



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

COMPORTAMIENTO CÁRNICO A CORRAL CON DOS NIVELES DE ALIMENTACIÓN Y TRES ETAPAS DE CRECIMIENTO EN MACHOS LECHERO TROPICAL

EDUARDO SÁNCHEZ ARROYO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2017

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que **Eduardo Sánchez Arroyo** Alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Carlos Miguel Becerril Pérez**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Comportamiento cárnico a corral con dos niveles de alimentación y tres etapas de crecimiento en machos Lechero Tropical**

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 17 de Noviembre de 2017

Firma

Eduardo Sánchez Arroyo

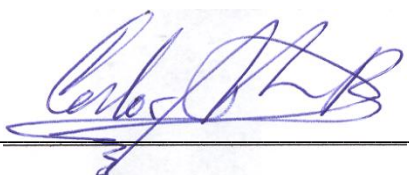
Vo. Bo.

Dr. Carlos Miguel Becerril Pérez
Consejero


La presente tesis titulada: **Comportamiento cárnico a corral con dos niveles de alimentación y tres etapas de crecimiento en machos Lechero Tropical**, realizada por el alumno: **Eduardo Sánchez Arroyo** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA


CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 


Dr. Carlos Miguel Becerril Pérez

ASESOR: 

Dr. Adalberto Rosendo Ponce

ASESOR: 

Dr. Juan Manuel Vargas Romero

ASESOR: 

Dr. Omar Hernández Mendo

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre de 2017

COMPORTAMIENTO CÁRNICO A CORRAL CON DOS NIVELES DE ALIMENTACIÓN Y TRES ETAPAS DE CRECIMIENTO EN MACHOS LECHERO TROPICAL

Eduardo Sánchez Arroyo, MC.
Colegio de Postgraduados, 2017

RESUMEN

En la ganadería que se desarrolla en las regiones tropicales con climas cálidos se combina el ordeño con el amamantamiento del becerro hasta el destete teniendo una época de secas donde la escases de forraje provoca un daño irremediable en la fisiología del animal, de esa forma las estrategias de alimentación se han convertido en punto crítico para general canales y carne de buena calidad. En ese contexto la Lechero Tropical (LT) es una raza criolla naturalizada por más de 500 años a los climas trópico cálidos de las Américas, utilizada principalmente para producir leche, la cual se procesa para obtener quesos frescos y maduros. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del contenido energético en la dieta sobre las características cárnicas a corral. Fueron seleccionados 30 machos LT puros asignándolos a tres etapas de crecimiento según su peso y edad inicial. Dentro de las etapas los animales fueron asignados de manera aleatoria a un tratamiento. El contenido energético fue 2200 para los tratamientos de baja (BE) y 2900 kcal para los de alta energía (AE). Después de 70 días de alimentación se sacrificaron 3 machos de cada tratamiento de la tercera etapa y se extrajeron 4 músculos para evaluar las características de la canal y carne. El peso final, consumo de materia seca y ganancia diaria de peso fue mayor en los tratamientos AE ($p \leq 0.05$) mientras que la conversión alimenticia fue menor. El efecto del contenido calórico en la dieta provoco una mejora en las características de la canal, mas no para las de la carne. Existieron diferencias en las características de la carne entre músculos ($p \leq 0.05$). El estudio muestra la capacidad de los machos LT para adaptarse a los sistemas de engorda a corral.

Palabras clave: ganadería tropical, bovinos criollos, estabulación, calidad de canal y carne.

PERFORMANCE MEAT IN FEEDLOT WITH TWO LEVELS OF FEED AND THREE
STAGES OF GROWTH IN MALES LECHERO TROPICAL

Eduardo Sánchez Arroyo, MC.
Colegio de Postgraduados, 2017

ABSTRACT

The environmental conditions in the tropical regions have favored the use of bovine breeds that have better characteristics of adaptation, rusticity and production. In this context, Lechero Tropical (LT) is a Creole breed naturalized for more than 500 years in the warm tropic climates of the Americas, mainly used to produce milk, which is processed to obtain fresh and mature cheeses. The objective of the study was to evaluate the effect of dietary energy content on the meat characteristics in feedlot. Thirty pure LT males were assigned to three stages of growth according to their initial weight and age. Within the stages the animals were randomly assigned to a treatment. The energy content was 2200 for low (BE) and 2900 kcal for high energy (AE) treatments. After 70 days of feeding, 3 males of each treatment of the third stage were sacrificed and 4 muscles were extracted to evaluate the carcass and meat characteristics. The final weight, dry matter intake and daily weight gain were higher in AE treatments ($p \leq 0.05$), while feed conversion was lower. The effect of the caloric content on the diet caused an improvement in the carcass characteristics, but not for those of the meat. There were differences in meat characteristics between muscles ($p \leq 0.05$). The study demonstrates the ability of LT males to adapt to feedlot systems.

Key words: tropical livestock, Creole cattle, feedlot, carcass and meat quality.

DEDICATORIA

A Johanna por haber creído en mi desde el comienzo

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca que me otorgaron durante la maestría. Al rancho de desarrollo genético “La Capilla” por el apoyo económico para el desarrollo del experimento

A mi consejo particular por su apoyo, enseñanza y paciencia que me brindaron.

Al equipo de trabajo del proyecto “Lechero Tropical” por su apoyo en el trabajo de campo además de su compañía.

A mis padres, hermano, suegros y amigos por su apoyo.

Pero principalmente a mi esposa e hijas por su esfuerzo y motivación

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. Objetivos.....	3
2. Hipótesis.....	4
3. Revisión de literatura.....	5
3.1 La ganadería tropical mexicana.....	5
3.2 Producción de carne en el trópico cálido mexicano.....	6
3.3 Los bovinos criollos.....	7
3.3.1 Los bovinos criollos en la producción cárnica.....	8
3.3.2 Características de la canal y carne de bovinos criollos.....	9
3.3.3 La Criollo Lechero Tropical.....	10
4. Literatura citada.....	11
CAPÍTULO I. CARACTERÍSTICAS CÁRNICAS DE TOROS CRIOLLO LECHERO TROPICAL ALIMENTADOS EN CORRAL CON DIFERENTES NIVELES DE ENERGIA	17
1.1 Resumen en español.....	17
1.2 Resumen en inglés (Abstract).....	18
1.3 Introducción.....	19
1.4 Materiales y métodos.....	21
1.5 Resultados.....	26
1.6 Discusión.....	30
1.7 Conclusión.....	34
1.8 Referencias.....	34
CONCLUSIONES GENERALES	41

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Peso y edad de toros Lechero Tropical por etapa y dieta.....	22
Cuadro 2. Ingredientes (%) y composición química de las dietas experimentales en base seca.....	23
Cuadro 3. Comportamiento productivo de toros Lechero Tropical alimentados en corral con dietas isoproteicas y dos niveles de energía por etapa.....	26
Cuadro 4. Rendimiento cárnico de toros Lechero Tropical alimentados en corral con dietas isoproteicas y dos niveles de energía.....	27
Cuadro 5. pH y terneza de la carne en cuatro músculos de toros Lechero Tropical alimentados con dietas isoproteicas y dos niveles de energía.....	28
Cuadro 6. Color de la carne de cuatro músculos de toros Lechero Tropical alimentados con dietas isoproteicas y dos niveles de energía.....	29

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas observadas durante el periodo experimental.....	21

INTRODUCCIÓN GENERAL

México cuenta con un inventario de ganado bovino del orden de 28.4 millones de cabezas, de las cuales aproximadamente 28% millones pastan en praderas tropicales (INEGI, 2014). Sin embargo, la productividad es baja debido a que la calidad de los pastos disponibles durante la estación de secas en estas regiones es insuficiente con baja concentración de proteína cruda, alta fibra neutro detergente y baja digestibilidad (Muñoz *et al.* 2016), impidiendo cubrir las demandas de calidad de la carne de los mercados actuales (canales pesadas de animales jóvenes, terneza, jugosidad, marmoleo). En el intento de hacer más eficiente la producción de carne y leche en estos espacios la introducción de animales de razas especializadas a las regiones tropicales no ha tenido éxito, debido entre otras causas a problemas de adaptación y consecuentemente de salud y supervivencia. Adicionalmente, los costos de mantenimiento y producción con razas especializadas dejan márgenes de ganancia menores o inclusive pérdidas en comparación de los sistemas tradicionales de producción. Esto ha propiciado el uso de razas bovinas que requieren baja o mediana cantidad y calidad de insumos (Barkin, 1981).

Se han propuesto diferentes modelos de producción de carne donde se combina la edad, la ganancia de peso y el sistema de producción para abastecimiento desde el mercado de becerros hasta la obtención de carne para el abasto basados en principios de sanidad, disponibilidad de recursos alimenticios con la genética que se encuentran en el medio tropical, en virtud de su importancia histórica, y por las condiciones que puedan presentarse ante un escenario de cambio climático. Uno de ellos plantea una ganancia diaria de peso de 1.20 kg en estabulación, que logre una edad al sacrificio de 15 meses para obtener carne de animales jóvenes con mayor terneza (Palma, 2014).

Las razas bovinas criollas han experimentado un proceso de naturalización de más de 500 años en los diferentes ambientes naturales de la América que los ha convertido en un recurso valioso para una producción animal sustentable (de Alba, 1981). La Lechero Tropical (LT) es una raza criolla naturalizada a los climas cálidos de la zona intertropical de las Américas, utilizada principalmente para producir leche, la cual se procesa para obtener quesos frescos y maduros, entre otros productos lácteos debido a su alto contenido de grasa y proteína (CONARGEN, 2015). Las vacas se ordeñan mayoritariamente a mano una vez al día por la mañana y con el becerro al pie. Al final de la lactancia los becerros se destinan para la selección de futuros sementales o para engorda, estos últimos para el mercado de la carne, de esta forma es necesario conocer el crecimiento de cada una de las etapas y las características de la canal y carne.

Un estudio reporta que criollos alimentados en corral durante la finalización obtienen ganancias diarias de peso 1.025 ± 0.08 kg/día, conversiones alimenticias de 8.8 ± 0.67 (Bustamante *et al.*, 2007a) y rendimientos en canal de 52.15% (Bustamante *et al.* 2007b). En otro estudio Sal Paz (1986) reporta ganancias de peso para toretes Criollo Argentino de 0.829 y 0.694 kg/día y conversiones alimenticias de 8.14 y 8.41, sin embargo, no menciona ni el peso inicial ni tipo de dieta ofrecida. No existen estudios realizados para conocer las características productivas de interés cárnico en raza LT para los machos que no son seleccionados como futuros sementales.

1. OBJETIVOS

Objetivo general

- Conocer el efecto del contenido energético de la dieta en las características productivas, calidad de la canal y carne de toros Lechero Tropical (LT) alimentados en corral durante la estación seca.

Objetivos específicos

- Conocer las características de interés cárnico dentro de cada etapa fisiológica
- Conocer la magnitud de las diferencias entre dietas dentro de cada etapa fisiológica
- Determinar si existe interacción entre dietas y músculos para las características de la carne

2. HIPÓTESIS

Hipótesis general

- La alimentación con una dieta de mayor contenido energético aumenta el ritmo de crecimiento y eficiencia alimenticia obteniendo canales de mejor calidad con carnes más tiernas y jugosas.

Hipótesis específicas

- Los toros LT presentan ritmos de crecimiento similares a las de bovinos *Bos Taurus* cuando se alimentan con dietas altas en energía.
- Las dietas altas en energía inducen un incremento de hasta 75% en las características evaluadas en corral
- Existen interacciones entre músculos y dietas para las características de la carne

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. La ganadería tropical mexicana

En México, la ganadería que se desarrolla en la zona intertropical con climas cálidos aporta el 25 % de la producción nacional (Orantes *et al.*, 2014) y alberga del orden de una tercera parte del hato bovino del país. Sin embargo, a pesar de su escasa tecnología, es una fuente de ingresos para los productores y activa la economía local, debido a que la mayoría de las veces sus productos se comercializan dentro de la misma región.

La alimentación del ganado se basa en los forrajes; sin embargo, las condiciones climáticas que caracterizan a la región provocan una marcada estacionalidad del periodo de lluvias, lo que condiciona la producción de forraje a los meses de junio a octubre. El grado de tecnificación, idiosincrasia, tradiciones y costumbres de la región, propician en la ganadería tropical problemas de productividad y competitividad.

La ganadería tropical se caracteriza por la flexibilidad de su función zootécnica (Martínez *et al.*, 2012) debido a que el amamantamiento de los becerros se utiliza para estimular el descenso de la leche durante el ordeño; por tanto, el becerro permanece con su madre hasta el final de la lactancia y genera como coproductos leche y becerros al destete. El crecimiento del becerro es afectado por la producción y calidad de leche de la vaca, las cuales, mantienen una producción de 3 a 6.2 l d⁻¹ dependiendo del nivel de suplementación (Martínez *et al.*, 2012; Díaz *et al.*, 2014; Orantes *et al.*, 2014) y el becerro consume la leche residual con ganancias diarias de peso menores de 365 g d⁻¹ (Salamanca *et al.*, 2011).

3.2. Producción bovina cárnica en las regiones tropicales de México

En México en el mes de septiembre se sacrificaron alrededor de 170,400 cabezas de ganado bovino dentro de las cuales el 27% correspondieron a la región tropical con climas cálidos húmedos y subhúmedos, concentrándose el 14% dentro del estado de Veracruz a nivel nacional (SIAP, 2017). La ganadería que se localiza en esta región, se caracteriza por un manejo con escasa utilización de insumos externos combinando el ordeño con el amamantamiento del becerro hasta su destete, posterior a éste el animal permanece en potreros hasta su crecimiento y madurez para ser vendido al mercado de la carne o bien a otros estados para su desarrollo y finalización.

Debido a las condiciones climáticas y del suelo, los pastos nativos de esta región se caracterizan por tener bajas concentraciones de proteína cruda, altas de fibra detergente neutro y baja digestibilidad. En la época seca existe escases de forraje ocasionando el desabasto de la demanda de nutrientes del animal para poder crecer y desarrollarse de manera óptima. Pocos son los productores que complementan al animal con esquilmos agrícolas y en menor medida granos y forrajes de buena calidad, ocasionando que los periodos de crecimiento y venta del animal sean prolongados repercutiendo en la economía del productor.

La demanda de carne de res a nivel mundial es cada vez mayor pues se estima que en el planeta para 2050 seremos 9.6 mil millones de habitantes, de esa forma la producción será en beneficio de sistemas en pastoreo, eficientes, y conservacionistas, por lo tanto la investigación y desarrollo de tecnología para encaminar las actividades pecuarias dentro de la región tropical con climas cálidos serán rentables.

Los primeros estudios realizados en México para conocer el comportamiento productivo de los bovinos en las condiciones tropicales datan de más de 50 años, uno de ellos donde se evaluaron 5 gramíneas tropicales en el crecimiento de novillos cebú en pastoreo, donde se reportaron ganancias diarias de peso (GDP) de 278 a 620 g cbz d⁻¹ (Arroyo y Teunissen, 1964), dos años más tarde se

realizó otro en el municipio de Cotaxtla, Veracruz, el pasto Pangola fue mejor con GDP del ganado de 588 g cbz d⁻¹ (Teunissen *et al.*, 1966). En 2009 en Yucatán se evaluaron toretes en época de nortes pastoreando *Brachiaria brizanta* obteniendo GDP de 341 g cbz d⁻¹. Lo cual muestra que en 50 años la productividad no ha mejorado de manera notoria, lo que ha llevado a desarrollar tecnologías tales como la asociación de gramíneas con leguminosas con potreros y suplementación aumentando un 100% la GDP (Gutiérrez y Ayala. 2009; Graillet *et al.*, 2017; Mayo, 2014).

3.3 Los bovinos criollos

Hace más de 500 años en la conquista y colonización del continente americano llegaron una amplia variedad de plantas y animales, entre ellos el ganado bovino (de Alba, 2011). Esta especie llegó en el segundo viaje de Colón en 1493 a la isla de Haití y desde allí comenzó su dispersión y en 1524 ya se encontraban en todos los países de América del Sur (Primo, 1992).

Estos animales al llegar a nuestro continente se encontraron con casi todos los climas que existen en el planeta tierra, desde las regiones a grandes alturas y con nieves perpetuas, hasta los climas cálidos tropicales extremos, unos ardientes y secos, y otros más húmedos o los que sufren inundaciones periódicas. Bajo estas condiciones los bovinos tuvieron que adaptarse e incrementar la frecuencia de sus características ventajosas para cada población y su contexto particular. En este proceso, durante el periodo inicial el hombre casi no tuvo participación, sino la naturaleza. En el periodo de la independencia aparecen prácticas productivas que modifican estos procesos evolutivos, como un ejemplo se puede mencionar el uso de cercos alambrados para el aislamiento de las poblaciones y la imposición de características deseadas por el hombre, que generalmente son ajenas a la selección natural (de Alba, 2011).

3.3.1 Los bovinos criollos en la producción cárnica

Las razas bovinas naturalizadas tropicales de América, aunque tienen el mismo origen que las razas especializadas de las zonas templadas del mundo, han logrado a través de más de 500 años de selección natural una gran adaptación al medio, la cual se refleja en la posesión de algunas buenas características de importancia económica que pueden ser utilizadas para aumentar la producción animal. Como es notorio, el valor de una raza productora de carne en cualquier parte del mundo, pero especialmente en la región tropical, está dado principalmente por su habilidad para sobrevivir, reproducirse y aumentar de peso (Hernández, 1981).

En cada una de las regiones donde han evolucionado los bovinos criollos se han constituido como parte de algunos sistemas especializados de producción de carne como es el caso de los Romosinuano (Romo), Blanco Orejinegro (BON), Mocho Nacional, Yacumeno y Criollo argentino (Tewolde, 1999).

Novillos Romosinuano alimentados con una dieta de 12.8% PC y 2.02 Mcal/kg MS de energía neta de mantenimiento (ENm) tuvieron 0.74 kg y 7.3 de GDP y CA (Coleman *et al.* 2012). En las razas BON y Romo se clasificaron como toros elite aquellos que obtuvieron GDP de 1000 y 890 g d⁻¹, al suplementar *ad libitum* concentrado con 2.85 Mcal/kg MS y 12% de PC (Martínez *et al.* 2012).

Desde comienzos del siglo XX y con más intensidad a partir de los años 50 de ese siglo, la población de vacas criollas fue cruzada con toros *Bos indicus*, iniciándose así, en la mayoría de los países, un proceso de cruzamiento por absorción con diferentes razas cebuinas. Ganado BON al ser cruzado con cebú, incrementó la GDP 47% (Martínez, 1987). Como consecuencia, el bovino criollo puro tiende actualmente a desaparecer en América. El alto porcentaje de heterosis obtenido en las primeras generaciones de este cruzamiento condujo a la creencia que el aumento de la productividad se debía exclusivamente al Cebú y no en gran parte a efectos no aditivos de los

genes, como se comprobó en años recientes. La observación de que las razas cebuinas produjeron en el cruzamiento con ganado criollo un alto porcentaje de heterosis, los resultados positivos de los programas de cruzamiento entre razas *Bos taurus* y *Bos indicus* en otras partes del mundo, y la ausencia de razas *Bos taurus* de producción de carne en el trópico de América movieron a los doctores Marvin Koger, Jorge de Alba, H.H.Stonaker y otros, a recomendar que se pusiera término a la avanzada erradicación de las razas criollas y se explorara la posibilidad de emplear el bovino *Bos taurus*, adaptado al trópico, en programas de cruzamiento sistemático (Pleasse, 1981). Resultados de estos programas de mejoramiento genético revelan pesos al nacimiento hasta 20% mayores en becerros F1 cebú x criollo en comparación de los pesos promedio de pesos al nacimiento de cebús y criollos puros (Stonaker, 1971; Peña de Borsotti et al, 1974; González, 1976), de igual forma para el crecimiento postdestete quedando en 1^{er} y 3^{er} lugar la cruce de estos dos grupos raciales (cebú x criollo) en una prueba de 140 días en pastoreo (Muñoz y Martin, 1969). Botero (1979) concluyó que las cruza de BON x Cebú mejoraban las características de sacrificio al aumentar el desarrollo, peso al sacrificio y menor pérdida de peso por ayuno; al mismo tiempo la cruce mejoro el índice de carne aprovechable (70.06%) (Buitrago y Gutiérrez, 1999).

Otros estudios han mostrado que las características de interés cárnico mejoran al hacer cruzamientos criollo x cebú (Martínez *et al.*, 2006) y pocas pruebas se han realizado donde se utilicen criollos puros en sistemas intensivos de engorda a corral (Soto y Martínez, 2001).

3.3.2 Características de la canal y carne de bovinos criollos

En México los animales que se destinan al mercado de la carne presentan gran variabilidad genotípica y fenotípica, además de una diversidad de sistemas y manejos de producción lo que ocasiona una gran diferencia en las canales (Méndez *et al.*, 2011). En la región cálida de México la producción de carne se basa principalmente en el uso de bovinos cebú y sus cruces, que, a pesar

de poseer características de adaptación, son superados por los bovinos criollos en mansedumbre y capacidad reproductiva (Corpoica, 2010). Los cruzamientos entre los bovinos criollos y cebú se han convertido una práctica común particularmente para mejorar las características de la canal y carne. Se evaluó el efecto de la suplementación a novillos criollo Limonero en pastoreo sobre las características de la canal, obteniendo rendimientos en canal de 53.60-53.93% \pm 0.49 (Rodas *et al.*, 2006). Para conocer el rendimiento en carne, se evaluaron novillos de 6 grupos raciales, en el cual se concluyó que las cruzas de ganado criollo obtenían mejores rendimientos en cortes finos y de primera calidad (9.8-9.4%), menor porcentaje en hueso (12.9-13.9%) y mayor porcentaje de carne aprovechable (76.9-79%) (Flores *et al.*, 2014). En cuestión de calidad de la carne Flores *et al.* (2015) mostraron que las canales de cruzas de criollo x cebú eran más suaves que los cortes de canales de novillos cebú y Vázquez *et al.* (2007) indicaron que la carne de Brahman seguida de Angus eran más duras que la de cruzas de Romo x Cebú.

3.4 La raza criollo Lechero Tropical

En México la raza criolla Lechero Tropical (LT) se formó a partir de ganado proveniente de la ganadería de “Don Joaquín Reyna”, Nicaragua, toros provenientes del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica y ganado proveniente de Colima y Oaxaca, México en el año de 1965 (Rosendo y Becerril, 2015). Actualmente, la población no supera las mil cabezas (FAO, 2007) y se distribuye en los Estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz (AMCROLET, 2012). El objetivo actual de la raza es proveer al ganadero de regiones tropicales de climas cálidos de una estirpe superior de ganado *Bos taurus* productor de leche de alta calidad adaptado a la región (Rosendo y Becerril, 2015).

La LT es de talla mediana, la tonalidad de su manto va desde el bayo claro hasta el rojo oscuro, posee piel pigmentada y pelo corto y ha mostrado capacidad productiva y reproductiva en

condiciones de alimentación exclusiva con forrajes tropicales (Primo, 1992; Rosendo y Becerril, 2015). El peso adulto aproximado de una vaca LT es de 450 kg (AMCROLET, 2012), característica que resulta en el uso eficiente del espacio. La LT permite un mayor número de vacas por unidad de superficie comparado con vacas cruzadas Suizo x Cebú usadas comúnmente en estas regiones (Orantes-Zebadúa *et al.*, 2014); lo anterior implica, además de la producción de leche, un mayor número de becerros destetados por unidad de superficie.

En condiciones de clima cálido tropical con temperatura media de 28 °C alimentada con pasto Estrella de África (*Cynodon plechtostachyus*) y 2 kg por animal de concentrado comercial, la LT mostró una media de 6.6 ± 1.9 l de leche por día en vacas de segundo parto durante los primeros 98 días de lactancia y una media de 55 ± 20.3 días para el intervalo parto primer estro (Martínez-Tinajero *et al.*, 2006). La producción media por lactancia (305 d) en vacas LT, alimentadas únicamente a pastoreo y contemplando la estación seca es de 1,174 l y 455 días para el intervalo entre partos (Rosendo y Becerril, 2015); tomando como referencia 1,160 l y 462 días como indicadores de la región (Magaña *et al.*, 2016).

4. LITERATURA CITADA

- Arroyo D, Teunissen, H. Estudio comparativo de producción de carne en 5 zacates tropicales. *Téc Pecu Méx* 1964. 3:15-19.
- Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Lechero Tropical (AMCROLET). 2012. Libro de registro raza Criollo Lechero Tropical. AMCROLET, A. C. Veracruz, México. 129 p.

- Barkin D. Desarrollo regional y reorganización campesina. La Chontalpa como reflejo del gran programa agropecuario mexicano. En Desarrollo Agrario y la América Latina. Selección de Antonio Gracia. Fondo de Cultura Económica, México. 1981 (Cap. 20).
- Botero FM. El ganado Blanco Orejinegro. Razas criollas colombianas. ICA. Manual de asistencia técnica No 21, segunda edición, 1979.
- Buitrago F, Gutiérrez ID. Potencial genético y productivo del ganado Blanco Orejinegro. Censo y caracterización de los sistemas de producción del ganado criollo y colombiano, Santa Fe Bogotá, Col, 1999, 65-69.
- Bustamante GJJ, Martínez VG, Basurto GR, Palacios FJA, Moreno FLA y Montaña BM. 2007a. Comportamiento productivo de toretes criollos durante las etapas de crecimiento y finalización en corral. [RESUMEN]. XLIII Reunión nacional de investigación pecuaria Sinaloa 2007. Culiacán, Sin. 19-24 noviembre 2007. pp. 240.
- Bustamante GJJ, Martínez VG, Basurto GR, Palacios FJA, Moreno FLA y Montaña BM. 2007b. Rendimiento y calidad de la canal de toretes criollos finalizados en corral. [RESUMEN]. XLIII Reunión nacional de investigación pecuaria Sinaloa 2007. Culiacán, Sin. 19-24 noviembre 2007. pp. 241.
- Coleman S, Chase C, Phillips W, Riley D, Olson T (2012) Evaluation of tropically adapted straightbred and crossbred cattle: Postweaning BW gain and feed efficiency when finished in a temperate climate. J Anim Sci 90(6): 1955-1965.
- De Alba, J. 2011. El libro de los Bovinos Criollos de América. Colegio de Postgraduados, Mundi Prensa México y España. Estado de México, México. 444 p.
- de Borsoti PN, Muller-Haye B, Verde O, Plasse D, Ríos D, Gonzáles M. 1974. Comportamiento productivo de *Bos taurus* y *Bos indicus* y sus cruces. II. Peso al nacer. ALPA Memoria. 9:46-47 (Resumen).

- Díaz CA, Sardiñas LY, Castillo CE, Padilla CC, Jordán VH, Martínez ZR, Ruiz VT, Díaz SM, Moo CA, Gómez CO, Alpide TD, Arjona RM y Ortega GG. 2014. Caracterización de ranchos ganaderos de Campeche, México. Resultados de proyectos de transferencia de tecnologías. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 18(2):41-61.
- Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). 2014. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- Flores Chuc SA. Efecto de la carga animal sobre la disponibilidad, calidad del forraje y cambio de peso de toretes en pastoreo de *Brachiaria brizantha* durante la época de nortes en Yucatán [tesis maestría]. Yucatán, México. Universidad Autónoma de Yucatán. 2009.
- Flórez DH, León LM, Ballesteros CH, Castañeda S, Moreno ME, Martínez CG, Torres CJC, Peña CF. 2015. Calidad de la carne de bovinos criollos y europeos y sus cruces con cebú en las condiciones de la Orinoquia colombiana. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal AICA*. 6:381-387.
- Flórez DH, Martínez CG, Ballesteros CH, León LLM, Castañeda S, Moreno ME, Arias CLE, Torres CJC, Rodríguez RCA, Peña CF, Uribe BA. 2014. Rendimiento en carne de bovinos criollos y europeos y sus cruces con Cebú en las condiciones de la Orinoquia colombiana. *Revista AICA*; 4:12-15. ISSN (versión impresa): 2253-7325; ISSN (versión web online): 2253-9727.
- González F. 1976. Ganado Sanmartinero. En: *Razas Criollas Colombianas*. Instituto Colombiano Agropecuario (ed.) Bogotá, Colombia. *Manual de Asistencia Técnica*, 21:63–81.
- Graillet JEM, Arieta RRJ, Aguilar GMC, Alvarado GLC, Rodríguez ON, 2017. Ganancia de peso diario en toretes de iniciación en pastoreo suplementados con bloques nutricionales. *REDVET*. 18: 1

- Gutiérrez VE, Ayala BA. 2009. Uso y elaboración de los bloques multinutricionales de melaza-urea. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Hernández G. VI Las razas criollas colombianas para la producción de carne. Recursos genéticos animales en América Latina 1981. Estudio FAO: Producción y sanidad animal.
- Magaña MJG, Ríos AG y Martínez GJC. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. ALPA. 14(3): 105-114.
- Martínez CC, Cotera RJ, Abad JZ. 2012. Características de la producción y comercialización de leche bovina en sistemas de doble propósito en Dobladero, Veracruz. Revista Mexicana de Agronegocios. 16 (30): 816-824.
- Martínez GV, Bustamante JG, Palacios JAF, Montañó BM .2006. Efectos raciales y heterosis materna Criollo-Guzerat. Téc Pecú Méx; 44(1):107-118.
- Martínez RQ, Gallego J, Mateus HR, Medina P, Ballesteros H (2012b) Desempeño de toretes de las razas criollas Blanco Orejinegro y Romosinuano en prueba de crecimiento en pastoreo. Rev Col Cien Pec 25: 36-45.
- Martínez TJJ, Aguirre MJF, Martínez PG y Hernández TG. 2006. Comportamiento productivo y reproductivo de tres genotipos bovinos en la región del Soconusco, Chiapas, México. Zootecnia Tropical. 24(2): 109-120.
- Mayo ER. Ganancia de peso de bovinos en crecimiento en un sistema silvopastoril intensivo y en un sistema en confinamiento en Michoacán, México [tesis maestría]. Yucatán, México. Universidad Autónoma de Yucatán. 2014

- Muñoz GJ, Huerta BM, Lara BA, Rangel SR, de la Rosa AJ. 2016. Producción y calidad nutrimental de forrajes en condiciones del Trópico Húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 16: 3315-3327.
- Muñoz H, Martín G. 1969 Crecimiento antes y después del destete en ganado Santa Gertrudis, Brahman y Criollo y sus cruces recíprocos. *ALPA memoria*. 4: 7-29
- Orantes ZMA, Platas RD, Córdova AV, De los Santos LMC y Córdova AA. 2014. Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 1(1):49-58.
- Orantes-Zebadúa MA, Platas RD, Córdova AV, Lara DMC, Avalos CA. 2014. Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 1(1): 49-58.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2007. The estate of the worlds animal Genetic resources for food and agriculture. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rischkowsky B. and Pilling D. (Eds). Primera edición. Roma, Italia. 511 p.
- Palma JM. Escenarios de sistemas de producción de carne de bovino en México. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 18(1): 53-62.
- Plasse D. VII El uso del ganado criollo en programas de cruzamiento para la producción de carne en América Latina. *Recursos genéticos animales en América Latina 1981*. Estudio FAO: Producción y sanidad animal.
- Primo AT. 1992. El ganado bovino ibérico en las Américas: 500 años después. *Archivos de Zootecnia*. 41: 421-432.
- Rosendo PA y Becerril PCM. 2015. Avance en el conocimiento del bovino criollo Lechero Tropical de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2(5): 233-243.

- Sal Paz, F. 1986. El bovino criollo argentino: historia características y productividad. En: Ganado Bovino Criollo Tomo I Orientación Gráfica Editora. Pág. 3-7.
- Salamanca CA, Quintero VR y Benítez MJ. 2011. Características de crecimiento predestete en becerros del Sistema Doble Propósito en el municipio de Arauca. *Zootecnia Tropical*. 29(4):455-465.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural). SAGARPA. México, D. F. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>
- Soto RC, Martínez DR. 2001. Utilización de bloques de melaza y urea en la engorda intensiva de becerros criollos. *Arch. Lat. Prod. Anim.* 9(2): 99-103.
- Stonaker, H.H. 1971. Animal breeding in the tropics of Latin America. *J. Anim Sci*
- Teunissen H, Arroyo, D, Garza, R. Estudio comparativo de producción de carne en 5 zacates tropicales. II. *Tec Pecu Mex* 1966. 8:38-45.
- Tewolde A. Los criollos bovinos y los sistemas de producción animal en los trópicos de América Latina. En: utilización de razas y tipos bovinos creados y desarrollados en Latinoamérica y el Caribe. Publicado por la Asociación Latinoamericana de Producción Animal; 1999.
- Vásquez RE, Ballesteros H, Muñoz CA. 2007. Factores asociados con la calidad de la carne. I parte: la terneza de la carne bovina en 40 empresas ganaderas de la región Caribe y el Magdalena Medio. *Revista Corpoica*. 8:60-65.

**CARACTERÍSTICAS CÁRNICAS DE TOROS CRIOLLO LECHERO TROPICAL
ALIMENTADOS EN CORRAL CON DIFERENTES NIVELES DE ENERGÍA
MEAT CHARACTERISTICS OF TROPICAL MILKING CRIOLLO BULLS IN
FEEDLOT WITH DIFFERENT ENERGY CONTENT RATIOS**

Eduardo Sánchez Arroyo¹, MC; Juan M Vargas Romero², Dr; Adalberto Rosendo Ponce³, PhD;
Adrián Sánchez Gómez³, MC; Omar Hernández Mendo¹, PhD; Carlos M Becerril Pérez^{3*}, PhD.

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, México

²Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Ciudad de México

³Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Veracruz, México

color@colpos.mx

1.1 RESUMEN

La Lechero Tropical (LT) es una raza naturalizada por más de 500 años a los climas cálidos de la región intertropical de las Américas; se utiliza para producir queso y otros lácteos. Los toros no seleccionados como futuros sementales se destinan al mercado de carne; sin embargo, se desconocen sus características cárnicas. Durante un periodo experimental de 70 d en la época seca se alimentaron 30 toros LT a corral; 10 por cada etapa de crecimiento, desarrollo y finalización, fueron asignados aleatoriamente a una de dos dietas integrales de baja (BE) -2.2 Mcal/kg MS- y alta (AE) -2.9 Mcal/kg MS- energía, con contenido isoproteico por etapa de 14.5, 12.0 y 10.3 % de PC, respectivamente. Se utilizó un diseño completamente al azar para las características de comportamiento productivo y de la canal, y con arreglo factorial 2x4 para las características de

calidad de carne. En las tres etapas de estudio, en las dietas AE se obtuvieron mejores comportamientos productivos: peso vivo final 262.6 ± 5.44 , 347.0 ± 4.17 y 450.0 ± 2.46 kg, consumo de materia seca 6.56 ± 0.21 , 8.55 ± 0.3 y 10.24 ± 0.18 kg d⁻¹, ganancia diaria de peso 1.68 ± 0.07 , 1.82 ± 0.06 y 1.72 ± 0.04 kg y conversión alimenticia 4.07 ± 0.42 , 4.69 ± 0.34 y 5.99 ± 0.30 . Para los toros finalizados el peso de sacrificio fue 352 ± 4.85 kg en BE vs 446.7 ± 4.85 kg en AE ($p \leq 0.05$) y el rendimiento de la canal fría 54.7 y 58.0 % ($p \leq 0.05$). Se observaron diferencias entre músculos en pH, terneza y color ($p \leq 0.05$) e interacciones entre dieta y músculo para terneza, tono rojo y tono amarillo.

Palabras clave: agrobiodiversidad, calidad, carne, climas cálidos, estación seca.

1.2 ABSTRACT

The Tropical Milking (LT) is a breed naturalized for more than 500 years to the hot climates of the intertropical region of the Americas; is used to produce chees and other dairy products. The bulls not selected as future sires are meat marketed; however, their meat characteristics are little known. In the dry season, 30 LT bulls were used during an experimental period of 70 d in a feedlot, 10 for each stage of growth, development and completion, were randomly assigned to one of two integral diets of low -2.2 Mcal/kg DM- (BE) and high -2.9 Mcal/kg DM- energy content with isoprotein content per stage of 14.5, 12.0 and 10.3 % CP, respectively. A completely random design was used for the characteristics of productive performance and the carcass, and with a factorial arrangement 2x4 for the meat characteristics. In the three stages of study, in the diets AE, better productive performance were observed: final weight 262.6 ± 5.44 , 347.0 ± 4.17 and 450.0 ± 2.46 kg; dry matter intake 6.56 ± 0.21 , 8.55 ± 0.3 and 10.24 ± 0.18 kg d⁻¹; daily gain of weight 1.68 ± 0.07 ,

1.82 ± 0.06 and 1.72 ± 0.04 kg; and feed conversion 4.07 ± 0.42, 4.69 ± 0.34 and 5.99 ± 0.30. The slaughter weight was 352 ± 4.85 kg in BE and 446.7 ± 4.85 kg in AE ($p \leq 0.05$) and the cold carcass yield 54.7 and 58.0% ($p \leq 0.05$). Differences were found among muscles in pH, tenderness and color ($p \leq 0.05$) and interactions between diet and muscle for tenderness and red and yellow tones.

Key words: agrobiodiversity, quality, meat, hot climates, dry season.

1.3 INTRODUCCIÓN

En México la ganadería se desarrolla en 110 millones de hectáreas del territorio nacional, de las cuales 28% corresponden a regiones tropicales de climas cálidos, donde se produce carne y leche como coproductos combinando el ordeño con el amamantamiento del becerro hasta el destete (Martínez *et al.* 2012a). El sensible calentamiento y cambio climático en el planeta y la marcada estacionalidad del periodo de lluvias y temperaturas atmosféricas superiores a 38° C, propician utilizar razas bovinas que además de producir, tengan mejores capacidades de adaptación y sobrevivencia a las condiciones climáticas locales, con época de secas más intensas y prolongadas. En este contexto, la Lechero Tropical de México (LT) es una raza criolla naturalizada por más de 500 años a los climas cálidos, cuya leche con altos tenores grasos y proteicos se procesa para obtener queso y otros derivados lácteos (de Alba 1985, de Alba y Kennedy 1985, CONARGEN 2015). La LT cuenta con un núcleo que pertenece a una institución pública de educación, en el cual se lleva a cabo un programa de mejora genética donde los toros no seleccionados como sementales se destinan a la producción de carne en potreros y/o corrales de engorda, actividad que también la realizan criadores de la raza. Durante la estación seca, debido al lento crecimiento y baja digestibilidad de los pastos (Muñoz *et al.* 2016), la energía se vuelve un factor limitante para el desarrollo del bovino (Ku Vera *et al.* 2014), que puede inducir gluconeogénesis a partir de grasa

y músculo y ocasionar daño fisiológico irreversible que impida al animal tener un peso acorde a su edad en la etapa adulta; además, se afecta la calidad de la canal al presentarse altas concentraciones de tejido conectivo insoluble, por lo que es necesario implementar estrategias de alimentación para mejorar la producción de carne.

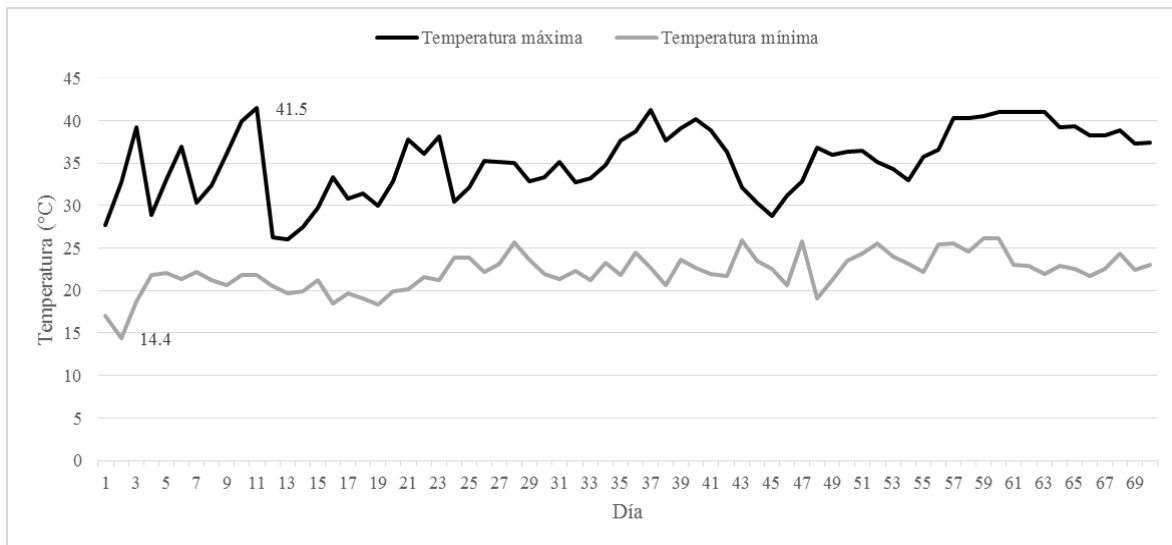
Soto y Martínez (2001) en condiciones tropicales suplementaron a bovinos criollos con una ración de 1.5% de su peso vivo durante la época seca, los animales aumentaron 20% el peso vivo y disminuyeron 15.8% la conversión alimenticia. Rodas *et al.* (2006) mostraron que novillos criollos Limonero de Venezuela suplementados con concentrado de 11% de proteína cruda (PC), aumentaron su peso final 8%, sin diferencias en el rendimiento cárnico y características de la carne ($p \geq 0.05$), lo que sugiere estudiar estrategias de alimentación que permitan mejorar las características cárnicas. Después de un periodo de 404 d de pastoreo, la Limonero a menor peso de sacrificio que las Suizo Pardo y Brahman, obtuvo mejor rendimiento en canal (Rodríguez *et al.* 1997). En un clima cálido tropical toros de las razas criollas colombianas Blanco Orejinegro (BON) y Romosinuano (Romo) suplementados con concentrado de 12% de PC y 2.85 Mcal/kg MS a libre acceso, obtuvieron ganancias diarias de peso de 499 a 833 g (Martínez *et al.* 2012b). Sin embargo, las evidencias científicas para implementar estrategias de alimentación más intensivas con razas criollas en climas cálidos tropicales durante la estación seca son escasas. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de dietas con diferente contenido energético en las características productivas a corral, de la canal y la carne de toros Lechero Tropical durante tres etapas de alimentación en la estación seca.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo bajo el reglamento para el uso y cuidado de animales destinados a la investigación científica del Colegio de Postgraduados (noviembre de 2016, acuerdo 02.11.16).

Lugar de estudio. El estudio se realizó de marzo a mayo de 2016, en el predio “El Huilango” del municipio de Cotaxtla, Veracruz, México; a 18° 53′ N y 96° 15′ O y 30 msnm. La temperatura y precipitación media anuales son 25.4 °C y 1,042 mm, clima Aw₀(w)(i)g cálido subhúmedo (García 2004). Las temperaturas máximas y mínimas ocurridas durante el periodo experimental se muestran en la Figura 1. Como se observa, en diversos días las temperaturas máximas diarias fueron superiores de 40 °C.

Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas observadas durante el periodo experimental



Unidades experimentales. Se utilizaron 30 toros LT a corral; 10 en cada una de tres etapas de alimentación: crecimiento, desarrollo y finalización, diferenciadas por el peso vivo y la edad; las etapas están relacionadas con diferentes estados fisiológicos para la síntesis de diferentes tejidos corporales (Berg y Butterfield 1976) (Tabla 1). En cada etapa se asignaron aleatoriamente a cinco

toros a una de dos dietas. Al inicio del experimento los toros se pesaron y desparasitaron vía oral (Albendagort 10% CS® Albendazol, Sulfato de cobalto y Selenito de Sodio, Gortie) con 1 ml por cada 20 kg de peso vivo y vía subcutánea (Nitromic Iver® Nitroxinil e Ivermectina, Microsules) con 1 ml por cada 50 kg de peso vivo y con periodo de adaptación a las dietas de 21 d. Se incluyó un ionóforo (monensina sódica) en la dieta con dosis de 200-300 mg/animal/día como regulador del pH ruminal. Cada toro se alojó en corraleta rectangular individual de 15 m² con piso de tierra, cerco eléctrico y comedero y bebedero de lámina.

Cuadro 1. Peso y edad de toros Lechero Tropical por etapa de alimentación y dieta.

Etapa	Dieta	Peso inicial (kg)	Edad (meses)
Crecimiento	BE	145.6± 4.66	17.8± 1.5
	AE	144.2± 1.99	19.2± 0.9
Desarrollo	BE	214.7± 8.07	24.6± 1.0
	AE	226.8± 5.81	26.2± 1.4
Finalización	BE	319.0± 4.66	38.1± 2.7
	AE	335.4± 5.52	37.6± 1.8

BE: menor contenido energético (2.2 Mcal/kg MS); AE: mayor contenido energético (2.9 Mcal/kg MS).

Dietas. Por cada etapa se consideraron dos dietas integrales isoproteicas con diferente contenido de energía metabolizable (EM), regulada a través de la relación forraje:concentrado. Las dietas de las tres etapas tuvieron 2.2 Mcal/kg MS y 70% de forraje en las dietas de menor energía (BE) y 2.9 Mcal/kg MS y al menos 19.5% de forraje las de mayor energía (AE), mientras que el contenido proteico por etapa fue de 14.5, 12.0 y 10.3% PC, respectivamente (Tabla 2). Las dietas

experimentales se formularon de acuerdo a los requerimientos nutricionales para ganado de carne (NRC 2000) (Tabla 2) y fueron analizadas en laboratorio para determinar PC por el método de Kjeldahl, EM a partir de las formulas propuestas por el NRC (2000), extracto etéreo por el método de Soxhlet y cenizas totales.

Cuadro 2. Ingredientes (%) y composición química de las dietas experimentales en base seca.

Ingrediente	ETAPA					
	Crecimiento		Desarrollo		Finalización	
	BE	AE	BE	AE	BE	AE
Pasta de soya	21.5	16.7	15.5	11.0	11.3	6.7
Maíz amarillo molido	4.0	59.3	10.0	62.5	13.0	66.7
<i>Panicum maximum</i> cv. Tanzania altura > 1m	70.0	19.5	70.0	22.0	71.2	22.1
Melaza	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Vitaminas y minerales	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Composición química						
Proteína cruda (%)	14.5	14.5	12.0	12.0	10.3	10.3
e.e	0.23	0.31	0.27	0.30	0.19	0.37
Energía metabolizable (Mcal/kg MS)	2.2	2.9	2.2	2.9	2.2	2.9
e.e	0.12	0.19	0.23	0.21	0.16	0.14
Extracto etéreo (%)	1.58	2.99	1.72	3.06	1.79	3.16

e.e	0.43	0.32	0.37	0.27	0.42	0.25
Cenizas (%)	8.5	7.5	8.6	7.5	9.0	7.2
e.e	0.14	0.11	0.60	0.05	0.08	0.04

BE: menor contenido energético (2.2 Mcal/kg MS); AE: mayor contenido energético (2.9 Mcal/kg MS); e.e: error experimental

Fase a corral. El experimento tuvo una duración de 70 d, con la ocurrencia simultánea de las etapas de crecimiento, desarrollo y finalización. El alimento se ofreció dos veces al día a las 8:00 y 16:00 h y agua limpia y fresca *ad libitum*. La lectura de comedero se realizó diariamente en escala de 0-4 (0 = comedero lamido y 4 = más de 50% de alimento residual). El alimento disponible aumentó si durante dos días consecutivos la lectura fue cero y disminuyó si fue cinco (Pritchard y Bruns 2003). Durante dos días consecutivos por semana se determinó el contenido de materia seca del alimento residual para calcular el consumo de materia seca (CMS). Al finalizar el experimento los toros se pesaron en ayuno de 12 h (PF, kg) y se calculó la ganancia diaria de peso (GDP, kg) y la conversión alimenticia (CA).

Fase de sacrificio. De los toros de la etapa de finalización se determinó el peso vivo (PV, kg) y se sacrificaron de acuerdo a las normas Tipo Inspección Federal (TIF) *del Frigorífico de la Cuenca del Papaloapan, SA de CV, 18° 32' N y 96° 23' O y a 52.5 km del sitio experimental a donde se transportaron en remolque*. Se midió el peso de la canal caliente (PCC, kg), grasa del corazón, pelvis y riñón (GV, %). La canal se almacenó en una cámara de refrigeración a 4° C y a 48 h postmortem se midió del borde anterior de la sínfisis isquiopubiana al borde anterior de la primera costilla en su punto medio utilizando una cinta métrica (LCF, cm), se registró su peso (PCF, kg) y se estimó el rendimiento de la canal fría (RCF, %; $RCF = PCF/PV \times 100$). Se extrajeron muestras del ojo de la chuleta entre la 12^a y 13^a costillas del *Longissimus dorsi* (Ld) y de los músculos *Semimembranosus* (Sm), *Infraspinatus* (Is) y *Serratus ventralis* (Sv), con la finalidad de obtener

las características fisicoquímicas del lomo, pierna, espaldilla y pecho, de cuyas piezas se extraen cortes de alta demanda en México (SAGARPA 2013); además de obtener las características de músculos contrastantes en tamaño, forma, color (Bass *et al.* 2009), terneza (Belew *et al.* 2003) y composición química (Jeremiah *et al.*, 2003). Las muestras se empacaron al vacío y permanecieron a -18° C hasta su análisis físico y químico posteriores.

Fase de laboratorio. Se recolectaron tres muestras por cada músculo. Las muestras se descongelaron (4° C, 24 h) y se tomó lectura digital de pH (HANNA Instruments 99163®). Para evaluar la terneza de la carne por fuerza de corte (kg/N) de cada músculo se extrajeron fetas perpendiculares a las fibras musculares de 2.5 cm de espesor y se utilizó un texturometro (BROOKFIELD CT3®) con cuchilla Warner Bratzler. El color de cada músculo se midió en muestras expuestas al aire una hora con un colorímetro (ColorFlex EZ®) utilizando el sistema CIE L*a*b* (CIE 2004).

Diseño experimental. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Las variables CMS, GDP, CA y PF se analizaron en cada etapa de alimentación y las de rendimiento cárnico PCC, GV, PCF, LCF y RCF solamente en la última etapa, utilizando el procedimiento GLM del SAS® 9.4 (SAS Institute 2010). Las características cárnicas se analizaron con el procedimiento MIXED utilizando una estructura de covarianza autoregresiva de primer orden con un modelo en arreglo factorial 2x4 para dieta y músculo:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + A_{j(i)} + M_k + (DM)_{ik} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Medición en la dieta i -ésima, del toro j -ésimo, del músculo k -ésimo y muestra l -ésima.

μ = Constante que caracteriza a la población.

D_i = Efecto fijo de la dieta i -ésima ($i = 1, 2$).

$A_{j(i)}$ = Efecto aleatorio del toro j -ésimo, anidado en la dieta i -ésima ($j=1, 2, 3, 4, 5$). $A_{j(i)} \sim \text{IIDN}(0, \sigma_a^2)$.

M_k = Efecto fijo del músculo k -ésimo ($k = 1, 2, 3, 4$).

$(DM)_{ik}$ = Efecto fijo de la interacción dieta por músculo.

ε_{ijkl} = Error experimental de la muestra l -ésima ($l = 1, 2, 3$). $\varepsilon_{ijkl} \sim \text{IDN}(0, \sigma^2)$.

1.5 RESULTADOS

En el Tabla 3 se muestran las características productivas de los toros por etapas y dietas durante la fase de corral.

Cuadro 3. Comportamiento productivo de toros Lechero Tropical alimentados en corral con dietas isoproteicas y dos niveles de energía por etapa.

Característica	ETAPA					
	Crecimiento		Desarrollo		Finalización	
	BE	AE	BE	AE	BE	AE
Peso final (kg)	192.0 ^a	262.6 ^b	291.2 ^a	347.0 ^b	373.9 ^a	450.0 ^b
e.e. ¹	5.44	5.44	4.17	4.17	2.46	2.46
Consumo (MS kg animal ⁻¹ d ⁻¹)	5.49 ^a	6.56 ^b	7.46 ^a	8.55 ^b	7.84 ^a	10.24 ^b
e.e.	0.21	0.21	0.30	0.30	0.18	0.18
GDP (kg animal ⁻¹ d ⁻¹)	0.67 ^a	1.68 ^b	0.99 ^a	1.82 ^b	0.70 ^a	1.72 ^b
e.e	0.07	0.07	0.06	0.06	0.04	0.04
CA (MS kg PV ⁻¹)	8.36 ^a	4.07 ^b	7.63 ^a	4.69 ^b	11.20 ^a	5.99 ^b
e.e	0.42	0.42	0.34	0.34	0.30	0.30

^{a, b}: literales distintas entre columnas denotan diferencias estadísticas dentro de etapa ($p \leq 0.05$).

BE: menor contenido energético (2.2 Mcal/kg MS); AE: mayor contenido energético (2.9 Mcal/kg MS);

¹e.e: error estándar; GDP: ganancia diaria de peso; CA: conversión alimenticia.

Se observaron diferencias ($p \leq 0.05$) entre las dietas BE y AE en todas las características de las tres etapas. Los animales que consumieron las dietas AE tuvieron un mayor PF por etapa ($p \leq 0.05$), con mayor diferencia en la etapa de finalización, 20% superior a la BE. El CMS también fue mayor en los toros de las dietas AE. En las etapas de crecimiento y desarrollo las diferencias de consumo de MS entre dietas fueron de 1.0 y en la de finalización de 2.4 kg d⁻¹. También, se observaron mejores GDP en las dietas AE ($p \leq 0.05$) en crecimiento y finalización de 1.0 kg d⁻¹ y en desarrollo de 0.8 kg d⁻¹. Las CA más bajas también se observaron en las dietas AE en las tres etapas (Tabla 3). En la etapa de crecimiento se obtuvo la menor conversión. La mayor diferencia de 87% en CA entre dietas se presentó en la etapa de finalización.

En toros finalizados la dieta afectó ($p \leq 0.05$) las características de la canal, excepto su longitud (Tabla 4).

Cuadro 4. Rendimiento cárnico de toros Lechero Tropical finalizados en corral con dietas isoproteicas y dos niveles de energía.

Característica	Dieta		
	BE	AE	e.e. ¹
PV (kg)	352.0 ^b	446.7 ^a	4.85
PCC (kg)	194.3 ^b	261.6 ^a	2.31
PCF (kg)	192.6 ^b	259.2 ^a	1.97
GV (%)	0.68 ^b	1.83 ^a	0.08
RCF (%)	54.7 ^b	58.0 ^a	0.46
LCF (cm)	136.7 ^a	140.7 ^a	1.27

^{a, b}: literales distintas entre columnas denotan diferencias estadísticas entre dietas ($p \leq 0.05$).

BE: menor contenido energético (2.2 Mcal/kg MS); AE: mayor contenido energético (2.9 Mcal/kg MS);

¹e.e: error estándar; PV: peso vivo antes del sacrificio; PCC: peso de la canal caliente;

PCF: peso de la canal fría; GV: grasa visceral; RCF: rendimiento de la canal fría;
LCF: longitud de la canal fría.

Al momento del sacrificio, el PV de los toros disminuyó 6 y 1% respecto al PF en el corral en BE y AE debido al transporte y manipulación de los toros para su traslado. Los PV, PCC y PCF fueron mayores ($p \leq 0.01$) 27, 35 y 35 % en AE. El contenido de GV fue sensiblemente mayor y el RCF mayor 3.3% en AE.

Características de pH y terneza de la carne se presentan en el Tabla 5.

Cuadro 5. pH y terneza de la carne en cuatro músculos de toros Lechero Tropical alimentados con dietas isoproteicas y dos niveles de energía.

Dieta	Músculo					Global	e.e ¹
	Ld	Sm	Is	Sv			
pH							
BE	5.5	5.2	5.5	5.4	5.4	0.05	
AE	5.6	5.3	5.7	5.4	5.5	0.05	
Global	5.5 ^{AB}	5.2 ^C	5.6 ^A	5.4 ^B			
e.e	0.05	0.05	0.05	0.05			
Terneza							
BE	2.3 ^e	3.7 ^{bcd}	4.2 ^{abcd}	5.0 ^a	3.8	0.14	
AE	2.3 ^e	3.3 ^d	3.4 ^{cd}	4.9 ^{ab}	3.5	0.14	
Global	2.3 ^C	3.5 ^B	3.8 ^B	4.9 ^A			
e.e	0.15	0.15	0.15	0.15			

^{A, B, C}: literales distintas entre columnas indican diferencias estadísticas entre músculos ($p \leq 0.05$);
^{a, b, c, d, e}: literales distintas indican diferencias estadísticas entre combinaciones de niveles de dietas y músculos ($p \leq 0.05$); BE: dieta baja en energía (2.2 Mcal/kg MS); AE: dieta alta en energía (2.9 Mcal/kg MS); ¹e.e: error estándar; Ld: *Longissimus dorsi*; Sm: *Semimembranosus*; Is: *Infraspinatus*; Sv: *Serratus ventralis*.

Globalmente el pH (5.2-5.7) correspondió a carnes clasificadas de buena calidad (Sañudo *et al.*, 1998; Page *et al.*, 2001). Aunque el pH fue diferente entre músculos oxidativos y glucolíticos ($p \leq 0.05$), no se observaron diferencias ($p > 0.05$) entre dietas. Para la terneza de la carne se observó efecto de interacción dieta x músculo ($p \leq 0.05$), aunque sin cambio en el orden de magnitud por efecto de músculo. Esta no fue diferente entre Is y Sv en los toros de la dieta BE, pero si en la AE. Por otra parte, los valores de terneza deseables más bajos y diferentes de los demás músculos se observaron en Ld en ambas dietas. En relación al color de la carne, la dieta no tuvo efecto en la luminosidad L* (37.3 – 43.0) ($p > 0.05$). Para la tonalidad a* existió interacción entre dieta y músculo, con la mayor tonalidad en Sm en la dieta BE y la menor en Is con la dieta AE. Los músculos Ld y Sm tuvieron una tonalidad roja media más alta que Is ($p \leq 0.05$). El músculo Sm presentó la tonalidad amarilla (b*) más alta que Is. La diferencia más grande en tono amarillo se dio entre Is en AE y Ld en BE ($p \leq 0.07$).

Cuadro 6. Color de la carne de cuatro músculos de toros Lechero Tropical alimentados con dietas isoproteicas y dos niveles de energía.

Dieta	Músculo				Global	e.e ¹
	Ld	Sm	Is	Sv		
L*						
BE	39.55	38.56	37.30	40.85	39.60	0.85
AE	40.03	39.80	39.04	43.00	39.92	0.85
Global	39.79	39.18	38.17	41.92		
e.e	0.99	0.97	0.97	0.99		
a*						
BE	14.73 ^a	14.48 ^a	12.93 ^{ab}	13.18 ^{ab}	13.74	0.25
AE	12.91 ^{ab}	13.52 ^{ab}	12.11 ^b	12.84 ^{ab}	12.92	0.25
Global	13.81 ^A	14.00 ^A	12.52 ^B	13.00 ^{AB}		

e.e	0.32	0.32	0.32	0.32		
b*						
BE	11.79	11.23	9.23	10.97	10.80	0.38
AE	9.10	10.48	8.72	10.39	9.67	0.38
Global	10.44 ^{AB}	10.85 ^A	8.97 ^B	10.68 ^{AB}		
e.e	0.45	0.44	0.44	0.45		

A, B, C: literales distintas entre columnas indican diferencias estadísticas entre músculos ($p \leq 0.05$); a, b, c, d, e: literales distintas indican diferencias estadísticas entre combinaciones de niveles de dietas y músculos ($p \leq 0.05$); BE: dieta baja en energía (2.2 Mcal/kg MS); AE: dieta alta en energía (2.9 Mcal/kg MS); ¹e.e: error estándar; Ld: *Longissimus dorsi*; Sm: *Semimembranosus*; Is: *Infraspinatus*; Sv: *Serratus ventralis*; L* = blanco (100) - negro (0), a* = rojo (+) - verde (-); b* = amarillo (+) - azul

1.6 DISCUSIÓN

La mejor GDP de los toros en las dietas AE tuvo como consecuencia mayor PF, la mayor diferencia en la etapa de finalización pudo deberse a una mayor eficiencia en la capacidad de síntesis de tejido graso en AE (Berg y Butterfield 1976). El menor contenido de forraje en las dietas AE muy probablemente indujo una mayor tasa de pasaje del alimento por el tracto digestivo y un mayor CMS (Allen 1996). Los resultados coinciden con Escobar *et al.* (2006), quienes evaluaron dos dietas de diferente relación forraje concentrado en novillos Holstein, observando mayor consumo de alimento en la dieta alta en granos. La mayor GDP en las dietas AE fue probablemente debido a una mayor cantidad de carbohidratos no fibrosos disponibles, que posibilita una mayor eficiencia en la deposición de tejidos (Ramírez *et al.* 2016). En dietas abundantes en granos una mayor eficiencia energética es resultado del metabolismo de almidones (Relling *et al.* 2002). Los toros jóvenes tienen mayor capacidad para transformar nutrientes de la dieta en tejido muscular y óseo (Berg y Butterfield 1976) lo que pudo influir en una mayor CA –

más del doble- en BE durante la etapa de crecimiento. La gran diferencia en CA entre BE y AE durante la etapa de finalización puede deberse a una mayor dependencia en la energía para la síntesis de tejido graso durante esta etapa. Los resultados coinciden con Santini *et al.* (2006), quienes reportaron que en dietas que aumentaron de 2.4 a 2.7 Mcal/kg MS, novillos Aberdeen Angus a corral, incrementaron la GDP y disminuyeron la CA. En las razas BON y Romo se clasificaron como toros elite aquellos que obtuvieron GDP de 1000 y 890 g d⁻¹, al suplementar *ad libitum* concentrado con 2.85 Mcal/kg MS y 12% de PC (Martínez *et al.* 2012b). La GDP de los toros LT obtenida en las dietas BE fue similar a la de otros toros criollos alimentados con dietas altas en fibra. Novillos Romo alimentados con una dieta de 12.8% PC y 2.02 Mcal/kg MS de energía neta de mantenimiento (ENm) tuvieron 0.74 kg y 7.3 de GDP y CA (Coleman *et al.* 2012), considerando una equivalencia de ENm a Mcal/kg MS de la dieta de aproximadamente 3.0, los toros LT tendrían un mejor comportamiento productivo en corral que los Romo, raza criolla de orientación cárnica por excelencia. Toros Suizo Pardo x Cebú finalizados en confinamiento tuvieron 1.9 kg de GDP (Cabrera *et al.* 2014) y 6.14 de CA (Castellanos *et al.* 2006), la GDP y CA de la LT es similar a la de estos genotipos utilizados para la producción de carne en regiones tropicales. En clima cálido seco, Barajas *et al.* (2010a) reportaron que toros encastados con Cebú alimentados en corral con una dieta con 13.88% PC y 1.90 Mcal/kg MS de ENm tuvieron 1.74 kg y 5.84 de GDP y CA. El rendimiento de 58.0% de la canal en AE fue mayor que en las razas criollas Limonero, Argentino y Sanmartinero y estas similares en BE (Rodas *et al.* 2006, Orellana *et al.* 2009, Flórez *et al.* 2014). Probablemente la cantidad de energía en AE propició un mayor aprovechamiento de los compuestos nitrogenados incrementando la síntesis de tejido muscular. El rendimiento en canal fue 3.3% mayor en los toros de AE y similar a 57% de animales Suizo Pardo x Cebú de 420 kg (Hernández *et al.* 2009). El efecto de la dieta no fue significativo en LC, no se observó crecimiento corporal diferencial.

Aunque la GV fue más del doble en AE, fue inferior a la norma de 3.5% para canales en Estados Unidos (Hale *et al.* 2013) y no representa una merma considerable en el animal sacrificado; existe un mercado que demanda carnes magras (Rubio *et al.* 2013) para evitar el consumo excesivo de alimentos hipercalóricos, sobrepeso y obesidad en el consumidor de carne bovina. Barajas *et al.* (2010b) reportaron 1.94% de GV en animales Cebú encastados de diversas razas europeas alimentados a corral con una dieta de 2.034 Mcal de ENm kg⁻¹ MS⁻¹. Méndez *et al.* (2014) estimaron GV de 1.0% y RCF de 54.9% en canales provenientes de animales en pastoreo del sureste de México, inferiores a las medias nacionales de 1.5 y 58.8%; a diferencia de la engorda a corral, la menor energía disponible en los forrajes y la actividad física de los animales en pastoreo, pueden limitar la deposición de grasa. La GV, RCF y la LCF en BE fueron similares en toros mestizos Holstein x Cebú y Suizo Pardo x Cebú en pastoreo suplementados en la época seca (Colin *et al.* 2009); la respuesta productiva de toros LT alimentados a corral con una dieta alta en forraje y menor contenido calórico, fue similar a la obtenida con otros genotipos y procesos de producción comúnmente utilizados en las regiones tropicales cálidas.

El pH más bajo ocurrió en el músculo Sm, probablemente debido a su mayor tamaño y diferentes tiempos de enfriamiento postmortem. El lugar de lectura influye en la medición de pH; en sitios de enfriamiento lento se observa menor pH, debido a una glucólisis más rápida (Sañudo *et al.* 1998, Lee *et al.* 2008, Panea *et al.* 2010). Las diferencias de pH entre músculos glucolíticos y oxidativos pueden atribuirse a diferencias en la actividad antemortem y bioquímica, (Talmant *et al.* 1986). No se observaron diferencias de pH entre dietas ($p > 0.05$), el nivel energético no fue limitante para obtener valores de pH inferiores de 5.7. Santini *et al.* (2006) reportaron valores bajos de pH en toros alimentados con una dieta alta en energía debido a la mayor deposición de glucógeno.

Aunque la interacción dieta x músculo fue significativa en la terneza de la carne ($p \leq 0.05$), esta no cambio el orden de magnitud en cada músculo, siendo de menor a mayor para Ld, Sm, Is y Sv, confirmando una gran terneza en el músculo Ld. La interacción podría estar relacionada al colágeno sintetizado (Stolowski *et al.* 2006, Crouse *et al.* 1985) y al intercambio de tipos de fibras musculares al alimentar con más energía (Seideman y Crouse 1986). La dieta no tuvo efecto en la terneza de la carne, probablemente debido a que pH bajos tuvieron mayor influencia al activar el sistema proteolítico de catepsinas (Turk *et al.* 2000, Koohmaraie y Geesink, 2006), un alto nivel nutricional y un rápido crecimiento inducirían una alta síntesis de colágeno soluble relacionado a músculos de mayor terneza. Santini *et al.* (2006) y French *et al.* (2001) tampoco encontraron diferencias al alimentar toros Aberdeen Angus y cruza Limousin x Charolais con diferente contenido energético. Sin embargo, es necesario generar más datos e información que permita explicar a nivel metabólico posibles interacciones. Belew *et al.* (2003) estimaron diferentes valores de terneza de Is y Sv <3.2, Ld 3.2 - 3.9 y Sm 3.9 - 4.6 kg/N.

Una menor luminosidad y carne más oscura ha sido relacionada a dietas con mayor contenido de forraje, debido a la menor deposición de grasa intramuscular (Dannenberger *et al.* 2006); para lograr mayor infiltración de la grasa en el músculo se pueden requerir periodos más largos de alimentación. La interacción entre dieta y músculo para la tonalidad a^* fue con la mayor tonalidad en Sm y la menor con Is en la dieta BE para ambos músculos, una mayor disposición de glucógeno muscular propicia actividad glucolítica y disminuye los niveles de mioglobina en el músculo. Los músculos Ld y Sm tuvieron una tonalidad roja más alta que Is ($p \leq 0.05$), debido probablemente a mayor actividad en estos músculos, que propicia una mayor síntesis y concentración de mioglobina. El músculo Sm tuvo tonalidad b^* 1.88 más alta que el músculo Is, probablemente debido a una relación inversa entre el pH y b^* (Vestergaard *et al.* 2000). La diferencia entre Is en AE y Ld en BE se debió probablemente a la mayor cantidad de pigmentos vegetales presentes en

las dietas BE. En general, el color de la carne de los toros LT se encuentra dentro de los intervalos de las carnes de buena calidad (Muchenje *et al.* 2009).

1.7 CONCLUSIÓN

En las dietas con mayor contenido energético y menor contenido de forraje los toros Lechero Tropical tuvieron mejor comportamiento productivo en las tres etapas de alimentación a corral en la estación seca y mejores características de la canal. La ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia estimadas en la etapa de finalización fueron altas a pesar de las condiciones adversas de altas temperaturas locales. Sin embargo, no se observaron diferencias importantes entre las características físicas y químicas de la carne entre dietas, aunque estas fueron diferentes entre los músculos de relevancia carnicera estudiados.

1.8 REFERENCIAS

- Allen MS (1996) Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science* 74: 3063-3075.
- Barajas CR, Cervantes BP, Romo JR, Juárez FB, Aguirre JO (2010a) Influencia de la falla del implante hormonal en la respuesta productiva de toretes en ceba. *Zootecnia Tropical* 28(2): 193-200.
- Barajas CR, Cervantes BP, Velázquez EE, Romo JR, Aguirre JO, Martínez SG, *et al.* (2010b) Efecto de sombra en el corral de engorda en la respuesta productiva de toretes en finalización de la época fresca y seca. *Zootecnia Tropical* 28(3): 375-381.

- Bass PD, Scanga JA, Chapman PL, Smith GC, Belk KE (2009) Associations between portion size acceptability of beef cuts and ribeye area of beef carcasses. *Journal of Animal Science* 87: 2935-2942.
- Belew JB, Brooks JC, McKenna DR., Savell JW (2003) Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science* 64: 507-512.
- Berg RT, Butterfield RM (1976) *New concepts of cattle growth*. Sydney University Press, Australia. 240p
- Brewer MS, Jensen J, Prestat C, Zhu LG, McKeith FK (2002) Visual acceptability and consumer purchase intent of pumped pork loin roasts. *Journal of Muscle Foods* 13(1): 53–68.
- Cabrera AN, Lammoglia VM, Renteria RI, Rojas R, Flores AJ (2014) Efecto de la harina de ave sobre rendimientos productivos en toretes de engorda. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 17: 281-284.
- Castellanos RA, Rosado RJ, Chel GL, Betancur AD (2006) Empleo del zilpaterol en novillos con alimentación intensiva en Yucatán, México. *ALPA*. 14(2): 56-59.
- CIE. Commission Internationale de Leclairage (2004) *Technical Report Calorimetry*. 3th edition. Washington DC. USA.
- Coleman S, Chase C, Phillips W, Riley D, Olson T (2012) Evaluation of tropically adapted straightbred and crossbred cattle: Postweaning BW gain and feed efficiency when finished in a temperate climate. *Journal of Animal Science* 90(6): 1955-1965.
- Colin BI, Rojas EL, Vinay JV, Domínguez BM, Hernández JB, Villegas YA (2009) Evaluación de la canal de bovinos machos cruzados de europeo por cebú en pastoreo. XXII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz.

- CONARGEN. Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios (2015) Recursos Criollos. México. <http://www.conargen.mx/index.php/asociaciones/recursos-criollos>; Fecha de consulta 18 de abril de 2016.
- Crouse JD, Cross HR, Seideman SC (1985) Effects of sex condition, genotype, diet and carcass electrical stimulation on the collagen content and palatability of two bovine muscles. *Journal of Animal Science* 60: 1228-1234.
- Dannenberger D, Nuernberg K, Nuernberg G, Ender K (2006) Carcass and meat quality of pasture vs concentrate fed German Simmental and German Holstein Bulls. *Archiv Tierzucht Dummerstorf* 49(4): 315-328.
- de Alba J (1985) El Criollo Lechero en Turrialba. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. Costa Rica. 59p
- de Alba J, Kennedy BW (1985) Milk production in the Latin-American Milking Criollo and its crosses with the Jersey. *Animal Production* 41: 143-150.
- Escobar OC, Hernández JS, Jaimes JJ (2006) Evaluación de dietas altas en concentrado en novillos Holstein. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 5: 209-215.
- Flórez H, Martínez G, Ballesteros H, León LM, Castañeda S, Moreno E, *et al.* (2014) Rendimiento en carne de bovinos criollos y sus cruces con cebú en las condiciones de la Orinoquia Colombia. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal* 4: 12-15.
- French P, O'Riordan EG, Monahan FJ, Caffrey PJ, Mooney MT, Troy DJ, *et al.* (2001) The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. *Meat Science* 57(4): 379–386.
- García E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ta Edición. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. 96p
- Hale DS, Goodson K, Savell JW (2013) USDA Beef quality and yield grades. Texas A&M University, USA. <https://meat.tamu.edu/beefgrading> Fecha de consulta 31 de octubre de 2017.

- Hernández J, Bautista A, Gómez A, Vázquez V, Núñez FA, González FG, *et al.* (2009) Rendimiento de la canal y de los componentes no cárnicos de toretes Pardo Suizo x Cebú en tres sistemas de alimentación en clima cálido húmedo. *Universidad y Ciencia* 25(2): 173-180.
- Jeremiah LE, Dugan ER, Aalhus JL, Gibson LL (2003) Assessment of the chemical and cooking properties of the major beef muscles and muscle groups. *Meat Science* 65: 985-992.
- [Koochmarai M](#), [Geesink GH](#) (2006) Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science* 74(1): 34-43.
- Ku Vera JC, Briceño EG, Ruiz A, Mayo R, Ayala AJ, Aguilar CF, Solorio FJ, Ramírez L (2015) Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas* 48: 43-53.
- Lee MS, Yancey JW, Apple JK, Sawyer JT, Baublits RT (2008) Within-muscle variation in color and pH of beef *Semimembranosus*. *Journal of Muscle Foods*, 19: 62–73.
- Martínez CJ, Cotera J, Zavaleta JA (2012a). Características de la producción y comercialización de leche bovina en sistemas de doble propósito en Dobladero, Veracruz. *Revista Mexicana de Agronegocios* 16(30): 816-824.
- Martínez RQ, Gallego J, Mateus HR, Medina P, Ballesteros H (2012b) Desempeño de toretes de las razas criollas Blanco Orejinegro y Romosinuano en prueba de crecimiento en pastoreo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 25: 36-45.
- Méndez RD, Meza CO, Berruecos JM, Garcés P, Delgado EJ, Rubio MS (2014) A survey of beef carcass quality and quantity attributes in Mexico. *Journal of Animal Science* 87:3782–3790.

- Muchenje V, Dzama K, Chimonyo M, Strydom PE, Hugo A, Raats JG (2009) Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food Chemistry* 112: 279–289.
- Muñoz GJ, Huerta BM, Lara BA, Rangel SR, de la Rosa AJ (2016) Producción y calidad nutrimental de forrajes en condiciones del Trópico Húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 16: 3315-3327.
- NRC. National Research Council (2000) *Nutrient Requirement of Beef Cattle*. 7th Edition. The National Academy Press. Washington DC, USA. 248p
- Orellana C, Peña F, García A, Perea J, Martos JV, Domenech JV, *et al.* (2009) Carcass characteristics, fatty acid composition, and meat quality of Criollo Argentino and Braford steers raised on forage in a semi-tropical region of Argentina. *Meat Science* 81(1): 57-64.
- Page JK, Wulf DM, Schwotzer TT (2001) A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science* 79(3): 678–687.
- Panea B, Sañudo CA, Olleta JL, Sierra I (2010) Caracterización de la canal y la carne de la raza bovina Menorquina. *Archivos de Zootecnia* 59(227): 467-470.
- Pritchard RH, Bruns KW (2003) Controlling variation in feed intake through bunk management. *Journal of Animal Science* 81: 133-138.
- Ramírez BJ, Valverde AA, Rojas BA (2016) Efecto de raza y niveles de energía en la finalización de novillos en pastoreo. *Agronomía Mesoamericana* 28(1):43-57.
- Relling Y, Mattioli E, Alberto G (2002) *Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes*. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. NLP. 72p.
- Rodas GA, Vergara LJ, Arenas de Moreno L, Huerta LN, Pirela MF (2006) Características al sacrificio, rasgos de la canal y rendimiento carnicero de novillos Criollo Limonero sometidos a suplementación durante la fase de ceba a pastoreo. *Revista Científica FCV-LUZ* 16: 364–370.

- Rodríguez VA, Noguera E, Rodríguez H.L, Huerta LN, Moron FO, Rincon UE (1977) Crossbreeding dual-purpose cattle for beef production in tropical regions. *Meat Science* 47: 177-185.
- Rubio MS, Braña DB, Médez DM, Torrescano GU, Sánchez AE, Pérez CL., *et al.* (2013) Evaluación de las canales bovinas mexicanas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganadería/Documents/> Fecha de consulta 17 julio de 2017.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2013) Guía mexicana para el comprador de carne de bovino. Comité Nacional del Sistema Producto Bovinos de Carne. 115p
- Santini F, Villa Real E, Faverin C, Depetris G, Pavan E, Grigera NJ, *et al.* (2006) Características productivas, composición de carcasa y calidad de carne de novillos de diferente tamaño estructural alimentados en feedlot con dietas de concentraciones energéticas distintas. *Revista Argentina de Producción Animal* 26(3): 231-244.
- Sañudo CA, Albertí P, Campo MM, Olleta JL, Panea B (1998) Calidad instrumental de la carne de bovino de siete razas españolas. *Archivos de Zootecnia* 48: 397-402.
- SAS Institute (2010) User's Guide, versión 9.4. Statistical Analysis System Institute. North Caroline, USA.
- Seideman SC, Crouse JD (1986) The effects of sex condition genotype and diet on bovine muscle fiber characteristics. *Meat Science* 17(1): 55-72.
- Soto CR, Martínez RR (2001) Utilización de bloques de melaza y urea en la engorda intensiva de becerros criollos. *ALPA*. 9: 99-103.

- Stolowski GD, Baird Bea, Miller RK, Savell JW, Sams AR, Taylor JF, *et al.* (2006) Factors influencing the variation in tenderness of seven major beef muscles from three Angus and Brahman breed crosses. *Meat Science* 73: 475–483.
- Talmant AG, Monin G, Briand M, Dadet M, Briand Y (1986) Activities of metabolic and contractile enzymes in 18 bovine muscles. *Meat Science* 18(1): 23-40.
- Turk B, Turk D, Turk V (2000). Lysosomal cysteine proteosomas: more than scavengers. *Biochimica Biophysica Acta* 1477(1-2): 98-111.
- Vestergaard M, Therkildsen M, Henckel PP, Jensen LR, Andersen HR, *et al.* (2000) Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Science* 54: 187–195.

CONCLUSIONES GENERALES

La estabulación y suministro de una dieta con 2.9 Mcal/kg MS a los toros Lechero Tropical que se destinan para el mercado de la carne puede tomarse como una alternativa para mejorar las GDP y CA, así como también el rendimiento en canal.

No existió un efecto del contenido energético en la dieta sobre las características de la carne; sin embargo, todas se encuentran dentro de los rangos establecidos de carnes de buena calidad.

Considerando que la Lechero Tropical no es una raza especializada para la producción de carne, obtuvo buenos resultados en las variables relacionadas con la producción cárnica

Es necesario generar mayor información de las respuestas productivas, fisiológicas, y etológicas, entre otras, a la estabulación y ofrecimiento de una dieta característica de un sistema intensivo, con la finalidad de determinar el beneficio de la utilización de los bovinos criollos para sistemas de producción de carne como una alternativa sustentable y su justificación para mantener hatos puros.