

## 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):

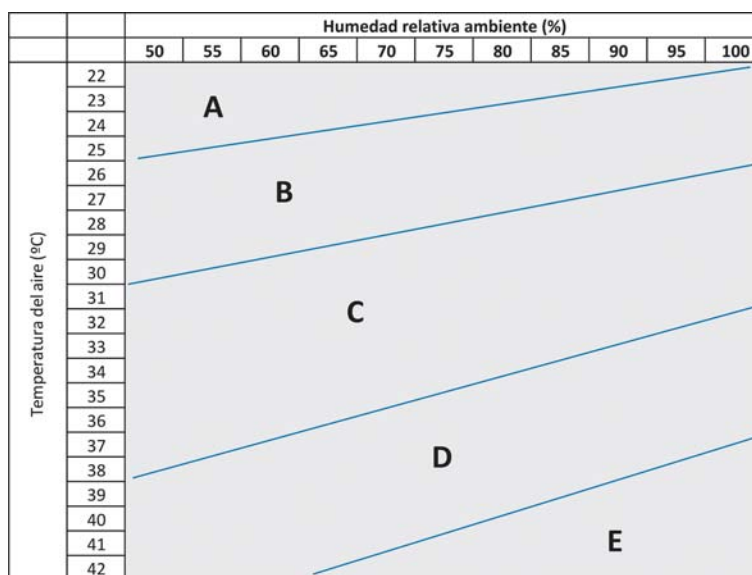
$$ITH = 0,8 * \text{temperatura del aire} + (\% \text{ humedad relativa} / 100) * (\text{temperatura del aire} - 14,4) + 46,4$$

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.



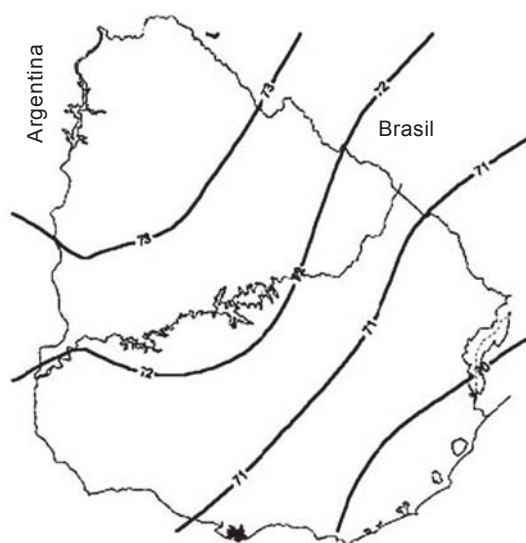
**Figura 2.** Índice de Temperatura y Humedad ambiental (ITH) y zonas de confort para vacas lecheras (A: sin estrés, B: estrés medio, C: estrés severo, D: estrés muy severo, E: riesgo de muerte). Adaptado de Wiersama (2005).

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.

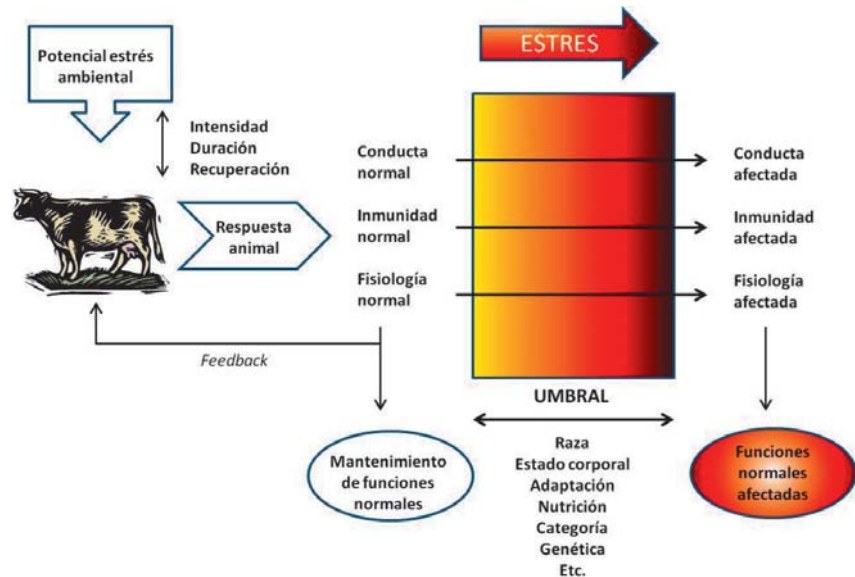
El ganado *Bos indicus* es menos susceptible al riesgo de estrés calórico que el ganado *Bos taurus* debido a una mayor capacidad de adaptación en ambientes calurosos expresada a través de cambios menos significativos en la tasa de consumo, tasa respiratoria, y/o temperatura corporal (Beatty *et al.*, 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 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>/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.