

EVALUACIÓN DE LA VITAMINA D₃ SOBRE EL COMPORTAMIENTO ANIMAL, CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y TERNEZA DE LA CARNE DEL GANADO BRAHMAN Y SUS CRUCES. GUALACA, PANAMÁ. 2003.¹

**Pedro Guerra M.²; Omar Chacón³; Karina L. Lara S.⁴;
Ricaurte A. Quiel⁵.**

RESUMEN

El propósito fue evaluar el efecto de la vitamina D₃ sobre el comportamiento animal (CA), características de la canal (CC) y terneza (TRN) de la carne del Brahman y sus cruces. Dos cebas (A) se efectuaron de 110 días (A1) y 133 (A2) días cada uno con dos grupos raciales (GR): Brahman (Br) y Cruzados (Cx). Niveles de vitamina D₃ (T) evaluados: 0 (T1), 2.5 (T2), 5.0 (T3) y 7.5 (T4) x 10⁶ UI/animal/día, 10 días antes de finalizada la ceba. Muestras del *Longissimus dorsi* fueron tomadas en la 11^a y 12^a costilla de ambas medias canales. Las variables del CA fueron: peso inicial (PI), peso final (PF), ganancia diaria de peso (GDP), peso del último mes (PUM) y ganancia diaria de peso en el último mes (GDPUM); de CC: peso matadero (PM), peso canal caliente (PCC), rendimiento en canal (RC), largo de canal (LC), proporción de grasa pelviana (PGP) y grado de rendimiento USDA (YG); de la carne (*Longissimus dorsi*): área del lomo (AL), grasa dorsal (GD), proporción de hueso (HP), proporción de músculo (MP), proporción de grasa (GP) y TRN, medida en cuatro tiempos de maduración (TM, 7, 14, 21 y 28 días *postmortem*). Las variables dependientes se analizaron con un modelo lineal generalizado usando PI como covariable. PI fue efectivo (P<0.10 a P<0.01) PF, PM, PUM, PCC, AL, MP y GP. Como criterio de bloque (A) fue significativo (P<0.05 a P<0.01) para PF, GDP, PM, PUM, GDPUM, PCC, LC, PGP, AL y TRN. Además, T solamente afectó negativamente a PUM y GDPUM (P<0.01), pero mientras aumentaba el nivel de vitamina D₃, la TRN disminuyó en 18.8% (T4 vs T1). Cr superaron (P<0.01) en 29.0% y 14.7% a Br en YG y AL, respectivamente. T*GR fue significativo (P<0.10 a P<0.01) en

¹ Trabajo realizado en el PID sobre Mejoramiento del Valor Agregado de la Carne Bovina en la Fase *Post Mortem*. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). Gualaca.

² Ing. Agr. Zoot., M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC). Gualaca. e-mail: pguerra@idiap.gob.pa.

³ Lic. Química, M.Sc. Ciencia de la Carne. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental. Gualaca. e-mail: ochacon@idiap.gob.pa.

⁴ Ing. Agr. Zootecnista. Chiriquí.

⁵ Ing. Agr. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental. Gualaca. e-mail: rquiell@idiap.gob.pa.

PF, GDP, PUM, LC, YG, GD, AL y TRN. TM mejoró ($P < 0.05$) la TRN en la medida que aumentaron los días (21.2% entre el día 7 al día 28). T*TM resultó significativo ($P < 0.05$). Se concluye que la vitamina D₃ y TM tienen grandes efectos sobre TRN, pero muy poco en el CA y CC.

PALABRAS CLAVES: Ganado bovino; ganado de carne; vitamina D₃; comportamiento, características de la canal; terneza.

VITAMIN D₃ EVALUATION ON ANIMAL PERFORMANCE, CARCASS TRAITS AND MEAT TENDERNESS OF BRAHMAN CATTLE AND ITS CROSSES. GUALACA, PANAMÁ. 2003.

The purpose was to evaluate the effect of vitamin D₃ on the animal performance (AP), carcass traits (CT) and beef tenderness (TRN) of Brahman and its crosses. Two fattening (A) were done: A1 (110 days) and A2 (133 days) with two racial groups (GR): Brahman (Br) y Crossbred (Cx). Levels of vitamin D₃ (T) were: 0 (T1), 2.5 (T2), 5.0 (T3) y 7.5 (T4) x 10⁶ UI/animal/d, supplied 10 days before finished fattening period. Samples of the *Longissimus dorsi* were taken from the 11th and 12th rib from both carcass sides. Performance traits were: initial weight (PI), final weight (PF), daily weight gain (GDP), last month weight (PUM) y daily weight gain at last month (GDPUM); from the carcass: slaughter weight (PM), hot carcass weight (PCC), dressing percentage (RC), carcass length (LC), proportion of pelvic fat (PGP) and USDA yield grade (YG); from the beef (*Longissimus dorsi*): rib eye area (AL), fat thickness (GD), bone proportion (HP), beef proportion (MP), fat proportion (GP) and tenderness (TRN), measure at four aging time (TM): 7, 14, 21 and 28 days *postmortem*. Dependent variables were analyzed by a generalized linear model using PI as covariable. PI was effective ($P < 0.10$ a $P < 0.01$) for PF, PM, PUM, PCC, AL, MP and GP. As blocking criteria (A) was significant ($P < 0.05$ a $P < 0.01$) for PF, GDP, PM, PUM, GDPUM, PCC, LC, PGP, AL and TRN. Besides, T only affected negatively to PUM y GDPUM ($P < 0.01$), but while level of vitamin D₃ increased, TRN value decreased to 18.8% (T4 vs T1). Cx overcame ($P < 0.01$) in 29.0% and 14.7% to Br in YG and AL, respectively. T*GR was significant ($P < 0.10$ a $P < 0.01$) in PF, GDP, PUM, LC, YG, GD, AL and TRN. TM improved ($P < 0.05$) TRN as days increased (21.2% between day 7th and day 28th). T*TM resulted significant ($P < 0.05$). It was concluded that vitamin D₃ and aging time have great effects on TRN, but little on AP and CT.

KEY WORDS: Beef cattle; vitamin D₃; performance; characteristics of the carcass; tenderness.

INTRODUCCIÓN

La terneza, sabor y jugosidad son los tres factores sensoriales principales que afectan la percepción y satisfacción del consumidor de carne bovina (Morgan y col., 1991; Savell y col., 1991; Quiel y col., 2003). De estos tres factores, la terneza de la carne bovina ha demostrado ser la más variable y la más influyente en la satisfacción del consumidor (Morgan, 1991) y de alta prioridad para resolver el problema de la disminución de su consumo (Tatum y col., 1980).

CCDH (1997); Smith y col. (2001) señalan que la terneza de la carne bovina está en función de la edad, raza, sistema de alimentación, entre otros factores. Koch y col. (1982); Whipple y col. (1990); Huffman y col. (1990) y Wheeler (1990 a, b) indican que a medida que aumenta la proporción de **Bos indicus**, la terneza de la carne disminuye. La carne bovina que se consume en Panamá proviene de animales Cebú criados y cebados en sistemas tradicionales de alimentación y manejo, por lo que su edad al sacrificio está entre los 36 a 40 meses de edad. Bajo estas condiciones, de acuerdo a Alvarez y Moreira Dos Santos (2001) se espera que los valores de terneza medidos a través del Warner-Bratzler Shear estén muy por encima de los valores de 2.27 a 3.58 kgf que califican a la carne como tierna (Boleman y col., 1997).

En Panamá no se acostumbra a madurar las canales con la finalidad de mejorar la terneza. Sin embargo, Wheeler y col., 1993; 1994; 1997 han reportado que la terneza se mejora significativamente con la maduración *postmortem*. Una vez sacrificado el animal comienza la instauración del *rigor mortis*, el cual es responsable de la rigidez calavérica de la carne. Esta instauración y duración del *rigor mortis* está en función de la caída del pH y de ciertas actividades enzimáticas. La proteólisis miofibrilar, debido a la acción de enzimas intracelulares proteasas dependientes de calcio (m-calpaina y m-calpaina) ha mostrado ser responsable de minimizar los efectos del *rigor mortis*. Inyecciones de soluciones de CaCl_2 24h después del sacrificio han mostrado activar el sistema de calpainas y acelerar el proceso de ternezación de la carne (Koochmarai y col., 1988, 1989 y 1990). El efecto de la vitamina D_3 sobre la terneza de la carne bovina fue primero reportado por Swanek y col. (1999). Otros reportes de Montgomery y col. (2000) y Reiling y Johnson (2003) indican que la vitamina D_3 actúa en forma similar al sistema mejorador de terneza, inducido por el calcio, lo que incrementa el valor agregado de la carne bovina. De acuerdo a Horst y Littledike (1979), la suplementación oral diaria de vitamina D_3 , previo al sacrificio, incrementa marcadamente el calcio sanguíneo por la acción del 1,25-dihydroxy-vitamina D.

Este calcio sanguíneo activa las proteasas intracelulares dependientes de calcio (m-calpaina y m-calpaina), para que ocurra la proteólisis, indicada por la presencia del componente 30-kDa (producto de la degradación de T-tropina, Huff-Lonergan y col., 1996) y, posteriormente ocurra la terneización.

Los estudios antes señalados se han realizado en bovinos *Bos taurus* (continentales y británicos) y recientemente en *Bos indicus* (Montgomery y col., 2002). Sin embargo, no hay reportes bajo condiciones tropicales utilizando animales *Bos indicus* y sus cruces con *Bos taurus*. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como propósito evaluar el efecto de la vitamina D₃ sobre las características de la canal y su efecto conjunto con la maduración sobre la terneza de la carne bovina del Brahman y sus cruces.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La fase de campo del estudio se realizó en la Estación Experimental de Gualaca del Centro de Investigación Agropecuaria del IDIAP. Esta Estación está elevada a 100 msnm con una precipitación anual de 4,200 mm y temperatura anual media de 26.3°C. El suelo es franco-arcilloso, latosólico, color rojo de origen mixto basáltico y andesítico. Posee buena estructura y drenaje, pH

de 5.0 a 5.2; MO de 5%; P de 2 mg/kg y K de 35 a 40 Cmol/kg.

Duración del estudio

Se realizaron dos cebas (A). La primera ceba (A1) inició el 4 de enero de 2002 y finalizó el 24 de abril de 2002 (110 días) y la segunda ceba (A2) comenzó el 23 agosto de 2002 y terminó el 3 de enero de 2003 (133 días). En la primera ceba, los animales se sacrificaron el 30 de abril del 2002 (6 días después). Sin embargo, en la segunda ceba, los animales se sacrificaron el 17 de enero del 2003 (14 días después).

Grupos raciales

Los animales se agruparon en: Brahman (Br) y cruzados (Cx) (½ Simmental + ½ Brahman y ½ Charolais + ½ Brahman). Se utilizaron en total 36 animales sin castrar distribuidos en 16 animales en la primera ceba y 20 animales en la segunda ceba. El peso vivo promedio inicial fue de 374 kg.

Pasturas y manejo

La fase de alimentación se ejecutó en un área de 4.0 ha dividida en ocho cuadras. Las pasturas predominantes eran: 20% *Brachiaria decumbens*; 70% *Brachiaria humidicola* y 10% *Digitaria swazilandensis*. La rotación antes de la implementación de los ni-

veles de vitamina D₃ fue de siete días de pastoreo por 21 días de descanso. Cuando se implementaron los cuatro tratamientos (niveles de vitamina D₃) se formaron cuatro potreros, cada uno con dos cuadras y rotación alterna de cinco días de pastoreo por cinco días de descanso.

Fertilización de las pasturas

Se aplicaron dosis anuales de 60, 30 y 20 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. El nitrógeno se fraccionó en tres aplicaciones y el fósforo y potasio se aplicaron después que se estabilizaron las lluvias.

Suplementación energética proteica

Para suplir los nutrimentos diarios que la pastura no cubría y obtener una ganancia de peso vivo de acuerdo a la NRC (1976), se utilizó una mezcla líquida basada en melaza (1.022 kg BS/ 100 kg PV), harina de soya (0.182 kg BS/ 100 kg PV) y urea (0.041 kg Bs/ 100 kg PV). Se adicionaron 10 g/animal/día de Lasalocid sódico al 4%.

Promotores de crecimiento

Para acelerar el crecimiento y reducir el período de ceba, los animales se implantaron con una combinación de Estrógeno + Andrógeno al día 15 y 60 de iniciada la ceba.

Plan sanitario

Al inicio del experimento, los animales fueron desparasitados interna y externamente. Luego cada 30 días se bañaban con una solución ectoparasiticida. A los 60 días de iniciado el experimento se volvió a desparasitar internamente.

Suplementación mineral

A la mezcla líquida, se añadían 2 onz/animal/día de una mezcla mineral con 12% de Ca, 8% de P y microminerales.

Tratamientos de vitamina D₃

Se evaluaron cuatro niveles diarios por animal de vitamina D₃: T1 (0.0 x10⁶ UI de vitamina D₃); T2 (2.5 x10⁶ UI de vitamina D₃); T3 (5.0 x10⁶ UI de vitamina D₃); T4 (7.5 x10⁶ UI de vitamina D₃). Estos tratamientos se suministraron en la mezcla líquida, 10 días antes de finalizar el período de ceba, de acuerdo a Swanek y col.(1999).

Toma de la muestra de carne

Con la colaboración del matadero MACHISA, se tomaron los cortes del *Longissimus dorsi* en la 11^a y 12^a costilla de ambas medias canales. Las pruebas de análisis de las muestras cárnicas se realizaron en el Laboratorio

rio de calidad de carne del CIA Occidental (David).

Tiempos de maduración

Cada corte del *Longissimus dorsi* se seccionó en dos muestras dando un total de cuatro muestras. Estas cuatro muestras fueron asignadas al azar a cuatro tiempos de maduración: 7, 14, 21 y 28 días *postmortem* (Wheeler y col., 1990 b).

Tipo de maduración

Se utilizó la maduración tipo húmeda que consistió en guardar las muestras en bolsas herméticas Cryovac® y se almacenaron de 1 a 0°C con humedad relativa entre 80 a 85%.

Variables dependientes

Las variables de interés (y su simbología) en el estudio se agruparon de la siguiente forma:

Características del comportamiento animal

- PI = peso vivo inicial, kg
 PF = peso vivo final de la ceba, kg
 GDP = ganancia diaria de peso (kg/d) durante el período de ceba (TC)
 GDP = (PF-PI)/TC

- PUM = peso vivo del último mes previo a la suplementación de vitamina D₃, kg
 GDPUM = ganancia diaria de peso (kg/d) en el mes donde ocurrió la suplementación de vitamina D₃.

Características del corte en la 12ª costilla, Longissimus dorsi

- REA = área del ojo del lomo, plg²
 AL = área del lomo, cm²
 FT = grosor de la grasa dorsal ajustada medida a ¾ del largo del *L. dorsi*, plg
 GD = grosor de la grasa dorsal ajustada; medida a ¾ del largo del *L. dorsi*, mm
 HP = porcentaje de hueso en el *L. dorsi*
 MP = porcentaje de músculo en el *L. dorsi*
 GP = porcentaje de grasa en el *L. dorsi*.

Las variables dependientes HP, MP y GP fueron medidas sólo en la segunda ceba.

Características de la canal

- PM = peso en ayuno (mata-dero), kg
 PCC = peso de la canal caliente, kg
 HCW = peso de la canal caliente, lb
 RC = rendimiento en canal (%)
 RC = (PCC/PM) x 100
 LC = Largo de la canal, cm

PGP = grasa pelviana, %

PGP = relación entre el peso de la grasa pelviana (GP) y PCC
(GP/PCC) x 100

YG = grado de rendimiento de carne al detal de la cadera, lomo, costilla y paleta

Grado de rendimiento	1	2	3	4	5
% de cortes al detal	52.6-54.6	50.3-52.3	48.0-50.0	45.7-47.7	43.3-45.4

Fuente: Burson (1997)

$$YG = 2.50 + (2.50 \times FT) + (0.20 \times PGP) + (0.0038 \times HCW) - (0.32 \times REA)$$

Prueba de terneza

Se utilizó la metodología propuesta por Wheeler y col. (1990 a, b) y estandarizada según Brooks y col. (2000). Las muestras fueron descongeladas a temperatura ambiente por no menos de 24 horas. Las muestras fueron cocinadas con un asador eléctrico de chimenea abierta. Una vez las muestras alcanzaban los 40°C se voltearon y se retiraron a los 70°C. La temperatura se monitoreó con termómetro digital para carnes, el cual se colocaba en el centro geométrico de la muestra. El mínimo de espesor de cada muestra fue de 2.54 cm. Las muestras cocidas se les removió la grasa externa y tejido conectivo. Luego se envolvieron en papel aluminio y refrigerados a 4°C por lo menos 10 h. Posteriormente, seis tarugos de 1.3 cm² fueron extraídos de cada muestra. Los tarugos se obtuvieron con cortes de sacabocados paralelos a la orientación a la fibra muscular. Estos fueron colocados

perpendicularmente al pase de la cuchilla del Warner-Bratzler Shear, el cual registra la fuerza máxima (kgf) requerida para cortar al tarugo (WBS).

Análisis estadísticos de la información

Los datos del comportamiento animal en pastoreo y suplementación, características del corte en la 11^a y 12^a costilla del *Longissimus dorsi* y características de la canal se analizaron a través del siguiente modelo lineal fijo (Searle, 1971):

$$Y_{ijkm} = \mu + \beta_i(X_i - \bar{X}) + \alpha_j + \tau_j + \delta_k + (\tau^*\delta)_{ik} + \epsilon_{ijkm}$$

Donde, Y_{ijkm} es la variable dependiente; μ es la media general de la característica de interés; β_i es el coeficiente parcial de regresión; $(X_i - \bar{X})$ es la desviación del PI del i-avo individuo con respecto a la media; α_j es el efecto del año o bloque (A); τ_j es el

efecto de los tratamientos (T) o j-niveles de vitamina D₃ (T1, T2, T3 y T4); δ_k es el efecto de grupos raciales (GR; Br vs CX); $(\tau^*\delta)_{jk}$ es la interacción entre los tratamientos y grupos raciales y ε_{ijkmn} es el error aleatorio. Debido a que algunas variables son proporciones o índices con alto nivel de variabilidad se estableció como nivel de significancia, $\alpha = 0.10$. Se estimaron medias ajustadas y errores estándar (Harvey, 1975) y se compararon a través de pruebas de t ajustada por Bonferroni.

Para la terneza se utilizó el siguiente modelo matemático (Searle, 1971):

$$Y_{ijkmn} = \mu + \beta_i(X_i - \bar{X}) + \varphi_i + \tau_j + \delta_k + (\tau^*\varphi)_{ij} + \lambda_m + r(\lambda)_{mn} + (\tau^*\lambda)_{jm} + (\delta^*\lambda)_{im} + \varepsilon_{ijkmn}$$

Donde, Y_{ijkmn} es la variable dependiente (terneza); μ es la media general; β_i es el coeficiente parcial de regresión para la edad del animal; $(X_i - \bar{X})$ es la desviación de la edad del animal con respecto a la media; φ_i es el efecto de año; τ_j es el efecto de los tratamientos; δ_k es el efecto del grupo racial; $(\tau^*\varphi)_{ij}$ es la interacción entre los tratamientos y el grupo racial (este es el término de error para probar las hipótesis de los efectos de φ_i y δ_j); λ_m es el efecto del tiempo de maduración; $r(\lambda)_{mn}$ es el efecto de la réplica dentro del tiempo de maduración; $(\tau^*\lambda)_{jm}$ es la interacción entre los tratamientos y

tiempo de maduración; $(\delta^*\lambda)_{km}$ es la interacción entre grupo racial y tiempo de maduración y ε_{ijkmn} es el término de error aleatorio. Debido a la alta variabilidad de las características en estudio se determinó que el nivel de significancia, $\alpha = 0.10$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para determinar si los niveles de vitamina D₃ tuvieron algún efecto sobre características del comportamiento animal se ejecutó un ANAVA cuyos resultados se presentan en el Cuadro 1.

El efecto de la covarianza (Peso Inicial, PI) fue altamente significativo ($P < 0.01$) para PF, PM y PUM, pero no para GDP y GDPUM, ($P > 0.10$). Además, el efecto de año (A) fue altamente significativo ($P < 0.01$) en las cinco variables. Esto indica que al incluir la variable año como un criterio de bloque resultó ser muy efectivo al remover esa variabilidad del error experimental. Por otra parte, los efectos de T, GR y la interacción T*GR no fueron estadísticamente significativos ($P > 0.10$) para PF, GDP y PM. Esta insignificante variación relacionada a los niveles de vitamina D₃ es importante porque demuestra que usar esta vitamina no se tiene ningún efecto colateral en estas características de interés económico del comportamiento animal. Por otro lado, T resultó

CUADRO 1. CUADRADOS MEDIOS DEL ANAVA PARA CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO ANIMAL.

F de V	gl	Cuadros Medios				
		PF	GDP	PM	PUM	GDPUM
PI	1	29466.946 ^{***}	0.014 ^{ns}	19346.344 ^{***}	31621.56 ^{***}	0.014 ^{ns}
A	1	21140.547 ^{***}	0.576 ^{***}	15636.118 ^{***}	3410.90 ^{***}	2.255 ^{***}
T	3	347.985 ^{ns}	0.021 ^{ns}	717.024 ^{ns}	781.94 ^{**}	0.599 ^{**}
GR	1	77.234 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.009 ^{ns}	83.40 ^{ns}	0.021 ^{ns}
T*GR	3	1090.291 ^{**}	0.072 ^{**}	1343.725 ^{ns}	1175.10 ^{***}	0.119 ^{ns}
Error	26	285.293	0.015	694.169	221.09	0.068
CV%		3.48	15.98	5.87	3.23	35.77

*** Diferencia altamente significativa (P<0.01).

** Diferencia significativa (P< 0.05).

* Diferencia significativa (P<0.10)

ns= no hubo diferencia significativa (P>0.05).

altamente significativo para PUM y GDPUM (P<0.01). Los coeficientes de variación son aceptables para el tipo de variables en estudio, principalmente para aquellas estimadas como índice o proporción.

El peso inicial (PI) promedio de los animales del T1 y T2 fue de 371.3 kg, siendo 3.2% más livianos que el promedio de los animales del T3 y T4 (Cuadro 2). Durante todo el período de ceba, la mayor GDP se obtuvo en los animales que no recibieron vitamina D₃ superando hasta en 15.7% al T3 (P<0.10). Sin embargo, entre los tratamientos con vitamina D₃, el T2 superó en 9.5% al T3 y en 4.6% al T4. Debido a las mayores GDP en el T1, sus pesos finales (PF) también superaron al PF del T3 en 3,3% (P<0.10), pero no al resto de los tratamientos. La mayor diferencia entre tratamientos con vita-

mina D₃ se observó entre el T2 y T3 (2.1%), aunque no resultó significativa (P<0.10). Las diferencias detectadas en GDP y PF entre tratamientos no se atribuye a efectos de la vitamina D₃.

Aunque no se han reportado diferencias significativas en la GDP y PF sí existe una tendencia a obtener menores respuestas en dosis altas de vitamina D₃. Reiling y Johnson (2003) tampoco encontraron efectos significativos (P>0.10) de la vitamina D₃ (5.0 x 10⁶ UI/animal/día, suministrada siete días antes del sacrificio), comparada con un control (sin vitamina D₃) sobre PF (530.0 vs 549.1kg, con y sin vitamina D₃, respectivamente), pero en la GDP (1.545 vs 1.682 kg/d, con y sin vitamina D₃, respectivamente) la diferencia fue altamente significativa (P<0.01). Scanga y col. (2001) tampoco encontraron diferencias significativas

CUADRO 2. MEDIAS AJUSTADAS PARA CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO ANIMAL Y SUS ERRORES ESTÁNDAR DE LA MEDIA POR TRATAMIENTO (A).

Tratamientos	Características del comportamiento animal						
	PI g	PF g	GDP kg/d	PM g	PUM g	GDPUM, kg/d	
<i>Vitamina D₃/d:</i>							
T1: 0 x 10 ⁶ UI	372.9±12.8	490.4±6.0a	0.941±0.050a	460.0±9.3a	466.1±5.3a	0.676±0.092 b	
T2: 2.5 x 10 ⁶ UI	369.7±12.8	484.7±6.0ab	0.890±0.050ab	446.1±9.3ab	449.2±5.3 b	1.033±0.092a	
T3: 5.0 x 10 ⁶ UI	382.8±14.6	474.6±6.8 b	0.813±0.057 b	435.7±9.6 b	447.6±6.0 b	0.786±0.105 b	
T4: 7.5 x 10 ⁶ UI	383.4±12.9	478.3±6.0 b	0.851±0.051 b	444.9±9.4ab	466.2±5.3a	0.365±0.093 c	
<i>Grupo racial:</i>							
Br: Brahman	372.7± 7.4	483.6±3.4a	0.886±0.029a	446.7±5.4a	459.0±3.0a	0.688±0.053a	
Cx: Cruzado	381.6±11.1	480.4±5.2a	0.861±0.044a	446.7±8.1a	455.6±4.6a	0.742±0.080a	

(a) Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí (P<0.10), según prueba de t.

($P < 0.05$) en seis niveles de vitamina D_3 evaluados (0 hasta 5×10^6 UI) encontrándose un rango de 516 a 500 kg en el PF para estos niveles.

Para detectar si la vitamina D_3 afecta el comportamiento animal durante el período en que se suministró, se tomó el peso vivo 30 días antes del peso final (PUM) y se determinó, también, la ganancia diaria de peso (GDPUM) en ese período.

De acuerdo al Cuadro 2, los animales del T1 y T4 reportaron un PUM muy similar ($P > 0.10$), siendo en promedio 3.9% más pesados al promedio de los animales del T2 y T3 ($P < 0.10$, 466.1 kg y 448.4 kg, respectivamente). Durante los últimos días en pastoreo con suplementación energética proteica, los animales del T1, diariamente ganaron (GDPUM) menos que los animales del T2 (34.5%, $P < 0.10$) y del T3 (14.0%, $P < 0.10$), pero superaron (46.0%) a los animales del T4 ($P < 0.10$). El mayor PM se encontró en el T1 (460.0 kg) superando en 3.1, 5.5 y 3.4% al T2, T3 y T4, respectivamente y está asociado a la mayor GDP encontrada.

Montgomery y col. (2002) evaluaron por 25 días *antemortem*, cuatro dosis de vitamina D_3 (0.0, 0.5, 1.0 y 5.0×10^6 UI Vitamina D_3 /animal/día suministrada en los últimos ocho días *antemortem*) en tres tipos biológicos (*Bos indicus*, *Bos taurus* continental y *Bos taurus*

británico). Estos autores encontraron que PUM y el consumo diario de alimento no fueron afectados ($P > 0.10$) por niveles de vitamina D_3 menores a 5×10^6 UI/d, pero la GDPUM fue significativamente ($P < 0.01$) reducida cuando la dosis era de 5×10^6 UI/d (1.17, 1.12, 1.02 y 0.87 kg/d, respectivamente). En un estudio previo, Scanga y col. (2001) reportaron que las ganancias diarias fueron afectadas por los niveles de vitamina D_3 . De acuerdo a los niveles evaluados (0, 1, 2, 3, 4, y 5×10^6 UI), la GDPUM durante el período de suministro de la vitamina (últimos ocho días de ceba) disminuyó en la medida que aumentaba la dosis (2.2, 1.7, 1.1, 1.0, 0.2 y -0.1 kg/d, respectivamente).

Además, en el Cuadro 2 se observa que el PI de los animales cruzados fue 2.4% más pesados ($P > 0.10$) que los Brahman, pero el PM fue 0.6% más liviano ($P > 0.10$) debido a que tuvieron más baja GDP (-2.9%, $P > 0.10$) en todo el período experimental. No existió diferencia marcada ($P > 0.10$) en el PUM entre Brahman y Cruzados (0.7%), pero se encontró una diferencia de 7.8% en la GDPUM de los Cruzados sobre los Brahman ($P < 0.10$). A pesar de que en los trabajos de Montgomery y col. (2002) y Reiling y Jonson (2003) utilizaron animales cruzados con Brahman, no se tienen reportes sobre sus comportamientos.

En los cuatro tratamientos, el PI fue superior en los animales Cruzados comparado con los Brahman, siendo la mayor diferencia observada en el T4 (7.1%); por el contrario, en el T2, los animales Brahman superaron en 6.0% a los Cruzados (Cuadro 3). Esta ligera superioridad del Brahman en el T2 se amplió a 8.1% en el PF (Cuadro 3). Por otra parte, los animales Cruzados fueron superiores en el PF y esta diferencia aumentaba a medida que el nivel de vitamina D₃ se incrementó (1.7% en el T3 y 4.1% en el T4).

Los mayores PF de los animales Cruzados en el T3 y T4 (Cuadro 3) se atribuyen a sus mayores GDP (Cuadro 3) con respecto a los Brahman (17.1% y 6.7% para T4 y T3, respectivamente). Sin embargo, la superioridad de los Brahman en el PF, también se debe al 29.4% de superioridad en la GDP de estos animales con respecto a los Cruzados.

Los pesos vivos al sacrificio (PM) que se muestran en el Cuadro 3 son pesos con 24 horas en ayuno y son los tomados en cuenta al calcular el rendimiento en canal. En los animales Cruzados, el mayor PM se observó en los animales sin vitamina D₃ (T1) superando en 7.6% al mismo tipo racial en el T2.

En los tratamientos con vitamina D₃, la tendencia fue a aumentar el PM a medida que aumentaba el nivel de

vitamina D₃. En los Brahman no se observó tal tendencia y el mayor PM se registró en el T2 con 465.9 kg, superando a los Cruzados en 8.0%; además, los Brahman del T2 fueron más pesados en 9.3% y 7.0% que los Brahman del T3 y T4, respectivamente. Además, en los niveles más altos de vitamina D₃ (Cuadro 3), los Cruzados superaron en ambos tratamientos, en PM, a los Brahman en 4.4%.

Para determinar si la suplementación de la vitamina D₃ afectaría la ganancia diaria de peso, se tomó el peso de los últimos 30 días (PUM) como referencia (Cuadro 3), observándose que la mayor diferencia entre Brahman y Cruzados fue de 8.0% favoreciendo al Brahman y de 6.1%, al Cruzado para el T2 y T4, respectivamente (P<0.01). El Cuadro 3 muestra que las mayores GDPUM de los Cruzados se encontraron en el T2 y T3, superando al Brahman en 36.9% en el T3 y en 7.7% en el T2. Sin embargo, los Brahman reportaron mayor GDPUM (55.3%) que los Cruzados en el T4 (P<0.10). Los niveles de vitamina D₃ de los T2 y T3 favorecieron a los animales Cruzados, encontrándose una reducción en la GDPUM en la máxima dosis evaluada.

Horst y Littledike (1979) reportaron que la suplementación diaria de vitamina D₃ incrementa el calcio sanguíneo por la acción adicional de la 1,25-dihidroxi vitamina D₃, el cual es el metabolito activo biológico. El calcio es el responsable

CUADRO 3. MEDIAS AJUSTADAS POR MÍNIMOS CUADRADOS (\pm E.E.) PARA PESO VIVO INICIAL (PI), PESO VIVO EN MATADERO (PM), GANANCIA DIARIA DE PESO (GDP), PESO VIVO AL ÚLTIMO MES (PUM) Y GANANCIA DIARIA DE PESO AL ÚLTIMO MES (GDPUM) POR NIVEL DE VITAMINA

Características	T1		T2		T3		T4	
	Br	Cx	Br	Cx	Br	Cx	Br	Cx
PI, kg	364.1 \pm 15.0	381.6 \pm 21.1	380.5 \pm 15.0	358.9 \pm 21.1	376.1 \pm 13.8	389.5 \pm 25.7	370.3 \pm 14.8	396.6 \pm 21.1
PF, kg	491.6 \pm 7.0	489.1 \pm 9.8	503.6 \pm 7.0	465.9 \pm 9.9	470.6 \pm 6.4	478.6 \pm 12.0	468.7 \pm 6.9	487.9 \pm 10.0
PM, kg	458.9 \pm 10.9	461.0 \pm 15.3	465.9 \pm 10.9	426.4 \pm 15.4	426.4 \pm 10.0	445.0 \pm 18.7	435.4 \pm 10.8	454.4 \pm 16.6
GDP, kg/d	0.947 \pm 0.06	0.935 \pm 0.08	1.043 \pm 0.06	0.737 \pm 0.08	0.785 \pm 0.05	0.842 \pm 0.10	0.771 \pm 0.06	0.930 \pm 0.08
PUM, kg	467.7 \pm 6.2	464.5 \pm 8.6	466.6 \pm 6.1	431.8 \pm 8.7	448.9 \pm 5.6	446.2 \pm 10.6	452.5 \pm 6.1	479.8 \pm 8.8
GDPUM, kg/d	0.649 \pm 0.11	0.704 \pm 0.15	0.992 \pm 0.11	1.075 \pm 0.15	0.608 \pm 0.10	0.964 \pm 0.18	0.505 \pm 0.11	0.226 \pm 0.15

de la activación del sistema de enzimas proteolíticas dependientes de calcio. Este sistema está formado por tres enzimas: una que requiere baja concentración de calcio (m-calpaína), otra que requiere altas concentraciones de calcio (m-calpaína) y un inhibidor, la calpastatina. Esta última inhibe la actividad de las calpaínas. Las calpaínas son las responsables de la proteólisis y ternezación del músculo indicado por la presencia del componente 30-kDa. De acuerdo a Montgomery y col. (2002) para convertir la vitamina D₃ a su metabolito final (1,25-dihidroxi vitamina D₃) toma de tres a cinco días desde el tratamiento inicial. De allí que no hay efecto en la concentración de calcio y consumo alimenticio en los primeros cinco días *antemortem*.

El PI como covariable fue muy influyente ($P < 0.01$) en el PCC, pero no tuvo efecto significativo ($P > 0.10$) sobre RC, LC, PGP y YG (Cuadro 4). Por otra parte, el año (A) afectó muy significativamente a PCC y LC, y significativamente ($P < 0.10$) a PGP; sin embargo, no tuvo efecto alguno ($P > 0.10$) sobre RC y YG. Los efectos de T y GR no fueron significativos ($P > 0.10$) en PCC, RC, LC y PGP, pero GR resultó altamente significativo en YG. La interacción entre T*GR fue significativa ($P < 0.05$) en YG y significativa ($P < 0.10$) en LC, para las otras variables no existieron discrepancias marcadas entre los GR en cada nivel de vitamina D₃. Los CV para los índices PGP y YG fueron ligeramente altos, pero aceptables, y para el resto de la variables, están dentro de los rangos de ser muy aceptables.

CUADRO 4. CUADRADOS MEDIOS DEL ANAVA PARA CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL.

F de V	gl	C M				
		PCC	RC	LC	PGP	YG
PI	1	7365.112***	1.417 ^{ns}	8.050 ^{ns}	0.025 ^{ns}	0.126 ^{ns}
A	1	4112.101***	4.215 ^{ns}	360.722***	0.253*	0.079 ^{ns}
T	3	402.79 ^{ns}	1.678 ^{ns}	14.062 ^{ns}	0.019 ^{ns}	0.314 ^{ns}
GR	1	11.19 ^{ns}	0.631 ^{ns}	0.333 ^{ns}	0.158 ^{ns}	2.814***
T*GR	3	570.02 ^{ns}	0.792 ^{ns}	26.207*	0.034 ^{ns}	1.023**
Error	26	290.95	2.868	10.697	0.082	0.290
CV, %		6.65	2.96	2.36	23.82	26.04

*** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

** Diferencia significativa ($P < 0.05$).

* Diferencia significativa ($P < 0.10$).

ns = no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$).

El efecto promedio de los niveles de vitamina D_3 no influyeron significativamente ($P>0.10$) características como PCC, RC, LC, PGP e YG. Sin embargo, en la pruebas de medias de tratamientos, el PCC de los animales del T3 (Cuadro 5) fue 6.5% menor al reportado en los animales del T1, siendo esta diferencia estadísticamente diferente ($P<0.01$). Los animales en el nivel de vitamina D_3 evaluado en el T2 presentaron PCC muy ligeramente mayor (1.2%) comparado con los animales del T4 ($P>0.10$) y ambos tratamientos tampoco difirieron del T1 ($P>0.10$).

El trabajo de Reiling y Johnson (2003) concuerda con nuestros resultados en que los animales suplementados con vitamina D_3 presentaron canales más livianas que los no suplementados (321.8 kg y 311.8 kg, respectivamente); sin embargo, de acuerdo a Montgomery y col. (2002) los PCC de los animales con 0.5, 1.0 y 5.0 $\times 10^6$ UI de vitamina D_3 fueron muy ligeramente más pesadas que las canales de los animales no suplementados (361.4, 358.6 y 359.1 kg vs 355.0 kg, respectivamente).

Para RC las comparaciones entre medias tampoco detectó diferencias significativas ($P>0.10$) entre tratamientos (Cuadro 5). Sin embargo, si se observó una ligera tendencia a disminuir el valor de RC en la medida que los niveles de vitamina D_3 aumenta. El RC cambia en 1.05 unidades porcentuales

al comparar cuando no se aplica vitamina D_3 a cuando se aplica 7.5×10^6 UI. Reiling y Johnson (2003) tampoco encontraron diferencias en RC para animales no suplementados (58.6%) y suplementados (58.8%). Similarmente, Scanga y col. (2001) también reportaron ningún efecto de la vitamina D_3 sobre RC al evaluar niveles de 0, 1, 2, 3, 4, y 5 $\times 10^6$ UI (59.8, 60.0, 60.2, 60.1, 60.9 y 60.8%, respectivamente).

El LC y PGP son características que no estuvieron relacionadas o influenciadas ($P>0.10$) por los niveles de vitamina D_3 evaluados en este estudio (Cuadro 5). Los LC más largas se reportaron en el T4 y T3 y superaron en 1.9% y 1.8% a los LC de los animales del T1. Por otro lado, los animales del T1 fueron más obesos que los animales suplementados con vitamina D_3 . El promedio del PGP de los animales con vitamina D_3 fue 7.6% menor que el promedio de los animales sin la vitamina ($P>0.10$). Nuevamente, en esta característica, la tendencia es que a medida que aumenta el nivel de vitamina D_3 , el PGP aumenta ligeramente. Los valores encontrados en los tratamientos están aún por debajo de los estándares de mercados altamente exigentes. El PGP publicado por Reiling y Johnson (2003) es igual en los animales suplementados y no suplementados con vitamina D_3 (2.1%) y de los resultados

CUADRO 5. MEDIAS AJUSTADAS PARA CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y SUS ERRORES ESTÁNDAR DE LA MEDIA POR TRATAMIENTO (A).

Tratamientos	Características de la canal				
	PCC, kg	RC, %	LC, cm	PGP, %	YG
<i>Vitamina D₃ diaria:</i>					
T1: 0 x 10 ⁶ UI	265.83±6.03a	57.85±0.60a	136.68±1.16a	1.23±0.10a	1.84±0.22ba
T2: 2.5 x 10 ⁶ UI	255.58±6.04ab	57.27±0.60a	137.15±1.16a	1.11±0.10a	1.93±0.20ba
T3: 5.0 x 10 ⁶ UI	248.43±6.89b	56.94±0.68a	139.16±1.32a	1.15±0.12a	1.70±0.22b
T4: 7.5 x 10 ⁶ UI	252.58±6.11ab	56.80±0.61a	139.39±1.17a	1.17±0.10a	2.19±0.19 a
<i>Grupo racial:</i>					
Br: Brahman	254.98±3.47a	57.07±0.34a	137.99±0.66a	1.23±0.06a	2.24±0.11 a
Cx: Cruzado	256.23±5.27a	57.36±0.52a	138.20±1.01a	1.09±0.09a	1.59±0.18 b

(a) Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí (P<0.01), según prueba de t.

de Montgomery y col. (2002), los valores de PGP son muy similares en los cuatro niveles de vitamina D₃ evaluados (1.96, 1.92, 1.87 y 1.92 % para 0, 0.5, 1.0 y 5.0 x 10⁶ UI).

Aunque el efecto promedio de los tratamientos no fue significativo para YG, la comparación de media indicó diferencias altamente significativas entre los valores promediados del T1, T2 y T4 comparado con el T3 (favoreciendo al T3 en 16.9%, Cuadro 5). Sin embargo, de acuerdo a Burson (1997), independientemente de los valores decimales del YG, los grados de acuerdo a USDA serían grado 1 para T1, T2 y T3 y grado 2 para T4. Grado 1 corresponde a un rendimiento de carne al detal esperado entre el 52.6 a 54.6%, mientras que para el grado 2 se esperaría un rango entre 50.3 a 52.3%. De los cuatro tratamientos, el T4 sería el menos favorecido. Estos valores de YG son mejores que los de Montgomery y col. (2002) quienes reportaron YG (USDA) de 2.19, 2.31, 2.38 y 2.22 para 0, 0.5, 1.0 y 5.0 x 10⁶ UI de vitamina D₃, respectivamente.

El componente genético representado en los grupos raciales no influyó significativamente ($P>0.10$) a las variables PCC, RC, LC y PGP, pero si a las variables YG ($P<0.10$). Así en PCC, RC, LC y PGP, los animales Cruzados fueron favorecidos con respecto a los Brahman en 1.25 kg, 0.29%, 0.21 cm y -0.14%, respectivamente (Cuadro 5). Solamente en el PGP, los animales Cruzados

registraron el mayor índice, superando a los animales Brahman en 41%. Basado en estos resultados todo parece indicar que los efectos heterocíclicos actúan sobre estas características. Esta interacción génica fue observada por Wheeler y col. (1990a) al comparar cruces recíprocos entre Hereford (H) y Brahman (B). Para H x B las ventajas en PCC, RC y PGP sobre el promedio de H y B fueron de 6.6, 7.6 y 0%, respectivamente y para B x H fue 13.9, 4.9 y 24.3%, respectivamente. Huffman y col. (1990) reportaron que en animales con proporción de sangre Brahman con respecto al Angus de 50 y 75%, se observaron cambios importantes en PCC (7.3 y 10.1%), en RC (0.3 y 0.5%), en PGP (-0.1 y 0.1), pero en YG los valores fueron 3.1 para ambos grupos con el Angus de 2.8. Con estos resultados se observa que con encastes Brahman entre 50% y 75%, las canales son más pesadas, mayor rendimiento en canal, canales más largas, pero más grados de rendimientos poco deseables al comparárlas con el Angus.

El mayor PCC (Cuadro 6) en los animales Cruzados (590.9 kg) se encontró en el tratamiento sin vitamina D₃, superando a los animales Brahman en 2.0%. Solamente en el T2, los animales Brahman tuvieron 9.4% más pesadas PCC que la de los animales Cruzados, pero en la medida en que los niveles de vitamina D₃

aumentaba, así también se observaba esta tendencia en los PCC de los animales Cruzados. Los Cruzados llegaron a tener PCC 5.3% y 4.3% más pesadas que la de los Brahman en el T3 y T4, respectivamente.

Los mayores RC se registraron en los animales Cruzados de los T1, T3 y T4 (Cuadro 6). Sin vitamina D₃, los RC de los animales Cruzados fueron 1.5% superior a los de los Brahman, pero en el T3 y T4 la diferencia fue apenas de 1.2% y 0.4%, respectivamente. En los Brahman bajo suplementación con vitamina D₃ se observa una tendencia a reducirse el RC, pero en los animales Cruzados no se percibe algún tipo de tendencia.

En la Cuadro 6 se observa que en los animales Cruzados, los LC aumentaron en la dirección en que los niveles de vitamina D₃ aumentó, aunque en los Brahman la tendencia observada fue a reducirse el LC. Las diferencias en el LC entre Brahman y Cruzados fue de 3.4% en el T2, en el T4 la diferencia de 3.1% observada favoreció a los animales Cruzados. Por otra parte, la mayor diferencia en el PGP (Cuadro 6) entre Brahman y Cruzados fue de 26.6% ($P < 0.10$) del T2 con 36.2%, considerándose a estos animales como ligeramente obesos. Los animales Brahman también obtuvieron mayor PGP en el T1 (12.0%) y T4 (9.8%), lo cual no es muy favo-

rable comparado con los Cruzados. Por otra parte, los valores de PGP están por debajo de lo aceptable en mercados de alta exigencia.

Los mejores rendimientos esperados de carne al detal (YG) son los de valores muy cercanos a 1.0 (52.6 a 54.6% de carne al detal, Burson, 1997). De acuerdo a la Cuadro 6, los animales Brahman no fueron muy favorecidos por los YG encontrados. Los YG de los animales Brahman estuvieron arriba del valor 2.0, el cual ubica el rendimientos al detal de carne mercadeable entre 50.3 a 52.3%, de acuerdo a Burson (1997). Sin embargo, animales Cruzados del T4 también registraron YG superiores al grado 2, pero el resto de los Cruzados en los T1, T2 y T3 están en el YG de grado 1 ó 52.6 a 54.6% de rendimiento de carne al detal.

El PI fue muy efectivo como co-variable en MP y GP ($P < 0.01$) y ligeramente efectivo ($P < 0.10$) en el AL al remover una buena proporción de la variabilidad de estos datos. Además, solamente para esta característica, la diferencia encontrada entre A y GR fueron altamente significativas ($P < 0.01$). En otro sentido, la interacción T*GR resultó significativa al 10% en características como GD, AL y GP. El CV para GD es relativamente alto en comparación a los encontrados en las otras variables de respuestas.

CUADRO 6. MEDIAS AJUSTADAS POR MÍNIMOS CUADRADOS (± E.E.) PARA PESO CANAL CALIENTE (PCC), RENDIMIENTO EN CANAL (RC), LARGO DE LA CANAL (LC), PROPORCIÓN DE GRASA PELVIANA (PGP) Y GRADO DE RENDIMIENTO (YG) POR NIVEL DE VITAMINA₃ Y GRUPO RACIAL.

Características	T1		T2		T3		T4	
	Br	Cx	Br	Cx	Br	Cx	Br	Cx
PCC, kg	263.1 ±7.1	268.6 ±9.9	268.1 ±7.0	243.0 ±9.9	241.7 ±6.5	255.2±12.1	247.0 ±7.0	258.1 ±10.1
RC, %	57.4 ±0.7	58.3 ±1.0	57.6 ±0.7	57.0 ±1.0	56.6 ±0.6	57.3± 1.2	56.7 ±0.7	56.9 ±1.0
LC, cm	137.4 ±1.6	136.0 ±1.9	139.3 ±1.3	135.0 ±1.9	138.1 ±1.2	140.3± 2.3	137.2 ±1.3	141.5 ±1.9
PGP, %	1.30±0.12	1.15±0.16	1.28±0.12	0.94±0.17	1.15±0.11	1.15±0.20	1.23±0.12	1.12±0.17
YG	2.15±0.15	1.61±0.16	2.41±0.13	1.51±0.14	2.50±0.14	0.96±0.15	2.11±0.14	2.42±0.12

CUADRO 7. CUADRADOS MEDIOS DEL ANAVA PARA CARACTERÍSTICAS DEL *Longissimus dorsi*.

F de V	gl	C M		gl	C M		
		GD	AL		HP	MP	
PI	1	0.210 ^{ns}	277.468*	1	0.575 ^{ns}	104.867***	120.888***
A	1	0.191 ^{ns}	735.321***	-	-	-	-
T	3	0.091 ^{ns}	51.887 ^{ns}	3	2.910 ^{ns}	11.303 ^{ns}	21.923 ^{ns}
GR	1	0.156 ^{ns}	608.765***	1	10.649 ^{ns}	0.004 ^{ns}	11.044 ^{ns}
T*GR	3	0.190*	237.019*	3	4.001 ^{ns}	17.543 ^{ns}	28.497*
Error	24	0.078	87.701	11	8.567	13.009	9.907
CV, %		43.95	13.53		14.62	5.89	16.75

*** Diferencia altamente significativa (P<0.01).

** Diferencia significativa (P<0.05).

* Diferencia significativa (P<0.10).

ns = no hubo diferencia significativa (P>0.05).

A mayor cantidad de vitamina D₃ se produjo mayor cantidad de grasa dorsal (GD). Los animales de T4 presentaron la más gruesa GD en comparación con los otros tres tratamientos (Cuadro 8), siendo estadísticamente (P<0.10) superior la diferencia con el T2 (45.7%), pero no así con el T1 (44.8%) y T3 (36.7%). Sin embargo, todos los valores están dentro de lo aceptado por mercados de alta exigencias. Los resultados de Reiling y Johnson (2003) tampoco muestran efecto de la vitamina D₃ sobre la GD, con valores de 10.9 y 10.7 mm para animales sin y con suplementación de vitamina D₃ (5 x 10⁶ UI), respectivamente. Además, en el presente estudio se encontró que con el mayor nivel de Vitamina D₃ (T4), el AL fue menor, pero muy similar a AL del T2 y que el AL del T1 también es muy similar al AL del T3. Estos datos indican que no existe relación entre los niveles de vitamina D₃ con el AL. Similar respuesta encontraron Montgomery y col. (2002) cuyos animales presentaron valores de AL de 86.3, 86.6, 86.6 y 88.2 cm² para niveles de vitamina D₃ de 0, 0.5, 1.0 y 5.0 x10⁶ UI, respectivamente. Sin embargo, Reiling y Johnson (2003) reportan efectos altamente nsignificativos (P<0.01) de la vitamina D₃ sobre AL y los valores encontrados fueron de 78.1 y 74.8 cm², sin y con suplementación de vitamina D₃ (5x10⁶ UI), respectivamente.

La GD fue 10.7% menos gruesa (P>0.10) en los animales Cruzados (Cuadro 8) comparada con los animales Brahman, pero el AL fue 12.8% mayor (P<0.10) en los animales Cruzados. Ambas características son determinantes en estimar el grado de producción (YG), prefiriéndose menor GD y mayor AL. Wheeler y col. (1990a) los animales cruzados H x B y B x H superaron a animales puros Hereford (H) y Brahman (B) en 2.8 y 19.8% en GD y 7.6% y 4.9% en AL, respectivamente. De acuerdo a Huffman y col. (1990), mayor GD se encontró en cruces con 50 a 75% Brahman (12.1 y 12.0 mm, respectivamente) comparado con animales puros Angus (GD de 11.8 mm). Además en AL, los animales Angus y 75% Brahman fueron muy similares en AL (74.9 y 75.0 cm², respectivamente), mientras que en animales 50%, el AL fue menor (73.1 cm²).

Por otra parte, en el Cuadro 8 se observa que los animales del T1 presentaron las menores proporciones de hueso (HP) con 18.3% y músculo (MP) con 58.5%, pero la más alta proporción de grasa (GP) con 23.2%; sin embargo en los animales del T2 se encontró menor proporción de GD (17.0%), intermedia HP (20.0%), pero la más favorable MP (63.0%). De acuerdo a estas cifras, los altos niveles de vitamina D₃ no afecta la proporción de músculo (MP) en el *Longissimus dorsi*, pero se observó una muy ligera

CUADRO 8. MEDIAS AJUSTADAS PARA CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y SUS ERRORES ESTÁNDAR DE LA MEDIA POR TRATAMIENTO (A).

Tratamientos	Características del <i>Longissimus dorsi</i>					
	GD, mm	AL, cm ²	HP, %	MP, %	GP, %	GP, %
<i>Vitamina D₃ diaria:</i>						
T1: 0 x 10 ⁶ UI	5.15±1.14 a	72.77±3.84 a	18.33±1.74 a	58.47±2.14 a	23.19±1.87 a	23.19±1.87 a
T2: 2.5 x 10 ⁶ UI	5.12±1.02 a	68.93±3.44 a	19.99±1.67 a	63.04±2.06 a	16.97±1.80 a	16.97±1.80 a
T3: 5.0 x 10 ⁶ UI	5.58±1.13 a	73.65±3.80 a	20.59±1.74 a	61.02±2.14 a	18.38±1.86 a	18.38±1.86 a
T4: 7.5 x 10 ⁶ UI	7.46±1.00 b	68.12±3.37 a	19.46±1.36 a	62.06±1.67 a	18.48±1.46 a	18.48±1.46 a
<i>Grupo racial:</i>						
Br: Brahman	6.60±0.59 a	66.03±1.98 a	20.66±0.81 a	61.17±1.00 a	18.17±0.87 a	18.17±0.87 a
Cx: Cruzado	5.06±0.92 a	75.70±3.07 b	18.53±1.59 a	61.13±1.96 a	20.34±1.71 a	20.34±1.71 a

(a) Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí ($P>0.10$), según prueba de t.

disminución en la proporción de grasa (GP).

El aspecto genético no se reveló en características como HP, MP y GP (Cuadro 8). Sin embargo, a pesar que los animales Cruzados no difirieron en MP con los Brahman, registraron menor HP (-11.5%), pero mayor GP (10.7%) esto relacionado a su mayor grosor de GD.

El Cuadro 9 muestra que la menor GD en los animales Cruzados se observaron en el T2 y T3, pero la mayor GD se registró en el T4 con 7.9 mm. Esta tendencia en los animales Cruzados no revela un efecto de los niveles de vitamina D₃ sobre la GD. Sin embargo, en los animales Brahman, del T1 al T3 (8.1 mm) se observa una tendencia lineal de la GD sobre la vitamina D3 para luego en el T4 caer a un nivel similar al T3.

En ninguno de los dos grupos raciales, la vitamina D₃ mostró algún tipo de tendencia (Cuadro 9). En los animales Cruzados, la menor GD en el T3 coincide con el mayor AL (86.3 cm²) superando al Brahman en 30.0%.

El corte del *Longissimus dorsi* entre la 11^a y 12^a costilla es utilizada para predecir YG y dar un estimado de la proporción de hueso, músculo y grasa de la canal. Los niveles de vitamina D₃ no influyeron significativamente en HP, MP y GP. El Cuadro

9 muestra que los animales Brahman registraron mayor HP en los cuatro niveles de vitamina D₃ evaluados. La mayor discrepancia entre los grupos raciales se encontró en el T4, superando el Brahman (HP de 21.6%) al Cruzado en 20.3%.

En el Cuadro 9, el mayor MP se observó en el Cruzado con el T2 (MP de 66.2%) superando al Brahman en 9.7%. Por otro lado, el mayor MP en los Brahman se detectó en el T1 (61.5%) superando al Cruzado en 9.9%. El mayor porcentaje de grasa (GP) se ha reflejado en los animales Cruzados, exceptuando lo observado en el T2. En el T1, los Cruzados superaron en 34.3% a los Brahman, pero éstos reportaron 30.8% más de GP que los Cruzados (Cuadro 9) en el T2.

Los cuadrados medios del análisis de varianza de la terneza de la muestra del *Longissimus dorsi* se presenta en el Cuadro 10.

La edad como covarianza tuvo un efecto altamente significativo (Cuadro 10), al igual que el efecto de año (A) de la actividad (P<0.05); sin embargo, los niveles de vitamina D₃ (T) y su interacción (T*GR) mostraron un efecto significativo al 10 y 5% sobre la terneza, respectivamente. Los GR no presentaron un efecto significativo (P>0.10) sobre la terneza, pero el TM y su interacción con los grupos raciales (TRT*TM) fueron significativos (P<0.05).

CUADRO 9. MEDIAS AJUSTADAS POR MÍNIMOS CUADRADOS (± E.E.) PARA GRASA DORSAL (GD), ÁREA DEL LOMO (AL), PORCENTAJE DEL HUESO (HP), PORCENTAJE DE MÚSCULO (MP) Y PORCENTAJE DE GRASA (GP) DEL CORTE DEL *Longissimus dorsi* EN LA 12ª COSTILLA POR NIVEL DE VITAMINA D₃ Y GRUPO RACIAL.

Características	T1		T2		T3		T4	
	Br	Cx	Br	Cx	Br	Cx	Br	Cx
GD, mm	4.19±1.16	6.12±2.0	7.07±1.28	3.17±1.63	8.11±1.06	3.06±1.99	7.04±1.140	7.88±1.66
AL, cm ²	66.88±3.89	78.66 ±6.67	67.62±4.31	70.23±5.47	60.94±3.55	86.35±3.68	68.69 ±3.82	67.56±5.57
HP, %	20.1 ±1.5	16.6 ±3.3	20.1 ±1.5	19.9 ±3.0	20.8 ±1.5	20.4 ±3.2	21.7 ±1.7	17.3 ±2.2
MP, %	61.5 ±1.9	55.4 ±4.1	59.8 ±1.8	66.2 ±3.6	61.6 ±1.8	60.5 ±3.9	61.7 ±2.1	62.4 ±2.8
GP, %	18.4 ±1.6	28.0 ±3.6	20.1 ±13.9	13.9 ±3.2	17.6 ±1.6	19.1 ±3.4	16.6 ±1.9	20.3 ±2.4

CUADRO 10. CUADRADOS MEDIOS DEL ANAVA DE LA TERNEZA.

F de V	gl	CM
Edad	1	46.15**
A	1	14.16**
T	3	17.11*
GR	1	0.12ns
T*GR	3	9.88**
TM	3	35.39**
Rep(TM)	16	1.05ns
TRT*TM	9	6.13**
GR*TM	3	3.61ns
Error	634	1.98
Total	674	-
CV, %		34.41

*** Diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

** Diferencia significativa ($P < 0.05$).

* Diferencia significativa ($P < 0.10$).

ns = no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$).

La interacción T*GR es el término de error para probar las hipótesis de T y GR.

Rep(TM) es el término de error para probar la hipótesis de TM.

La interacción GR*TM no mostró significancia alguna ($P > 0.10$) sobre la terneza.

De acuerdo al Cuadro 11, a medida que aumentaba el nivel de vitamina D_3 , el nivel de terneza mejoró en un 18.8% al pasar de 0 a 7.5×10^6 UI ($P < 0.10$). Comparando 0 y 5×10^6 UI de vitamina D_3 suministrado siete días *antemortem*, Swanek y col. (1999) también encontraron mejorar la terneza de la carne bovina al reducir el valor TRN en 0.58 kgf al día 7 de maduración. De acuerdo a Reiling y Johnson (2003), suplir 5×10^6 UI de vitamina D_3 versus un testigo no mejoró

la terneza ya que encontraron valores TRN similares de 3.8 kgf y 3.75 kgf para ambos tratamientos. Montgomery y col. (2002) encontraron que al aumentarse la concentración de vitamina D_3 , los valores TRN disminuían hasta un 15.2% (5.19 kgf sin vitamina D_3 versus 4.40 kgf con 5×10^6 UI). Previamente, Montgomery y col. (2002) obtuvieron valores TRN menores, 3.38, 3.00 y 2.96 kgf, pero similar tendencia en la respuesta al evaluar 0, 5 y 7.5×10^6 UI de vitamina D_3 , respectivamente. Otros autores como UNL (1999); Rider y col. (2000); Morgan y Hill (2000); también han reportado efectos significativos de niveles de vitamina D_3 , tiempos de

CUADRO 11. MEDIAS AJUSTADAS PARA LA TERNEZA DE LA CARNE Y SUS ERRORES ESTÁNDAR DE LA MEDIA POR NIVEL DE T, GR Y TM (A).

	T1: 0.0×10^6 UI	T2: 2.5×10^6 UI	T3: 5.0×10^6 UI	T4: 7.2×10^6 UI
<i>Vitamina D₃/día</i>	4.42±0.29 a	4.19±0.29ab	4.04±0.29ab	3.59±0.25 b
<i>Grupo Racial</i>	Brahman 4.05±0.14 a	Cruzados 4.08±0.24 a		
<i>Tiempo maduración</i>	7 días 4.57±0.09 a	14 días 4.45±0.09 a	21 días 3.63±0.09 b	28 días 3.60±0.09 b

(a) Medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí ($P < 0.01$), según prueba de L.

maduración y períodos de suplementación *antemortem* iguales a los evaluados en este estudio. Por el contrario, Berry y col. (2000) y Scanga y col. (2001) no encontraron efecto de la vitamina D₃ sobre el mejoramiento de la terneza. El primer grupo de investigadores compararon 6 x 10⁶ UI vitamina D₃ por cinco días *antemortem* (VIT) contra un control (C) y con maduración de siete días, los valores TRN fueron 4.05 y 4.36 kgf, para C y VIT, respectivamente. En el segundo grupo de investigadores, se compraron dosis igualmente espaciadas de 1 a 5 x 10⁶ UI suministrada siete días *antemortem* contra un control y maduración de siete días. Los valores TRN fueron 4.64, 4.96, 4.87, 5.11 y 5.16 kgf versus 4.91 kgf, respectivamente. Berry y col. (2000) sostienen que probablemente debido a la reducción en el consumo alimenticio durante el período de suministro de la vitamina D₃, se encontró un consumo de los 4.8 x 10⁶ UI de vitamina D₃ y, en vez del previsto nivel de 6 x 10⁶ UI. Esto pudo afectar el nivel de calcio muscular almacenado, necesario para activar las enzimas proteolíticas.

Además, de acuerdo al Cuadro 11, no existió diferencia en los valores de terneza entre los grupos raciales (P>0.10). De acuerdo a Johnson y col. (1990), los TRN aumentaron en relación a la proporción de Brahman en el animal. Para animales Angus el TRN fue de 4.0 kgf aumentando en 2.5, 7.5 y

30% cuando el encaste de Brahman fue de 25, 50 y 75%, respectivamente. El cruce Hereford x Brahman (H x B) fue 4.4% más tierno que el Hereford, pero 36.7% que el Brahman, sin embargo el cruce Brahman x Hereford (B x H) fue 3.8% menos tierno que el Hereford, pero 25.9% más tierno que el Brahman (Wheeler y col., 1990a). Los valores TRN de Hereford y Brahman fueron 4.01 y 5.25 kgf, respectivamente.

En el presente estudio (Cuadro 11) se encontró que al aumentar el tiempo de maduración, la terneza mejoró significativamente (P<0.01) en 2.6%, 20.6% y 21.2% a los 14, 21 y 28 días al compararla con los siete días de maduración (4.57 kgf). Wheeler y col. (1990a) habían reportado esta disminución en 19.1, 26.7 y 28.2% al madurar la muestra cárnica por 14, 21 y 28 días comparado con siete días de maduración (5.17 kgf). De acuerdo a Montgomery y col. (2002), los valores WBS disminuyeron al comparar la maduración a los tres días *postmortem* (3.29 kgf) con maduraciones a los 7, 14 y 21 días (4.6, 10.6 y 5.8%, respectivamente). En estudio reciente, Scanga y col. (2001) también encontraron un mayor efecto de la maduración sobre la terneza al comparar maduraciones a los 2, 7, 14 y 21 días, obteniéndose valores de TRN de 6.1, 5.0, 4.6 y 4.0 kgf, respectivamente. Reiling y Johnson (2003) reportaron que al madurar la carne de cinco a 14 días el valor TRN disminuyó en 5.8% cuando no se adicionó vitamina

D₃ y en 8.1% cuando se suplementó con 5 x 10⁶ UI.

De acuerdo al Cuadro 12, la carne de los animales Cruzados alcanzaron el menor grado de terneza (3.89 kgf) con el T2, siendo 17.9% más tierna que la carne de los animales Brahman. Sin embargo, la carne de los animales Brahman alcanzó su mejor nivel de terneza en el T4 con 3.26 kgf. Tomando en consideración el TM (Cuadro 12), la carne de los animales Cruzados (3.56 kgf) y Brahman (3.60 kgf) fueron más tiernas a los 21 días de maduración favoreciéndose la carne de los Cruzados (3.56 kgf).

En los cuatro TM evaluados se observó (Cuadro 12) que a medida que aumentaba el nivel de vitamina D₃, el grado de terneza mejoraba, siendo más marcado en el día 21 de maduración, comparado con el día 7, para tratamientos como T4 (29.7%) y T3 (27.5%). Para el tratamiento control (T1) y T2, el menor valor TRN se alcanzó a los 28 días de maduración con 16.2% y 29.3%, respectivamente al compararlo con el día 7. Tendencias similares también las reportaron Montgomery y col. (2002) previamente, pero con niveles de vitamina D₃ de 5.0 y 7.5 x 10⁶ UI y tiempo de maduración de 14 días (10.0 y 12.3%, respectivamente); además, el tratamiento testigo mejoró su valor TRN en 9.2%. Sin embargo, Scanga y col. (2001) observaron que los menores valores TRN se alcanzaron a los 21 días de

maduración comparada con el día 2 de maduración, mejorándose la terneza en 35.0, 32.2, 32.6, 34.4, y 26.8% para los tratamientos con 1, 2, 3, 4 y 5 x 10⁶ UI vitamina D₃, respectivamente. Para el grupo sin vitamina D₃, la maduración mejoró el valor TRN en 34.9%, el cual los llevó a la conclusión de que no encontraron efectos significativos entre niveles de la vitamina D₃, pero sí del tiempo de maduración. Sin embargo, posteriormente, Montgomery y col. (2002) encontraron valores menores de TRN en dosis de 0.5, 1.0 y 5.0 x 10⁶ UI de vitamina D₃ a los 14 días de maduración (4.04, 3.99 y 4.21 kgf, respectivamente) superando al día 3 de maduración en 21.6, 16.2 y 11.6%, respectivamente. En el grupo sin vitamina D₃, el valor TRN disminuyó en 9.0% al día 14 de maduración.

En general, la suplementación con vitamina D₃ es una alternativa biológicamente factible de implementar por la industria de carne bovina para mejorar la terneza de la carne del ganado Brahman (Cebuínos) y sus cruces, pero se debe tener en cuenta dos hechos reportados en la literatura: el primero, encontrado también en el presente estudio, disminución del comportamiento en el período donde se suministró la vitamina D₃ (10 últimos días) y el segundo, la posibilidad de un aumento de residuos en los músculos (no se pudo demostrar en este trabajo). Por lo tanto, tomando

CUADRO 12. MEDIAS AJUSTADAS POR MÍNIMOS CUADRADOS (± E.E.) PARA LA TERNEZA DEL *Longissimus dorsi* POR NIVEL DE VITAMINA D₃, MADURACIÓN Y GRUPO RACIAL.

Grupo Racial	Niveles de vitamina D ₃			
	T1	T2	T3	T4
Brahman, Br	4.51±0.13	4.48±0.13	3.93±0.12	3.26±0.13
Cruzados, Cx	4.33±0.22	3.89±0.22	4.15±0.22	3.93±0.18
Grupo Racial	Tiempo de maduración			
	7 días	14 días	21 días	28 días
Brahman, Br	4.36±0.13	4.62±0.13	3.69±0.13	3.51±0.13
Cruzados, Cx	4.77±0.21	4.28±0.21	3.56±0.21	3.69±0.21
Niveles de Vitamina D₃	Tiempo de maduración			
	7 días	14 días	21 días	28 días
T1	4.69±0.24	4.89±0.24	4.20±0.24	3.98±0.24
T2	5.08±0.24	3.98±0.24	4.16±0.24	3.59±0.24
T3	4.48±0.23	4.88±0.23	3.25±0.23	3.55±0.24
T4	4.01±0.22	4.06±0.22	2.89±0.22	3.41±0.22

como base esta experiencia y la literatura, todo parece indicar que el siguiente estudio bajo condiciones similares del experimento y grupos raciales sería a través de dosis bajas entre 0.5 a 2.5 x 10⁶ UI de vitamina D₃ por siete días consecutivos buscando nuevamente como objetivo mejorar la terneza y sin afectar el comportamiento del animal y residuos en tejidos.

CONCLUSIONES

Del presente estudio y bajo las condiciones en que se ejecutó se derivan las siguientes conclusiones:

- * La terneza se puede mejorar a través de la vitamina D₃ sin afectar negativamente características de importancia económica de la canal.
- * Mayores niveles de vitamina D₃ afectan el comportamiento animal *antemortem* en el período en que es suministrada.
- * Los grupos raciales fueron igualmente afectados por los tratamientos de vitamina D₃.
- * La maduración *postmortem* del músculo es un importante factor mejorador de la terneza y afectó el valor TRN de los grupos raciales por igual.
- * A mayores niveles de vitamina D₃ y tiempo de maduración, mayores

son los efectos sobre la terneza de la carne bovina.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ, M.I.; DOS SANTOS MOREIRA, W.L. 1998. Evaluación de la terneza del bife angosto (músculo *Longissimus dorsi*) de bovinos machos castrados mestizos Nelore. Facultad de Ciencias veterinarias-UNNE. Corrientes, Argentina. Escuela Veterinaria-UFMG. Belo Horizonte, MG, Brasil. 3 p. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/cyt/2001/4-veterinarias/v-026.pdf>.
- BERRY, B.A.; GILL, D.R.; BALL, R. 2000. Effects of feeding vitamin D on feedlot performance, carcass traits, and meat tenderness of finishing steers. 2000 Animal Science Research Report. Oklahoma State University. Department of Animal Science. pp. 98-103.
- BOLEMAN, S. J.; BOLEMAN, S. L.; MILLER, R.K.; TAYLOR, J.F.; CROSS, H.R.; WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D.; MILLER, M.F.; WEST, R.L.; JOHNSON, D.D.; SAVELL, J.W. 1997. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. Journal of Animal Science 75: 1521-1524.

- BROOKS, J.C.; BELEW, J.B.; GRIFFIN, D.B.; GWARTNEY, B.L.; HALE, D.S.; HENNING, W.R.; JOHNSON, D.D.; MORGAN, J.B.; PARRISH, F.C.; REAGAN, J.O.; SAVELL, J.W. 2000. National beef tenderness survey -1998. *Journal of Animal Science* 78: 1852-1860.
- BURSON, D.E. 1997. Quality and yield grades for beef carcasses. North Central Regional Publication #357. Extension Service of Illinois, Kansas, Nebraska, North Dakota and Wisconsin. University of Nebraska, Lincoln, NE. USA. 7 p.
- CENTRO DE CONSIGNATARIOS DIRECTOS DE HACIENDA (CCDH). 1997. Evaluación integral de calidad de carne bovina. CCDH-AACREA-INTA-JNC. Del Campo al gancho. Buenos Aires, Argentina. 31 p.
- HARVEY, W.R. 1975. Least squares analysis of data with unequal subclass numbers. USDA Report ARS H-4. 78 p.
- HORST, R.L.; LITLEDIKE, E.T. 1979. Assay for vitamin D₂ and vitamin D₃ in plasma of dairy cows: Changes after massive dosing of vitamin D₃. *Journal of Dairy Science* 62: 1746-1751.
- HUFF-LONERGAN, E.; MITSUHASHI, T.; BEEKMAN, D.D.; PARRISH Jr., F.C.; OLSON, D.G.; ROBSON, R.M. 1996. Proteolysis of specific muscle structural proteins by m-calpain at low pH and temperature is similar to degradation in post-mortem bovine muscle. *Journal of Animal Science* 74: 993 -1008.
- HUFFMAN, R.D.; WILLIAMS, S.E.; HARGROVER, D.D.; JOHNSON, D.D.; MARSHALL, T.T. 1990. Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding, and slaughter end point on feedlot performance and carcass characteristics. *Journal of Animal Science* 68: 2243-2252.
- KOCH, R.M.; DIKEMAN, M.E.; SEIDEMAN, S.C. 1982. Characterization of biological types of cattle (Cycle III). III. Carcass composition, quality and palatability. *Journal of Animal Science* 54: 35-46.
- KOOHMARAIE, M.; BABIKER, A.S.; SCHROEDER, A.L.; MERKEL, R.A.; DUTSON, T.R. 1988. Acceleration of postmortem tenderization process of ovine carcass through activation of Ca⁺² dependent proteases. *Journal of Food Science* 53: 1638 -1641.
- KOOHMARAIE, M.; CROUSE, J.D.; MERSMANN, H.J. 1989. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through of infusion of calcium chloride:

- rization process of ovine carcass through activation of Ca^{+2} dependent proteases. *Journal of Food Science* 53: 1638 -1641.
- KOOHMARAIE, M.; CROUSE, J.D.; MERSMANN, H.J. 1989. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcasses through infusion of calcium chloride: Effect of concentration and ionic strength. *Journal of Animal Science* 67: 934-942.
- KOOHMARAIE, M.; WHIPPLE, G.; CROUSE, J.D. 1990. Acceleration of postmortem tenderization in lamb and Brahman-cross beef carcasses through infusion of calcium chloride. *Journal of Animal Science* 68: 1278-1283.
- MONTGOMERY, J.L.; PARRISH Jr, F.C.; BEITZ, D.C.; HORST, R.L.; HUFF-LONERGAN, E.F.; TRENKLE, A.H. 2000. The use of vitamin D_3 to improve beef tenderness. *Journal of Animal Science* 78: 2615-2621.
- MONTGOMERY, J.L.; MILLER, M.F.; BLANTON Jr, J.T.; HORST, R.L. 2002. Using vitamin D_3 to improve beef tenderness in three different breed types. Final Report. Texas A & M University. Texas, USA. 25 p.
- MORGAN, J.B.; SAVELL, J.W.; HALE, D.S.; MILLER, R.K.; GRIFFIN, D.B.; CROSS, H.R.; SHACKELFORD, D.S. 1991. National beef tenderness survey. *Journal of Animal Science* 69: 3274-3283.
- MORGAN, J.B.; HILL, D.R. 2000. Influencing beef tenderness through manipulation of calcium metabolism with vitamin D. *Journal of Animal Science* 78: 23. Supplement 1/ *Journal of Dairy Science* 83: 23. Supplement 1. (Abstract).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1976. Nutrient requirements of beef cattle. National Academy of Science. 5th ed. Washington, DC. USA. 34 p.
- QUIEL, R.A.; GUERRA M., P.; CHACÓN, O. 2003. Resultados de la encuesta nacional sobre demandas, preferencias y limitaciones de los consumidores de carne bovina en Panamá. *En Conferencias del 1er Expo Carne y Expo Rural*. Centro de Convenciones Atlapa. Panamá, Panamá. (Comunicación personal).
- REILING, B; JOHNSON, D. 2003. Effect of implant regiment and vitamin D_3 on fresh beef color and quality. *In 2003 Florida Beef Report*. Beef products. Chapter 2. Department of Animal Science. University of Florida. Gainesville, FL. USA. 6 p. Disponible en: <http://www.animal.ufl.edu/extension/>

beef/documents/BCRep.../BeefProducts-Chapter2.html.

- RIDER, N.C.; MIKEL, W.B.; BEHREND, J.M.; SCALETTI, R.W.; XIONG, Y.L.; AARON, D.K. 2000. Effects of dietary vitamin D₃ supplementation of cull cows on *longissimus* and semitendinosus muscle tenderness. *Journal of Animal Science* 78: 16. Supplement 2. (Abstract).
- SCANGA, J.A.; BELK, K.E.; TATUM, J.D.; SMITH, G.C. 2001. Supranutritional oral supplementation with vitamin D and calcium, and the effects on³ beef tenderness. *Journal of Animal Science* 79: 912-918.
- SAVELL, J.W. 1991. Standardized Warner-Bratzler Shear force procedures for genetic evaluation. 6 p. Disponible en: <http://www.savell-j.tamu.edu/shearstand.html>.
- SEARLE, S.R. 1971. Linear models. John Wiley & Sons. New York, USA. 317 p.
- SMITH, G.C.; J.D. TATUM; K.E. BELK; M.H. GEORGE; G.G. HILTON; M. KOOHMARAIE; R.K. MILLER. 2001. evaluation of the Tendertec Beef Grading Instrument to predict tenderness of steaks from beef carcasses. *Journal of Animal Science* 79: 688 - 697.
- SWANEK, S.S.; J.B. MORGAN; F.N. OWENS; D.R. GILL; C.A. STRASIA; H.G. DOLEZAL; F.K. RAY. 1999. Vitamin D supplementation of beef³ steers increases *Longissimus* tenderness. *Journal of Animal Science* 77: 874-881.
- TATUM, J.D.; SMITH, G.C.; BERRY, B.W.; MURPHEY, C.E.; WILLIAMS, F.L.; CARPENTER, Z.L. 1980. Carcass characteristics, time on feed and cooked beef palatability attributes. *Journal of Animal Science* 50: 833-840.
- UNIVERSITY OF NEBRASKA LINCOLN (UNL). 1999. Vitamin D supplementation improves beef tenderness. *Nebraska Veterinary and Biomedical Newsletter. University of Nebraska-Lincoln Cooperative Extension* 28 (10). 1 p. (Abstract). Disponible en: http://www.ag.unr.edu/AHB/articles/1999/11/99_art3_week3.htm. (24-3-2001).
- WHEELER, T.L.; SAVELL, J.W.; CROSS, H.R.; HUNT, D.K.; SMITH, S.B. 1990a. Effect of postmortem treatments on the tenderness of meat from Hereford, Brahman and Brahman-cross beef cattle. *Journal of Animal Science* 68: 3677-3686.

- WHEELER, T.L.; SAVELL, J.W.; CROSS, H.R.; HUNT, D.K.; SMITH, S.B. 1990b. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Herdford cattle. *Journal of Animal Science* 68: 4206-4220.
- WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; LANDSDSELL, J.L.; SIRAGUSA, G.R.; MILLER, M.F. 1993. Effects of *postmortem* injection time, injection level, and concentration of calcium chloride on beef quality traits. *Journal of Animal Science* 71: 2965-2974.
- WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D. 1994. Reducing inconsistent beef tenderness with calcium-activated tenderization. *In Proc. Meat Industrial Research Conference*. pp. 119-130. Chicago, IL. USA.
- WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D. 1997. Effect of *postmortem* injection time and postinjection aging time on the calcium-activated tenderization process in beef. *Journal of Animal Science* 75: 2652-2660.
- WHIPPLE, G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M.E.; CROUSE, J.D.; HUNT, M.C.; KLEEM, R.D. 1990. Evaluation of attributes that affect *Longissimus* muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science* 68: 2716-2728.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la excelente colaboración brindada por el gerente Ing. Alfredo De La Guardia, personal directivo, administrativo y de planta del Matadero de Chiriquí (MACHISA); sin esta ayuda este estudio no hubiera sido posible realizarlo tal como fue programado.

Agradecemos igualmente al Ing. Noboru Mori (Voluntario japonés, JICA) y Téc. Milagros De Gracia por las colaboraciones desinteresadas que nos brindaron al inicio del proyecto.

