

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA Y ECOLOGÍA**

**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

---



**EFICIENCIA ALIMENTICIA NETA EN BECERRAS DE LOS GRUPOS RACIALES  
CRIOLLO, ANGUS X CRIOLLO Y HEREFORD X ANGUS**

POR:

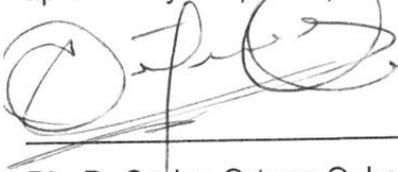
**M.V.Z. EDGAR ENRIQUE MEDINA ORTEGA**

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS, ÁREA MAYOR: GENÉTICA Y REPRODUCCIÓN ANIMAL**

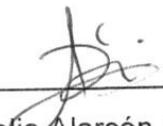
**CHIHUAHUA, CHIH., MÉXICO**

**DICIEMBRE DE 2016**

Eficiencia alimenticia neta en becerras de los grupos raciales Criollo, Angus x Criollo y Hereford x Angus. Tesis presentada por Edgar Enrique Medina Ortega como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias, ha sido aprobada y aceptada por:



Ph. D. Carlos Ortega Ochoa  
Director de la Facultad de Zootecnia y Ecología



Ph. D. Alma Delia Alarcón Rojo  
Secretario de Investigación y Posgrado



D. Ph. Agustín Corral Luna  
Coordinador Académico de Investigación y Posgrado



Ph. D. Felipe Alonso Rodríguez Almeida  
Presidente

16 de Diciembre de 2016

Fecha

Comité:

Ph. D. Felipe Alonso Rodríguez Almeida  
D. Ph. María Eduvigis Burrola Barraza  
D. Ph. Joel Domínguez Viveros  
D. Ph. Agustín Corral Luna

© Derechos Reservados

**Edgar Enrique Medina Ortega**  
PERIFÉRICO FRANCISCO R.  
ALMADA KM. 1, CHIHUAHUA,  
CHIH., MÉXICO C.P. 31453

DICIEMBRE 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias a mis padres, hermanos, familiares y amigos por el apoyo incondicional, consejos, cariño y confianza otorgada durante la realización de mis estudios de posgrado. Así mismo, por haberme motivado a seguir avanzando en todo momento y a pesar de las circunstancias.

Agradezco al Ph. D. Felipe A. Rodríguez Almeida y al Dr. Agustín Corral Luna por el tiempo, paciencia, confianza y apoyo que me brindaron durante la realización de este proyecto, y por haberme dado la oportunidad de formar parte de sus proyectos de investigación. Así mismo, a la D. Ph. María Eduvigis Burrola Barraza, por haber contribuido en mi formación en lo que al laboratorio se refiere, así como al D. Ph. Joel Domínguez Viveros por sus contribuciones como asesor estadístico. De igual manera, agradezco a la M. C. Beatriz Elena Castro Valenzuela por su aportación y asesoramiento en el trabajo de laboratorio.

Por otra parte, agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento de mis estudios mediante la beca 330180 y a la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua por la formación recibida y el apoyo brindado para la realización de mi proyecto de investigación.

## **CURRICULUM VITAE**

El autor nació el 2 de mayo de 1988 en Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

2006 – 2012	Estudios de licenciatura en el Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chih., México
2012- 2014	Prácticas en clínica de pequeñas especies en la veterinaria Sigala en Cd. Chihuahua, Chih.
2014 – A la fecha	Estudiante de Maestría en Ciencias con área mayor en Reproducción y Genética Animal. Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua

## RESUMEN

EFICIENCIA ALIMENTICIA NETA EN BECERRAS DE LOS GRUPOS  
RACIALES CRIOLLO, ANGUS X CRIOLLO Y HEREFORD X ANGUS

POR:

M.V.Z. EDGAR ENRIQUE MEDINA ORTEGA

Maestría en Ciencia en Producción Animal

Secretaria de Investigación y Posgrado

Facultad de Zootecnia y Ecología

Presidente: Ph. D. Felipe Alonso Rodríguez Almeida

Bajo las condiciones de cambio climático, incremento en los costos de insumos y agotamiento de los recursos, la mejora en la eficiencia y la reducción en los insumos son prioritarias para la sostenibilidad de la producción. El ganado criollo de Chihuahua se ha adaptado a condiciones difíciles de topografía, clima y disponibilidad restringida de alimento, características que se pueden aprovechar en cruzamientos para la producción de carne. El objetivo fue evaluar la eficiencia alimenticia y su relación con otras características productivas de becerras contemporáneas Criollas (CR), Angus x Criollo (AxC) y Hereford x Angus (HxA). Se utilizaron 28 becerras (10 CR, 10 AxC y 8 HxA) con un peso inicial de  $153 \pm 40$  kg y edad de  $8 \pm 1.2$  meses, sometidas a 56 d de prueba de alimentación individual después de 14 d de adaptación. Se les proporcionó una dieta *ad libitum* en base a heno de avena, alfalfa, maíz rolado, harinolina, melasa, grasa y minerales, balanceada (NRC; 11.5 % PC y 1.48 Mcal EM/kg MS) para una ganancia diaria de peso (GDP) de 600 g. El alimento se ofreció diariamente a las 7:00 h y se calculó el consumo diario (CDA) por diferencia de lo ofrecido

menos rechazado. Cada 14 d, las becerras se pesaron antes de ser alimentadas y se evaluó la GDP, CDA, conversión alimenticia (CA) y el consumo residual de alimento (RFI), calculado mediante los residuales de la regresión del CDA en base seca (CDBS) en la GDP y el peso metabólico a la mitad de la prueba (PMM). Para el análisis estadístico se ajustó un modelo lineal con el efecto de grupo racial. Se estimaron las correlaciones entre el RFI y las demás variables. No hubo efecto de raza sobre RFI y CA ( $P > 0.05$ ). Las medias de GDP y CDBS fueron diferentes ( $P < 0.05$ ) entre grupos raciales en el sentido  $HxA > AxC > CR$ . El RFI se correlacionó positivamente ( $P < 0.05$ ) con el CDBS (0.21) y la CA (0.4), pero fue independiente del peso y la GDP. Se concluye que el CDBS es menor en las becerras criollas y AxC que en las HxA, acorde con sus diferencias en peso corporal, pero su eficiencia en el uso del alimento, evaluada tanto mediante RFI como con CA, es igual bajo las condiciones de manejo del presente estudio.

## ABSTRACT

### NET FEED EFFICIENCY IN CREOLE, CREOLE X ANGUS AND ANGUS X HEREFORD HEIFERS

BY:

M.V.Z. EDGAR ENRIQUE MEDINA ORTEGA

Under the conditions of climate change, increased input costs and depletion of resources, improved efficiency and reduced inputs are a priority for sustainability of production. The Chihuahua creole cattle has adapted to difficult conditions of topography, climate and restricted food availability, characteristics of which can be taken advantage of with crossbreeding for meat production. The objective was to evaluate postweaning feed efficiency and its relationship with other performance traits of contemporary Creole (CR), Angus x Criollo (AxC) and Hereford x Angus (HxA) female calves. Twenty eight female calves (10 CR, 10 AxC and 8 HxA) were used with an initial weight of  $153 \pm 40$  kg and  $8 \pm 1.2$  months of age under an individual 56 d feeding performance test, after 14 d of adaptation. An *ad libitum* diet composed of oat hay, alfalfa, rolled corn, cottonseed meal, molasses, fat and minerals, balanced (NRC; 11.5% CP and 1.48 Mcal ME / kg DM) for a daily gain (GDP) of 600 g was used. Feed was offered daily at 7:00 pm and feed intake (CDA) was calculated by the difference of amount offered minus rejected. Every 14 d, calves were weighed before feed was served. Variables GDP, CDA, feed conversion (CA) and residual feed intake (RFI) were calculated. A single way classification linear model was adjusted to evaluate the fixed racial group effects. Correlations between RFI and other variables were estimated. There was no effect of racial group on RFI or CA ( $P > 0.05$ ). The averages of GDP

and CDBS were different ( $P < 0.05$ ) among racial groups in the HXA>AxC>CR direction. The RFI was positively correlated ( $P < 0.05$ ) with CDBS (0.21) and CA (0.4), but was independent of body weight and GDP. In conclusion, CDBS is lower in creole and AxC calves than for those in the HXA group, according to their differences in body weight, but feed efficiency evaluated by both RFI and CA, is the same for all evaluated groups under the study conditions.



## CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	iii
CURRICULUM.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE GRÁFICAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Problemática de la Ganadería.....	3
Ganado y Medio Ambiente.....	3
Situación Actual de la Ganadería en Chihuahua.....	5
La Evaluación de la Eficiencia Alimenticia en los Bovinos.....	6
Diferencias en Eficiencia Alimenticia entre Tipos Biológicos y/o Razas.....	11
El Ganado Criollo de Chihuahua.....	14
Ganado Angus.....	17
El Uso de Cruzamientos en los Sistemas de Producción de Bovinos Carne.....	18
Producción de Metano.....	20
Uso del Ganado Criollo en los Sistemas de Cruzamiento en el Estado.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
Área de Estudio.....	22
Animales y Manejo.....	22
Animales.....	22
Manejo de animales.....	22
Variables Evaluadas.....	23
Análisis Estadísticos.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
LITERATURA CITADA.....	34



## LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Ingredientes y composición nutricional de las dietas .....	24
2	Medias de los cuadrados mínimos $\pm$ error estándar para las variables evaluadas de acuerdo al grupo racial.....	28
3	Coefficientes de correlación de Pearson y niveles de significancia observados entre las variables .....	30



## LISTA DE GRAFICAS

Gráfica		Página
1	Relación observada del consumo diario en base seca (CDBS) con el peso metabólico medio (PMM) y la ganancia diaria promedio (GDP), así como la ecuación general de predicción del CDBS y las líneas de valores predichos en cada grupo racial, con base en el rango de valores observados para la GDP, manteniendo constante el PMM en el promedio observado en cada caso.....	27



## INTRODUCCIÓN

La rentabilidad de la producción en una empresa pecuaria es función directa de los ingresos y los egresos. En el pasado, el mejoramiento genético en bovinos carne se había enfatizado principalmente en las características de crecimiento y algunas veces fertilidad, todas ellas características directamente relacionadas con los ingresos, pero poco se había hecho para reducir los egresos (Arthur *et al.*, 2001a). Smith *et al.* (2010) afirman que una mejora del 5 % en la eficiencia del uso del alimento puede tener un impacto económico cuatro veces mayor que una mejora del 5 % en la ganancia de peso. El consumo residual de alimento (RFI, por sus siglas en inglés), propuesto por Koch *et al.* (1963), es un indicador que permite seleccionar animales que consumen menos alimento para una determinada tasa de ganancia y tamaño corporal, lo que permite mejorar la eficiencia en el uso del alimento independientemente de la productividad y la talla corporal.

En el Estado de Chihuahua, los pastizales constituyen la principal fuente de alimentación de los bovinos carne. Sin embargo, por sus condiciones áridas y semiáridas, el cambio climático en los últimos años, con una escasa precipitación y cada vez concentrada en un menor periodo de tiempo, así como el uso indiscriminado de los agostaderos en una buena parte de la superficie (Pinedo *et al.*, 2013) se ha llegado a una cada vez menor disponibilidad de alimento y baja calidad nutricional en los mismos por largos periodos. Esto, aunado a un incremento en los costos de los insumos, ha repercutido negativamente en la rentabilidad de la ganadería y llevado a que tanto investigadores como productores busquen alternativas de solución.



El ganado Criollo de Chihuahua se distingue por las condiciones agrestes en las que ha evolucionado, prosperando en ambientes extremos, con baja disponibilidad de recursos alimenticios y topografías escarpadas, desarrollando una capacidad genética para resistencia a enfermedades (Monserrath *et al.*, 2006) y habilidad para recorrer grandes distancias en comparación con razas de ganado europeo (Roacho *et al.*, 2007). Así mismo, sus características de la canal han sido evaluadas y resultan competitivas en blandura de la carne y marmoleo con las de cruza de razas especializadas en producción de carne (Martínez *et al.*, 2014).

Por otra parte, las razas especializadas en alta producción, incrementan sus requerimientos nutricionales, tanto para producción como para mantenimiento Montaño y Nielsen (1990). Con base en las características de los criollos y la nula selección para incrementar su desempeño productivo, se esperaría que además de las ventajas de adaptación antes citadas, tanto en su forma pura como en cruza, el Criollo de Chihuahua resulte en animales que utilizan más eficientemente la energía consumida, o con menores requerimientos alimenticios para mantenimiento que razas o cruza de razas con largo historial de selección para altos niveles de producción. De esta manera, el objetivo del presente estudio fue comparar la eficiencia alimenticia de vaquillas criollas y de la cruce Angus x Criollo con respecto a vaquillas de la cruce Hereford x Angus, altamente especializada y de uso común en la región.



## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Problemática de la Ganadería**

La producción y el consumo de productos de origen animal han experimentado un rápido crecimiento en todo el mundo y se prevé que continuarán aumentando. Mientras que los sistemas ganaderos tradicionales contribuyen a los medios de vida del 70 % de la población rural pobre del mundo, son las nuevas empresas a gran escala, con tecnología avanzada, las que satisfacen la demanda de carne, leche y huevo de los mercados en rápido crecimiento. Por otra parte, la producción ganadera requiere actualmente un tercio de las tierras de cultivo en todo el mundo, que se dedican a la producción de piensos y compite por la tierra, el agua, la energía y la fuerza de trabajo. Por otra parte, se ve amenazada por el cambio climático y por presiones socioeconómicas (FAO, 2016).

Incrementar la productividad, especialmente en los sistemas productivos en pequeña o mediana escala, resulta difícil en la actualidad por la falta de formación, conocimientos y tecnologías apropiadas, agravada por un insuficiente acceso a los mercados, bienes y servicios, según la FAO (2009). El resultado es que tanto la producción como la productividad se mantienen por debajo de su potencial y las pérdidas e impacto en el ambiente pueden ser elevados. Existen razas adaptadas, recursos de piensos locales e intervenciones en materia de sanidad animal, junto con tecnologías mejoradas y adaptadas relacionadas con una zootecnia adecuada, que pueden ser de utilidad para lograr la eficiencia en el uso de los recursos y el incremento de la productividad (FAO, 2009).

### **Ganado y Medio Ambiente**



En los últimos años, la producción ganadera se ha incrementado de manera considerable, particularmente en los países en desarrollo. Esta expansión del sector ganadero ejerce una presión cada vez mayor sobre los recursos naturales. Los pastizales se ven amenazados por el deterioro, al destruir bosques para plantar piensos, los recursos hídricos se vuelven escasos, la contaminación del aire, suelo y agua aumentan, y se pierden recursos zogenéticos adaptados a cada lugar (FAO, 2016).

Casi un 20 % de los pastos del mundo y más de un 70 % de los que se encuentran en zonas áridas se han deteriorado en cierta medida, en su mayoría por sobrepastoreo, compactación del suelo y erosión generados por la cría de ganado. Las tierras secas se ven especialmente afectadas por estas tendencias, ya que el ganado es a menudo la única fuente de medios de vida para las poblaciones que viven en ellas (FAO, 2016).

La labranza de tierras para el cultivo de piensos en ciertas áreas del planeta y la expansión de los pastizales destinados a la producción ganadera han constituido una de las fuerzas impulsoras de la deforestación. La deforestación da lugar a importantes daños ambientales, liberando grandes cantidades de dióxido de carbono a la atmósfera y por ende la extinción de muchas especies animales y vegetales cada año. Así mismo, el agua dulce escasea cada vez más, destinando a la ganadería casi la décima parte del agua utilizada por el hombre a nivel mundial (Pérez, 2008). Según la FAO (2016), el sector ganadero es probablemente la mayor causa de contaminación del agua, contribuyendo a la eutrofización, generando zonas muertas en las áreas costeras y deterioro de los arrecifes de coral.



## **Situación Actual de la Ganadería en Chihuahua**

Chihuahua cuenta con más de 17 millones de hectáreas que son susceptibles de pastoreo, por lo que la ganadería es una de las actividades más arraigadas en el Estado, en la que predomina el sistema vaca-becerro en condiciones de libre pastoreo, siendo Brangus, Angus, Hereford, Charolais, Salers y Limousin, las razas especializadas que más contribuyen a la genética especializada que se utiliza para la producción de carne, aunque todavía se percibe una contribución del ganado criollo y sus cruzas (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010).

Los pastizales constituyen la principal fuente de alimentación de los bovinos carne y, por lo tanto, son un elemento fundamental a considerar en las decisiones y operatividad de los sistemas de producción animal de tipo extensivo. Sin embargo, el uso indiscriminado de los mismos en una buena parte de la superficie del Estado, a lo largo de la historia, ha llevado a problemas de sobrepastoreo, que aunado a la escasa precipitación y su mala distribución, han ocasionado cambios drásticos en los agostaderos (Pinedo *et al.*, 2013), incluyendo alta variabilidad en la cantidad y calidad del forraje disponible. Por consecuencia, esto ha repercutido negativamente en la producción del ganado en pastoreo.

La rentabilidad de la producción es función directa de los ingresos y los egresos. En tiempos pasados solo se había dado importancia al mejoramiento genético dirigido a las características de peso vivo y algunas veces fertilidad. Más recientemente se ha ido dado algo de énfasis a las características de calidad de la canal y la carne. Todas ellas son características directamente relacionadas con



los ingresos, pero en general, se ha puesto muy poco énfasis en la reducción de costos de producción (Arthur *et al.*, 2001a), como es el caso de la eficiencia en la utilización del alimento por el ganado vacuno (Arthur *et al.*, 2001b).

### **La Evaluación de la Eficiencia Alimenticia en Bovinos**

El poco énfasis que se había dado al aspecto de la eficiencia alimenticia, se debió a la dificultad y alto costo que conllevaba medir el consumo de alimento de manera individual (Arthur *et al.*, 2001a; Archer *et al.*, 2004).

En los últimos años, son varias las alternativas de medición de la eficiencia en la alimentación que se han utilizado. Estas medidas incluyen la conversión alimenticia (CA), eficiencia parcial del crecimiento, eficiencia de lactancia y RFI, entre otras (Knott *et al.*, 2008). Las correlaciones fenotípicas y genotípicas entre la mayoría de estas son altas. Sin embargo, existen diferencias entre ellas (Arthur *et al.*, 2004). Por ejemplo, la ganancia diaria promedio no está correlacionada con el consumo residual de alimento, pero está de moderada a altamente correlacionada con la CA.

Tradicionalmente la CA era la medida más comúnmente utilizada para la eficiencia alimenticia en el ganado vacuno, la cual es definida como la división del consumo diario en base seca (CDBS) entre la ganancia diaria de peso (GDP), donde los animales con una CA menor eran reportados como los animales más eficientes.

El RFI es un criterio alternativo para la evaluación de la eficiencia alimenticia neta y se define como la diferencia entre el consumo de alimento real y el consumo esperado para un animal, basado en la tasa de crecimiento y peso corporal en un cierto periodo de tiempo (Koch *et al.*, 1963), y se calcula mediante



los residuales de la regresión del CDBS en función de la GDP y el peso medio metabólico (PMM). Otra definición se refiere a la variación en el consumo de alimento que queda después que los requerimientos para mantenimiento y crecimiento se han cumplido. Los animales más eficientes son aquellos que comen menos y, por lo tanto, tienen un RFI negativo o bajo, mientras que los animales ineficientes son aquellos con RFI alto o positivo y que tienden a comer más de lo esperado (Arthur *et al.*, 2004).

El modelo sugerido por Koch *et al.* (1963) para predecir el RFI es el siguiente:

$$\text{CDBS} = \beta_0 + \beta_1 (\text{GDP}) + \beta_2 (\text{PMM}) + \text{RFI}_{\text{Koch}}$$

En donde,  $\beta_0$  es la intersección de la regresión,  $\beta_1$  y  $\beta_2$  son los coeficientes de la regresión lineal múltiple del CDBS en la GDP y el PMM, respectivamente; y  $\text{RFI}_{\text{Koch}}$  es el valor del RFI basado en los parámetros utilizados en la ecuación de Koch.

Con base en este modelo, el RFI es fenotípicamente independiente del crecimiento y el peso corporal del animal (Arthur *et al.*, 2001a; Herd *et al.*, 2003; Smith *et al.*, 2010; Lawrence *et al.*, 2011). Del mismo modo, la ganancia residual de peso (RG) se define como la diferencia entre la ganancia de peso diaria real y la predicha con base en el consumo de alimento, siendo los valores más deseables los mayores o positivos (Crowley *et al.*, 2010).

Alternativamente se puede estimar el RFI utilizando las tablas de requerimientos nutricionales, como las del NRC, u otras fuentes de información para determinar la demanda de energía para cada uno de los animales y restar el total de energía consumida. De acuerdo con Knott *et al.* (2008), esta medida



de RFI se denomina RFI nutricional. Tradicionalmente, las variables utilizadas en el cálculo del RFI en ganado han sido la GDP y el PMM. Este último es definido como el peso corporal a la mitad del periodo de la prueba de alimentación a la potencia de 0.75 (Crowley *et al.*, 2010; Durunna *et al.*, 2012).

Debido a que existe diferencia entre los animales en la composición de la GDP, y en la demanda de energía tanto para el aumento de músculo como de grasa, Basarab *et al.* (2011) recomendaron incluir la medición de la grasa dorsal con ultrasonido como variable de regresión en el modelo antes citado, esto debido a que existen animales que en condiciones iguales a otros depositan más proteína que grasa con una misma GDP, y se consideran más eficientes. Aunque si todos los animales son de edad similar, esto podría dar lugar a la selección de animales con maduración más tardía. Crowley *et al.* (2010) compararon razas de animales de la misma edad y manejados de igual forma, en los cuales encontraron que el RFI mayor pertenecía a las razas de maduración temprana (Angus y Hereford), mientras que el RFI negativo lo obtuvieron las razas de maduración tardía (Charolais y Limousin).

Otra de las variables que también pueden ser incluidas en los modelos del RFI, es la actividad, la cual se puede determinar mediante la frecuencia de presencia en el comedero para la ingesta de alimento (Durunna *et al.*, 2012). Sin embargo, la actividad de alimentación solo explica un 3 a 4 % de la variación adicional en el CDBS, y la mayor parte es explicada por la GDP, PMM y la grasa dorsal medida mediante ultrasonido.

Las estimaciones de heredabilidad para RFI en bovinos carne oscilan entre 0.17 y 0.46 (Arthur *et al.*, 2001a; Crowley *et al.*, 2010), por lo que la



selección de remplazos por RFI bajo debe resultar en una progenie con mayor eficiencia alimenticia. Por otra parte, Smith *et al.* (2010) afirmaron que una mejora del 5 % en la eficiencia alimenticia puede tener un impacto económico cuatro veces mayor que una mejora del 5 % en la ganancia diaria de peso.

Así mismo, gran parte de la energía neta metabolizable de cualquier ración se utiliza para el mantenimiento (Moore *et al.*, 2008). De hecho, Lawrence *et al.* (2011) demostraron que aproximadamente el 66 % de la energía total consumida por el ganado bovino es destinada al mantenimiento, lo que representa una gran parte de los costos totales en los sistemas de producción.

El RFI es una medida de la eficiencia alimenticia, independiente de las características de producción, que refleja la variación en los procesos metabólicos básicos existentes entre animales (Castro *et al.*, 2006).

Existen cinco procesos fisiológicos que pueden contribuir a la variación en el RFI: consumo, digestión de alimentos, metabolismo (anabolismo y catabolismo), actividad física y termorregulación. De manera general, el consumo de alimentos está relacionado con el tamaño del animal, esto debido a los requerimientos de mantenimiento. Con respecto al metabolismo, en estudios realizados por Richardson *et al.* (2004) se observó que la composición química de los tejidos se correlaciona con la variación genética en RFI. Así, la progenie de padres con bajo RFI muestra menos grasa y más proteína que aquella donde los padres tienen alto RFI. Por otra parte, la termorregulación es la ruta principal para la pérdida de energía en los rumiantes para el mantenimiento de la temperatura y la evaporación a través del intercambio de calor por el sistema respiratorio (Herd y Arthur, 2008).



Montanholi *et al.* (2009) sugieren que los animales menos eficientes, potencialmente tienen mayor temperatura en la superficie de la piel y en el área de los músculos maceteros, por lo tanto, tienen mayores requerimientos de mantenimiento, mientras que los animales más eficientes destinan menor cantidad de energía para mantenimiento, posiblemente como resultado de menos disipación de calor a través de la superficie corporal.

Para obtener estimaciones exactas de la eficiencia alimenticia basada en RFI, el periodo o tiempo de medición, según Archer *et al.* (1997), es de 70 días en prueba después del periodo de adaptación a la dieta y haciendo pesajes cada 14 días. Así mismo, Archer *et al.* (1997) mencionan que un periodo de prueba menor a los 35 d resultaría en una mala jerarquización de los animales basado en mérito genético de eficiencia alimenticia, pero si sería suficiente para la jerarquización de los animales con base en la eficiencia fenotípica. Por otra parte, Kearney *et al.* (2004) aseguran que la utilización de pesajes automáticos al momento que los animales están alimentándose, pueden ser utilizados para reducir la duración del periodo de prueba a 56 d, sin afectar la precisión de la estimación de GDP.

Por otro lado, Moore *et al.* (2008) mencionaron que a pesar de que se han analizado múltiples marcadores genéticos en varios estudios, no se ha encontrado algún gen importante o específico que afecte directamente al RFI, aunque existe una combinación de marcadores genéticos, que al ser examinados en conjunto, explican una proporción de la variación genética.

Lancaster *et al.* (2014) compararon la función mitocondrial hepática en animales con alto y bajo RFI, donde se demostró que el ganado con menor RFI



tiene las mismas ganancias de peso diario que los animales con alto RFI, solo que necesitan menos alimento para esa misma ganancia de peso. Además, animales con menor RFI posiblemente poseen una función mitocondrial donde el ADP tiene mayor control de la fosforilación oxidativa mitocondrial.

Con respecto a la calidad de la carne y su relación con el RFI, en un estudio realizado por Baker *et al.* (2006), en el que se midió el RFI durante un periodo de 70 d en novillos Angus de raza pura, para luego llevar algunos animales a su finalización, en donde se examinaron las relaciones entre RFI, calidad de la carne y palatabilidad, no se encontraron diferencias entre los grupos de alto y bajo RFI para la actividad de la calpastatina.

### **Diferencias en Eficiencia Alimenticia entre Tipos Biológicos y/o Razas**

En un estudio realizado por Montaño y Nielsen (1990) se midió el consumo de energía metabolizable en vacas adultas y terneros pre y post destete de bovinos carne de diferentes cruzas con potencial diferente para la producción de leche: Herford-Angus, Red Poll-Angus y Milking Shorthorn-Angus. Ellos reportaron que se observó que las vacas con producción alta y media de leche y sus terneros, requieren 12 % más energía por unidad de peso metabólico que las de baja producción, esto durante la gestación, lactancia y crecimiento, por lo que se puede generalizar que animales más productivos y de talla más grande necesitan más energía para cubrir los requerimientos de producción. Así mismo, demostraron que la energía de mantenimiento representa del 64 al 67 % del total de energía requerida, en cada grupo. Para los grupos de mediana y alta producción, son 10 y 7 % más altos los requerimientos de mantenimiento en comparación con el grupo de baja producción. En ese mismo estudio, se mostró



que las vacas pertenecientes al grupo de alta producción, eran más pequeñas en tamaño, que las del grupo de baja producción, pero aun así, tuvieron más requerimientos de energía por unidad de peso corporal metabólico, esto por su alta demanda de energía para la producción. Estos estudios indican que las diferencias entre los grupos, tanto en energía para la lactancia y en la energía para el mantenimiento, contribuyeron a diferencias en el consumo total de energía. En contraste, la eficiencia en la producción fue mejor en el grupo de baja producción, y a menos que la fuente de alimentación sea muy económica, la eficiencia económica en la producción de carne favorece al grupo de vacas con menor potencial para la producción de leche, siempre y cuando se cumpla con el mínimo requerido para la supervivencia del ternero.

Así mismo, los terneros de madres de los grupos de mediana y alta producción, requirieron 7 % más de energía para crecimiento en el periodo del pre y post destete, mientras que la energía para mantenimiento durante el periodo pre destete fue de 8 y 14 % más para los terneros de media y alta producción con respecto a los de baja producción. A causa de esto, la energía requerida para la producción al sacrificio fue más alta para el grupo medio, debido a los requerimientos energéticos para mantenimiento más altos. Cabe mencionar que los terneros de los grupos de mediana y alta producción alcanzaron pesos más altos antes del destete, y que el grupo de alta producción requirió menos tiempo para alcanzar el peso al sacrificio. Esto indica que los terneros descendientes de madres con altos requerimientos, también tienen altos requerimientos de energía por la alta productividad.



En el estudio realizado por Montaño *et al.* (1990), en el que estimaron los requerimientos de energía para mantenimiento durante la gestación y lactancia en tres grupos raciales de vacas con diferente producción de leche para el sustento de sus crías [Herford-Angus (baja), Red Poll-Angus (media) y Milking Shorthorn-Angus (alta)], demostraron que los requerimientos para mantenimiento durante la gestación en las tres cruzas, son casi 18 % más bajos que los requeridos durante la lactancia. Así mismo, las vacas de producción media y alta, requieren un 14 y 11 % más energía por unidad de peso metabólico, respectivamente, que las de baja producción para el mantenimiento del peso corporal durante la gestación y la lactancia. También demostraron que las diferencias en la producción de leche explican un 23 % de la variación en los requisitos de mantenimiento. Canales de novillos, medios hermanos de las vacas evaluadas en este estudio, mostraron diferencias en la distribución de la grasa, de acuerdo a los grupos comparados. Los de producción media y alta tienen más grasa interna y menos grasa subcutánea que los del grupo de baja producción, por lo tanto las diferencias en los requerimientos de energía para mantenimiento pueden ser explicadas en parte por las diferencias en la composición corporal. Así mismo, los resultados sugieren que existen diferencias importantes en los requerimientos para el mantenimiento, más allá de los asociados con el potencial de la producción de leche, como diferencias en la termorregulación, el comportamiento y la actividad que pueden formar parte de las diferencias entre raza.

En otro estudio realizado por Oijen *et al.* (1993), se demostró que animales de la misma talla madura, mismo potencial de crecimiento, pero distinta



producción de leche, presentan diferencias en cuanto a eficiencia biológica y a eficiencia económica, colocando a los animales de más baja producción láctea en una eficiencia biológica al destete 4 % mayor que los de producción media y alta, así como una eficiencia 7 % mayor al sacrificio. Estas comparaciones en la eficiencia económica fueron 3 y 5 % mayores, respectivamente. A pesar de que la diferencia relativa no fue tan grande, los animales de baja producción láctea fueron los más eficientes. Por lo tanto, el uso de ganado con altos niveles de leche, en la producción de carne, es cuestionable.

### **El Ganado Criollo de Chihuahua**

El ganado Criollo mexicano ingresó a América aproximadamente 500 años atrás y la ganadería chihuahuense se fundó en la región del sur del estado a finales del siglo XVI (Rubio y Pérez, 2015). Actualmente los estados de Chihuahua y Tamaulipas son los que exportan entre 10,000 y 13,000 cabezas al año hacia los E. U. A. como ganado deportivo para las actividades de rodeo en ese país (SAGARPA, 2010).

En la Sierra Tarahumara, la ganadería que se realiza con animales criollos es de alta montaña, lo que favorece los porcentajes de pureza de este ganado, en los cuales se llega a poseer el 100 % de pureza (Hernández, 2012). Así mismo, Russell *et al.* (2000) mencionaron que el ganado criollo ha sobrevivido alimentándose del forraje nativo crecido de forma natural en la región, y sin necesidad de algún tipo de manejo reproductivo o de inducción de la inmunidad, lo cual los ha llevado a ser animales capaces de sobrevivir en condiciones ambientales adversas, por lo tanto, esto hace suponer que son animales que han logrado adaptaciones tanto físicas como fisiológicas para poder sobrevivir y



prosperar en el hábitat que se encuentran, además que representan un reservorio de germoplasma que puede ser utilizado en cruzamientos estratégicos. La conformación de este ganado refleja características en las que ha evolucionado para sobrevivir y prosperar en ambientes con recursos forrajeros limitados para su alimentación. Son animales pequeños, con hueso y fuerza suficiente para fácil acción y resistencia. Pueden recorrer distancias largas sin verse estresados. Están realmente adaptados a variaciones del terreno y climas extremos, caminan más que cualquier otra raza en busca de alimento, y se alimentan de vegetación que otras razas no lo harían (Roacho *et al.* 2007).

La hembra a los 16 meses de edad, alcanza un peso de 215 kg de peso, con una conformación corporal del tipo lechero, con buena amplitud de cadera, motivo por el que no presentan problemas de distocia. Así mismo, poseen buena implantación de ubre y producción suficiente para alimentar a su cría. El peso de los machos a los 16 meses de edad es de 232 kg, y en general poseen un buen temperamento y son dóciles, según Martínez *et al.* (1996).

Este tipo de ganado presenta características deseables de adaptación para regiones escarpadas y rústicas. Además de poseer una mayor resistencia a enfermedades. Monserrath *et al.* (2006) evaluaron la variabilidad en polimorfismos del gen que codifica para el complejo de histocompatibilidad, relacionado con la inmunidad, lo cual abre las posibilidades para explorar el potencial para ésta característica. De igual manera, han demostrado tener una capacidad para recorrer y pastorear áreas más amplias en comparación con el ganado europeo (Roacho *et al.*, 2007).



Peinetti *et al.* (2011) demostraron que el ganado de raza criollo tiene mejor distribución del pastoreo y hace un mejor aprovechamiento del potrero en temporada de invierno que la raza Angus. Asimismo, hace una menor selección del alimento en esta temporada, alimentándose de una gran variedad de pastos y distanciándose más del abrevadero que los Angus. También cabe mencionar que en temporada de primavera ambas razas tuvieron un comportamiento similar.

Martínez *et al.* (2000), en un estudio llevado a cabo en Argentina, compararon las razas Nelore, Hereford y Criollo, en cuanto a parámetros de mortalidad, porcentaje de parición, peso al destete, y los kilogramos de carne producidos por hectárea, encontrando que los valores bajos de mortalidad fueron a favor del ganado Criollo, al igual que la producción de carne por hectárea, donde se coloca al ganado Criollo como la raza más productiva de las tres evaluadas.

Valverde *et al.* (2008), en un estudio donde compararon la raza Criollo originario de la sierra de Chihuahua con la craza comercial Angus x Hereford en matorrales del desierto en Nuevo México, E.U.A., encontraron que la raza criollo puede llegar a alcanzar la pubertad más temprano y con menos peso corporal que las razas británicas, bajo las mismas condiciones de pastoreo. Por lo tanto, esto representa un potencial reproductivo de los criollos. Por otra parte, la calidad de la canal ha sido evaluada con excelentes cualidades para la producción de carne magra (American Criollo Beef Association, 2014).

Martínez *et al.* (2014) evaluaron las razas Criollo, Angus x Criollo y Hereford x Angus en busca de características de buena calidad de la carne,



encontraron que la carne del ganado Criollo presenta la menor pérdida de saturación de color durante su almacenamiento.

### **Ganado Angus**

El ganado Angus es característico por su color negro, aunque existe una variedad roja, siendo las mismas características fisiológicas para ambos. Es una raza europea originaria de Inglaterra, muy difundida a nivel mundial. Esta raza sobresale por su capacidad de ganar peso, tener cierta rusticidad y por su habilidad de conversión alimenticia, todo esto aún en pastos pobres o zonas montañosas (Martínez *et al.*, 2011).

Cafe *et al.* (2011) afirman que este ganado, al presentar temperamento más tranquilo al de otras razas, tiene un rendimiento superior a través de una amplia gama de condiciones de producción. Así mismo, esta raza presenta pocas complicaciones al parto, rápido crecimiento, las hembras poseen alta producción de leche y elevada fertilidad. Por otra parte, la calidad de su carne está catalogada como de alta calidad (Pringle *et al.*, 1997)

Wheeler *et al.* (2001) evaluaron diferentes características de producción en razas como Hereford, Friesian, Wagyu, y entre ellas la raza Angus, la cual resulto tener una descendencia con mayores pesos al nacimiento y un poco más asistencia al parto en comparación con la progenie de las razas Friesian, Scandinavian y Wagyu. Así mismo, la progenie de las razas Angus y Wagyu presentaron niveles significativamente más altos de vetas de grasa, así como mayor porcentaje de cortes, y mayor espesor de grasa que la progenie de otras razas, mientras que los valores de ternesa, sabor y jugosidad fueron similares en todas las razas.



## **El Uso de Cruzamientos en los Sistemas de Producción de Bovinos Carne**

Según Espasandin y Ducamp (2004), los sistemas de producción más eficientes son aquellos que logran una combinación adecuada entre la optimización de los recursos genéticos, medio ambiente y las prácticas de manejo. Existen estrategias para la combinación de los recursos genéticos, una de ellas consiste en criar ganado de una raza que ya se encuentre adaptada al medio. Cuando esto no es posible, se pueden formar nuevas razas, combinando características deseables de dos o más razas. El uso de los sistemas de cruzamiento consiste en la optimización en el aprovechamiento de los efectos de los genes, como es el caso de la heterosis y la complementariedad entre razas.

Según Anderson (2012), la heterosis se presenta cuando el desempeño de la descendencia cruzada supera el desempeño promedio de la descendencia de raza pura correspondiente a las razas que dieron origen a la cruce, por lo tanto es el aumento de la expresión de los caracteres asociados a vigor general, fertilidad y crecimiento, que se obtienen al cruzar individuos con genética distante, y entre mayor sea esta diversidad genética entre ellos, mayor será la heterosis, en especial para características de baja heredabilidad.

Greiner (2009) afirma que la cantidad de heterosis expresada para un determinado rasgo, está inversamente relacionada con la heredabilidad del rasgo. Así, los rasgos reproductivos presentan heredabilidades menores al 10 %, haciendo lenta la repuesta a la selección genética, debido a que una gran proporción se debe a factores ambientales. Así mismo, rasgos altamente heredables (30 – 50 %), tales como características de la canal, presentan los niveles más bajos de heterosis, y rasgos que son moderados en su heredabilidad



(20 – 30 %), como la tasa de crecimiento y el RFI, también son moderados en el grado de heterosis mostrada (aproximadamente 5 %)

Poner en práctica los programas de cruzamientos con bovinos productores de carne ha traído grandes ventajas a los productores, esto debido al aumento en el desempeño, velocidad de crecimiento y precocidad, que se ve reflejado en mayor rendimiento para el ganado (De-Souza *et al.*, 2008). Aunque según Ritchie *et al.* (1999) existen desafíos que se deben tomar en cuenta durante la planificación e implementación, como; son difícil de llevar a cabo en pequeños rebaños, requieren más pastos para la crianza y es necesario llevar registro e identificación de los animales.

Según Wheeler *et al.* (2001), para mejorar la eficiencia en la producción de carne, son necesarias las diferencias en las características de rendimiento entre razas, por lo tanto es necesario la utilización de diversas razas para poder aprovechar al máximo la heterosis y la complementariedad mediante el cruzamiento.

Con base en algunas experiencias en el Estado de Chihuahua. García (2010) menciona que se ha observado que las características presentes en la craza Angus-Criollo, son muy atractivas para el mercado regional y el de E.U.A., en donde este tipo de ganado hereda del ganado Angus en su mayoría el color negro y la ausencia de cuernos.

Martínez *et al.* (2014) evaluaron las razas Criollo, Angus x Criollo y Hereford x Angus en busca de características de rusticidad y de buena calidad de la carne en un mismo animal, encontraron que la carne de ganado Angus x Criollo resulto con menor grasa dorsal, pero mayor cantidad de grasa renal y



marmoleo, además de ser más suave y con mayor retención de saturación de color que la carne de Hereford x Angus.

Córdoba *et al.* (2005) evaluaron la GDP, peso al nacimiento y peso al destete en cruza de *Bos taurus* con *Bos indicus*, donde observaron que la cruz a tuvo desempeños superior a las rezas cebuinas en todos los aspectos productivos, concluyendo que la rusticidad y adaptabilidad del *Bos indicus*, combinado con la producción de carne de las razas europeas, genera una variabilidad genética aditiva favorable para la producción de carne en el trópico.

### **Producción de Metano**

El metano es un subproducto de la descomposición microbiana de carbohidratos (celulosa) en el tracto digestivo de los herbívoros. Las más grandes emisiones por animales se reportan para los rumiantes, que albergan grandes cantidades de bacterias y protozoos en el rumen. El metano producido por la fermentación entérica en los rumiantes contribuye con aproximadamente el 12 % de las emisiones de gases de efecto invernadero antropogénico global (Crutzen *et al.*, 1986). La pérdida de energía a través de la generación de metano se expresa como una fracción de la energía bruta consumida. Esto se refleja en una pérdida de energía en el proceso por una ineficiencia de lo que el animal consume a lo que trasforma (Primavesi *et al.*, 2004). Según Carulla (2009), se pierde entre un 7 a un 9.5 % de la energía total consumida, dependiendo de la calidad de forraje con el que se alimente, provocando daños a la atmosfera. Los pastos que contienen altas concentraciones de lignina, al ser consumidos por los animales, resultan en menor eficiencia digestiva (Cárdenas, 2009).



A pesar de ésto, existen escasas estrategias prácticas para la reducción de emisiones diarias de los animales que pastan sin llegar a comprometer su productividad. Hegarty *et al.* (2007) demostraron que el menor consumo de alimento observado en los bovinos seleccionados por un bajo RFI contribuye a los beneficios ambientales directos en la reducción de emisiones de metano y óxido nítrico. Por lo que la producción de metano es dependiente de la cantidad del alimento consumido, aunque este efecto es moderado por la digestibilidad del alimento.

### **Uso del Ganado Criollo en los Sistemas de Cruzamiento en el Estado**

En base a lo mencionado anteriormente, la utilización de un ganado adaptado naturalmente, tanto física como fisiológicamente, a la región y al tipo y cantidad de alimento disponible, como lo es el ganado Criollo, hace posible la optimización de los recursos naturales de la región.

De acuerdo a la problemática que enfrenta la ganadería de la región, cabe mencionar que el uso del ganado criollo o la utilización de éste en algún programa de cruzamiento, podría hacer posible la disminución de los daños a los pastizales sin sacrificar la productividad.

Así mismo, actualmente en algunas partes del mundo, se le han ido asignando propiedades deseables a la carne de este ganado, además de darle un alto valor a la canal del ganado criollo, por la naturaleza de su alimentación y nula aplicación de fármacos y biológicos.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio

El presente experimento se llevó a cabo del 20 de febrero al 30 de abril del 2015 en las instalaciones de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, las cuales se encuentran ubicadas en el municipio de Chihuahua, Chihuahua, localizadas a 28°35'12.2" latitud norte y 106° 06' 29.5" longitud oeste, con una altitud de 1440 m, clima predominante seco semicálido y seco templado [BS OHW (e')], temperatura media anual de 18.6 °C, y un periodo libre de heladas de 223 d (INEGI, 2009).

### Animales y Manejo

**Animales.** Se sometieron a prueba de alimentación 28 becerras destetadas (10 Criollo, 10 Angus x Criollo y 8 Angus x Hereford) con un peso inicial aproximado de  $153 \pm 40$  kg y una edad promedio de  $8 \pm 1.2$  meses.

**Manejo de los animales.** La duración total de la prueba de comportamiento fue de 70 d, de los cuales los primeros 14 d fueron para el periodo de adaptación a la dieta y los restantes 56 d se destinaron para la prueba de alimentación y toma de datos. Los animales se desparasitaron al inicio del experimento con un producto a base de ivermectina, adicionado con vitaminas A, D y E en dosis única. Luego se asignaron de forma aleatoria a corrales individuales de aproximadamente 9 m<sup>2</sup>, con comedero y bebedero individual. Así mismo, se pesaron al inicio y al final del periodo de adaptación a la dieta.

A los animales se les ofreció una dieta en base a forraje de avena. Iniciaron los primeros 30 d de la prueba con una ración (Dieta 1) que luego se modificó para los 26 d restantes (Dieta 2), tal como se muestra en el Cuadro 1, considerando



una ganancia diaria de 0.6 kg en ambas dietas, de acuerdo a las recomendaciones del NRC (NRC, 2000).

El alimento se ofreció cada día por la mañana a la misma hora (7:00 am), el cual fue pesado y calculado con un 10 % de excedente, de acuerdo a sus requerimientos diarios en la dieta y con base en el consumo diario en los días inmediatos anteriores, registrándose la cantidad de alimento consumido, así como el rechazo de alimento en forma individual para cada una de las becerras. Los animales se pesaron dos días continuos al inicio de la prueba, posteriormente, durante la prueba de comportamiento, los animales se pesaron cada 14 d, acumulándose un total de cuatro pesajes, tomando el ultimo pesaje como el promedio del peso en dos días continuos.

### **Variables Evaluadas**

El peso inicial (PIA) y peso final ajustados (PFA) fueron los predichos en base a la regresión lineal de los pesos a través de la prueba con respecto a los días en que se hicieron las mediciones. Así mismo la ganancia diaria de peso (GDP) correspondió al coeficiente de regresión de los pesos registrados a través de la prueba con respecto a los días que se hicieron las mediciones.

El consumo diario de alimento en base seca (CDBS) se determinó mediante la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado multiplicado por la proporción del contenido de materia seca de las dietas en los periodos correspondientes.

La CA se determinó por la división del CDBS sobre la GDP.



Cuadro 1. Ingredientes y composición nutricional de las dietas

	Dieta 1	Dieta 2
	Porcentaje (%)	Porcentaje (%)
Heno de avena	47.87	45.11
Alfalfa	19.60	19.62
Grano de maíz rolado	16.71	20.27
Harinolina	9.82	7.23
Melaza de caña	3.00	2.97
Grasa animal	2.74	4.56
Carbonato de calcio	0.17	0.04
Difosfato de calcio	0.09	0.20
Total	100	100
Materia seca	94.13	92.96
Humedad	5.87	7.04
Proteína cruda	10.52	9.5
Extracto etéreo	3.22	5.61
Materia orgánica	92.45	91.68
Cenizas	7.55	8.32
FDN	44.85	29.57
FDA	25.99	15.73



El peso medio metabólico (PMM) fue determinado mediante el promedio del PIA y PFA elevado a la potencia 0.75, lo cual representa el peso metabólico a la mitad del periodo de prueba.

### **Análisis Estadísticos**

Los valores de RFI se determinaron mediante los residuales del modelo de regresión lineal múltiple:

$$CDBS_i = \beta_0 + \beta_1 GDP_i + \beta_2 PMM_i + RFI_i$$

Dónde: CDBS = es el CDBS observado en el i-esimo animal ( $i = 1, 2, \dots, 28$  animales),  $\beta_0$  = es el valor del intercepto,  $\beta_1$  = es el cambio en el CDBS cuando la GDPA se incrementa en una unidad, manteniendo fijo el valor de la variable PMM,  $\beta_2$  = es el cambio en el CDBS cuando el PMM se incrementa en una unidad, manteniendo fijo el valor de la variable GDPA y  $RFI_i$  = es el error aleatorio, que en este caso es el valor del RFI utilizando PROC REG de SAS (SAS, 2002). También se exploró la incorporación del efecto clasificatorio del grupo racial y su interacción con las variables de predicción en el modelo, para ver si se requerían ajustar diferentes modelos para cada grupo racial.

Para todas las variables evaluadas se corrió un análisis de varianza ajustando un modelo lineal simple que incluyó el efecto fijo del grupo racial. Cuando existió significancia para el efecto del grupo racial para la comparación múltiple de medias se utilizó una prueba Tukey (SAS, 2002).

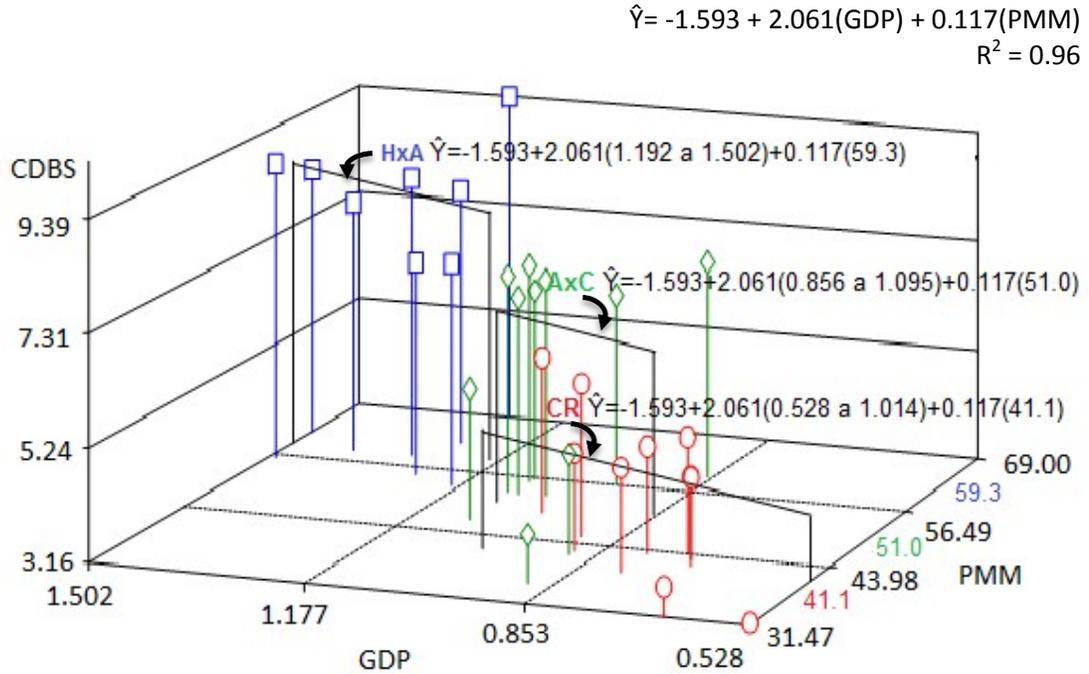
Por otra parte, se estimaron las correlaciones parciales entre el RFI y las demás variables mediante el procedimiento PROC CORR de SAS (SAS, 2002).



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Grafica 1 se presenta la relación observada del CDBS con el PMM y la GDP, así como la ecuación general de predicción del CDBS y las líneas de valores predichos en cada grupo racial, con base en el rango de valores observados para la GDP, manteniendo constante el PMM en el promedio observado en cada caso. El coeficiente de determinación del modelo ajustado fue 0.96, lo cual indica que en el presente estudio las variables de predicción PMM y GDP explicaron en un 96 % la variación observada en el CDBS a través de los tres grupos raciales. Ambos coeficientes de regresión fueron altamente significativos ( $P < 0.001$ ); así mismo, al introducir el efecto del grupo racial como variable clasificatoria, así como su interacción con las variables en la regresión, no se modificó el coeficiente de determinación, por lo que se optó por no incluir estos últimos efectos en el modelo ajustado para generar los valores de RFI. Esto implica que la relación que guarda el CDBS con la GDP y el PMM es la misma a través de grupos raciales, a diferencia de la hipótesis que se había planteado en un principio. Algunos autores (Arthur *et al.*, 2001<sup>a</sup>; Herd *et al.* 2003; Smith *et al.*, 2010; Lawrence *et al.*, 2011) han reportado que el RFI es fenotípicamente independiente del crecimiento y peso corporal del animal. Así mismo, se sabe que la variación en el CDBS en su mayoría, es explicada por la GDP, PMM y grasa dorsal. Siendo en este caso explicada solo por la GDP y PMM.

En el Cuadro 2 se presentan las medias de los cuadrados mínimos para las variables evaluadas de acuerdo al grupo racial. Se observa que las diferencias ( $P < 0.05$ ) entre las medias por grupo racial para las variables peso



Gráfica 1. Relación observada del consumo diario en base seca (CDBS) con el peso metabólico medio (PMM) y la ganancia diaria promedio (GDP), así como la ecuación general de predicción del CDBS y las líneas de valores predichos en cada grupo racial, con base en el rango de valores observados para la GDP, manteniendo constante el PMM en el promedio observado en cada caso.

Cuadro 2. Medias de los cuadrados mínimos  $\pm$  error estándar para las variables evaluadas de acuerdo al grupo racial

<b>Grupo racial</b>	<b>N</b>	<b>PIA (kg)</b>	<b>PFA (kg)</b>	<b>GDPA (kg)</b>	<b>CDBS (kg)</b>	<b>CA</b>	<b>RFI</b>
Criollo	10	121.6 $\pm$ 9.2 <sup>b</sup>	164.2 $\pm$ 10.0 <sup>c</sup>	0.77 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	4.86 $\pm$ 0.2 <sup>c</sup>	7.6 $\pm$ 0.3	0.04 $\pm$ 0.1
Angus x Criollo	10	162.7 $\pm$ 9.2 <sup>a</sup>	218.2 $\pm$ 10.0 <sup>b</sup>	1.01 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	6.36 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	7.6 $\pm$ 0.3	-0.08 $\pm$ 0.1
Hereford x Angus	8	195.2 $\pm$ 10.2 <sup>a</sup>	268.7 $\pm$ 11.2 <sup>a</sup>	1.33 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	8.15 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	7.0 $\pm$ 0.4	0.05 $\pm$ 0.1

PIA = peso inicial ajustado, PFA = peso final ajustado, GDPA = ganancia diaria de peso ajustada, CDBS = consumo diario en base seca, CA = conversión alimenticia, RFI = consumo residual de alimento.

<sup>a,b,c</sup>Medias con superíndice diferente dentro de columna fueron diferentes ( $P < 0.05$ ).



inicial ajustado (PIA), peso final ajustado (PFA), GDP y CDBS fueron como se esperaban, en el orden  $HxA > AxC > C$ ; sin embargo, no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) para CA y RFI, a pesar de las diferencias en el peso y la GDP entre las becerras de los tres grupos raciales. En un estudio llevado a cabo por Martínez *et al.* (2006), se reportaron valores muy similares a los obtenidos en este estudio para las variables PIA y GDP para la craza AxC, a pesar de que la raza criolla era de la región nayarita. Por otra parte, Chewning *et al.* (1990) demostraron que existen diferencias en PFA, GDP y CDBS entre las distintas razas evaluadas concordando con lo obtenido en este estudio.

En el Cuadro 3 se presentan los coeficientes de correlación de Pearson entre las variables evaluadas, como ya se había determinado en el análisis de regresión, que el CDBS está positivamente correlacionado con la GDP, el PMM y, por tanto, con la CA. Sin embargo, por la naturaleza de su definición (Koch *et al.*, 1963), el RFI es independiente de la GDP y el PMM.

En otro estudio llevado a cabo por Liu *et al.* (2000), donde evaluaron las variaciones en el consumo de energía metabolizable residual y el consumo de materia seca residual en toros de distintas razas, mostraron que existe una variación considerable tanto en consumo de energía metabolizable residual como en el consumo residual de materia seca, donde ellos lo atribuyeron a la variación genética, lo que hace suponer que los resultados de este estudio se deben en parte a esta variación tan marcada entre la craza especializada en producción de carne HxA con respecto a la AxC y el grupo criollo.

Con respecto a las correlaciones, Castro *et al.* (2006), en animales



Cuadro 3. Coeficientes de correlación de Pearson y niveles de significancia observados entre las variables evaluadas

Variable	CDBS	GDPA	PMMA	RFI	CA
CDBS	1.0	0.89 ( $< 0.01$ )	0.96 ( $< 0.01$ )	0.21 (0.28)	0.04 (0.85)
GDPA		1.0	0.81 ( $< 0.01$ )	0.004 (0.99)	-0.35 (0.07)
PMMA			1.0	0.0005 (0.99)	0.10 (0.62)
RFI				1.0	0.40 (0.07)
CA					1.0

CDBS = consumo diario en base seca, GDPA = ganancia diaria de peso ajustada, PMMA = peso medio metabólico ajustado, RFI = consumo residual de alimento, CA = conversión alimenticia.



Angus x Hereford, mostraron correlaciones positivas entre CDBS y GDP de 0.88 ( $P < 0.001$ ) y CDBS y RFI de 0.44 ( $P < 0.1$ ), lo que concuerda con lo obtenido en este estudio. Así mismo, Arthur *et al.* (2004) demostraron que la ganancia diaria promedio no está correlacionada con el consumo residual de alimento, pero está de moderada a altamente correlacionada con la conversión alimenticia.

Por otra parte, en un estudio llevado a cabo por Bustillos *et al.* (2014), donde compararon el desempeño productivo de toretes de raza HxA, AxH y criolla en pastoreo y en confinamiento, obtuvieron que los toretes de raza AxH se desempeñaron mejor en pastoreo, mientras que en el confinamiento para su finalización, la raza HxA obtuvo mejores resultados. Los resultados demuestran que las razas especializadas para la producción de carne y sus cruza, presentan mejor desempeño en crecimiento, siempre y cuando se les proporcione la alimentación adecuada.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como conclusión del objetivo principal, es congruente que la eficiencia alimenticia en las tres razas evaluadas fue la misma, por lo tanto se concluye que no existe diferencia alguna con respecto a eficiencia alimenticia entre la raza Criolla, AxC y HxA.

Los resultados obtenidos demuestran que el RFI es una medida alternativa de la eficiencia en la alimentación que es independiente del crecimiento y del tamaño corporal, y da la oportunidad de identificar al ganado más eficiente, para así seleccionar a los mejores ejemplares en base a la eficiencia alimenticia.

Dado que las vaquillas de los diferentes grupos raciales evaluados en este estudio tienen tanto eficiencia alimenticia neta como conversión alimenticia similar, se recomienda la selección de vaquillas con las características deseadas tanto para crecimiento como para eficiencia alimenticia evaluada mediante RFI que se puede llevar a cabo dentro de cada grupo.

Así mismo, al tener vaquillas que consuman menos cantidad de alimento y que posean buena eficiencia alimenticia, en el caso de las vaquillas criollas o las AxH, puede traer beneficios adicionales, para los productores regionales, dado que las condiciones de pastoreo en el estado de Chihuahua son condiciones agrestes y de baja disponibilidad de forraje, por lo tanto, animales que posean estas características de eficiencia alimenticia, aunado a las características físicas y de pastoreo presentes en la raza criolla y sus cruces puede ser una buena alternativa.

Por lo tanto, en respuesta a la demanda de alternativas para la producción de ganado que aproveche mejor los pastizales en el Estado y posean un



desempeño productivo eficiente, se puede concluir que las becerras Criollas y sus cruzas, con bajo RFI y niveles productivos aceptables, pueden ser una alternativa con potencial para utilizarse en un futuro cercano como vaca vientre de bajo costo ante las condiciones actuales de disponibilidad restringida en cantidad y calidad de alimento en los agostaderos de Chihuahua, como es el caso de hembras cruzadas Angus x Criollo.

Como última recomendación, se podría realizar otra prueba para determinar la eficiencia alimenticia con los mismos animales y dieta similar en etapas más avanzadas de su ciclo productivo y así saber si existe un reordenamiento de éstos dentro de las categorías de eficientes o ineficientes.



## LITERATURA CITADA

- American Criollo Beef Association 2014. Characteristics of criollo cattle. En: <http://www.leanandtenderbeef.com/About-Criollo-Cattle/Criollo-Cattle/> consultado 23 Septiembre 2014.
- Anderson, P. 2012. Crossbreeding Systems for Beef Cattle. University of Minnesota Beef Team.
- Archer, J. A., P. F. Arthur, R. M. Herd, P. F. Parnell y W. S. Pitchford, 1997. Optimum postweaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle. *J. Anim. Sci.* 75:2024-2032
- Archer, J. A. A., S. A. B. Barwick y H. B. Graser. 2004. Economic evaluation of beef cattle breeding schemes incorporating performance testing of young bulls for feed intake. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 44:393-404.
- Arthur, P. F., J. A. Archer, D. J. Johnston, R. M. Herd, E. C. Richardson y P. F. Parnell. 2001. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. *J. Anim. Sci.* 79:2805–11.
- Arthur, P. F., J. Archer y R. M. Herd. 2004. Feed intake and efficiency in beef cattle: overview of recent Australian research and challenges for the future. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44:361.
- Arthur, P. F., G. Renand y D. Krauss. 2001a. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. *Livestock Production Science* 68:131–139.
- Arthur, P. F., G. Renand y D. Krauss. 2001b. Genetic parameters for growth and feed efficiency in weaner vs yearling Charolais bulls. *Aust. J. Agric. Res.* 52:471–476.
- Baker, S. D., J. I. Szasz, T. A. Klein, P. S. Kuber, C. W. Hunt, J. B. Glaze y D. Falk. 2006. Residual feed intake of purebred Angus steers : effects on meat quality and palatability. *J. Anim. Sci.* 84:938–45.
- Basarab, J. A, M. G. Colazo, D. J. Ambrose, S. Novak, D. McCartney y V. S. Baron. 2011. Residual feed intake adjusted for backfat thickness and feeding frequency is independent of fertility in beef heifers. *Can. J. Anim. Sci.* 91:573–584.
- Bingham, G. M., T. H. Friend, P. A. Lancaster y G. E. Carstens. 2009. Relationship between feeding behavior and residual feed intake in growing Brangus heifers. *J. Anim. Sci.* 87:2685–2689



- Bullock, D. y L. Anderson. 2004. Crossbreeding for the commercial beef producer. Cooperative Extension Service, University of Kentucky, Lexington, KY. *J. Anim. Sci.* 89:1452–1465
- Bustillos, G. J. A., J. D. G. Velásquez, E. Q. Prieto, A. L. Corral, F. A. A. Rodríguez y I. A. G. García. 2014. Parámetros productivos de novillos criollo chihuahuense, angus x criollo y hereford x angus, bajo pastoreo y finalización en corral. En:  
[http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/8/2013/anuales/anu\\_1162-6-2014-05-4.pdf](http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/8/2013/anuales/anu_1162-6-2014-05-4.pdf) consultado 19 septiembre 2015
- Cafe L. M., D. L. Robinson, M. Ferguson, B. L. McIntyre, G. H. Geesink y P. L. Greenwood. 2011. Cattle temperament: Persistence of assessments and associations with productivity, efficiency, carcass and meat quality traits 1. *J. Anim. Sci.* 89:1452-1465.
- Cárdenas, E. 2008. Implicaciones ambientales de la producción bovina. Carta Universitaria. Universidad Nacional. Bogotá, Colombia. p. 8-9
- Castro B., P. V. Paulino, C. Sanches, y R. D. Sainz. 2007. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. *J. Anim. Sci.* 85:928–36.
- Carulla, J. 2009. Manipulación de la fermentación ruminal para reducir la producción de metano en bovinos. Actas del Seminario internacional sobre cambio climático y los sistemas ganaderos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 24-25 Marzo.
- Chewning, J. J., A. H. Brown, Z. B. Johnson y C. J. Brown. 1990. Breed means for average daily gain, feed conversion and intake of beef bulls during postweaning feedlot performance tests. *J. Anim. Sci.* 68:1500–1504
- Cordoba, A., G. Rodriguez, M. Córdova, C. Córdova y J. Pérez. 2005. Ganancia diaria y peso al destete en terneros de cruces *Bos taurus* con *Bos indicus* en trópico húmedo. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. 10:589-592
- Crowley, J. J., M. Mc. Gee, D. Kenny, D. H. Crews, R. D. Evans y D.P. Berry. 2010. Phenotypic and genetic parameters for different measures of feed efficiency in different breeds of irish performance-tested beef bulls. *J. Anim. Sci.* 88:885–94.
- De-Souza, J. C., J. A. Defreitas, C. H. M. Malhado y J. R. B. Sereno. 2008. Performance of European - Zebu calves in Brasil 16:116–20.
- Durunna, O. N., M. G. Colazo, D. J. Ambrose, D. McCartney, V. S. Baron y J. A. Basarab. 2012. Evidence of residual feed intake reranking in crossbred replacement heifers. *J. Anim. Sci.* 90:734–741



- Espasandín A. C. y F. Ducamp. 2004. El uso de cruzamientos vs. la utilización de razas puras para la producción de carne bovina. *Producción animal*. 1-6
- García G. I. A. 2010. Antioxidant content, fatty acid composition and shelf life of beef from commercial and traditional beef breeds. University of Bristol. Ph.D. Dissertation. Bristol, United Kingdom.
- Gobierno del estado. 2010. Programa Estatal de desarrollo rural 2010-2016.
- Greiner, S.P. 2009. Beef cattle breeds and biological types. En: <http://pubs.ext.vt.edu/400/400-803/400-803.html> consultado 15 de octubre 2015
- Hernández, S. R. M. 2012. Tipificación del ganado criollo mexicano de los estados de Chihuahua, Baja California, Guerrero, Oaxaca, Puebla y Nayarit.
- Hegarty, R. S., J. P. Goopy, R. M. Herd y B. Mc. Corkell. 2007. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *J. Anim. Sci.* 85:1479–86.
- Herd, R. M., J. A. Archer y P. F. Arthur. 2003. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake : opportunity and challenges to application. *J. Anim. Sci.* 81:9–17.
- Herd, R. M. y P.F. Arthur. 2008. Physiological basis for residual feed intake. *J. Anim. Sci.* 87:64–71.
- INEGI. 2009. Anuario estadístico del Estado de Chihuahua.
- Kearney, G.A., B. W. Knee, J. F. Graham y S.A. Knott, 2004. The length of test required to measure liveweight change when testing for feed efficiency in cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 44, 411–414.
- Knott, S. A., L. J. Cummins, F. R. Dunshea y B. J. Leury. 2008. Rams with poor feed efficiency are highly responsive to an exogenous adrenocorticotropin hormone (ACTH) challenge. *Domest. Anim. Endocrinol.* 34:261–268.
- Koch, M., Robert, L. A. Swiger, D. Chambers y K .E. Gregory. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 22:486–94.
- Lancaster, P. A., G. E. Carstens, J. J. Michal, K. M. Brennan, K. A. Johnson y M. E. Davis. 2014. Relationships between residual feed intake and hepatic mitochondrial function in growing beef cattle *J. Anim. Sci.* 92:3134–3141
- Lawrence, P, D. Kenny, B. Earley, D. H. Crews y M. McGee. 2011. Grass silage intake, rumen and blood variables, ultrasonic and body measurements,



- feeding behavior, and activity in pregnant beef heifers differing in phenotypic residual feed intake. *J. Anim. Sci.* 89:3248–61.
- Liu, M. F., L. A. Goonewardene, D. R. C. Bailey, Basarab, J. A., R. A. Kemp, P. F. Arthur, E. K. Okine y M. Makarechian. 2000. A study on the variation of feed efficiency in station tested beef bulls. *Can. J. Anim. Sci.* 80:435–441
- Montaño, B. y M. K. Nielsen. 1990. Biological efficiency to weaning and to slaughter of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. *J. Anim. Sci.* 68:2297–2309.
- Montaño B., M. K. Nielsen y G. H. Deutscher. 1990. Energy requirements for maintenance of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. *J. Anim. Sci.* 68:2279-2288
- Martínez, V. G., J. J. G. Bustamante, J. A. F. Palacios y M. B. Montaño. 2006. Efectos raciales y heterosis materna Criollo-Guzerat para crecimiento posdestete y características de la canal. *Tec. Pec. Mex.* 44:107-118
- Martínez, R. D., E. N. Fernández, E. R. Género y F. J. L. Rumiano. 2000. El ganado bovino Criollo en Argentina. *Archivos de Zootecnia* 49:353–61.
- Martínez, C. Y., I. A. G. García, F. A. G. Núñez y F. A. A. Rodríguez. 2014. Características de la carne de ganado criollo chihuahuense, angus x criollo y hereford x angus finalizados en corral. En: [http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/8/2013/anuales/anu\\_1162-6-2014-05-3.pdf](http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/8/2013/anuales/anu_1162-6-2014-05-3.pdf) consultado el 20 de octubre 2016.
- Martinez, C., F. H. Gonzalez y H. R. Huertas. 1996. Parámetros genéticos y productivos del ganado criollo Senmartinero en el piedemonte llanero, características reproductivas. *Memorias del III Congreso Iberoamericano de razas autóctonas y criollas.* Bogoya, Colombia.
- Martínez, G. J. C., J. F. M. Gutiérrez, F. E. Briones, A. Froylán y L. S. Magaña, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería, y A P Ciudad Victoria. 2011. Factores no genéticos que afectan el peso al nacer y destete de terneros Angus. *Zootecnia Tropical* 29:151–59.
- Monserath, F. P., J. G. R. Rios, G. E. de la V. Erosa y F. A. Rodríguez. 2006. Secuenciación de nuevos alelos BoLA-DRB3.2 detectados en ganado Criollo mexicano. *Tec. Pecu. Méx.* 44(1):15-25
- Montanholi, Y. R., K. C. Swanson, F. S. Schenkel, B. W. Mc. Bride, T. R. Caldwell y S. P. Miller. 2009. On the determination of residual feed intake and associations of infrared thermography with efficiency and ultrasound traits in beef bulls. *Livestock Science* 125:22–30.



- Montaño, B. M., M. K. Nielsen y G. H. Deutsches. 1990. Energy requirements for maintenance of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. *J. Anim. Sci.* 68:2279-2288
- Monserath F. P., J. G. Ríos, G. E. de la Vega y F. A. Rodríguez. 2006. Secuenciación de nuevos alelos BoLA-DRB3.2 detectados en ganado Criollo mexicano, *Tec. Pec. Mex.* 44:15-25
- Moore, S. S., F. D. Mujibi y E. L. Sherman. 2008. Molecular basis for residual feed intake in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 87:41-7.
- NRC. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Oijen, M. V., M. B. Montaño y M. K. Nielsen. 1993. Economical and biological efficiencies of beef cattle differing in level of milk production. *J. Anim. Sci.* 71:44-50
- Peintti, R. H., E. L. Fredrickson, D. P. C. Peters, A. F. Cibils, J. O. E. Roacho y A. S. Laliberte. 2011. Foraging behavior of heritage versus recently introduced herbivores on desert landscapes of the American southwest. *Ecosphere*. 2(5):art 57
- Pérez, R. E. 2008. El lado oscuro de la ganadería. *Revista latinoamericana de economía*. 39(154):217-227
- Pinedo, A. C., Q. N. S. Hernández, C. A. Melgoza, V. M. Rentería, S. V. C. Vélez, N. C. Morales, E. E. Santellano y E. Esparza. 2013. Diagnostico actual y sustentabilidad de los pastizales en el estado de Chihuahua ante el cambio climático. En: <http://www.fz.uach.mx/investigacion/2013/05/22/Diagn%C3%B3stico%20final%20PASTIZALES-%20SEQUIA.pdf> . Consultado 26 Septiembre 2014
- Pringle, T. D., S. E. Williams, B. S. Lamb, D. D. Johnson y R. L. West. 1997. Carcass characteristics, the calpain proteinase system, and aged tenderness of Angus and Brahman crossbred steers. *J. Anim. Sci.* 75:2955-2961
- Primavesi, O., Pedreira, M. S. 2004. Manejo alimentar de bovinos leiteros e sua relação com produção de metano ruminal. En: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/47010/1/Circular39.pdf>
- Richardson, E. C.A., R. M. B. Herd, J. A. C. Archer y P. F. C. Arthur. 2004. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. *J. Anim. Sci.* 2001:441-52.
- Ritchie, H., D. Banks, D. Buskirk, and J. Cowley. 1999. Crossbreeding systems for beef cattle. Michigan State University Extension Bulletin E-2701.



- Roacho, E. J. O., E. Frederickson, G. A. Bezanilla, H. Peinetti, A. Gonzalez y J. Ríos. 2007. A comparison of grazing behavior between desert adapted Mexican Criollo cattle and temperate British breeds using two diverse landscapes in New Mexico and Chihuahua. Society for Range Management, Building Bridges: Grasslands to Rangelands, January 26-31, 2008, Louisville, Kentucky. p.2379.
- Rubio, T. E. y E. E. Perez. 2015. El bovino criollo de la sierra tarahumara. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal. 6:485-494
- Russell, N. D., J. Rios, G. Erosa, M. D. Remmenga y D. E. Hawkins. 2000. Genetic differentiation among geographically isolated populations of criollo cattle and their divergence from other *Bos taurus* breeds. J. Anim. Sci. 78:2314-2322.
- SAGARPA. 2010. Ganado Criollo mexicano, el de mayor demanda en rodeo de Norteamérica. 52 (55).
- SAS. 2002. SAS User's Guide: Statistics; SAS Inst. Inc., Cary, NC. USA.
- Smith, S. N., M. E. Davis y S. C. Loerch. 2010. Residual feed intake of Angus beef cattle divergently selected for feed conversion ratio. Livestock Science 132:41-47.
- Valverde, S. S. I., J. D. Walsh., C. M. Gardner., J. T. Mulliniks, S. B. Schilling, D. M. Hallford, A. L. Gonzales, E. L. Fredrickson, K. K. Kane y D. E. Hawkins. 2008. Age at puberty in beef heifers: criollo cattle versus british crossbred cattle. American Society of Animal Science. 59:237-240
- Weaber B. 2008. Crossbreeding for Commercial Beef Production. University of Missouri – Columbia.50-57.
- Wheeler, T. L., L. V. Cundiff, S. D. Shackelford y M. Koohmaraie. 2001. Characterization of biological types of cattle (Cycle V): carcass traits and longissimus palatability. J. Ani. Scie. 79:1209-1222