

# FRECUENCIA DE ALIMENTACIÓN E ILUMINACIÓN NOCTURNA Y PRODUCTIVIDAD DE VAQUILLAS PARA ENGORDA EN VERANO

## FEEDING FREQUENCY AND NIGHT LIGHTING AND FEEDLOT HEIFERS PERFORMANCE DURING SUMMER

Avendaño, L.<sup>1\*</sup>, Alvarez, F.D.<sup>1</sup>, Correa, A.<sup>1</sup>, Torrentera, N.G.<sup>1</sup>, Torres, V.<sup>1</sup> y Ray, D.E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Ejido Nuevo León. Baja California. México. \*lar62@uabc.edu.mx

<sup>2</sup>Department of Animal Science. University of Arizona. Tucson. USA.

### PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Estrés calórico. Respuestas productivas.

### ADDITIONAL KEYWORDS

Heat stress. Productive performance.

### RESUMEN

Se determinó el efecto combinado de aumentar la frecuencia de alimentación e iluminación nocturna durante el verano en la respuesta productiva y características de la canal de 171 vaquillas de razas de carne. Los tratamientos fueron: dos raciones diarias (testigo) y tres raciones diarias más la iluminación del comedero de 12:00 a 02:00 h (tratado), durante 84 días. Las vaquillas recibieron las mismas dietas. Las vaquillas tratadas pesaron 16 kg más ( $p < 0,05$ ), tuvieron mayor ganancia diaria (0,140 kg d<sup>-1</sup>;  $p < 0,05$ ), y menor conversión alimenticia (7,69 vs. 8,69 kg;  $p < 0,10$ ) que el grupo testigo, pero el consumo de alimento no fue diferente. Las vaquillas testigo mostraron mayor ( $p < 0,05$ ) frecuencia respiratoria que las tratadas (93,5 vs. 83,9 resp min<sup>-1</sup>), lo que sugiere un mayor grado de estrés calórico en esos animales. El peso de la canal caliente fue mayor ( $p < 0,05$ ) en las vaquillas tratadas que en las testigo (244,3 vs. 233,9 kg), pero no hubo diferencias en otras características de la canal. Los resultados sugieren que el aumentar la frecuencia de alimentación y el fotoperiodo en verano pueden mejorar las respuestas productivas y la adaptación a temperaturas altas en vaquillas engordadas en corral.

### SUMMARY

The combined effect of increasing feeding frequency and night lighting on feedlot performance and carcass traits during summer was studied in 171 beef heifers. Treatments were: two rations

daily (control group) and three rations daily (treated group), during a feedlot period of 84 days. Heifers received the same diets. Treated heifers were 16 kg heavier ( $p < 0.05$ ), had higher daily gain (0.140 kg d<sup>-1</sup>;  $p < 0.05$ ), and better feed conversion (7.69 vs. 8.69 dg d<sup>-1</sup>;  $p < 0.05$ ) than control heifers, although feed intake was similar. Control heifers showed higher ( $p < 0.05$ ) respiration rate than treated (93.5 vs. 83.9 breaths min<sup>-1</sup>), which suggests higher level of heat stress in those animals. Hot carcass weight was higher ( $p < 0.05$ ) in treated heifers than in control (244.3 vs. 233.9 kg); however, there were no differences in the other carcass traits. These results suggest that increasing feeding frequency and photoperiod during summer may improve feedlot performance and adaptation to high temperatures in beef heifers.

### INTRODUCCIÓN

El noroeste de México, se caracteriza por la engorda intensiva de bovinos en corral ya que la intensa actividad agrícola regional permite disponer de forraje, cereales, esquilmos agrícolas y subproductos industriales para consumo animal (Walther, 1996). Esta zona es desértica y el estrés por calor es un punto crítico porque puede causar pérdidas importantes debido a la disminución del consumo de alimento y al gasto energético adicional para mantener la

Recibido: 2-3-08. Aceptado: 22-7-09.

Arch. Zootec. 60 (232): 1247-1254. 2011.

homeostasis térmica (Mader *et al.*, 2006). Existen varias estrategias para mantener la productividad de los animales durante periodos de carga calórica extrema a base de modificaciones de la concentración energética de la dieta (West, 1999); del ambiente mediante sistemas de enfriamiento (Mitlöhner *et al.*, 2001); de las horas luz (Wiersma *et al.*, 1973) y de los horarios de alimentación (Chai *et al.*, 2000).

Estimular el consumo de alimento durante las horas más frescas del día es una alternativa eficaz en bovinos para carne durante veranos calurosos (Mader *et al.*, 2002). El fotoperiodo influye en la productividad del ganado bovino para carne (Sarko *et al.*, 1994); dos horas de iluminación al comedero durante la noche aumentó 19% la ganancia diaria de peso y redujo 13% los requerimientos nutritivos de vaquillas de carne en alimentación intensiva y con estrés calórico (Ray, 1995). En vaquillas expuestas a 16 h luz y 8 h de oscuridad se incrementó la ganancia diaria de peso de 11 a 17% sobre las expuestas a fotoperiodo normal (9 a 12 h luz) o sólo a 8 h luz y 16 h de oscuridad (Peters *et al.*, 1980). El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto combinado de una mayor frecuencia de alimentación más la iluminación del comedero durante la noche en la respuesta productiva de vaquillas para engorda sujetas a estrés por calor.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó de junio a agosto en una engorda comercial en el municipio de Mexicali, Baja California, México. Esta zona situada a nivel del mar presenta un clima árido y seco extremo, con temperatura promedio anual de 22°C, precipitación media anual de 83,4 mm. Durante el verano la temperatura excede de 50°C con humedad relativa entre 20 y 60%, principalmente durante julio y agosto (García, 1985). Se utilizaron 171 vaquillas (18 meses y 265 kg de peso inicial) de cruces de razas Charolaise, Hereford, y Angus con Cebú. Las vaquillas

pastorearon pradera de ballico (*Lolium perenne*) en invierno y primavera; antes de iniciar la prueba, las vaquillas recibieron vitaminas, antiparasitarios, implantes, vacunas y se identificaron. El implante utilizado fue Synovex H (20 g de benzoato de estradiol y 200 mg de propionato de testosterona; Laboratorios Fort Dodge, Fort Dodge, IA, EUA). Los animales se asignaron aleatoriamente a uno de los siguientes tratamientos:

- Testigo, 84 vaquillas asignadas a un corral acondicionado sólo con sombra en el centro del corral, alimentadas a las 07:00 y 18:00 h (manejo de alimentación normal).

- Tratado, 87 vaquillas asignadas a un corral que, además de la sombra en el centro del corral, recibió luz artificial de 00:00 a 02:00 h (las horas más frescas del día; 16 h luz y 8 h de oscuridad). La alimentación en este grupo fue a las 07:00, 18:00 y 00:00 h.

Hubo 7 días de adaptación a la dieta en corral y luego se proporcionaron las mismas cinco dietas a las vaquillas de ambos grupos durante el periodo experimental de 84 d: una de crecimiento y cuatro de engorda. Las dietas fueron aumentando el nivel de energía conforme se acercaba la fecha de sacrificio de los animales y en promedio los ingredientes fueron maíz roado (45%), salvado de trigo (15%), melaza de caña (10%), heno de alfalfa (10%), cascarilla de algodón (9%), grasa animal (8%) y premezcla de minerales (3%). En promedio, la composición nutricional fue: 12% de PB, 4,2% de grasa, 0,70% de Ca y 0,30% de P (NRC, 1996).

El índice temperatura-humedad (ITH) se calculó mediante la fórmula (Hahn, 1999):

$$ITH = 0,81 (Ta) + HR (Ta - 14,4) + 46,4$$

donde

ITH= índice temperatura-humedad,  
Ta= temperatura ambiente promedio,  
HR= humedad relativa promedio.

Se realizaron cuatro pesajes individuales de las vaquillas cada 28 días usando una

## PRÁCTICAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE GANADO DE ENGORDA

trampa-báscula. El consumo de alimento se midió cada semana pesando el alimento ofrecido y un día después el alimento rechazado. Para la tasa respiratoria se seleccionaron al azar 5 vaquillas de cada grupo y se registró el número de respiraciones por minuto (resp min<sup>-1</sup>) mediante observación de la pared torácica a las 16:00 h cada semana. La ganancia diaria de peso (GDP) y el consumo de alimento se obtuvieron por periodos de 28 días y el promedio total; con estos valores se calculó la conversión alimenticia. Al final del estudio las vaquillas se enviaron a la matanza para posteriormente medir en la canal: peso de la canal caliente (PCC), grado de rendimiento (REND), marmoleo (MAR), área del músculo *Longissimus dorsi* (AML), grasa dorsal (GD) y grasa renal (GR). Una muestra de músculo fue colectada entre la novena y duodécima costilla de la canal izquierda en 15 vaquillas seleccionadas al azar para analizar los porcentajes de proteína bruta, humedad y grasa (AOAC, 1990). Se realizó un análisis de varianza a través de dos modelos lineales. Para GDP, consumo de alimento y conversión alimenticia se usó un diseño de bloques completos al azar generalizado con mediciones repetidas, utilizando como covariable el peso inicial; el cruzamiento se utilizó como factor de bloqueo (Charolaise x Cebú, Hereford x Cebú y Angus x Cebú). El diseño utilizado para analizar las características de la canal fue completamente al azar usando como covariable el peso de la canal caliente (Steel y Torrie, 1980). Las medias ajustadas se compararon mediante pruebas de *t* student y las diferencias se declararon significativas a un nivel de 5%. Los análisis se realizaron mediante los procedimientos MIXED (Littell *et al.*, 1996) y GLM (General Linear Models) del programa estadístico SAS versión 9.1.2 (SAS, 2003).

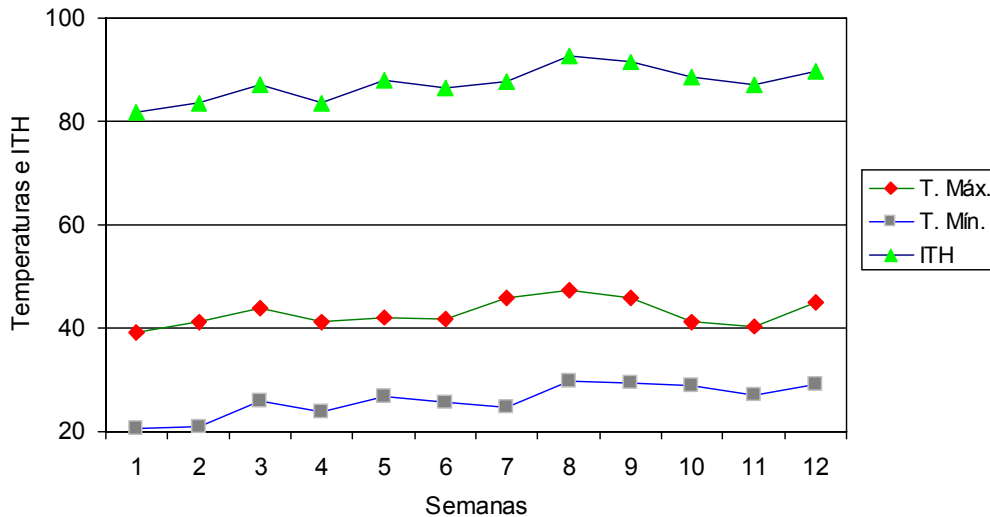
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables climáticas se muestran en la **tabla I** y en la **figura 1** se muestra su

evolución semanal durante el estudio. La temperatura ambiental máxima registrada fue 51°C, el 25 de julio; la temperatura promedio fue mayor a 40°C, excepto en la primera semana. El promedio de ITH fue mayor a 80, incluso en las semanas 8 y 9 fue superior a 90, lo que supone una gran carga calórica para las vaquillas. El valor de ITH en el cual el animal empieza a manifestar disminución de sus variables productivas y sus constantes fisiológicas es de 72 (Wiersma *et al.*, 1973). Según Hahn (1999), un ITH de 75, obliga a tomar medidas para reducir el impacto climático en la productividad de los animales de engorda, principalmente cuando la temperatura nocturna es mayor de 23°C. El valor de ITH en el presente estudio sugiere que las vaquillas ganaron más calor producto de la temperatura ambiental del que pudieron perder por medio de sus mecanismos de termorregulación fisiológica (Hahn, 1999; Johnson, 1980). Esto es importante porque si generasen gran cantidad de calor metabólico derivado de las dietas altas en energía y del implante que acelera su metabolismo, el estrés calórico podría ser más intenso, incluso letal. El calor metabólico producto de dietas altas en energía es una importante contribución al estrés calórico que afecta a los bovinos en engorda intensiva (Mader *et al.*, 1999; Morrison,

**Tabla I.** Variables climáticas durante el periodo de estudio. (Climatic variables during the experimental period).

Variable	junio	julio	agosto
Temperatura, °C			
máxima	41,33	44,34	43,15
mínima	22,85	26,69	28,48
promedio	32,09	35,52	35,81
Humedad relativa, %			
máxima	60,46	64,14	66,25
mínima	25,10	26,46	30,57
promedio	42,78	45,30	48,41
Índice temperatura-humedad (ITH)	83,92	88,63	89,17



**Figura 1.** Evolución semanal de las temperaturas e ITH durante el estudio. (Weekly changes in temperatures, and ITH during the study).

1983). Una onda de calor en el verano de 1995 en Missouri, EUA, causó la muerte de 4000 bovinos de engorda, con valores de ITH entre 62 y 88 durante 9 días (Hahn y Mader, 1997). En Nebraska, EUA, una onda de calor entre julio y agosto de 1997 causó la muerte de 100 bovinos en engorda y el ITH varió entre 53 y 87 (Hahn, 1999). Esos valores de ITH son similares a los calculados en el presente estudio, pero las vaquillas pudieron adaptarse al clima de la zona por haber sido introducidas desde el invierno y la primavera anterior a una pradera de ballico antes de iniciar la engorda en corral. Mader *et al.* (1999) señalan que un periodo de adaptación de 28 a 56 días puede ser necesario para obtener una respuesta óptima al uso de sombras cuando el ITH es elevado. La onda de calor de 1995 en EUA causó una pérdida de 2,8 millones de dólares, pero las pérdidas adicionales debidas a la disminución en productividad ascendieron a 25,2 millones de dólares (Hahn y Mader, 1997). Durante el presente estudio, seis vaquillas del grupo testigo y tres del tratado murieron lo que en cuatro del grupo testigo y dos del

tratado, se atribuyeron al calor, ya que la necropsia no reveló cambios post mórtem en los órganos.

Los promedios de frecuencia respiratoria (**tabla II**) fueron alrededor de 10 resp  $\text{min}^{-1}$  menos ( $p < 0,01$ ) en las vaquillas tratadas, posiblemente a causa de que tendieron a consumir alimento durante la noche, cuando el comedero estaba iluminado, reduciendo su consumo y actividad durante el día, cuando las temperaturas eran más elevadas. Es decir, tuvieron más oportunidad durante las horas calientes del día de refugiarse en la sombra o consumir agua, lo que contribuyó a disminuir su frecuencia respiratoria y su estrés calórico. Vaquillas cruzadas de Charolais y de Angus en engorda intensiva mostraron similar frecuencia respiratoria (98 vs. 95 resp  $\text{min}^{-1}$ ) al estar sin sombra durante el verano (32°C), pero al estar en corrales con sombra la frecuencia respiratoria disminuyó en las vaquillas Charolais y en las Angus (80 vs. 73 resp  $\text{min}^{-1}$ ) (Mitlöhner *et al.*, 2001) por debajo de lo encontrado en este estudio debido posiblemente a las diferencias en temperatura ambiental y la etapa

PRÁCTICAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE GANADO DE ENGORDA

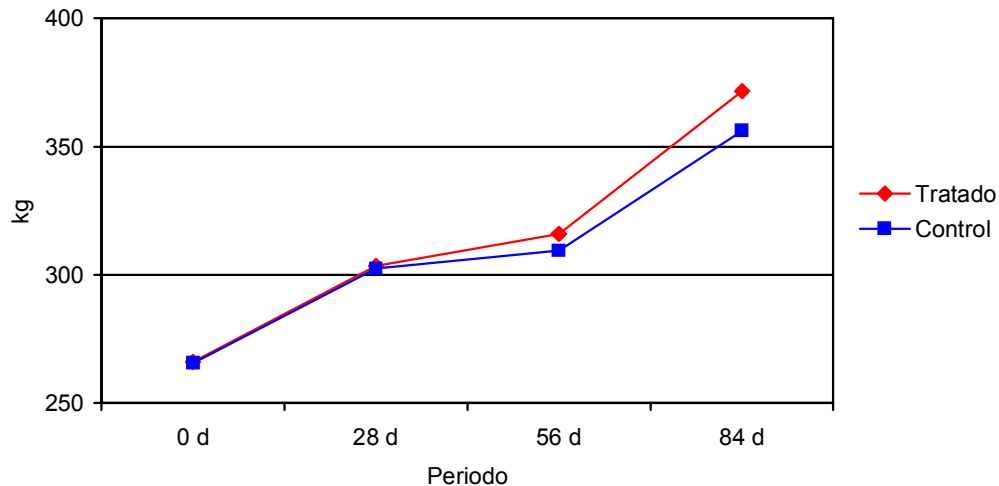
de crecimiento de los animales (peso inicial 336 kg). Al comparar constantes fisiológicas en bovinos Angus, Romosinuano y sus cruza, el ganado Angus fue más sensible al calor (Spiers *et al.*, 1994) lo que pudo deberse al color de su pelaje y a que su respuesta al calor se traduce en mayor frecuencia respiratoria. La frecuencia respiratoria fue menor durante el verano en vaquillas en engorda intensiva y con sombra en el corral respecto a las que no tuvieron sombra, y además el porcentaje de neutrófilos en plasma fue menor; esto permite concluir que el uso de sombras disminuye el estrés por calor en bovinos en engorda en corral (Mitlöhner *et al.*, 2002).

El análisis de varianza para las variables en corral indicó que la interacción tratamiento y cruzamientos no fue significativa ( $p > 0,05$ ). Los consumos de alimento por periodo (**tabla II**) no fueron diferentes entre tratamientos ( $p > 0,05$ ) probablemente por-

que se midieron por corral y así, el número de repeticiones no fue suficiente para detectar diferencias. El efecto negativo más importante del estrés calórico en bovinos de engorda en corral es sobre el consumo de alimento (Beede y Collier, 1986; Hahn, 1999). Utilizando un régimen de iluminación nocturna similar al del presente estudio, Ray (1995) observó un consumo de alimento superior (cerca de 4%) al del grupo de bovinos sin iluminación nocturna. En una zona cálida, vaquillas con sombra consumieron más que aquellas sin sombra (9,46 vs. 8,80 kg de MS;  $p < 0,01$ ) durante el verano (Mitlöhner *et al.*, 2001). Mitlöhner *et al.* (2002), observaron que vaquillas con sombra durante la engorda en corral durante el verano consumieron 2,9% más y ganaron 6,1% más que vaquillas sin sombra. Esto es, las modificaciones ambientales en corrales bajo estrés calórico de moderado a severo, han incrementado el consumo de alimento, la

**Tabla II.** Respuestas productivas en corral de las vaquillas. (Feedlot production responses in heifers).

Variable	Medias ajustadas		Error	Valor de
	tratadas	testigo	estándar	probabilidad
Tamaño de muestra	87	84	--	--
Peso inicial (kg)	265,9	265,6	2,9	0,687
Peso final (kg)	371,7	355,9	3,6	0,002
Tasa respiratoria (resp min <sup>-1</sup> )	83,9	93,5	2,3	0,005
Ganancia de peso (kg d <sup>-1</sup> )				
0-28 días	1,309	1,440	0,15	0,412
28-56 días	0,885	0,839	0,24	0,157
56-84 días	1,984	1,674	0,06	0,000
0-84 días	1,250	1,113	0,03	0,000
Consumo promedio kg d <sup>-1</sup>				
0-28 días	9,60	9,34	1,77	0,568
28-56 días	9,65	9,63	1,67	0,469
56-84 días	9,57	9,69	1,10	0,584
0-84 días	9,62	9,50	0,44	0,132
Conversión alimenticia, consumo/ganancia				
0-28 días	7,33	6,49	2,58	0,514
28-56 días	10,9	11,5	3,19	0,629
56-84 días	4,82	5,78	2,43	0,462
0-84 días	7,69	8,53	2,25	0,085



**Figura 2.** Evolución del peso corporal durante el estudio. (Changes in body weight during the study).

ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia.

La GDP (**tabla II**) fue mayor en las vaquillas tratadas respecto a las testigo (1,25 vs. 1,11 kg d<sup>-1</sup>; p<0,01), pero la conversión alimenticia no fue diferente (p>0,05). Estos resultados indican la efectividad de la iluminación nocturna y mayor frecuencia de alimentación, ya que las vaquillas ganaron más peso. En condiciones similares a las del presente estudio, se mejoró la GDP en 19% (1,20 vs. 1,01 kg), el consumo de alimento en casi 4% y se redujo en 13% la relación alimento/ganancia (Ray, 1995).

Los resultados de GDP de otros estudios son similares a los de éste, aunque la conversión alimenticia y el consumo de alimento son menores. Así el estrés calórico (20,3 vs. 29,3°C) en bovinos para carne disminuyó el consumo de MS (11%), la GDP (15%) y la conversión alimenticia (7%) (Morrison y Lofgreen, 1979); en vaquillas engordadas sin sombra se redujo el consumo (7%) y la GDP (11,8%), y aumentó (6%) la conversión (Mittlöhner *et al.*, 2001).

La evolución del peso del grupo tratado (**figura 2**) sólo fue superior (p<0,01) en el

último periodo (371,7 vs. 355,9 kg; 16 kg) en concordancia con lo señalado por Hahn *et al.* (1974) y Widdowson (1976) de que los bovinos para carne experimentan crecimiento compensatorio después de un periodo de estrés por calor, probablemente como respuesta de recuperación a una situación de inhibición fisiológica, aunque no se logra la recuperación total cuando la temperatura excede de 33°C (Hahn, 1986). En este estudio se demuestra que la carga calórica sobre las vaquillas de los días 28 a 56 fue suficiente para reducir su GDP, y que es necesario un periodo de tiempo mayor para compensar la menor productividad.

Las características de la canal se muestran en la **tabla III**. El PCC en las vaquillas tratadas (244,3 kg) fue mayor (p<0,05) al de las vaquillas testigo (233,9 kg); las demás variables no fueron afectadas (p>0,05). Utilizando cámaras ambientales para determinar el efecto del estrés calórico en la canal en bovinos para carne, Hahn *et al.* (1974) observaron 0,5% menos grasa en riñones, pelvis y corazón en animales estresados. Sin embargo, el PCC de vaquillas con sombra fue mayor en 7,3 kg que el de aquellas sin

PRÁCTICAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE GANADO DE ENGORDA

**Tabla III.** Características de la canal en las vaquillas. (Carcass traits in heifers).

Variable	Medias ajustadas		Error estándar	Valor de probabilidad
	tratadas	testigo		
Peso canal caliente (kg)	244,3	233,9	3,34	0,029
Rendimiento (%)	59,7	59,1	0,43	0,614
Marmoleo <sup>a</sup>	3,87	3,52	0,58	0,294
AMLD (cm <sup>2</sup> )	10,6	11,2	1,19	0,234
Grasa dorsal (cm)	2,35	1,96	0,78	0,382
Grasa renal (%)	2,80	3,73	1,25	0,419
Composición química de la canal (%)				
Humedad	28,31	29,88	3,36	0,244
Grasa	4,91	4,91	1,43	0,365
Proteína bruta	21,8	21,3	2,81	0,466

<sup>a</sup>Valores de marmoleo: 3= ligero, 4= pequeño. A.M.L.D.= Área del músculo *Longissimus dorsi*.

sombra durante una engorda intensiva en verano (Mitlöhner *et al.*, 2002); sin embargo, ellos no reportaron diferencias en REND, MAR y GD, lo cual coincide con los resultados del presente estudio. Mitlöhner *et al.* (2001) también encontraron que el PCC de vaquillas durante su engorda fue 16 kg mayor con sombra que sin sombra, pero no hubo diferencias en la grasa en pelvis, riñón y corazón y área del músculo *Longissimus*. El estrés por calor puede afectar la calidad de la canal; Scanga *et al.* (1998) señalan que la temperatura ambiental mayor a 35°C durante 1 o 2 días previos a la matanza fue un factor de riesgo que causó un incremento en la aparición de cortes oscuros en canales de bovinos. No obstante, Mader *et al.* (1999) indican que las características de bovinos

engordados en el verano con o sin barreras para el viento y con o sin sombra, no fueron diferentes durante tres años consecutivos; tales resultados coinciden con lo indicado en el presente estudio.

Se concluye que el aumento de la frecuencia de alimentación y del fotoperiodo durante condiciones de altas temperaturas, pueden ayudar a reducir el impacto negativo del estrés por calor en la engorda de vaquillas durante el verano.

#### AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Baraquiel Fimbres Preciado propietario de la Engorda *La Casita*, así como, al personal que ahí labora por la ayuda brindada.

#### BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA. USA.
- Beede, D.K. and Collier, R.J. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *J. Anim. Sci.*, 62: 543-554.
- Chai, W.N., Torrentera, N.G. and Zinn, R.A. 2000. Influence of shade and time of feeding on feedlot performance of crossbred steers during periods of high ambient temperature. In: *Proc. W. Sect. Amer. Soc. Anim. Sci.*, 51: 163-164.
- García, E. 1985. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2<sup>a</sup> ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.
- Hahn, G.L. 1986. Shelters and environmental

AVENDAÑO, ALVAREZ, CORREA, TORRENTERA, TORRES Y RAY

- modifications. In: G. Moberg (Ed.). Limiting the effects of stress on cattle. Western Regional Research Project W-135. Utah, USA. pp. 47-60.
- Hahn, G.L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Dairy Sci.*, 82: 10-20.
- Hahn, G.L. and Mader, T.L. 1997. Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. In: Bottcher RW, Hoff JS (Eds.). Proc. 5<sup>th</sup> International Livestock Environmental Symposium of the American Society of Agriculture Engineers. St Joseph, MI. USA. pp. 563-571.
- Hahn, G.L., Meador, N.F., Thompson, G.B. and Shanklin, M.D. 1974. Compensatory growth of beef cattle in hot weather and its role in management decisions. In: Proc. International Livestock Environmental Symposium of the American Society of Agriculture Engineers. St Joseph, MI. USA. pp. 288-295.
- Johnson, H.D. 1980. Environmental management of cattle to minimize the stress of climatic changes. *Int. J. Biometeorol.*, 24: 65-71.
- Littell, R.C., Milliken, G.A., Stroupand, W.W. and Wolfinger, R.D. 1996. SAS® System for Mixed Models. SAS Institute Inc. Cary, NC. 633 pp.
- Mader, T.L., Dalquist, J.M., Hahn, G.L. and Gaughan, J.B. 1999. Shade and wind barrier effect on summertime feedlot cattle performance. *J. Anim. Sci.*, 77: 2065-2072.
- Mader, T.L., Holt, S.M., Hahn, G.L., Davis, M.S. and Spiers, D.E. 2002. Feeding strategies for managing heat load in cattle. *J. Anim. Sci.*, 80: 2373-2382.
- Mader, T.L., Davis, M.S. and 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. and 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.
- Mitlöhner, F.M., Galyean, M.L. and McGlone, J.J. 2002. Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. *J. Anim. Sci.*, 80: 2043-2050.
- Morrison, S.R. 1983. Ruminant heat stress: Effect on production and means of alleviation. *J. Anim. Sci.*, 57: 1594-1600.
- Morrison, S.R. and Lofgreen, G.P. 1979. Beef cattle response to air temperature. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 57: 1594-1600.
- NRC. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7<sup>th</sup> ed. National Academy Press. Washington, D.C.
- Peters, R.R., Chapin, L.T., Emery, R.S. and Tucker, H.A. 1980. Growth and hormonal response of heifers to various photoperiods. *J. Anim. Sci.*, 51: 1148-1153.
- Ray, D.E. 1995. Estrés calórico del ganado de engorda en corral. En: Cervantes, M.R. (Ed.). Memorias de la 5<sup>a</sup> Reunión anual sobre producción de leche y carne en climas cálidos. Mexicali, BC. México. 150 pp.
- Sarko, T.A., Bishop, M.D. and Davis, M.D. 1994. Relationship of air temperature, relative humidity, precipitation, photoperiod, wind speed and solar radiation with serum insulin-growth factor (IGF-I) concentration in Angus beef cattle. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 11: 281-290.
- SAS. 2003. SAS Institute Inc. SAS/STAT User's Guide. Version 9.1.2. Cary, NC. USA.
- Scanga, J.A., Belk, K.E., Tatum, J.D., Grandin, T. and Smith, G.C. 1998. Factors contributing to the incidence of dark cutting beef. *J. Anim. Sci.*, 76: 2040-2047.
- Spiers, D.E., Vogt, D.W., Johnson, H.D., Garner, G.B. and Murphy, C.N. 1994. Heat stress responses of temperate and tropical breeds of *Bos taurus* cattle. *Archiv. Latinoam. Prod. Anim.*, 2: 41-52.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 2<sup>nd</sup> ed. McGraw-Hill. New York, USA. 481 pp.
- Walther, M.A. 1996. El Valle de Mexicali. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, B.C. México. 224 pp.
- West, J.W. 1999. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 82: 21-29.
- Widdowson, E.M. 1976. Environmental control of growth: the maternal environment. In: D. Lister, D.N. Rhodes, V.R. Fowler, and M.F. Fuller (Eds.). Meat animals: Growth and productivity. Plenum Press. New York. USA. 327 pp.
- Wiersma, F., Ray, D.E. and Roubiceck, C. 1973. Modified environment for beef cattle in hot climates. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 16: 348-355.