación del estrés calórico. Luego, cuando culminó la ola de calor (principio del Período 2) la recuperación más alta la lograron los animales que tenían acceso a sombra. En general se puede observar como cada vez que el ITH aumenta, el consumo diario de materia seca disminuye y viceversa.

El mayor consumo diario de MS de los animales a la sombra se vio reflejado a través del comportamiento ingestivo (Cuadro 3) el cual fue realizado durante las horas luz (6:00 a 20:00 h), donde se observó un mayor tiempo de estos animales comiendo con respecto a los restantes tratamientos. Este mayor consumo diario de los animales se vio también reflejado en el mayor tiempo dedicado a la rumia. Evidentemente, el acceso a sombra permitió a los animales tener un mejor bienestar, ya sea por menor perdida de energía o mayor confort, lo que determinó un mayor consumo y mayor tiempo de rumia. Los animales al sol no solo consumieron menos, sino que rumiaron menos y presentaron más tiempo bebiendo agua (Cuadro 3) de alguna forma tratando de disipar el calor generado. Mader y Davis (2004), reportaron un mayor consumo de agua en animales que estaban al sol respecto a los que estaban bajo aspersión, de alguna manera reafirmando nuestros resultados.

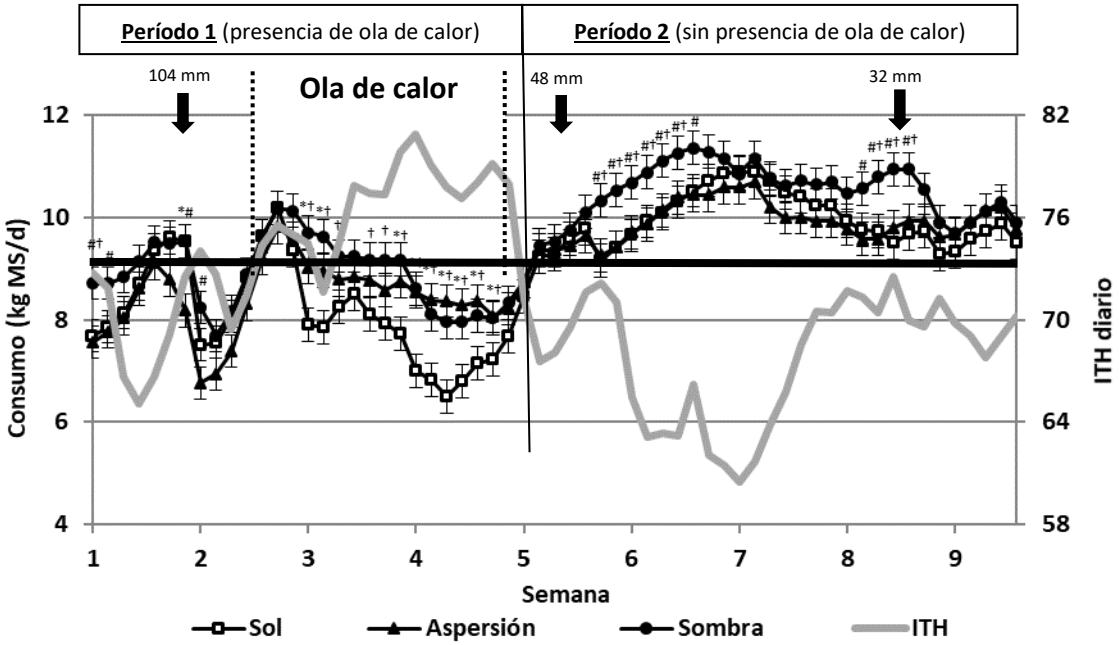

Figura 4. Evolución del índice de temperatura y humedad (ITH) diario y del consumo de MS según tratamiento.
Figure 4. *Daily heat index (THI) and DM intake according to treatment.*

* = Indica diferencias significativas (p≤0,05) entre Sol vs. Aspersión; † = Indica diferencias significativas (p≤0,05) entre Sol vs. Sombra; # = Indica diferencias significativas (p≤0,05) entre Aspersión vs. Sombra.
[1]Línea negra horizontal indica ITH = 74.
[2]Flechas hacia abajo indican los momentos de lluvia y los mm correspondientes.

Metabolitos sanguíneos

Todas las concentraciones de metabolitos registradas para los diferentes tratamientos se encontraron dentro de parámetros normales (Aiello, 1988). No se observó efecto del tratamiento sobre ninguna de las concentraciones medias de los metabolitos (Cuadro 3). Tampoco hubo interacción (p>0,10) para ninguna de las variables estudiadas entre el tratamiento y el día.

pH y temperatura ruminal

Durante los últimos 28 d del ensayo (Período 2 = sin ola de calor) el pH ruminal al igual que la temperatura ruminal no fueron diferentes entre tratamientos. Los animales al sol presentaron un pH de 6,2±0,1, los animales bajo aspersión 6,2±0,1 y los que tenían acceso a sombra 6,2±0,1; mientras que la temperatura ruminal para los que estaban al sol fue de 38,8±0,1, los que estaban bajo aspersión 39,0±0,1 y los que tenían acceso a sombra 38,8±0,1 °C. Tampoco hubo efecto de la interacción tratamiento × hora, aunque si se observó efecto de la hora (p<0,01) en ambas variables (Figura 5 y 6). Lamentablemente el pH y la temperatura ruminal sólo se pudieron medir en el último mes del experimento cuando la mayoría de las variables fisiológicas y de performance animal ya se habían estabilizado y eran similares entre tratamiento indicando de alguna manera que ya no había estrés por calor. Para próximos experimentos es importante conocer el patrón de pH de modo de poder explicar si el consumo y el AMD se deben directamente al efecto del sol sobre el animal o al efecto del sol en patrones de consumo diario que pueden determinar episodios de acidosis subclínica tal como lo establecen Brown-Brandl (2008) y Bernabucci et al. (2010).

Medidas pre-faena y de la canal

No se observaron diferencias significativas en ninguna de las variables estudiadas por ultrasonografía lo que predice de alguna manera los resultados obtenidos a la faena (Cuadro 3).

Tampoco se observaron diferencias significativas en el peso a faena ni en el peso de la canal caliente, si bien los valores obtenidos fueron numéricamente mayores en el tratamiento con acceso a sombra (10 y 6 kg, respectivamente) respecto a los otros dos tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Variables productivas, fisiológicas y comportamentales de los animales según tratamiento.
Table 3. *Productive, physiological and behavioral variables of the animals according to treatment.*

	Tratamientos[1]			EE[2]	P-valor
	Sol	Aspersión	Sombra		
AMD Período 1 (kg/d)	0,52 b	0,81 a	0,72 ab	0,09	#
AMD Período 2 (kg/d)	1,48	1,32	1,51	0,21	ns
AMD (kg/d)	1,07	1,09	1,22	0,06	ns
Consumo (kg MS/d)	9,08 b	9,21 ab	9,76 a	0,20	#
Conversión alimenticia (kg MS/kg PV)	8,56	8,51	8,04	0,34	ns
Comiendo (min)	70 b	75 b	95 a	6	*
Rumiando (min)	102 b	104 b	136 a	8	*
Descansado (min)	554 b	560 b	509 a	8	**
Bebiendo agua (min)	30 b	18 ab	15 a	4	#
Haptoglobina (mg/mL)	0,13	0,13	0,14	0,02	ns
Glucosa (mmol/L)	5,4	5,2	5,4	0,2	ns
AGNE (mmol/L)	0,16	0,19	0,18	0,02	ns
Proteína total (g/L)	70,4	73,5	70,7	1,7	ns
Albúmina (g/L)	33,6	34,9	34,0	1,2	ns
Globulina (g/L)	37,3	38,2	36,6	0,7	ns
Área de ojo de bife (cm^2)	57,2	57,3	59,7	1,0	ns
Espesor de grasa dorsal (mm)	10,9	11,0	10,6	0,7	ns
Espesor de grasa en la cadera (mm)	10,9	11,4	10,8	0,6	ns
Profundidad del glúteo medio (mm)	78,0	78,5	79,6	0,9	ns
Grasa intramuscular (%)	4,0	3,9	3,9	0,2	ns
Peso a faena (kg)	459	458	469	7	ns
Peso de la canal caliente (kg)	264	265	271	4	ns
Rendimiento de carcasa (%)	57,6	57,9	57,7	0,5	ns

** = p≤0,01; * = P≤0,05; # = p≤0,10; ns = no significativa.
[1] Sol: sin estrategia de mitigación del calor; Aspersión: 9 l/min desde las 11:00 a 19:00 h, cuando el ITH diario ≥ 75 o más de 5 h con ITH ≥ 79; Sombra: acceso durante todo el día con un espacio de 4,5m^2/animal.
[2] EE: error estándar.

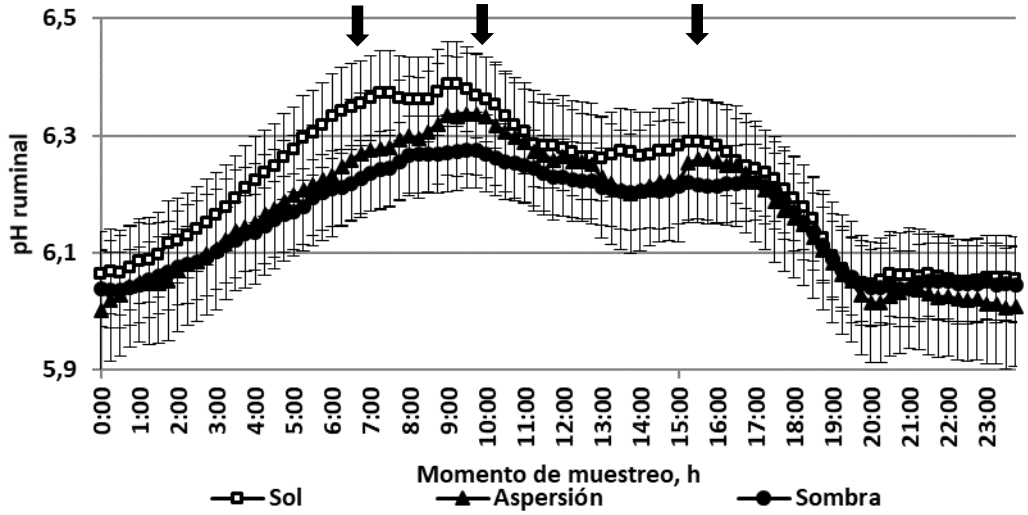

Figura 5. Evolución del pH ruminal según tratamiento.
Figure 5. *Change in ruminal pH over time according to treatment.*
[1]Flechas hacia abajo indican los momentos de entrega de comida.

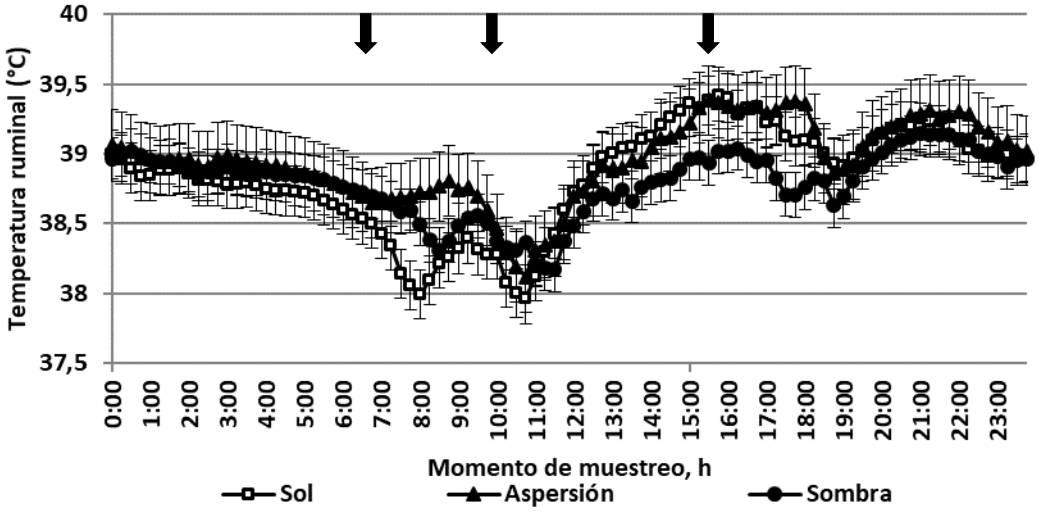

Figura 6. Evolución de la temperatura ruminal según tratamiento.
Figure 6. *Change in ruminal temperature over time according to treatment.*
[1]Flechas hacia abajo indican los momentos de entrega de comida.

Conclusiones

Dentro de las limitantes identificadas en este trabajo es claro que los tratamientos fueron aplicados tarde en el verano sin oportunidad de ver el efecto de la mitigación del estrés por calor durante las altas temperaturas que normalmente se registran en diciembre y enero. Aun así, el desempeño productivo y especialmente el aumento medio diario de los animales con acceso a sombra o aspersión durante el período donde hubo ola de calor fue 38 y 56% superior respecto a animales sin medidas de mitigación del estrés por calor. Además, el tratamiento con acceso a sombra registró una mejora no significativa de 0,5 puntos (6%) en la conversión alimenticia para todo el período de engorde. Finalmente, los animales expuestos al sol presentaron variables fisiológicas como frecuencia respiratoria y escala de jadeo por encima de valores normales así como rumia e ingesta disminuidas, indicadores de estrés por calor.

Agradecimientos

A los estudiantes de la escuela agraria "La Carolina": Mateo Tonarelli, Valentín Berón, Yordano Alfonso, Ezequiel Telechea y Daniel Sanchis.

Bibliografía

AIELLO, S.E. 1988. Metabolic disorders. In: The Merck Veterinary Manual. 3° ed. Philadelphia, Estados Unidos. pp. 723-747.

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY. 1989. Glossary of Meteorology. 5° ed. Boston, Estados Unidos. Disponible *In*: http://glossary.ametsoc.org/wiki/Heat_wave

ARIAS, R.A., MADER, T.L. y 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.

ARMSTRONG, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. Journal of Dairy Science. 77: 2044-2050.

BANCHERO, G., CHALKLING, D. y MEDEROS, A. 2016. Relevamiento de problemas sanitarios y de manejo durante la terminación en bovinos en sistemas de confinamiento en Uruguay. Revista Veterinaria (Uruguay). 52: 4-13.

BERNABUCCI, U., LACETERA, N., BAUMGARD, L.H., RHOADS, R.P., RONCHI, B. y NARDONE, A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. Animal. 4(7): 1167-1183.

BLACKSHAW, J.K. y BLACKSHAW, A.W. 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior: A review. Australian Journal of Experimental Agriculture. 34: 285-295.

BROWN-BRANDL, T.M., EIGENBERG, R.A., NIENABER, J.A. y HAHN, G.L. 2005. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, part 1: Analyses of indicators. Biosystems Engineering. 90(4): 451–462.

BROWN-BRANDL, T.M., EIGENBERG, R.A. y NIENABER, J.A. 2006. Heat stress risk factors of feedlot heifers. Livestock Science. 105: 57-68.

BROWN-BRANDL, T.M. 2008. Heat stress in feedlot cattle. In: CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources. 3:16. Disponible en: http://www.cababstractsplus.org/cabreviews

BROWN-BRANDL, T.M., EIGENBERG, R.A. y NIENABER J.A. 2013. Benefits of providing shade to feedlot cattle of different breeds. In: American Society of Agricultural and Biological Engineers. Kansas City, Missouri, Estados Unidos. 56(4): 1563-1570.

CRUZ, G. y SARAVIA, C. 2008. Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. Agrociencia Uruguay. 12: 56-60.

DAVIS, M. S., MADER, T.L., HOLT, S.M. y PARKHURST, A.M. 2003. Strategies to reduce feedlot cattle heat stress: Effects on tympanic temperature. Journal of Animal Science. 81: 649–661.

FASS - FEDERATION OF ANIMAL SCIENCE SOCIETIES. 2010. Guide for the care and use of agricultural animals in research and teaching. VI. Beef cattle. 3° ed. Illinois, Estados Unidos. pp 61-73.

GAUGHAN, J.B., HOLT, S.M., HAHN, G.L., MADER, T.L. y EIGENBERG, R. 2000. Respiration rate-is it a good measure of heat stress in cattle? Asian-Australian Journal of Animal Science. 13: 329-332.

GAUGHAN, J.B. y EIGENBERG, R.A. 2003. Categorizing heat load in grain-fed beef cattle – New approaches. In: Interactions between climate & animal production. 54° European Association for Animal Production. Roma, Italia. Technical Series 7: 98.

GAUGHAN, J.B., MADER, T.L., HOLT, S.M. y LISLE, A. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. Journal of Animal Science. 86: 226–234.

LEMERLE, C. y 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., GRIFFIN, D. y HAHN, G.L. 2000. Managing feedlot heat stress. University Nebraska Cooperative Extension Publ. G1409. Univ. Nebraska, Lincoln, Estados Unidos. Disponible en: http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1409.pdf.

MADER, T.L. y DAVIS, M.S. 2004. Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: Feed and water intake. Journal of Animal Science. 82: 3077-3087.

MADER, T.L., DAVIS, M.S. y BROWN-BRANDL, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. Journal of Animal Science. 84: 712-719.

MADER, T.L. 2014. Animal welfare concerns for cattle exposed to adverse environmental conditions. Journal of Animal Science. 92: 5319–5324.

ROSSANIGIO, C.E. y FRASINELLI, C.A. 2015. Caracterización del encierre a corral bovino en el Valle del Conlara (san Luis). In: 38° Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal. Santa Rosa, Argentina. 35: 131.

SILANIKOVE, N. 2000. Effects 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. y VIERA, G. 2010. La problemática del verano en la recría y engorde de ganado de carne en condiciones de pastoreo y de corral. In: 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, Uruguay. pp. 56-63.

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

ANEXO 1

		Febrero																										Marzo						
Período 1 (presencia de ola de calor)	h	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4	5	6	7
	0	68	70	69	60	60	65	65	72	71	68	69	71	70	71	69	75	69	71	77	72	75	77	75	75	74	74	74	74	76	66	64	63	67
	1	67	70	68	61	59	64	64	72	70	69	68	70	70	70	68	72	69	70	77	73	74	76	74	75	73	74		72	74	66	63	62	66
	2	66	68	67	60	58	63	64	73	71	69	67	70	70	70	67	67	68	69	76	72	74	75	73	74	72	74		72	74	66	63	62	65
	3	65	67	67	59	58	62	64	72	70	69	67	70	70	70	66	67	68	69	75	71	73	75	72	73	72	73		71	74	66	62	61	64
	4	65	66	66	58	56	61	65	72	70	69	67	70	70	69	66	67	67	69	75	71	73	75	71	72	71	73		71	73	66	62	60	64
	5	64	65	65	58	55	60	64	72	71	69	67	69	69	69	66	67	66	66	69	74	70	72	75	71	72	70	72	69	70	70	66	61	59	64
	6	65	67	65	59	56	62	65	72	71	69	67	70	69	69	66	67	66	66	69	74	71	73	76	71	71	70	72	71	70	69	66	60	59	63
	7	68	70	66	61	61	64	67	72	72	68	68	72	73	72	69	68	68	73	75	72	77	79	74	74	73	75	74	74	69	67	63	62	67
	8	71	75	65	64	66	66	71	74	73	69	69	74	77	77	72	69	72	77	78	74	80	83	78	77	77	78	79	78	69	67	68	66	70
	9	75	77	66	65	69	70	73	76	74	68	72	77	78	79	75	70	76	79	78	80	82	86	81	80	79	80	81	81	71	67	71	71	74
	10	76	78	69	68	71	73	77	78	75	69	75	78	79	80	78	71	78	82	77	80	84	84	84	80	80	82	82	82	74	67	73	74	76
	11	77	78	70	69	72	74	78	79	74	69	77	79	80	81	80	72	79	84	76	80	85	87	85	82	81	83	83	82	74	65	74	75	78
	12	79	80	70	70	73	74	79	78	77	69	77	79	80	81	81	74	80	84	78	81	85	86	84	84	82	83	84	83	74	67	74	77	79
	13	80	80	70	71	75	76	80	80	79	70	77	79	81	81	81	76	81	85	83	82	86	87	85	84	83	84	84	83	74	70	74	78	80
	14	80	79	69	72	74	76	79	79	78	72	77	80	81	82	82	77	82	85	84	84	86	87	86	84	83	84	85	84	73	71	76	78	79
	15	81	72	68	72	75	77	80	77	78	72	74	80	81	80	82	77	82	85	85	84	86	87	85	84	82	84	85	84	73	72	75	79	80
	16	79	71	68	72	75	77	80	77	78	72	75	79	81	79	82	76	82	86	85	83	85	85	85	83	82	84	84	84	71	72	74	79	79
	17	79	71	67	72	74	76	80	77	77	70	74	78	82	80	81	76	82	84	84	84	85	84	84	82	82	83	84	84	70	72	74	78	78
	18	79	70	66	70	74	75	78	73	71	70	72	76	80	78	79	75	81	83	78	83	83	83	82	80	81	81	80	82	69	71	71	75	75
	19	75	70	65	67	70	72	76	70	68	70	71	74	78	75	77	74	77	81	76	81	81	82	81	78	79	78	79	80	68	69	69	73	74
	20	73	70	64	66	69	70	74	71	69	69	71	73	75	73	76	72	75	80	75	79	80	79	80	77	78	77	78	79	67	67	68	72	72
	21	72	70	64	64	68	69	73	70	69	69	71	72	73	72	75	70	74	79	75	78	79	77	79	76	76	76	76	78	67	66	67	70	70
	22	72	70	63	63	66	68	72	70	69	69	71	72	73	70	75	70	73	78	73	77	79	76	78	75	77	75	75	77	67	65	65	69	69
	23	71	70	61	62	65	67	71	71	68	69	71	70	72	70	74	70	71	78	72	76	78	76	77	74	75	73	74	76	66	64	63	68	68
	X	73	72	67	65	67	69	73	74	73	69	71	74	76	75	74	72	74	78	77	77	80	81	79	78	77	78	79	78	71	68	68	70	72

		Marzo																								Abril								
Período 2 (sin presencia de ola de calor)	h	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0	67	74	64	57	61	54	59	62	62	51	53	56	59	63	66	67	67	67	67	67	67	63	67	70	63	65	66	62	66	59	58	66	69
	1	67	75	62	56	61	54	58	61	62	51	52	55	59	63	66	65	65	66	67	67	66	62	66	69	64	64	65	61	66	59	57	65	69
	2	67	76	62	55	60	55	57	60	62	51	52	54	59	62	66	65	65	65	66	66	66	62	65	67	63	63	65	61	65	58	56	66	68
	3	68	76	61	54	60	54	56	60	62	51	52	55	58	62	65	64	64	65	66	66	66	62	65	66	64	62	65	60	65	57	57	65	69
	4	67	73	60	55	60	53	55	60	61	51	52	53	57	61	65	64	64	65	65	66	65	62	64	65	64	61	64	60	64	56	57	65	69
	5	67	66	59	55	59	52	55	60	61	51	52	54	57	60	64	64	64	65	65	66	65	62	64	64	64	61	64	61	64	56	57	65	70
	6	67	67	58	54	61	55	57	62	61	56	56	57	59	62	66	65	65	67	67	67	67	63	65	65	65	62	64	64	64	59	58	67	70
	7	68	67	61	58	64	61	63	65	61	61	59	60	63	64	68	68	68	71	69	69	70	67	67	68	66	65	68	67	68	65	61	69	71
	8	70	67	65	63	67	65	68	66	62	65	63	66	68	69	73	72	72	74	71	73	72	70	70	70	69	69	69	72	72	69	65	71	71
	9	73	67	68	66	68	67	72	68	62	67	66	68	70	72	75	75	75	77	72	76	73	73	72	73	71	72	72	75	75	71	68	73	71
	10	75	68	69	69	68	69	74	68	65	68	68	71	73	74	77	78	78	78	72	78	75	75	75	74	72	72	74	77	76	71	71	76	72
	11	76	70	70	70	69	70	75	66	67	69	69	72	72	75	78	77	77	79	75	80	76	76	75	76	74	73	75	78	75	72	72	78	72
	12	77	72	71	71	69	72	76	65	68	70	70	73	73	76	81	79	79	79	76	79	77	77	76	77	75	73	78	79	75	73	73	78	73
	13	79	73	72	73	70	72	76	62	67	71	71	73	73	76	80	80	80	79	77	81	77	77	78	77	76	73	79	78	76	73	74	78	73
	14	79	73	73	72	69	73	77	61	67	70	72	73	73	76	79	79	79	79	76	80	77	77	79	76	76	73	77	78	76	74	74	76	71
	15	80	74	72	73	69	73	76	62	66	69	71	73	72	75	78	79	79	78	76	78	76	77	78	76	76	73	77	78	74	72	74	74	70
	16	79	74	72	72	68	73	75	61	64	67	70	72	72	73	71	78	78	76	76	78	74	76	77	74	75	72	74	77	72	71	72	73	70
	17	76	76	72	68	65	70	71	59	61	64	66	69	69	71	68	76	76	73	73	76	71	73	75	71	72	70	71	75	69	69	70	70	71
	18	74	74	69	65	62	66	68	59	59	61	64	67	68	70	68	74	74	70	72	74	69	71	74	69	70	69	69	74	67	66	69	70	71
	19	71	72	66	64	61	64	66	59	57	59	63	66	67	69	68	72	72	69	70	73	68	71	73	68	69	67	67	72	65	64	68	70	71
	20	70	70	64	62	59	63	64	60	56	59	62	63	65	69	68	71	71	68	69	72	68	70	72	67	69	67	66	70	65	63	66	68	71
	21	70	68	62	60	58	61	64	60	55	58	61	63	64	68	68	70	70	69	68	70	66	69	71	66	68	67	65	70	63	61	66	68	71
	22	72	68	60	60	57	60	64	60	54	57	58	61	64	68	67	70	70	67	68	69	65	68	71	65	67	66	62	70	62	61	66	68	71
	23	73	66	58	60	55	60	63	61	53	55	57	60	63	67	67	67	67	67	67	68	64	68	70	64	67	66	61	65	61	59	65	68	71
	X	72	71	65	63	63	63	66	62	61	61	62	64	66	69	70	72	72	71	70	73	70	70	71	70	69	68	69	70	68	65	66	70	71

Figura 1. Índice de temperatura y humedad (ITH) durante el período de ensayo.
Figure 1. *Heat index (THI) during the trial period.*
[1]Blanco = Normal; Gris claro = Alerta; Gris oscuro = Peligro; Negro = Emergencia.