

Efecto de sombra en el corral de engorda en la respuesta productiva de toretes en finalización de la época calurosa

Rubén Barajas Cruz^{1*}, Billy Josue Cervantes Pacheco¹, Marco Antonio Espino García¹
Leopoldo Raúl Flores Aguirre¹, Jorge Aguirre Ortega², Sergio Martínez González²
y Danny Eugenio García³

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Culiacán, Sinaloa, México. Correo electrónico: rubar@uas.uasnet.mx.

²Universidad Autónoma de Nayarit, Cuerpo Académico de Producción y Biotecnología Animal, México.

³Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) del estado Trujillo, Venezuela.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de la sombra dentro del corral de engorda en la respuesta productiva de toretes en finalización de la época calurosa, se efectuó una prueba de respuesta en corral durante 50 días. Para ello, se utilizaron 60 toretes ($403,35 \pm 2,47$ kg), encastados de Cebú (75% *Bos indicus*) provenientes de un mismo lote con 112 días previos de engorda. En un diseño de bloques completos al azar, en grupos de 5 animales se asignaron a 2 tratamientos: a) Corraletas con piso de tierra de 6 x 12 m (Testigo); o b) Corraletas con piso de tierra (6 x 12 m), provistas de un techo que proporcionó 3 m² de sombra por cabeza (con sombra). La sombra disminuyó ($P = 0,04$) la temperatura del aire ($36,88$ vs $35,95$ °C) y no modificó ($P = 0,23$). El peso final y la ganancia de peso no fueron afectados por los tratamientos ($P > 0,80$). Los animales desprovistos de sombra consumieron 6% más alimento ($P = 0,07$) que los protegidos con sombra (8932 vs 8367 kg/día). La conversión alimenticia fue mejorada ($P = 0,10$) 7,9% por la sombra ($8,247$ vs $7,594$ kg/kg). La sombra incrementó ($P = 0,04$) la ENm y ENg retenida de la dieta en 6,4 y 8,5% respectivamente. La eficiencia en el uso de la ENm (observada/esperada) fue de 0,92 y 0,98 para los tratamientos sin y con sombra, respectivamente. El peso de la canal y el rendimiento no fueron modificados ($P > 0,80$). Se concluye, que el uso de la sombra en el corral de engorda en la época calurosa es necesaria para ayudar a los bovinos a enfrentar el estrés calórico y mitigar sus efectos en la respuesta productiva durante la finalización.

Palabras Clave: sombra, toretes en finalización, desempeño productivo.

Effect of shade in feedlot pen on growth performance of finishing bulls during the hot season

ABSTRACT

With the objective of determine the effect of shade in feedlot pen on growth performance of finishing bulls during the hot season, a 50 days long feedlot trial was performed. Sixty ($403,35 \pm 2,47$ kg) Cebu crossed bull (75% *Bos indicus*) coming from the same lot with 112 previous fattening-days were used. In a complete randomized block design, in groups of five animals were assigned to two treatments: a) Pens without shade (Control); or b) Pens fitted with roof that provides 3 m² of shade by animal (Shade treatment). Shade diminished ($P = 0,04$) air temperature ($36,88$ vs $35,95$ °C) not modifies relative humidity ($P = 0,23$). Ending weight and average daily gain were not affected by treatments ($P > 0,80$). Animals deprived of shade consumed 6% more food ($P = 0,07$) that shade-protected ($8,932$ vs 8367 kg/day). Feed conversion was enhanced ($P = 0,10$) 7,9% by shade ($8,247$ vs $7,594$

kg/kg). Shade increased ($P = 0,04$) the NEM and NEg retained from the diet in 6,4 and 8,5%, respectively. Usage efficiency of NEM (observed/expected) was 0,92 and 0,98 for treatments without and with shade, respectively. Carcass weight and carcass dressing were not modified ($P > 0,80$). It is concluded, that the use of shade in feedlot pen during hot season is necessary to help the bovines to cope heat stress and mitigate its effects on growth performance during the finishing.

Keywords: shade, finishing bulls, growth performance.

INTRODUCCIÓN

El estrés por calor disminuye la respuesta productiva de los bovinos (Morrison, 1983), incrementa los requerimientos de energía para mantenimiento del ganado en engorda (Ames *et al.*, 1980; NRC, 2000), e incluso altera la expresión de genes del músculo esquelético (Rhoads *et al.*, 2008). Este fenómeno afecta a los bovinos cuando la temperatura del aire se eleva por encima de su zona de termoneutralidad (Beatty *et al.*, 2006; Berman, 2009) y altera la habilidad de los animales para mantener su balance térmico (Brosch *et al.*, 1998). La radiación solar influye grandemente en la carga calórica de los bovinos (Mader *et al.*, 2006).

Se estima que el estrés calórico provoca pérdidas por 370 millones de dólares anuales a la industria de la engorda de bovinos en Estados Unidos de América (St-Pierre *et al.*, 2003), en tanto que en los países latinoamericanos no existe un cálculo al respecto. La colocación de sombras en corral reduce la carga calórica que el animal recibe, y su uso durante el verano en climas calurosos promueve una mejora en la ganancia de peso y conversión alimenticia (Garrett *et al.*, 1960; Mitlohener *et al.*, 2001; Barajas y Felix, 2002). Sin embargo, su utilidad ha sido cuestionada y se afirma que una vez aclimatados los bovinos el beneficio inicial de la sombra desaparece (Mader *et al.*, 1999).

La aclimatación en los bovinos inicia a las 2 semanas y es completado entre las 4 y 6 semanas (Blackshaw y Blackshaw, 1994). No obstante, es escasa la información relacionada con la utilidad de la sombra en el desempeño productivo y la utilización de la energía neta en los bovinos que son finalizados en climas calurosos y lluviosos, como el que prevalece durante el verano en el Noroeste de México.

En este sentido, la presente investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de la sombra en el comportamiento productivo de toretes

finalizados en corral de engorda en la época calurosa en el Noroeste de México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización

Este experimento se llevó a cabo durante los meses de junio y julio de 2004, en las instalaciones de la Unidad Experimental para Bovinos de Engorda Intensiva en Trópico Seco de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, en Culiacán, Sinaloa. Localizada a 24° 51' de latitud Norte y 107° 26' de longitud Oeste, a 57 m.s.n.m. Con una temperatura media anual de 24,8 °C y una precipitación media anual de 689 mm (INEGI, 2009).

Animales y tratamientos

Todos los animales utilizados en esta investigación fueron manejados de acuerdo a los lineamientos de la Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching (Consortium, 1988).

Se utilizaron 60 toretes ($403,35 \pm 2,47$ kg), encastados de Cebú con un componente genético de aproximadamente 75% *Bos indicus* y el resto integrado por *Bos taurus* proveniente de las razas Simmental, Charoláis y Pardo Suizo, en proporciones no determinadas. Los toretes provinieron de un mismo lote con 112 días previos de engorda. La temperatura media y máxima promedio durante los últimos 60 días anteriores al inicio de la prueba fueron de 25,35°C y 34,70 °C, respectivamente (CNA, 2009).

Los animales fueron pesados y de acuerdo a su peso fueron agrupados en 2 bloques de 30 toretes, dentro de cada bloque, en grupos de 5 animales se asignaron de manera aleatoria a 1 de 2 tipos de alojamiento en que consistieron los tratamientos: a) Corraletas con piso de tierra (6 x 12 m), equipadas con 2,4 m de comedero

lineal de concreto y 0,55 m de bebedero automático, desprovistas de sombra (Testigo); o b) Corraletas con piso de tierra (6 x 12 m), equipadas con 2,4 m de comedero lineal de concreto y 0,55 m de bebedero automático, provistas de un techo central de lamina metálica colocado a 3,6 m de altura y direccionado de Oriente a Poniente, que proporcionó el equivalente a 3 m² de sombra por cabeza (con sombra).

Procedimiento experimental

Los animales fueron pesados los días 1 y 50 en que concluyó el experimento, al peso en báscula se le descontó un 4% considerado como el equivalente al contenido del tracto digestivo (NRC, 1984). Los toretes fueron alimentados con una dieta de finalización que contuvo 13,56% de PC, ENm 2,035 Mcal/kg y ENg 1,372 Mcal/kg, la composición de la dieta se presenta en el Cuadro 1.

El alimento fue servido 2 veces diarias (800 y 1.600g) en condiciones de libre acceso (105% del

consumo del día anterior). El peso del alimento ofrecido se efectuó utilizando una báscula digital integrada al equipo mezclador repartidor (Tormex^{MR} 750). El alimento ofrecido se midió diariamente y el alimento rechazado se retiró antes de la servida matutina (800g) y se pesó. Muestra de alimentos y rechazos fueron secadas en estufa de aire forzado (110 °C hasta peso constante; AOAC; 1995) para determinar el contenido de materia seca. El consumo de materia seca se consideró igual al ofrecido, menos el rechazo semanal acumulado.

Para la estimación de la energía neta, al peso de los toretes en la báscula, se le descontó un 4% como llenado del tracto digestivo (NRC, 1984). La energía retenida (ER; mega calorías) fue derivada de las mediciones del peso corporal (PV; kg) y de la ganancia diaria de peso (GDP; kg/día) de acuerdo con la ecuación: Toretos ER = (0,0562 PV⁷⁵) GDP^{1,097} (NRC, 1984).

Cuadro 1. Composición de la dieta utilizada en el experimento.

Ingredientes	Kilogramos por Tonelada En base natural
Rastrojo de maíz	13,10
Maíz molido	63,00
Pasta de canola	8,06
Harina de carne de cerdo	2,02
Melaza de caña	7,14
Sebo	3,88
Ganamin Total ¹	2,80
Total	100%
Análisis calculado ² (en base seca)	
Proteína cruda, %	13,56
Energía neta, Mcal/kg	
Mantenimiento	2,035
Ganancia	1,372

¹Ganamin Total, premezcla vitamínica y mineral (Técnica Mineral Pecuaria, S.A. de C.V., Guadalajara, Jalisco, México).

²Calculado partir de valores publicados (NRC, 2000).

El contenido de energía neta para mantenimiento y ganancia fue calculado asumiendo un incremento de la producción de calor de combustión constante (MQ) de 0,077 PV⁷⁵ Mcal/día (Lofgreen y Garrett, 1968).

A partir de las estimaciones de ER y MQ, los valores de EN_m y EN_g de la dieta fueron obtenidos por un proceso iterativo (Zinn, 1987), fijando una EN_g = (877 EN_m) - 41 (NRC, 1984). Los valores de EN obtenidos fueron divididos entre los valores esperados de EN, para determinar el impacto del estrés calórico en el uso de la energía por parte de los toretes.

Los datos de la temperatura del aire y lluvia acumulada durante el período fueron tomados de la estación meteorológica más cercana (CNA, 2009). Adicionalmente, se midió diariamente la temperatura y humedad relativa del aire en los corrales con el uso de un termohigrometro portátil (HI 8314; Hanna Instruments), cuyo bulbo sensor se colocó a una altura de 1 m sobre el nivel del piso, considerada como equivalente al centro de la masa corporal del bovino (Mader *et al.*, 1999); la medición se efectuó diariamente en 2 corrales, 1 con sombra y el otro sin sombra en un mismo día; los corrales se cambiaron diariamente, en un programa rotatorio que cada 3 días permitió tener los valores de los 6 corrales incluidos en cada tratamiento, este manejo se llevó a cabo para poder hacer la medición diaria en un lapso menor a 10 minutos entre las 13:55 y 14:05 h.

Una vez completados los 50 días de finalización en la engorda, los toretes fueron sacrificados en un rastro sujeto a la supervisión de la sanitaria del Gobierno del Municipio de Culiacán, Sinaloa. El peso de la canal caliente fue obtenido y se calculó el rendimiento en canal como porcentaje del peso final.

Análisis Estadístico.

Los resultados fueron analizados como un experimento en bloques completos al azar (Hicks, 1973), cada corraleta (promedio de 6 toretes) constituyó la unidad experimental. Los cálculos estadísticos se efectuaron con el módulo de ANOVA/COV del procedimiento GLM del programa Statistix 8 (2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de efecto de la sombra dentro del corral sobre la respuesta productiva se presentan en el Cuadro 2.

La sombra dentro del corral disminuyó ($P = 0,04$), la temperatura del aire (36,88 vs 35,95°C), en tanto que no modificó ($P = 0,23$), la humedad relativa (42,70 vs 44,98%). Temperaturas superiores a los 30°C limitan la disipación de calor por convección y valores de humedad relativa cercanos a 50% restringen el enfriamiento evaporativo, colocando a los bovinos fuera de su zona de confort térmico (Berman, 2009). La disminución en la temperatura del aire por efecto de la sombra ha sido observada en trabajos previos (Spain y Spiers, 1996; Brosh *et al.*, 1998; Mader *et al.*, 1999).

La temperatura promedio durante el experimento fue de 29,55°C; la temperatura máxima promedio fue 36,65°C, bastante cercana a la medida a las 14:00 h en los corrales de prueba; y la temperatura mínima promedio fue de 22,45°C. La lluvia acumulada durante la prueba fue de 235 mm (CNA, 2009). La temperatura promedio a que estuvieron sometidos los animales esta por encima de los 25°C límite superior de su zona de termoneutralidad (NRC, 1984). Adicionalmente, Hahn (1999) con base en estudios de frecuencia respiratoria sugiere 21°C como el umbral para el estrés calórico en los bovinos y la temperatura mínima promedio fue superior, por lo que se puede considerar que los bovinos de esta prueba estuvieron permanentemente bajo condiciones de estrés calórico.

El peso final no fue modificado ($P = 0,86$) por los tratamientos. La GDP no se alteró ($P = 0,46$) por el uso de sombras. La GDP está directamente relacionada con el consumo diario de energía neta para ganancia (McMeniman *et al.*, 2009); en el presente experimento el consumo diario de EN_g retenida de la dieta fue similar ($P > 0,10$) en los 2 tratamientos, con valores de 10,52 Mcal de EN_g/día para los animales alojados en corrales sin sombra [(8,932 kg de MS/día) x (1,178 Mcal de EN_g/kg de MS) = 10,52], y un consumo de 10,69 Mcal de EN_g / día, en los animales alojados en corrales con sombra [(8,367 kg de MS/día) x (1,278 Mcal de EN_g/kg de MS) = 10,69].

El consumo de MS fue 6% mayor ($P = 0,07$) en los animales desprovistos de sombra (8,932 vs 8,367 kg/día). Estos valores equivalen a consumos superiores en 8% y 1% para los tratamientos sin sombra y con sombra, respectivamente, en relación a lo esperado con base en el contenido energético de la dieta y el peso de los toretes (NRC, 2000).

Cuadro 2. Efecto de la sombra en corral de engorda sobre la respuesta productiva de toretes en finalización en la época caliente.

Variables	Tratamientos		EEM ¹	Valor de P
	Sin sombra	Con sombra		
Condiciones ambientales (14:00 h)				
Temperatura, °C	36,88	35,95	0,44	0,04
Humedad Relativa, %	4270	44,98	1,9	0,23
Animales	30	30		
Corraletas, n	6	6		
Días en prueba	50	50		
Peso inicial, kg	403,33	403,38	2,47	0,94
Peso final, kg	457,83	458,78	3,11	0,86
GDP, kg/día	1,090	1,108	0,05	0,46
Consumo de Materia Seca				
kg/día	8,932 a	8,367 b	0,27	0,07
Observado/esperado	1,08	1,01		
Consumo/ganancia	8,247 a	7,594 b	0,36	0,10
EN de la dieta, Mcal/kg				
ENm	1,810 b	1,925 a	0,05	0,04
ENg	1,178 b	1,278 a	0,04	0,04
EN Observada/esperada				
ENm	0,92 b	0,98 a	0,02	0,04
ENg	0,89 b	0,97 a	0,01	0,04
Canal caliente				
Peso, kg	281,38	282,06	5,84	0,87
Rendimiento, %	61,46	61,48	0,53	0,97

¹ Error estándar de las medias.

a, b Literales distintas en un mismo renglón indican diferencia estadística al nivel de alfa indicado en la columna correspondiente al valor de P.

Estos resultados fueron inesperados, partiendo de la idea que al aumentar la temperatura los bovinos disminuyen su consumo de acuerdo a los resultados de Morrison (1983) al someter a novillos Holstein a incrementos de 17°C a 38°C; así como a la disminución en el consumo de alimento mostrada por novillos Angus y Romosinuano 3 días después del inicio del estrés calórico (Scharf *et al.*, 2010); y a los hallazgos de Mitlohener *et al.* (2001), quienes

observaron un mayor consumo en vaquillas alojadas en corrales con sombra en comparación a las que estuvieron desprovistas de ellas. Aunque existen trabajos donde no se ha encontrado evidencia que la sombra modifique el consumo de alimento (Brosh *et al.*, 1998; Mader *et al.*, 1999).

Al respecto, Mader (2003) publicó un estudio sumario con datos de respuesta productiva de bovinos en Nebraska durante 3 años continuos y

el consumo de MS en kg/día es mayor en verano que durante la primavera y el otoño, en el mismo estudio los datos transformados a porcentaje del PV no mostraron diferencia estadística. Barajas y Felix (2002), en una prueba con becerros al inicio de la engorda desarrollada bajo clima caluroso y húmedo, encontraron que los animales alojados en corrales sin sombra consumieron 5% más de MS que los que tuvieron acceso a sombra, resultado que coincide con el 6% encontrado en la presente investigación.

No existe una explicación clara para este fenómeno, sin embargo es posible que el aumento en el consumo sea una manifestación poco común de respuesta al estrés por parte de los bovinos. Al respecto, Garrett *et al.* (1962) condujeron durante 3 años continuos experimentos comparando el efecto de proporcionar 8,4, 12,6 o 18,6 m² de espacio vital por animal dentro del corral de engorda, en la respuesta productiva de novillos los tratamientos no afectaron la ganancia de peso, ni la eficiencia alimenticia, pero encontraron un aumento significativo en el consumo de alimento de los novillos confinados en 8,4 m² por cabeza en relación a los otros 2 tratamientos.

Recientemente, se ha establecido que en varias especies, el estrés calórico induce una disminución en la irrigación intestinal, daño a la barrera intestinal, inflamación y reducción en la capacidad del intestino para absorber nutrimentos (Lambert, 2009; Liu *et al.*, 2009); si el consumo de alimento de los bovinos en finalización esta en relación cuadrática con la concentración de energía neta para mantenimiento en la dieta (McMeniman *et al.*, 2009), una reducción en la absorción de los nutrimentos de la dieta debido al estrés calórico, puede contribuir a un incremento del consumo como un mecanismo para intentar estabilizar el consumo diario de energía por el bovino.

Es así, como la conjunción de estos dos factores, consumo y digestibilidad permiten explicar la diferencia en respuesta productiva observada entre los animales alojados en corrales provistos de sombra o carentes de ella, aceptando que la productividad del ganado es determinada en buena medida por el consumo de alimento y la eficiencia en la digestión, y el metabolismo (McMeniman *et al.*, 2009).

Estos resultados muestran que el conocimiento de los mecanismos que regulan el consumo de alimento en los bovinos sujetos a estrés es aun incompleto. Un mejor entendimiento de la regulación metabólica del

consumo de alimento podría permitir la formulación de dietas que contribuyan a mejorar la salud y productividad de los rumiantes (Allen *et al.*, 2009). La conversión alimenticia fue mejorada ($P = 0,10$) en 7,9% con el uso de sombra. Este resultado es acorde con la mejora de entre el 6% y el 16% observada por el uso de sombras en otros experimentos (Garrett *et al.*, 1960; Mitlohener *et al.*, 2001; Barajas y Felix, 2002).

La mejora ($P = 0,04$) en 6% la energía neta para mantenimiento retenida de la dieta y en 8% la energía neta para ganancia observada en los toretes alojados en corrales con sombra, con relación a los alojados en corrales sin sombra están en concordancia con lo encontrado en vaquillas por Mitlohener *et al.* (2001). Un aumento en la energía retenida en forma de tejido corporal implica una menor pérdida de la energía de la dieta en forma de calor (NRC, 2000).

El valor de 0,92 de la ENm observada/esperada, indica que los animales desprovistos de sombra, tuvieron que destinar un 8% extra de la ENm para disipar el exceso de calor al medio circundante; en tanto que los toretes alojados en corrales con sombra, a pesar de recibir una menor carga de energía radiante del sol, gastaron un 2% extra de ENm para intentar lograr la homeostasis (ENm observada/esperada = 0,98).

Los resultados de este experimento confirman que el mayor impacto del estrés calórico se manifiesta por un aumento en las necesidades de energía neta para mantenimiento (Ames *et al.*, 1980; NRC, 2000), incluso en los bovinos con componente genético *Bos indicus* a pesar de estar mejor adaptados a los climas calurosos y húmedos, su productividad es afectada por el estrés calórico continuo (Carvalho *et al.*, 1995; Beatty *et al.*, 2006). El resultado de la presente investigación, sugiere que el uso de sombra en el corral de engorda ofrece ventajas a los bovinos encastados de Cebú para enfrentar al estrés calórico en los climas calurosos y húmedos, disminuye el gasto extra de energía para disipar calor y mejora su respuesta productiva, que se manifiesta en una mejora en la conversión alimenticia y en la retención de la energía proveniente de la dieta.

CONCLUSIÓN

Los resultados de la presente investigación sugieren, que el uso de la sombra en el corral de engorda, en las regiones con clima caluroso y

húmedo, es necesaria para ayudar a los bovinos a enfrentar el estrés calórico y mitigar sus efectos en la respuesta productiva durante la finalización. Confirman el impacto del estrés por calor en las necesidades de energía neta para mantenimiento. La inesperada elevación en el consumo de alimento de los toretes desprovistos de sombra, hacen evidente el conocimiento insuficiente de los mecanismos que controlan el consumo en los bovinos sujetos a estrés en condiciones de clima caluroso y húmedo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a “Ganadera Los Migueles, S.A. de C.V” y a su propietario el Ing. Regulo Terraza Romero por facilitar los animales y el alimento para llevar a cabo la investigación, de igual manera se agradece a Fundación Produce Sinaloa, A.C. y al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Sinaloa, A.C. por el financiamiento parcial para realizar este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Allen, M.S., B.J. Bradford and M. Oba. 2009. The hepatic oxidation theory of control of feed intake and its application to ruminants. *J. Anim. Sci.* 87 (10):3317-3334.
- Ames, D. R., D. R. Brink and C.L. Willms. 1980. Adjusting protein in feedlot diets during thermal stress. *J. Anim. Sci.* 50 (1):1-6.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis 15th ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington, DC. pp. 245-317.
- Barajas, R. and J.A. Felix. 2002. Effect of shade in feedlot pen on growth performance of Brahman bull calves during heat raining season under Mexican dry tropic environment. *J. Anim. Sci.* Vol. 80 (Suppl. 1):229.
- Beatty, D.T., A. Barenas, E. Taylor, D. Pethick, M. McCarthy and S.K. Maloney. 2006. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. *J. Anim. Sci.* 84 (4):972-985.
- Berman, A. 2009. Predicted limits for evaporative cooling in heat stress relief of cattle in warm conditions. *J. Anim. Sci.* 87 (9):3413-3417.
- Blackshaw, J. K. and A. W. Blackshaw. 1994. Heat stress in cattle and effect of shade on production and behavior. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34 (1): 285 –295.
- Brosh, A., Y. Ayharoni, A. A. Degen, D. Wright and B. A. Young. 1998. Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. *J. Anim. Sci.* 76 (10):2671–2677.
- Carvalho, F. A., M. A. Lammoglia, M. J. Simoes and R. D. Randel. 1995. Breed affects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. *J. Anim. Sci.* 73 (12): 3570–3575.
- CNA. 2009. Comisión Nacional del Agua. Available in: <http://smn.cna.gob.mx/>
- Consortium. 1988. Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching. Consortium for Developing a Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching, Champaign, IL. p. 169.
- Garret, W. N., C. F. Kelly and T. E. Bond. 1962. Total and shaded space allotment for beef feedlots as affected by ration in a high temperature environment. *J. Anim. Sci.* 21 (4):794-797.
- Garrett, W. N., T. E. Bond and C. F. Kelly. 1960. Effect of air velocity on gains and physiological adjustments of Hereford steers in a high temperature environment. *J. Anim. Sci.* 19 (1): 60-66.
- Hahn, G. L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat load. *J. Anim. Sci.* 77 (Suppl. 2):10-20
- Hicks, C. R. 1973. Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Holt, Rinehart and Wiston, New York. p. 349.
- INEGI. 2009. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Available in: <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/sin/temper-tot-ens.cfm?c=212&e=25&CFID>

- Lambert, G. P. 2009. Stress-induced gastrointestinal barrier dysfunction and inflammatory effects. *J. Anim. Sci.* 87 (E. Suppl.): E101-E108.
- Liu, F., J. Yin, M. Du, P. Yan, J. Xu, X. Zhu and J. Yu. 2009. Heat-stress-induced damage to porcine small intestine epithelium associated with downregulation of epithelial growth factor signaling. *J. Anim. Sci.* 87 (6):1941-1949.
- Lofgreen, G. P. and W. N. Garrett. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 27(3):793-806.
- Mader, T. L., J. M. Dahlquist, G. L. Hahn and J. B. Gaughan. 1999. Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. *J. Anim. Sci.* 77 (8):2065-2072.
- Mader, T. L. 2003. Environmental stress in confined beef cattle. *J. Anim. Sci.* Vol. 81 (Suppl. 2):E110-E119.
- Mader, T. L., M. S. Davis and T. Brown-Brandl. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84 (3):712-719.
- McMeniman, J. P., P. J. Defoor and M. Galyean. 2009. Evaluation of the National Research Council (1996) dry matter intake prediction equations and relationships between intake and performance by feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 87 (3):1138-1146.
- Mitlohener, F. M., J. L. Morrow, J. W. Dailey, S. C. Wilson M. L. Galyean, M. F. Miller and J. J. McGlone. 2001. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance and carcass traits of heat stressed feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 79 (9):2327-2335.
- Morrison, S. R. 1983. Ruminant heat stress: effect on production and means of alleviation. *J. Anim. Sci.* 57 (6): 1594–1600.
- NRC. 1984. *Nutrient Requirements of Beef Cattle.* (6th Ed.) National Academy Press, Washington, D.C. p. 90.
- NRC. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle. Update 2000* (7th Revised Ed.) National Academy Press, Washington, D.C. p. 232.
- Rhoads, R., M. D. O'Brien, K. Greer, L. Cole, S. Sanders, J. B. Wheelock and L.H. Baumgard. 2008. Consequences of heat stress on the profile of skeletal muscle gene expression in beef cattle. *The FASEB* 22 (1):1165 (Abstract).
- Scharf, B., J. A. Carroll, D. G. Riley, C. C. Chase, Jr., S.W. Coleman, D.H. Keisler, R.L. Weaber and D.E. Spiers. 2010. Evaluation of physiological and blood serum differences in heat tolerant (Romosinuano) and heat susceptible (Angus) *Bos taurus* cattle during controlled heat challenge. *J. Anim. Sci.* Published on line Feb 26, 2010; <http://jas.fass.org>
- Spain, J. N. and D. E. Spiers. 1996. Effect of supplemental shade on thermoregulatory response of calves to heat challenge in a hutch environment. *J. Dairy Sci.* 79 (4):639-645.
- Statistix. 2003. *Statistix User's Manual, Release 8.0.* Analytical Software, Tallahassee, FL.
- St-Pierre, N. R., B. Cobanov and G. Schmitkey. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci.* (E. Suppl):E52-E77.
- Zinn, R. A. 1987. Influence of lasalocid and monensin plus tylosin on comparative feeding value of steam-flaked versus dry-rolled corn in diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 65 (1):256-266.