

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA Y ECOLOGÍA**

**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

---



**COLÁGENO, MARMOLEO Y CALIDAD SENSORIAL DE CARNE DE  
CRUZAS ESTRATÉGICAS DE GANADO RARÁMURI, HEREFORD,  
ANGUS Y PIEDMONTESE**

**POR:**

**M.V.Z. JORGE SAÚL YAÑEZ LUNA**

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**ÁREA MAYOR: TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL**

**CHIHUAHUA, CHIH., MÉXICO**

**ENERO DE 2022**



Colágeno, marmoleo y calidad sensorial de carne de cruza  
estratégicas de ganado Rarámuri, Hereford, Angus y  
Piedmontese. Tesis presentada por Jorge Saúl Yáñez Luna  
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

---

D.Ph. Agustín Corral Luna  
Secretario de Investigación y Posgrado

---

Ph.D. Iván Adrián García Galicia  
Coordinador Académico

---

Ph.D. Iván Adrián García Galicia  
Presidente

*Enero 07 - 2022*

---

Fecha

Comité:  
Ph.D. Alma Delia Alarcón Rojo.  
D. Ph. Mieke Titulaer.  
Dra. Mariana Huerta Jiménez.

© Derechos Reservados  
AUTOR: JORGE SAÚL  
YÁÑEZ LUNA  
DIRECCIÓN: PERIFÉRICO  
FRANCISCO R. ALMADA  
KM.1, CHIHUAHUA, CHIH.,  
MÉXICO C.P. 31453  
ENERO 2022

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a toda mi familia, en especial a mis padres, quienes siempre me han brindado su confianza para lograr mis objetivos personales y profesionales.

Agradezco al Dr. Ivan Garcia Galicia, quien brindó su apoyo en todo momento para la realización de esta investigación, al M.C. Omaro Caraveo, quien nos apoyó en la parte experimental del proyecto. También agradezco a los docentes de la facultad de Zootecnia y ecología, los cuales contribuyeron en mi formación académica. Finalmente, agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico a través de la beca 992646 durante la elaboración de esta investigación.

## **CURRICULUM VITAE**

El autor nació el 8 de marzo de 1995 en la ciudad de Durango, Durango, México.

2013-2018

Estudios de Licenciatura en la  
Facultad de Medicina Veterinaria y  
Zootecnia de la Universidad Juarez  
del Estado de Durango.

2018-2019

Servicios profesionales en el  
componente de extensionismo,  
desarrollo de capacidades y  
asociatividad productiva .

2019-2021

Estudios de Maestria en Ciencia en la  
Facultad de Zootecnia y Ecología de la  
Universidad Autónoma de Chihuahua .

## RESUMEN

### COLÁGENO, MARMOLEO Y CALIDAD SENSORIAL DE CARNE DE CRUZAS ESTRATÉGICAS DE GANADO RARÁMURI, HEREFORD, ANGUS Y PIEDMONTESE

POR:

M. V. Z. JORGE SAÚL YAÑEZ LUNA

Maestría en Ciencias en Producción Animal

Secretaría de Investigación y Posgrado

Facultad de Zootecnia y Ecología

Universidad Autónoma de Chihuahua

Presidente: Ph. D. Iván Adrián García Galicia

La sociedad actual demanda a los sistemas de producción animal, además de producir alimentos de calidad, contribuir a minimizar el impacto ambiental ocasionado por la ganadería. La utilización de cruzas de razas adaptadas a las condiciones ambientales de la región, con razas que proporcionen buenos parámetros productivos y características deseables en la carne podría ser una alternativa a estas demandas del consumidor. En el presente estudio se evaluó la relación del peso de la canal, cantidad de colágeno, grado de marmoleo y energía o área total de corte con la calidad sensorial de carne madurada proveniente de seis cruzas distintas de ganado Rarámuri (C), Angus (A), Hereford (H) y Piedmontese (P). Se observaron diferencias significativas en el peso de la canal, cantidad de colágeno y marmoleo entre las cruzas ( $P < 0.05$ ). La raza C presentó los pesos de la canal más bajos, mientras que en los demás grupos raciales se observaron pesos

similares. La craza HxA presentó mayor grado de marmoleo, mientras que en la raza C se observó el menor grado de marmoleo. Las cruzas P(HxA) y P(AxC) presentaron la menor concentración de colágeno total, mientras que en los grupos raciales HxA, C y H(AxC) se observaron los valores más altos. Además, se presentaron diferencias significativas en la evaluación de la energía o área total de corte entre cruzas. La raza Rarámuri presentó una menor área total de corte en comparación a los demás grupos raciales ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en la evaluación sensorial ( $P > 0.05$ ) en la carne de las diferentes cruzas. Esto resalta que la maduración de carne de cruzas de razas rústicas como la raza Rarámuri con razas especializadas en producción de carne, podría ser una alternativa para obtener animales adaptables a condiciones ambientales áridas de la región, produciendo además carne de calidad competitiva ante razas europeas.

## ABSTRACT

BY:

JORGE SAÚL YAÑEZ LUNA

Current society demands from animal production systems to produce quality food, and to minimize environmental impact caused by livestock. The use of crossbreeds of cattle adapted to arid or semi-arid environmental conditions with breeds featuring high productive parameters and desirable quality characteristics of meat, could be an alternative to meet these consumer demands. In the present study, the carcass weight, amount of collagen, marbling, shear force, and the sensory quality of aged meat from six different crosses of Criollo Rarámuri (C), Angus (A), Hereford (H) and Piedmontese (P) cattle were evaluated. Significant differences were observed in carcass weight, amount of collagen and marbling between crosses ( $P < 0.05$ ). C obtained the lowest carcass weight, while similar weights were observed in the other crosses. HxA had a higher degree of marbling, while C had the lowest degree of marbling. The lowest concentration of total collagen was observed in P(HxA) and P(AxC), while HxA, C and H(AxC) obtained the highest values. Furthermore, significant differences were observed in the evaluation of total shear force area ( $P < 0.05$ ). C presented lower shear force, compared to the other racial groups. No significant differences among crosses were observed in the sensory evaluation ( $P > 0.05$ ). This could indicate that meat aging from crosses of rustic breeds such as Criollo Raramurí with breeds specialized in meat production could be good option to obtain adaptable animals to arid environmental conditions of the

Chihuahuan region, in addition to produce competitive quality of beef to European breeds.



## CONTENIDO

|  | Página |
|--|--------|
| RESUMEN .....  | iii    |
| ABSTRACT .....   | v      |
| LISTA DE CUADROS.....  | ix     |
| LISTA DE GRÁFICAS .....  | x      |
| LISTA DE FIGURAS.....  | xi     |
| INTRODUCCIÓN.....  | 1      |
| REVISIÓN DE LITERATURA.....  | 4      |
| Situación Actual del Mercado de la Carne.....                        | 4      |
| Impacto Ambiental en la Producción de Carne.....                     | 6      |
| Características Sensoriales de la Carne y sus Tipos de Evaluación... | 7      |
| Factores que Afectan la Calidad de la Carne .....                    | 8      |
| MATERIALES Y METODOS .....   | 16     |
| Descripción de la Población y Manejo .....                           | 16     |
| Sacrificio de Animales y Manejo de la Carne .....                    | 18     |
| Determinación de Colágeno Total.....                                 | 18     |
| Energía o Área Total del Corte.....                                  | 19     |
| Cocción para la Evaluación Sensorial.....                            | 19     |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Evaluaciones Sensoriales.....        | 20 |
| Análisis Estadístico .....           | 20 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....          | 24 |
| Peso de la Canal Caliente .....      | 24 |
| Grado de Marmoleo.....               | 26 |
| Concentración de Colágeno Total..... | 28 |
| Evaluación Sensorial .....           | 30 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... | 42 |
| LITERATURA CITADA .....              | 43 |

## LISTA DE CUADROS

| Cuadro |  | Página |
|--------|--|--------|
| 1      | Distribución del sexo, peso vivo promedio al sacrificio y rendimiento de la canal de cruzas de razas estratégicas de bovino .....  | 17     |
| 2      | Medias ( $\pm$ E.E.) del área positiva (N*s) obtenida de la energía o área total de esfuerzo al corte de carne madurada proveniente de cruzas de razas estratégicas..... | 31     |

## LISTA DE GRÁFICAS

| Gráfica |  | Página |
|---------|--|--------|
| 1       | Peso (kg) de canal caliente de bovinos machos provenientes de cruzas de razas estratégicas.....  | 25     |
| 2       | Grado de marmoleo de carne madurada proveniente de cruzas de razas estrategicas.....   | 27     |
| 3       | Concentración de colágeno ( $\mu\text{g/ml}$ ) de carne madurada proveniente de cruzas de razas estrategicas .....                                   | 29     |
| 4       | Calificación obtenida del atributo terneza en la evaluación sensorial de carne madurada proveniente de cruzas de razas estrategicas.....             | 33     |
| 5       | Calificación obtenida del atributo sabor en la evaluación sensorial de carne madurada proveniente de cruzas de razas estrategicas.....               | 34     |
| 6       | Calificación obtenida del atributo masticabilidad en la evaluación sensorial de carne madurada proveniente de cruzas de razas estrategicas.....      | 36     |
| 7       | Calificación obtenida del atributo jugosidad en la evaluación sensorial de carne madurada proveniente de cruzas de razas estrategicas.....           | 38     |
| 8       | Calificación obtenida del atributo aceptabilidad final en la evaluación sensorial de carne madurada proveniente de cruzas de razas estrategicas..... | 39     |

## LISTA DE FIGURAS

| Gráfica |  | Página |
|---------|--|--------|
| 1       | Boleta para evaluación de preferencia por ordenamiento .....   | 22     |
| 2       | Boleta para evaluación de aceptación .....   | 23     |
| 3       | Porcentaje obtenido en la evaluación sensorial de preferencia de carne madurada proveniente de cruza de razas estrategicas ..... | 41     |

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico y las preferencias cambiantes de los consumidores han aumentado en muchos países, reflejándose en un mercado creciente de carne durante la última década (Ali y Pappa, 2015). Las tendencias en el consumo de carne sugieren que la influencia de factores como el ingreso económico y el precio de los productos está disminuyendo con el tiempo. Por lo tanto, otros factores como la calidad y el origen de los alimentos, son más importantes para influir en la elección del consumidor (Henchion, 2014).

La satisfacción de los consumidores está impulsada por las cualidades percibidas como lo es el color, jugosidad, textura, ternura y el sabor, que está asociado con los aromas liberados en la boca cuando se consume el producto (Listrat *et al.*, 2016). Los consumidores son el último eslabón de la cadena alimentaria y sus opiniones sobre un producto son muy relevantes no solo al evaluar las características sensoriales de éste, sino también para garantizar el control de calidad de los productos existentes e identificar los factores específicos que influyen en la calidad de la carne (Guerrero, 2013).

Los factores más importantes que influyen en la calidad de la carne son; la raza del animal y el sistema de producción (Dashdorj, 2015). La cantidad, composición y distribución de tejido adiposo (Chambaz, 2003), además de la cantidad de colágeno, el cual determina características como la ternura de la carne, son diferencias distintivas entre las razas (Lawrie, 2006). Se pueden obtener beneficios de las características de cada raza a través vigor híbrido, al hacer cruzamientos estratégicos de razas sobresalientes. Esto puede proporcionar

particularidades a los animales que contribuyan a desarrollar sistemas productivos más eficientes.

Los altos niveles de herbivoría es una de las causas más importantes de desertificación en los ecosistemas áridos de todo el mundo (Granados-Sánchez *et al.*, 2013). Sin embargo, una distribución más uniforme de los animales puede minimizar los efectos indeseables del pastoreo excesivo al dispersar el impacto en una mayor superficie del paisaje (Bailey *et al.*, 2006). La eficiencia en el pastoreo no solo asegura un alto rendimiento de forrajes, sostenibilidad, salud y productividad animal, lo cual impacta el costo de producción, sino que también tendrá un impacto benéfico al ecosistema (Points *et al.*, 2021).

Por lo anteriormente mencionado, en condiciones ambientales áridas, es imperante la búsqueda de animales con sobresaliente capacidad para pastorear, y con potencial para desarrollar tejido muscular, depositar grasa en la canal y producción baja de tejido conectivo en músculo. Lo último se puede traducir en un nivel de terneza y calidad de la carne que se adapte a las demandas de los consumidores.

Existen razas rústicas que han demostrado aptitudes de pastoreo generalistas, distribuyéndose sobre una mayor extensión de terreno durante condiciones ambientales desfavorables en comparación con razas introducidas más recientemente (Peinetti *et al.*, 2011; Kovácsné Koncz *et al.*, 2020). Además, se han realizado cruces de razas rústicas con razas mejoradas dando lugar a animales con peso más alto al momento del sacrificio y mejor calidad de la canal con similares parámetros de textura (Vieira *et al.*, 2006).

Por lo anteriormente mencionado, el objetivo de este trabajo fue evaluar la cantidad de colágeno, el grado de marmoleo, la ternura y la calidad organoléptica sensorial de carne de seis cruas estratégicas de ganado bovino provenientes de cruas de razas adaptadas a ambientes áridos y razas productoras de carne de calidad, para tener un mejor entendimiento de su contribución sobre la calidad organoléptica y preferencia de los consumidores locales y valorar su potencial uso para satisfacer las actuales demandas del mercado. En este trabajo se hipotetizó que la calidad organoléptica de la carne proveniente de distintas cruas sería diferente y estaría relacionada con la cantidad de colágeno y el grado de marmoleo.



## REVISIÓN DE LITERATURA

### Situación Actual del Mercado de la Carne

El comercio de la carne entre países y regiones del mundo está determinado desde hace algunas décadas por la ausencia de barreras comerciales, por diferencias entre países en su base de recursos para la producción animal, procesamiento del producto y por diferencias en las preferencias de la carne (Cesal *et al.*, 2003). Es indispensable conocer los cambios en las dietas en la población, la distribución tecnológica y estructuras comerciales internacionales para comprender la estructura actual del comercio de la carne y su evolución futura (Cesal *et al.*, 2003).

El desarrollo económico y las preferencias cambiantes de los consumidores han aumentado notablemente el consumo de carne en muchos países en desarrollo, debido al creciente mercado de productos de origen animal de algunos países durante la última década (Ali y Pappa, 2015). En países en desarrollo el consumo *per cápita* seguirá representando solo una tercera parte del consumo de los países desarrollados para el 2026. Sin embargo, la mayor parte del crecimiento de la demanda de carne de bovino continuará debiéndose al crecimiento de la población en los países en desarrollo (OCDE-FAO, 2017). La producción mundial de carne de bovino aumentó a 71.1 millones de toneladas en el 2018, un 2.1 % más que en 2017 (FAO, 2019). Se prevé que el consumo *per capita* se mantendrá estable, por lo que se espera que la demanda de carne de bovino crezca a un ritmo similar al crecimiento de la población (OCDE-FAO, 2017). Dados los pronósticos de crecimiento en el consumo de productos de origen animal será imprescindible tener en cuenta el uso de los recursos naturales de manera sustentable (FAO, 2017).

La producción nacional de carne de bovino en México ha crecido continuamente entre el 2007 y 2017, con excepción de 2013. Esta creció a una tasa promedio anual de 1.7 por ciento, ubicándose en 1.93 millones de toneladas de carne en canal en el 2018 (FIRA, 2018). El sistema de producción vaca-becerro en México tiene como objetivo la producción de becerros al destete, principalmente con razas europeas, debido a que producen animales eficientes para la engorda estabulada, semiestabulada o en pradera (Badillo, 2017) .

En Chihuahua la ganadería se caracteriza por la producción de becerros al destete para la exportación. Este sistema de producción requiere de un gran número de hectáreas por unidad animal (arriba de 20 ha), por la limitada cantidad de alimento que existe debido a la escasa precipitación pluvial (224 mm en promedio). Se tienen resultados productivos relativamente favorables en el estado, bajo un sistema de pastoreo extensivo. Este sistema consiste en utilizar grandes extensiones de agostaderos para pastorear, inversiones en pie de cría, bajos insumos, reducido capital fijo y un esfuerzo de trabajo menor que el de un sistema intensivo (Ortega-Ochoa *et al.*, 2008; Callejas Juárez *et al.*, 2014).

En México la carne de bovino es una de las principales fuentes de proteína de origen animal. Por tanto, su cantidad y tipo de cortes consumidos, está determinado por diversos factores como lo es el precio, el poder adquisitivo y la región. Por ejemplo, en el norte del país, los consumidores prefieren cortes como Rib Eye, New York, o el corte regional conocido como "Aguja Norteña" (chuck). Por el contrario, el sur prefiere las costillas, la carne molida y el bistec (Pérez, 2017).

## **Impacto Ambiental en la Producción de Carne**

El ganado bovino es el principal contribuyente de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del sector pecuario, produciendo 4.6 gigatonnes equivalentes de CO<sub>2</sub> (65 por ciento de las emisiones) (FAO, 2013) (Mellink *et al.*, 2020). El ganado de carne produce 2.9 gigatoneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>, lo que representa el 41 % de las emisiones del sector. La mayor parte del territorio Mexicano es utilizado para actividades agropecuarias. En dicho territorio la producción de carne de bovino se basa en pastoreo, con el 58 % de la superficie empleada como agostaderos. Estas prácticas han afectado la composición de los pastizales y su capacidad para sustentar el ganado y a otras especies de animales y plantas (Mellink *et al.*, 2020).

La condición actual de algunos pastizales sugiere que la mejora de éstos es posible, pero se deben enfocar objetivos realistas basados en la conservación de la biodiversidad y la producción ganadera. La producción bovina extensiva produce una de las que mayores emisiones de GEI. Sin embargo, también es la de mayor capacidad de mitigación (Rivera-Ferre *et al.*, 2016; Mellink and Riojas-López, 2020; Zubieta *et al.*, 2021). La intensidad de emisión de GEI en la producción de carne de res depende de la raza (Roehe *et al.*, 2016), ubicación geográfica (Samsonstuen *et al.*, 2019), sistema de cultivo (Nguyen *et al.*, 2010) y las prácticas de manejo (Alemu *et al.*, 2017). Se estima que un manejo eficiente de los pastizales podría secuestrar alrededor de 409 millones de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> por año a nivel mundial (FAO, 2013).

La reducción de GEI esta relacionada positivamente con la eficiencia productiva (Åby *et al.*, 2014). Por lo tanto, lograr un balance en la emisión y mitigación

a nivel individual, de explotación y cadena productiva hará que los sistemas de producción bovina sean más eficientes y sustentables a largo plazo, al disminuir el deterioro del ecosistema (Medrano *et al.*, 2018; Samsonstuen *et al.*, 2020).

### **Características Sensoriales de la Carne y Tipos de Evaluación**

La satisfacción de los consumidores está motivada por las cualidades percibidas como lo es el color, jugosidad, textura, ternura y el sabor, que está asociado con los aromas liberados en la boca cuando se consume el producto (Listrat *et al.*, 2016).

Dado que la demanda de carne de alta calidad por los consumidores está aumentando en la mayoría de los países, la industria cárnica debe producir y suministrar de manera consistente carne de calidad con buen sabor, inocua y saludable para que el consumidor garantice el consumo continuo de estos productos (Joo, 2013). La calidad de la carne, se describe generalmente mediante cuatro términos: calidad higiénica, nutricional, organoléptica y facilidad de servicio (facilidad de uso, capacidad de procesamiento y precio) (Listrat *et al.*, 2016).

Las evaluaciones sensoriales se pueden distinguir en dos grupos principales: pruebas analíticas y afectivas. Las pruebas analíticas se dividen en pruebas discriminatorias y descriptivas. A su vez, las pruebas afectivas se dividen en test de aceptación o preferencia y test hedónico de escalas relativas (Vargas *et al.*, 2009). Las pruebas discriminatorias permiten a los panelistas indicar si hay una diferencia entre las muestras (Perry, 2009).

Las pruebas de análisis descriptivo se utilizan para obtener los aspectos cualitativos, dando una descripción detallada del aroma, sabor y textura oral de comida y bebidas. Se realizan a través de panelistas previamente capacitados para

describir estos atributos. Dos productos pueden contener los mismos descriptores cualitativos, pero pueden diferir en la intensidad de cada uno, por lo que también se diferencian y califican los aspectos cuantitativos o de intensidad de una muestra (Perry, 2009).

En las pruebas hedónicas o afectivas se evalúa la aceptabilidad del producto por parte de los panelistas los cuales son consumidores habituales o potenciales. El objetivo de estas pruebas es determinar una preferencia entre productos presentados simultáneamente sin hacer una evaluación en una escala de diferenciación sensorial, o para evaluar la escala relativa de preferencias entre productos (Caugant, 2001).

### **Factores que Afectan la Calidad de la Carne**

**Factores extrínsecos.** Los factores extrínsecos de mayor impacto en la calidad de la carne, incluyen; la dieta del animal, el estrés en el sacrificio, la condición de almacenamiento, el tiempo de enfriamiento y el método de cocción de la carne (Dashdorj *et al.*, 2015). La dieta animal puede afectar negativamente o positivamente la calidad de la carne. A medida que aumenta la cantidad energética de la dieta, la tasa de crecimiento de los animales aumenta y los animales alcanzan el peso de sacrificio a edad más temprana. Además, los animales presentan un índice de deposición de grasa mayor y la carne tiende a ser más jugosa. Por otro lado, cuando los animales son alimentados solo con forrajes, la tasa de crecimiento es más lenta, la carne es de color más oscuro y presenta una deposición menor de grasa. Este puede ser un atributo positivo para el tipo de consumidores que buscan dietas bajas en grasa (Miller, 2002).

La manera en que el animal reacciona fisiológicamente al estrés antes del sacrificio, es un factor que afecta la cantidad de glucógeno en la canal, por lo que parámetros de calidad como la terneza, color, olor y pH se ven afectados (Pighin *et al.*, 2013).

La maduración es un proceso que ayuda a mejorar la terneza y la capacidad de retención de agua de la carne al permitir la degradación de proteínas miofibrilares del citoesqueleto durante el almacenamiento en frío (Cho *et al.*, 2017). Monsón *et al.* (2004) reportaron que la diferencia en la terneza de la carne entre diferentes razas tiende a disminuir mediante el proceso de maduración, haciendo un producto más homogéneo para el consumidor y así aumentando su valor en el mercado.

La cocción hace que el tejido conectivo sea más soluble al convertir el colágeno en gelatina. Este se coagula y tiende a endurecer las proteínas de la miofibrilla. Sin embargo, estos efectos dependen del tiempo de cocción y la temperatura, siendo el primero más importante para el ablandamiento del colágeno y el segundo para el endurecimiento miofibrilar (Lawrie, 2006).

**Factores intrínsecos.** En los factores intrínsecos se incluye la raza del animal, sexo, edad, tipo de músculo, cambios *post-mortem* del músculo y el pH (Dashdorj, 2015). Dentro de las diferentes razas, la cantidad, composición y distribución de tejido adiposo dentro de la canal es una de las diferencias más relevantes. Los niveles más altos de grasa intramuscular, están relacionados con una edad más temprana de madurez entre las diferentes razas (Chambaz, 2003). El género del animal es otro factor importante que contribuye en la variación de las características del músculo de la carne, ya que éste afecta tanto a la proporción de

musculatura, como a la deposición de grasa en la canal, a causa de las diferencias en las concentraciones hormonales entre macho y hembra (Zhang *et al.*, 2010).

El contenido de grasa de la carne y la composición de ácidos grasos son de gran interés en la población debido a que el sabor de la carne está directamente influenciado por la variación en la composición de los ácidos grasos producidos durante la oxidación térmica, al formar compuestos aromáticos distintivos de la carne (Arshad *et al.*, 2018). Se sabe que el consumo de ácidos grasos saturados (AGS) y en menor medida, el consumo de ácidos grasos monoinsaturados (AGM) están asociados en humanos con diferentes patologías, como un mayor riesgo padecer enfermedad de las arterias coronarias (Upritchard *et al.*, 2005). Por otro lado, existe evidencia que apoya el rol de la carne magra como un moderador positivo de ácidos grasos. Identificando a la carne, como una fuente de ácidos grasos polinsaturados (AGP) de cadena larga *n*-3 y ácido linoleico conjugado, los cuales tienen efectos positivos en el sistema nervioso central, respuesta inflamatoria, mejoramiento de la agregación plaquetaria y vasodilatación (McAfee *et al.*, 2010).

Las concentraciones de componentes como colágeno y elastina en el tejido del animal cambian a lo largo de su desarrollo, por lo que la naturaleza del tejido conectivo que está relacionado a características como la ternura, es diferente en distintas etapas de desarrollo del animal (Lawrie, 2006). El colágeno es un componente importante del tejido conectivo intramuscular (TCIM) y el contenido total de este en los músculos de los bovinos varía del 1 % al 15 % del peso seco, mientras que la elastina es un componente más pequeño que varía del 0.6 % al 3.7 %. Se han identificado los tipos de colágeno I, III, IV, V, VI, XII y XIV en el tejido conectivo intramuscular. Los tipos I y III, son los principales formadores de fibras en el

endomisio, perimisio y epimisio, y el colágeno tipo IV es el principal componente no formador de fibras de la membrana basal que une la capa fibrosa (reticular) del endomisio con el sarcolema (Purslow, 2005).

El pH es uno de los factores importantes que influyen en el tipo de compuestos volátiles formados en la reacción de Maillard que determina las características del sabor de los alimentos al cocinarlos. Además, el pH tiene una gran influencia en la textura final de la carne, en la capacidad de retención de agua, en la resistencia al desarrollo microbiano y en el color (Madruga, 1995; López Gajardo, 2018).

La raza de los animales es un factor intrínseco de gran importancia para la calidad de la carne. Por ello existen razas que se consideran de referencia en la producción de carne blanca y marmoleada. Un ejemplo de ellas es la raza Angus. Esta raza se originó en el norte de Escocia en el condado de Aberdeen. La raza posee tamaño moderado y se consideran una raza materna presentando una madurez sexual temprana y facilidad para la producción cárnica (Falco *et al.*, 2001). El ganado Angus presenta un índice alto de deposición de grasa intramuscular, ternura, jugosidad e intensidad en el sabor de la carne (Bures, 2018). Se ha reportado que la mayor cantidad de deposición de grasa, tiene una relación con una menor cantidad de proteína y humedad en la carne, por lo que las características organolépticas serán diferentes con aquellas razas que presentan una calidad más magra en su carne. Cuvelier *et al.* (2006) reportaron diferencias en cantidad de grasa intramuscular y ácidos grasos entre diferentes razas. Sobresale la raza Angus (2.40 g / 100 g de carne) en comparación con la raza Piedmontese (0.65 g / 100 g de carne). En Piedmontese hubo aumento en los contenidos de AGS (1019.68 g/ 100 g de carne para Angus y 244.08 g / 100 g de carne para Piedmontese) y AGM (982.23



g / 100g de carne para Angus y 173.63 g / 100 g de carne para Piedmontese), mientras que la diferencia fue menor para el contenido de AGP (203.50 g / 100g de carne para Angus y 81.48 g / 100g de carne para Piedmontese). Por lo tanto, existe una relación en la cantidad de grasa intramuscular con los AGS y AGI, mientras que la cantidad de AGP no cambio significativamente entre las razas (Cuvelier *et al.*, 2006).

Otro ejemplo de razas mundialmente consideradas como de excelente calidad de carne es la raza Hereford. Esta raza se originó en las praderas de Herefordshire, Inglaterra. Los atributos más sobresalientes de la raza son la deposición de grasa y eficiencia alimenticia, junto con su versatilidad en los programas de cruzamiento (Carter, 1975; Coleman *et al.*, 2016). La cantidad y distribución de grasa intramuscular afecta las propiedades nutricionales, la textura y la jugosidad de la carne, contribuyendo así a una terneza deseable (Pogorzelska *et al.*, 2013). Se ha informado que las cruces de razas europeas de ganado Angus con Hereford mejoran la tasa de crecimiento y el rendimiento de la canal en comparación con el ganado Angus o Hereford de raza pura (Mendonça *et al.*, 2019). Los sistemas de producción basados en ganado Hereford se adaptan a una amplia gama de condiciones ambientales, produciendo carne de alta calidad. Con estos sistemas, se puede obtener carne magra y a su vez mantener el nivel de terneza al someterlo un sistema normal de cruzamiento y selección con ganado de raza Limousin. Resultados más dramáticos se puede obtener con la cruce de Hereford con Piedmontese. Esto, a través de los efectos del gen mutante de miostatina que causa doble musculatura, obteniendo crías con mayor volumen muscular, lo cual podría ser

beneficioso en un sistema de comercialización donde no se castigue el precio de la carne con poco contenido de grasa (Short *et al.*, 2002).

Una raza de reciente utilización por la Universidad Autónoma de Chihuahua en sus programas de inseminación es la Piedmontese. Esta raza se originó en un área naturalmente protegida por la cordillera de los Alpes en el noroeste de Italia en la región de Piedmont. Los animales Piedmontese muestran un fenotipo de doble musculatura asociado con la expresión de miostatina C313Y (Starck y Sutherland-Smith, 2011), por lo que hoy se le conoce como ganado de doble musculatura, lo cual es el resultado obtenido a través de la selección para la especialización de la raza para la producción de carne que comenzó a fines del siglo XIX (Loris, 2015). Las características de la raza asociado a la expresión de miostatina permite que su carne sea magra con un nivel de terneza superior a la de otras razas. Esta característica hace a la raza Piedmontese una opción para un sistema de cruza, con potencial para generar ganado terminal con cualidades deseables en la canal (Wheeler, 2001). Cuvelier *et al.* (2006) reportaron que la carne de Piedmontese fue más blanda a partir del día 8 de maduración en comparación a la raza Angus y Limousin. Casas *et al.* (1999) concluyeron que el uso más apropiado para razas de doble músculo como la Piedmontese es bajo un sistema de cruzamiento terminal, debido al aumento del índice de partos distócicos originados por el tamaño reducido del área pélvica y el peso al nacimiento que presenta la raza. La utilización de razas rústicas en un sistema de cruzamiento pueden disminuir el índice de partos distócicos, debido al menor tamaño de las crías en comparación con razas especializadas (Gaughan *et al.*, 2019).

Una raza rústica de particular interés para la UACH y en la región del desierto de Chihuahua, incluyendo Nuevo México y Texas es el denominado Criollo Rarámuri (C). Se ha observado que el este ganado posee una adaptación a los ecosistemas desérticos, pudiendo ofrecer cualidades genéticas que ayuden a optimizar la producción de carne de los ecosistemas áridos y semiáridos (Anderson *et al.*, 2015)

La ganadería fue una de las aportaciones del viejo mundo al nuevo y durante más de tres siglos el ganado, importado en su mayor parte de la península Ibérica, proporcionaron carne, leche, cuero y trabajo, al adaptarse perfectamente a las condiciones del suelo y clima americanos (Quiroz, 2007). Entre las razas fundadoras destacan: la raza Palmera de las islas canarias que también fue embarcada en la última escala del largo viaje hacia América, la Criolla de Canarias, la Retinta Andaluza; posteriormente, la Asturiana y la Gallega (Rodero, 1993). En 1572, el ganado criollo mexicano se introdujo en el estado de Chihuahua en Santa Bárbara y el Valle de Allende, y en 1627, los misioneros jesuitas los presentaron a los habitantes en la sierra Tarahumara (Anderson *et al.*, 2015b).

Se han reflejado retornos económicos mayores debido a la producción de bajo costo que se ha observado en esta raza debido a la alta fertilidad, longevidad y capacidad para pastorear en comparación con razas británicas típicas del estado de Chihuahua (Anderson *et al.*, 2015b). Esta raza de cuerpo compacto (330-365 kg) se desplaza a mayores distancias para obtener alimento durante los períodos de menor disponibilidad de forraje, pasando más tiempo desplazándose y un menor tiempo pastando en comparación con razas británicas, lo cual implicaría un menor impacto en el ecosistema (Roacho-Estrada *et al.*, 2008; Peinetti *et al.*, 2011). Se ha

observado que el ganado Criollo Raramuri presenta mayor tolerancia a las temperaturas altas en comparación con las razas Hereford y Angus (Nyamuryekung'e *et al.*, 2021). Esto explicaría sus hábitos de pastoreo en las zonas áridas.

Christensen *et al.* (2011) reportaron diferencias en la composición de la carne de entre diferentes razas, entre ellas la raza Asturiana de los Valles, la cual es considerada como raza rústica y obtuvieron resultados más bajos en contenido de colágeno ( $2.96 \pm 0.09$  mg/g) y en lípidos totales ( $16.4 \pm 2.11$  mg/g), en comparación con la raza especializada Aberdeen Angus ( $3.76 \pm 0.09$  mg/g de colágeno total y  $39.6 \pm 2.11$  mg/g de lípidos totales).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción de la Población y Manejo

Se utilizaron muestras de *Longissimus lumborum* de 51 bovinos de diferentes cruces estratégicas descritas en el Cuadro 1. Todos los animales de este estudio nacieron y crecieron en el rancho “Teseachi”, propiedad de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), localizado en el municipio de Namiquipa, Chihuahua (28.867, -107.467). El rancho se encuentra a una altitud promedio de entre los 1950 y 2400 m.s.n.m, y una topografía caracterizada por profundos cañones. Su clima es de transición de semihúmedo templado, con temperatura máxima de 37.7 °C, mínima de -14.6 °C y temperatura media anual de 14 °C. La precipitación pluvial anual en la región es de 439.3 mm y humedad relativa de 60 %; su viento dominante es del suroeste (INAFED, 2010).

Las crías nacieron entre el mes de julio y agosto del 2017 y se sacrificaron entre los 23 y 27 meses de edad (de mayo 2019 a septiembre del 2019) con un promedio de 500 kg. En el Cuadro 1 se presentan los pesos promedio por grupo racial, como referencia. El destete de las crías se realizó en el mes de marzo del 2018 (entre 7 y 8 meses de edad), y se ubicaron en un potrero de 2,500 ha de superficie. El potrero presentaba un estrato herbáceo dominando principalmente por navajita azul (*Bouteloua gracilis*), mezclado con algunas especies de *Muhlenbergia* (*Muhlenbergia spp*) y *Arístides* (*Asistida spp*). Los animales se mantuvieron en un sistema de pastoreo en pradera durante un año aproximadamente. Posteriormente, se introdujeron a un sistema de finalización en marzo del 2019, hasta que alcanzaron 1 cm de diámetro de grasa dorsal.

Cuadro 1. Distribución del sexo, peso vivo promedio al sacrificio y rendimiento de la canal de cruzas de razas estratégicas de bovino

| Grupos raciales                        | Machos | Hembras | Total | Peso vivo promedio (kg) | Rendimiento (%) |
|--|--------|---------|-------|-------------------------|-----------------|
| Rarámuri (C)                           | 7      | 0       | 7     | 370                     | 61.6            |
| Angus x Angus-Rarámuri [A (AxC)]       | 5      | 0       | 5     | 539                     | 61.9            |
| Hereford x Angus-Rarámuri [H (AxC)]    | 5      | 0       | 5     | 539                     | 60.4            |
| Hereford x Angus [H x A]               | 9      | 11      | 20    | 509                     | 61.6            |
| Piedmontese x Hereford-Angus [P (HxA)] | 7      | 1       | 8     | 534                     | 64.6            |
| Piedmontese x Angus-Rarámuri [P (AxC)] | 3      | 3       | 6     | 495                     | 68              |

## **Sacrificio de Animales y Manejo de la Carne**

Los animales fueron sacrificados bajo estándares de tipo inspección federal (TIF). Se registraron los pesos de la canal caliente de todos los animales. Sin embargo, debido a la falta de hembras de todas las cruzas, en el análisis de peso de la canal, solo se consideraron los pesos de los machos. En el Cuadro 1 se presentan los datos como referencia del rendimiento por grupo racial. Las canales se trasladaron al taller de productos cárnicos de la Facultad de Zootecnia y Ecología después de 24 h *post-mortem*. Ahí se disecaron los músculos *Longissimus lumborum*. Se estimó el grado de marmoleo según las especificaciones de la USDA, con el uso de plantillas autorizadas. Se empacaron al vacío y se sometieron a un proceso de maduración durante 15 d a una temperatura de entre 1 y 2 °C. Posteriormente se deshueso la carne, se re-empacó al vacío y se sometió a congelación rápida y se almacenaron a -16 °C, con el objetivo de tener el lote completo para su análisis.

## **Determinación de Colágeno Total**

La cuantificación del colágeno se realizó mediante la metodología de la Organización Internacional de Normalización (ISO 3496, 1999), la cual se basó en la hidrólisis de 4 gr de muestra en 30 ml de solución de ácido sulfúrico (3 M) a 105 °C durante 16 h. Después se realizó la filtración y la dilución del hidrolizado. La reacción de oxidación se llevó a cabo con 4 ml de la dilución y 2 ml de cloramina-T, se mezcló y se dejó reposar durante 20 min. Posteriormente, se añadió 2 ml del reactivo de color (solución de p-dimetilamino-benzaldehído), se mezcló y se colocó en un baño de agua a 60 °C durante 20 min. Las muestras se colocaron en hielo durante 3 min, seguido de 30 min a 25 °C. Finalmente, se midió la absorbancia en un

espectrofotómetro (Thermo Spectronic, 4001/4, E.U.A.) a 558 nm. Se preparó una curva estándar de hidroxiprolina con concentraciones de 0.5 µg/ml, 1 µg/ml, 1.5 µg/ml y 2 µg/ml. El contenido de hidroxiprolina se calculó utilizando la ecuación:

$$Wn = 6.25 C / m \times V$$

Donde  $Wn$  es el contenido de hidroxiprolina expresado como un porcentaje en masa;  $C$  es la concentración de hidroxiprolina en µg/ml;  $m$  es la masa en gramos de muestra y  $V$  es el volumen en ml de la parte alícuota del hidrolizado tomado para completar a 250 ml. Posteriormente, se usó el factor de conversión de 7.25 para calcular el contenido de colágeno (Palka, 1999).

### **Energía o Área Total del Corte**

El análisis de textura se realizó utilizando la metodología de Warner-Bratzler (Hunt *et al.*, 2012). Las muestras se cocinaron simultáneamente por ambos lados en una parrilla George Foreman® y se monitoreó la temperatura con termopares de Fisherbrand® hasta que las muestras alcanzaron 71 °C en su centro geométrico. El área total de corte se analizó a las 24 h con un texturómetro TA XT Plus. La cuchilla de corte se configuró a una velocidad de 2 mm/s. Se registró el área positiva (N\*s) promedio de al menos ocho mediciones por muestra.

### **Cocción para la Evaluación Sensorial**

Las muestras se descongelaron lentamente, colocándolas en temperaturas de refrigeración (3 °C) durante 48 h previas a la cocción. Los cortes fueron cortados de 2 cm transversal a las fibras musculares. La cocción fue mediante el uso de parrillas George Foreman® y se monitoreó la temperatura con termopares de Fisherbrand® hasta que las muestras alcanzaron 71 °C en su interior.



## **Evaluaciones Sensoriales**

Las pruebas de consumidor se llevaron a cabo por medio de 61 entrevistas a consumidores de edades entre 18 y 41 años en la FZyE. Se utilizó una boleta para evaluación de preferencia por ordenamiento (Figura 1) y una boleta para la evaluación de aceptación (Figura 2). Las muestras de carne se mantuvieron a 35 °C; se sirvieron al mismo tiempo y de manera aleatoria a todos los consumidores. Además, se ofreció agua para que se pudieran enjuagar la boca durante la prueba.

## **Análisis Estadístico**

Los datos del peso de la canal caliente, grado de marmoleo, cantidad colágeno, fueron analizados en un arreglo lineal por medio de ANOVA que consideró como variable independiente a los seis grupos raciales, excepto en las siguientes situaciones: En el peso de la canal caliente no se consideró el grupo racial P(HxA), área de esfuerzo al corte no se consideraron los grupos raciales A(AxC) y P(AxC). Lo anterior fue debido a la falta de datos suficientes para cada grupo racial por situaciones ajenas a la investigación. Se utilizaron pruebas de Tukey para comparación de medias, cuando se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el ANOVA. Los datos de aceptación de consumidores fueron analizados mediante un modelo mixto con puntuación de aceptación compuesta, a través del método Satterthwaite. Para los datos de la evaluación de preferencia por ordenamiento se realizó un análisis estadístico de suma de rangos de Friedman para datos ordinales y prueba de muestras independientes Krustal-Wallis. Las variables dependientes que se consideraron correspondían a los atributos sensoriales descritos en las boletas, mientras que las variables independientes fueron, el grupo racial y el sexo de los consumidores. Dado que no se detectó diferencias de preferencia entre sexo de

consumidores, esta variable se eliminó del modelo original. Los análisis estadísticos se realizaron con los paquetes estadísticos R versión 3.5.1. (R Core Team, 2017) y SPSS versión 17 (IBM SPSS, 2008).

| <b>EVALUACIÓN DE PREFERENCIA POR ORDENAMIENTO</b>  |              |
|--|--------------|
| Lomo de res  |              |
| Instrucciones: Pruebe las muestras de izquierda a derecha y ordene los códigos de acuerdo a su preferencia (de mayor a menor preferencia). |              |
| <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>  |              |
| ¿Cuál es la razón de su elección?  |              |
| <hr/> <hr/> <hr/>  |              |
| Nombre: _____  | Fecha: _____ |

Figura 1. Boleta para evaluación de preferencia por ordenamiento.

|   |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|
| <b>EVALUACIÓN DE ACEPTACIÓN</b>   |  |  |  |  |  |  |
| Lomo de res   |  |  |  |  |  |  |
| Instrucciones: Pruebe las muestras de izquierda a derecha y escriba el código en la frase que mejor describa su opinión sobre la muestra en cuanto a los atributos ternura, jugosidad, masticabilidad, sabor y aceptabilidad general. |  |  |  |  |  |  |

**Teneza: Dureza durante la masticación.**

|                |                        |                      |                            |                         |                           |                   |
|----------------|------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|
| Me gusta mucho | Me gusta moderadamente | Me gusta ligeramente | Ni me gusta ni me disgusta | Me disgusta ligeramente | Me disgusta moderadamente | Me disgusta mucho |
|----------------|------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|

**Jugosidad: Percepción de agua/aceita/grasa durante la masticación.**

|                |                        |                      |                            |                         |                           |                   |
|----------------|------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|
| Me gusta mucho | Me gusta moderadamente | Me gusta ligeramente | Ni me gusta ni me disgusta | Me disgusta ligeramente | Me disgusta moderadamente | Me disgusta mucho |
|----------------|------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|

**Masticabilidad: Número de mordidas necesarias para deglutir el alimento.**

|                |                        |                      |                            |                         |                           |                   |
|----------------|------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|
| Me gusta mucho | Me gusta moderadamente | Me gusta ligeramente | Ni me gusta ni me disgusta | Me disgusta ligeramente | Me disgusta moderadamente | Me disgusta mucho |
|----------------|------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|

**Sabor: Sabor característico a carne de res durante la masticación.**

|                |                        |                      |                            |                         |                           |                   |
|----------------|------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|
| Me gusta mucho | Me gusta moderadamente | Me gusta ligeramente | Ni me gusta ni me disgusta | Me disgusta ligeramente | Me disgusta moderadamente | Me disgusta mucho |
|----------------|------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|

**Aceptabilidad general: Aceptación en relación a los atributos evaluados.**

|                |                        |                      |                            |                         |                           |                   |
|----------------|------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|
| Me gusta mucho | Me gusta moderadamente | Me gusta ligeramente | Ni me gusta ni me disgusta | Me disgusta ligeramente | Me disgusta moderadamente | Me disgusta mucho |
|----------------|------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| <b>Comentarios:</b> |             |
| _____               |             |
| _____               |             |
| Nombre: _____       | Fecha _____ |

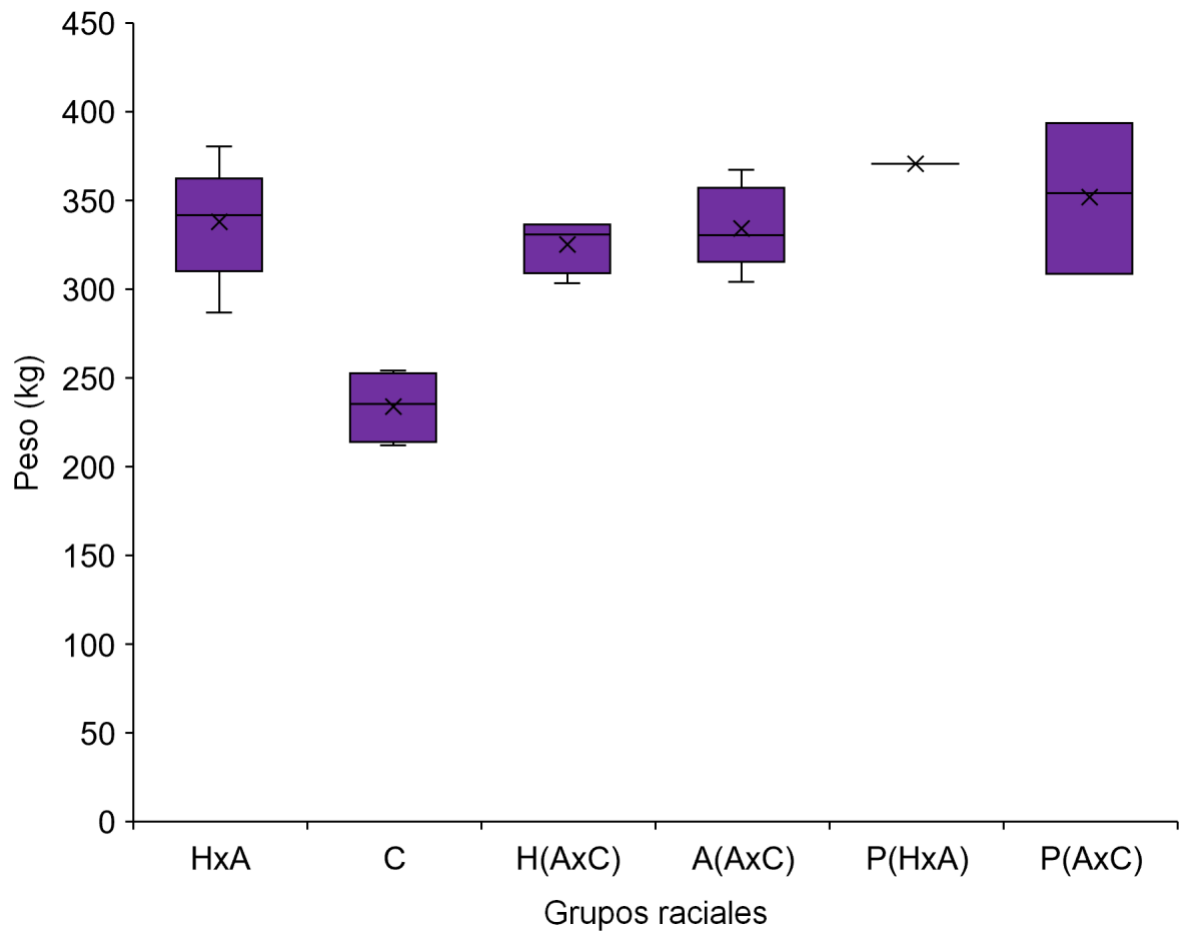
Figura 2. Boleta para evaluación de aceptación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Peso de la Canal Caliente

Se obtuvieron diferencias significativas en el peso de la canal caliente entre los grupos raciales ( $P < 0.05$ ). La raza Criollo presentó los pesos más bajos, mientras que las demás cruas obtuvieron pesos similares (Gráfica 1). De acuerdo a la literatura, el peso promedio de la raza Criollo (C) se encuentra alrededor de 347 kg (Estell, 2021). La raza Hereford y Angus presentan un peso promedio mayor a 500 kg al sacrificio (Bene *et al.*, 2007), mientras que los animales de doble musculatura como los de raza Piedmontese poseen un peso de entre 550 y 600 kg a los 16 meses de edad (Biagini y Lazzaroni, 2005). La tasa de crecimiento es un aspecto económico importante en la etapa de engorda, ya que determina el tiempo y la cantidad de alimento invertidos para la finalización de los animales (Hozáková *et al.*, 2020).

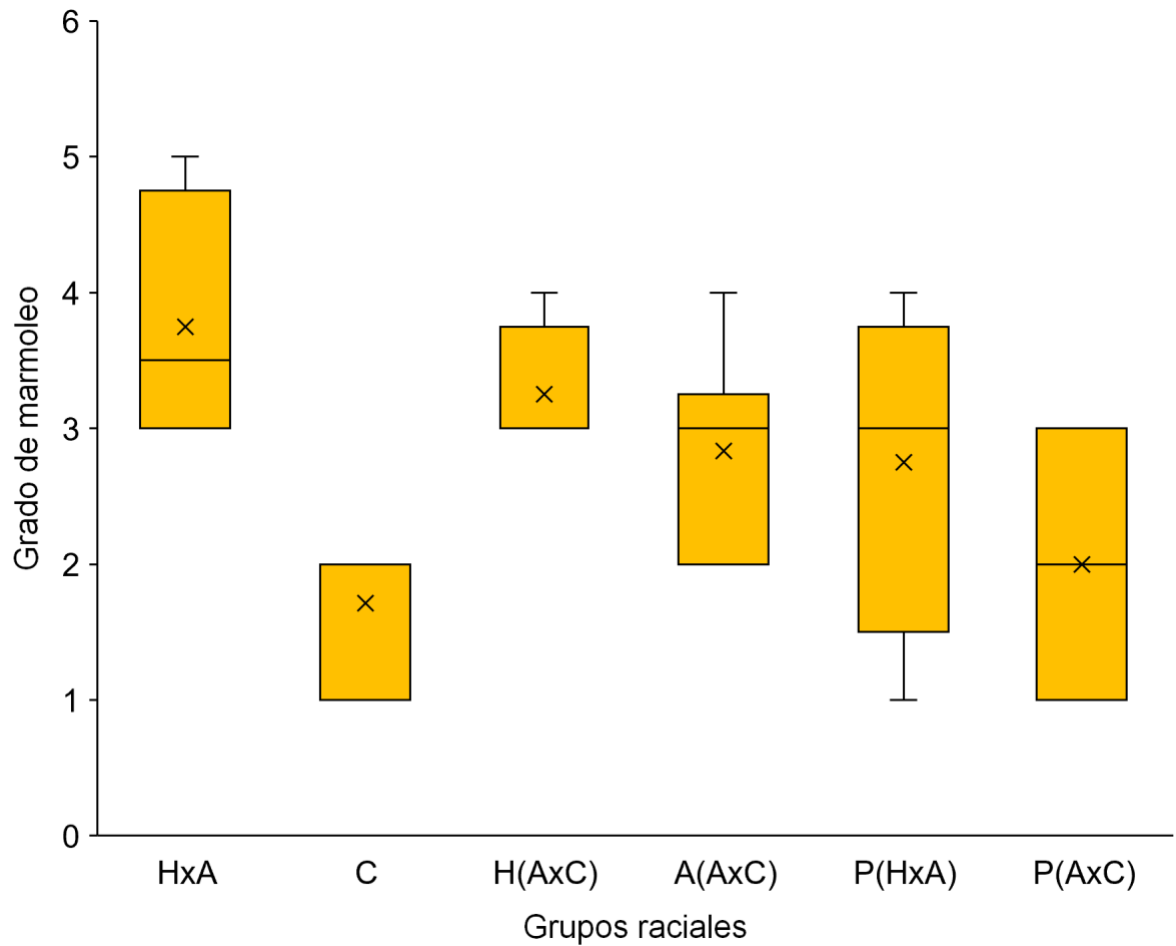
El ganado con una estructura corporal más pequeña generalmente madura a edades tempranas, mostrando una tasa de crecimiento más lenta con un peso más bajo y mayor cantidad de deposición de grasa en comparación con el ganado que madura a edad más avanzada (Nogalski *et al.*, 2018). Sin embargo, Albertí *et al.* (2008) y Schiavon *et al.* (2013) reportaron similitudes en el peso de la canal entre Angus, Hereford y Piedmontese. Estos resultados sugieren que se puede mejorar el peso de la canal de la raza C al cruzarlos con las razas Hereford, Angus y Piedmontese, obteniendo un peso de la canal similares a las razas de alto rendimiento. Además, las razas británicas producen una mejor deposición de grasa en las canales (Bureš *et al.*, 2006; Pesonen *et al.*, 2012), lo cual puede contribuir a una mayor jugosidad de la carne, mejorando la experiencia sensorial del consumidor.



Gráfica 1. Peso (kg) de canal caliente de bovinos machos provenientes de cruzas de razas estrategicas. Hereford x Angus [HxA]  $n=9$ , Rarámuri Criollo [C]  $n=6$ , Hereford x (Angus x Rarámuri Criollo) [H(AxC)]  $n=4$ , Angus x (Angus x Criollo) [A(AxC)]  $n=6$ , Piedmontese x (Hereford x Angus) [P(HxA)]  $n=1$  y Piedmontese (Angus x Rarámuri) (P[AxC])  $n=4$ . El grupo racial P(HxA) no se consideró en el análisis estadístico, debido a la falta de información sobre el peso de más ejemplares.

## **Grado de Marmoleo**

Se observaron diferencias significativas en el grado marmoleo entre los grupos raciales ( $P < 0.05$ ). La raza C presentó el menor grado de marmoleo, seguida de P(AxC) mientras que la craza HxA presentó mayor grado de marmoleo ( $P < 0.05$ ) (Gráfica 2). No obstante, se observaron similitudes entre A(AxC), H(AxC) y P(HxA) con el grupo racial HxA ( $P > 0.05$ ). El marmoleo es un factor determinante en la calidad sensorial de la carne, debido a que su cantidad como composición de ácidos grasos interviene en el sabor y la jugosidad de la carne (Thompson, 2001; Park *et al.*, 2018). Se ha reportado que las razas de doble musculatura presentan un menor grado de marmoleo en comparación a las razas británicas ( $P < 0.05$ ) (Bidner *et al.*, 2009; Wheeler *et al.*, 2010). Como se mencionó en la sección de peso al sacrificio, esto puede deberse a que las razas de menor tamaño tienden a madurar en edades tempranas, depositando mayor cantidad de grasa (Albrecht *et al.*, 2006). Sin embargo, la carne del grupo racial P(HxA) presentó un grado de marmoleo similar a HxA ( $P > 0.05$ ). Por su parte, la carne de los grupos raciales H(AxC) y A(AxC), también presentaron un grado de marmoleo similar a HxA ( $P > 0.05$ ), a pesar que la raza C fue la que presentó un menor grado de marmoleo. Estos resultados sugieren que la inclusión de genética de razas británicas como Hereford y Angus tuvo un efecto positivo en el grado de marmoleo de la carne de razas magras como ganado Piedmontese y/o Rarámuri.



Gráfica 2. Grado de marmoleo de carne madurada proveniente de cruza de razas estrategicas. Hereford x Angus [HxA]  $n=20$ , Rarámuri Criollo [C]  $n=7$ , Hereford x (Angus x Rarámuri Criollo) [H(AxC)]  $n=4$ , Angus x (Angus x Criollo) [A(AxC)]  $n=6$ , Piedmontese x (Hereford x Angus) [P(HxA)]  $n=8$  y Piedmontese (Angus x Rarámuri) (P[AxC])  $n=6$ .



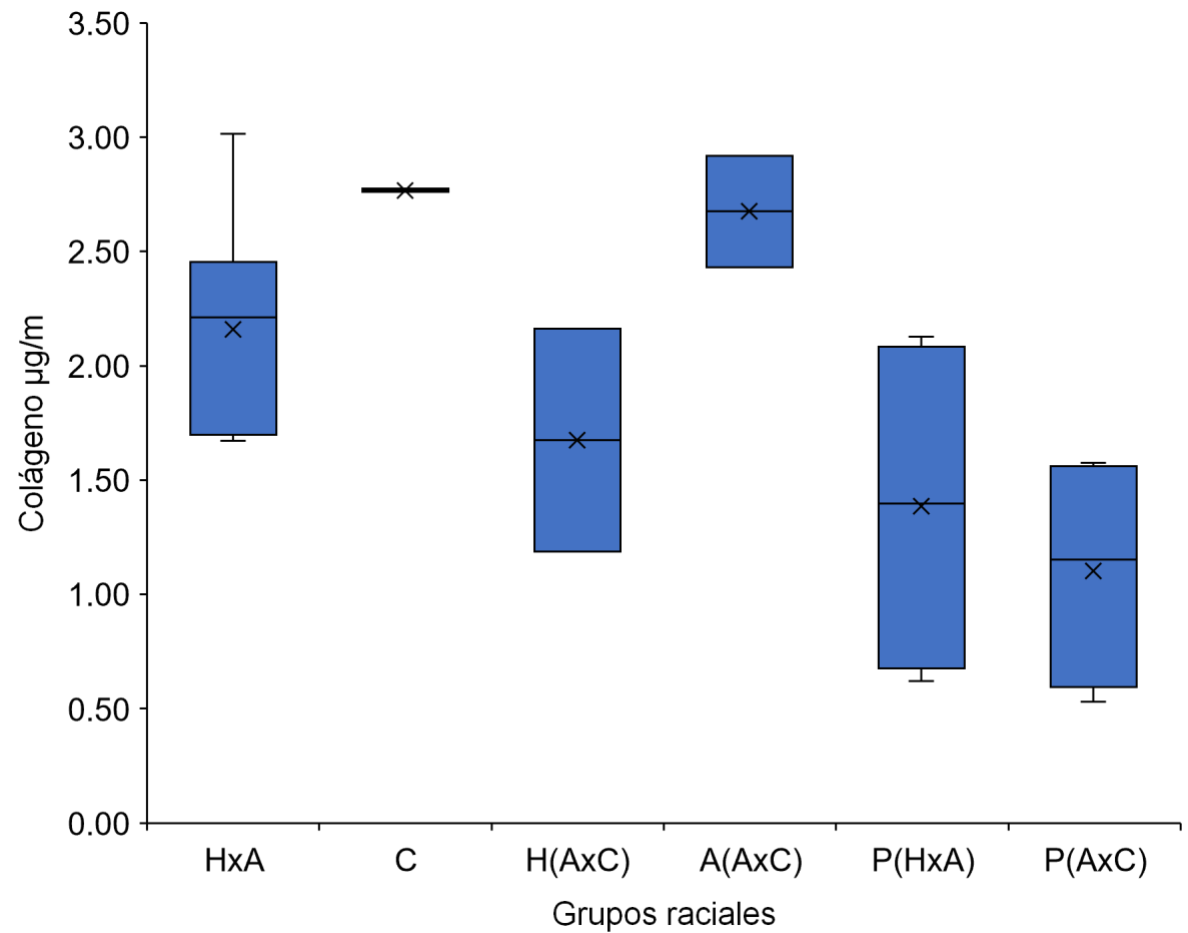
### **Concentración de Colágeno Total**

Se obtuvieron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en la cantidad de colágeno total. Las cruzas P(HxA) y P(AxC) presentaron una menor cantidad de colágeno total, mientras que los grupos raciales HxA, C y H(AxC) obtuvieron valores mayores (Gráfica 3). El colágeno es una proteína abundante del tejido conectivo la cual contribuye en la terneza y textura de la carne. Las moléculas de colágeno se unen mediante enlaces cruzados que ayudan a proporcionar estructura y resistencia (Weston *et al.*, 2002). Estos enlaces se vuelven termoestables al aumentar la edad de los animales, disminuyendo su solubilidad al momento de la cocción. Por lo tanto, los animales que alcanzan un peso al sacrificio a menor edad, como es el caso de las razas de doble musculatura, producen carne con un nivel de terneza mayor en comparación a las razas que presentan una edad mayor al sacrificio (Aiello *et al.*, 2018; Panea *et al.*, 2018; Roy *et al.*, 2021).

Los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que la raza Piedmontese como estrategia de cruzamiento puede contribuir a la obtención de carne con una menor cantidad de colágeno, produciendo carne con características similares entre razas británicas y rústicas

### **Energía o Área Total del Corte**

Se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el área total de corte. La raza Rarámuri presentó una menor área total de corte en comparación a los demás grupos raciales. Esto significa que la energía total que se utilizaría para cortar la carne en la masticación, será distinta entre la carne de los diferentes grupos raciales de este estudio (Cuadro 2). Como se describió en la sección de colágeno



Gráfica 3. Concentración de colágeno ( $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) de carne madurada proveniente de cruza de razas estrategicas. Hereford x Angus [HxA]  $n=10$ , Rarámuri Criollo [C]  $n=2$ , Hereford x (Angus x Rarámuri Criollo) [H(AxC)]  $n=2$ , Angus x (Angus x Criollo) [A(AxC)]  $n=2$ , Piedmontese x (Hereford x Angus) [P(HxA)]  $n=4$  y Piedmontese (Angus x Rarámuri) (P[AxC])  $n=4$ .

el factor racial juega un rol importante en la terneza de la carne, debido al cambio estructural del colágeno al alcanzar la madurez del animal. Esta diferencia en la madurez está relacionada con la diferencia del tamaño adulto alcanzado entre las razas (Zimmermann *et al.*, 2021). Sin embargo, se ha reportado que la carne madurada disminuye la cantidad de colágeno soluble, obteniendo así un nivel de terneza similar entre carne de distintas razas (Olleta *et al.*, 2008; Modzelewska-Kapituła *et al.*, 2015). El aumento de la terneza de la carne al madurarla se debe a la acción de proteasas endógenas, como son las caspasas, catepsinas y calpaínas. Las cuales intervienen en la desnaturalización del colágeno (Herrera-Mendez *et al.*, 2006; Morton *et al.*, 2018). Otro factor importante a considerar, es el nivel alto de terneza que posee el músculo *Longissimus lumborum* debido a la poca cantidad de colágeno que presentan, en comparación con otros músculos (Blanco *et al.*, 2013; Bruce *et al.*, 2019)

Los resultados obtenidos en la evaluación sugieren que a pesar de la diferencia en la cantidad de colágeno entre las razas, se puede mejorar la terneza de la carne al madurarla durante 15 días.

### **Evaluación Sensorial**

En el análisis de la evaluación de aceptación no se observaron diferencias significativas entre medias de grupos raciales para ninguno de los atributos evaluados por los consumidores ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, se puede observar una distribución heterogénea entre las observaciones dentro de ciertos grupos raciales.

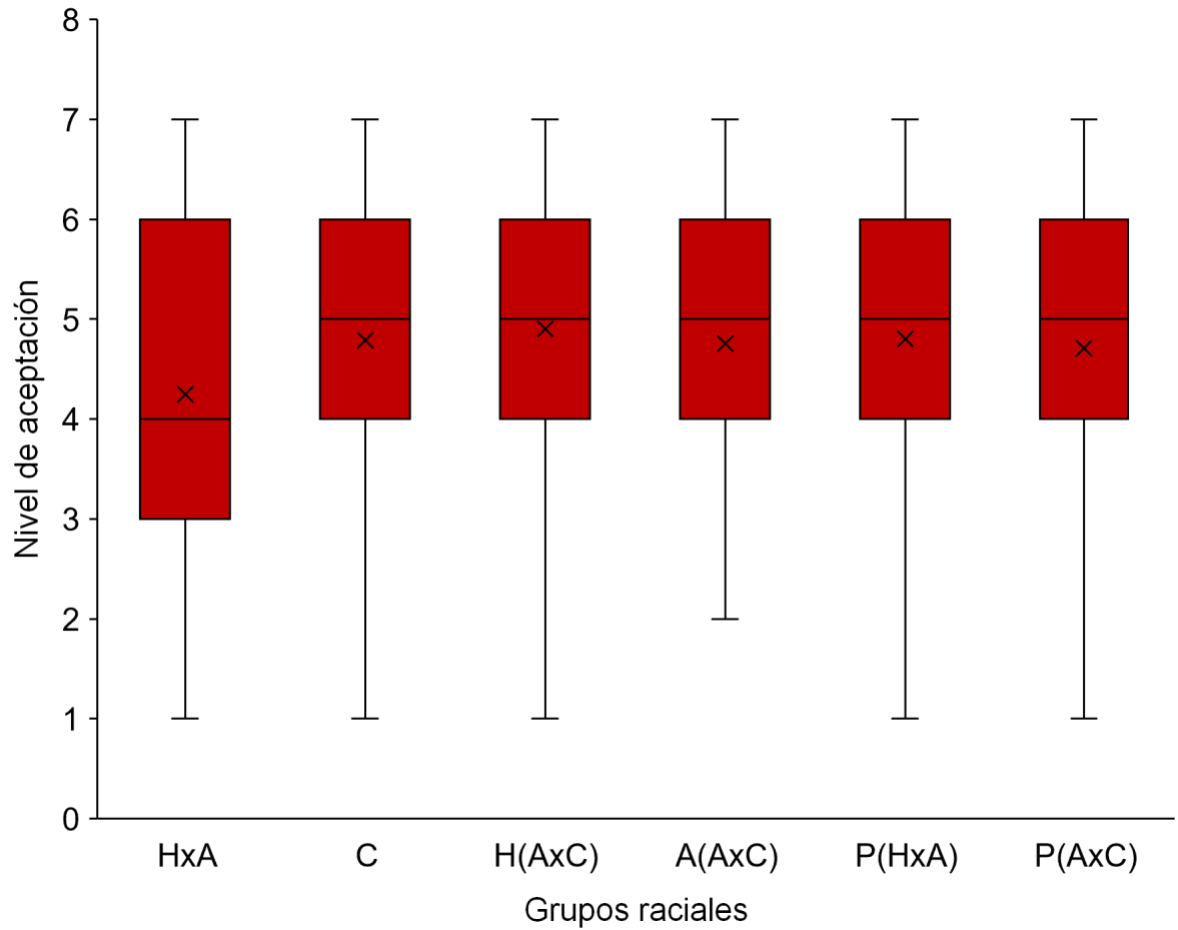
Cuadro 2. Medias ( $\pm$  E.E.) del área positiva (N\*s) obtenida de la energía o area total de esfuerzo al corte de carne madurada proveniente de cruzas de razas estratégicas

| Grupos Raciales                              | Área positiva (N*s) |
|--|---------------------|
| Hereford x Angus (HxA)                       | 13.10 $\pm$ .52     |
| Rarámuri (C) *                               | 10.77 $\pm$ .63     |
| Hereford x Angus-Rarámuri (H(AxC))           | 14.62 $\pm$ .79     |
| Piedmontese x Hereford-Angus (P(HxA))        | 13.36 $\pm$ .70     |
| Angus x Angus-Rarámuri (A(AxC)) $\phi$       | 11.43               |
| Piedmontese x Angus-Rarámuri (P(AxC)) $\phi$ | 14.17               |

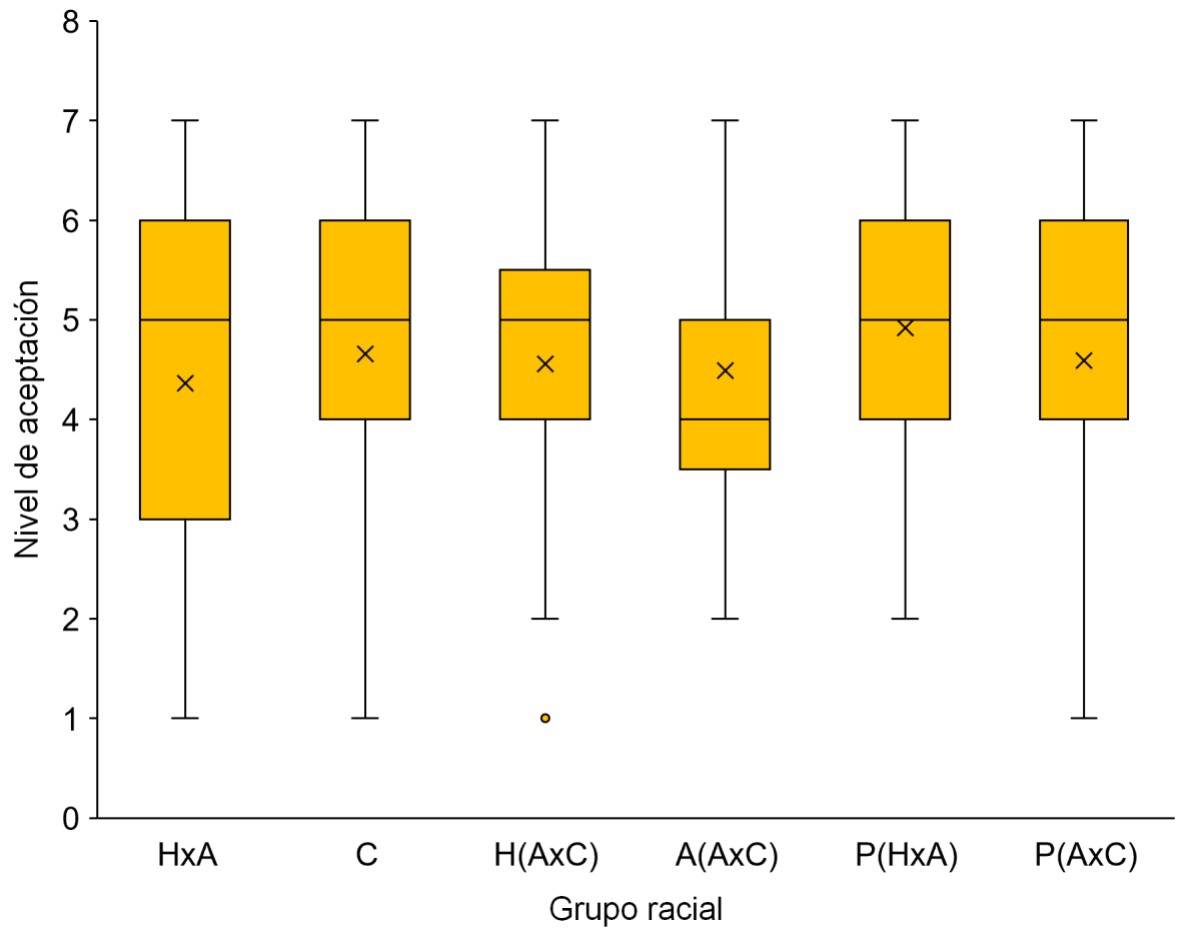
\* Se observaron diferencias significativas entre las medias de la energía o área total de esfuerzo al corte de carne madurada proveniente de cruzas de razas estratégicas ( $P > 0.05$ ).  $\phi$  De estos grupos raciales no se tuvieron suficiente observaciones para ser incluidos en el análisis estadístico, pero se muestra el valor promedio que obtuvieron únicamente como referencia.

En la aceptación de la ternura (Gráfica 4) se observó una mayor variación de las observaciones en la craza HxA. Se ha reportado que la carne madurada proveniente de distintas razas disminuyeron la cantidad de colágeno y presentaron valores similares al esfuerzo al corte a pesar de la diferencia en su cantidad de colágeno antes de la maduración (Campo *et al.*, 2000; Hanzelková *et al.*, 2011) . Esto podría indicar que el tiempo de maduración de la carne tendrá una mayor influencia en la ternura que la cantidad de colágeno. Lo cual coincide con la evaluación analítica del área de corte en la sección anterior.

En la aceptación de sabor (Gráfica 5) se observó que la craza HxA presentó una mayor variabilidad, mientras que las cruzas H(AxC) y A(AxC) presentaron una menor variabilidad. Esta heterogeneidad entre las muestras puede ser resultado de la cantidad de grasa intramuscular entre las cruzas, debido a que la cantidad de grasa es uno de los factores que mayor influencia tiene en el sabor de la carne (Arshad *et al.*, 2018). El aumento de la temperatura al cocinar la carne ocasiona la liberación de compuestos volátiles de la grasa, los cuales influirán de manera positiva en el gusto y olor percibido por el consumidor (Frank *et al.*, 2016). Sin embargo, la percepción de estos atributos puede verse afectada con cantidades muy altas de grasa, especialmente en consumidores conscientes sobre las repercusiones que el consumo de esta tiene en la salud (Miller, 2002).



Gráfica 4. Aceptación terneza de carne madurada proveniente de cruza de razas estratégicas. Hereford x Angus [HxA], Rarámuri Criollo [C], Hereford x (Angus x Rarámuri Criollo) [H(AxC)], Angus x (Angus x Criollo) [A(AxC)], Piedmontese x (Hereford x Angus) [P(HxA)] y Piedmontese (Angus x Rarámuri) (P[AxC]).



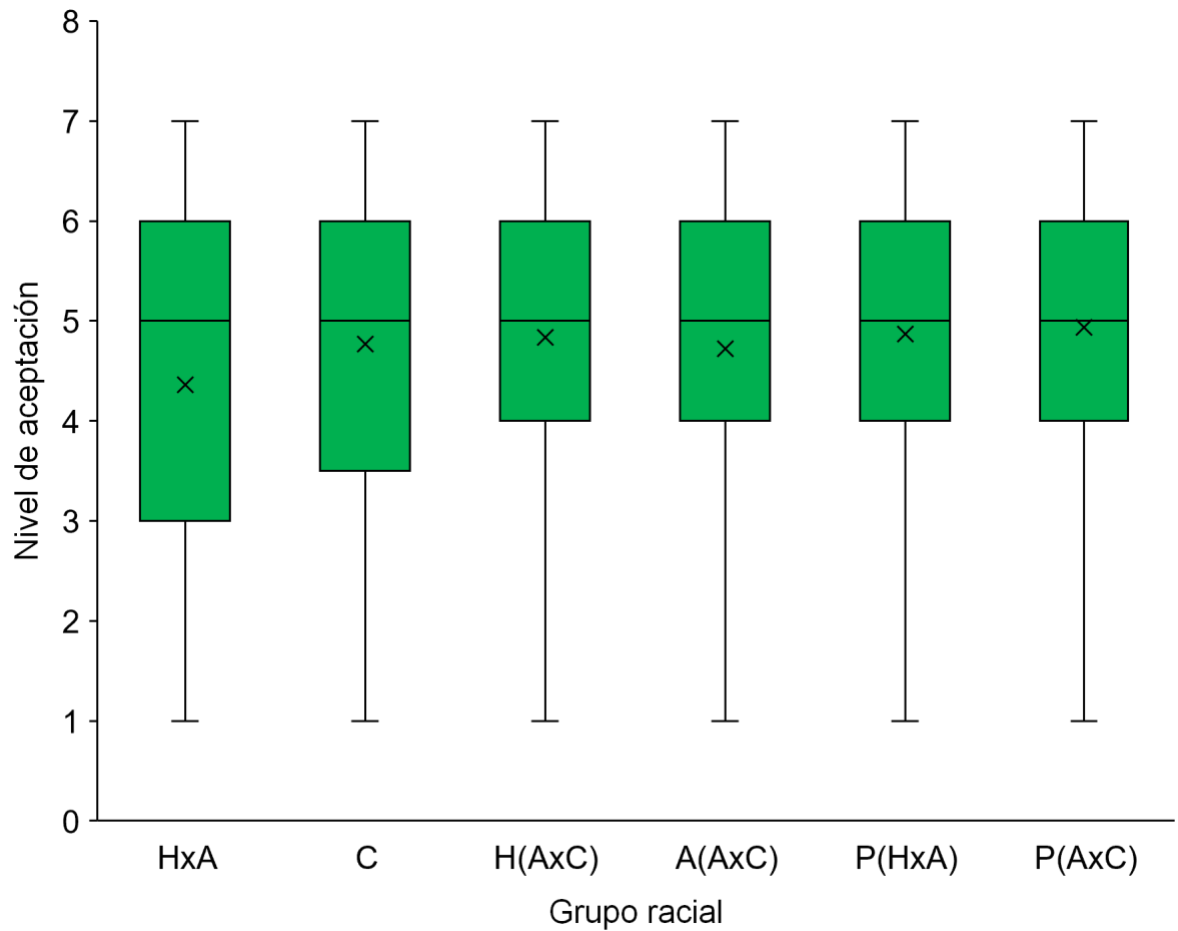
Gráfica 5. Aceptación del sabor de carne madurada proveniente de cruza de razas estratégicas. Hereford x Angus [HxA], Rarámuri Criollo [C], Hereford x (Angus x Rarámuri Criollo) [H(AxC)], Angus x (Angus x Criollo) [A(AxC)], Piedmontese x (Hereford x Angus) [P(HxA)] y Piedmontese (Angus x Rarámuri) (P[AxC]).

Esto podría explicar las variaciones encontradas en el análisis para la raza HxA, la cual presentó la mayor cantidad de marmoleo. Por lo que una mayor cantidad de grasa en la carne no significa que sea un mejor producto para el consumidor, incluso esta característica podría ocasionar una mayor variación en la percepción del sabor de la carne.

En la aceptación de la masticabilidad de la carne (Gráfica 6) se observó mayor variabilidad en los resultados de la craza HxA, seguida del ganado Criollo, mientras que las otras cruzas presentaron una distribución con similar homogeneidad. Se han reportado diferencias en la masticabilidad entre diferentes razas con un grado de marmoleo distinto, debido a que el aumento en la cantidad de grasa facilita la masticación de la carne (Shahrai *et al.*, 2021). Monsón *et al.* (2004) reportaron variaciones en el esfuerzo al corte con carne proveniente de diferentes razas. Sin embargo, ellos notaron que estas diferencias desaparecían a partir de los 21 días de la maduración.

Los resultados obtenidos en la presente evaluación podrían indicar que la maduración de la carne puede eliminar la diferencia en la aceptación de la masticabilidad de carne proveniente de distintas razas. Los datos de marmoleo no estuvieron relacionados con la masticación. Sin embargo, la craza HxA fue la que mayor cantidad de grasa presentó y la que mayor variabilidad tuvo en la aceptación de la masticación. Esto podría indicar que la cantidad de grasa no necesariamente es tan importante para la masticación de la carne. A pesar de ello, el aumento de grasa en la carne puede producir variaciones en la percepción de la masticación en los consumidores.

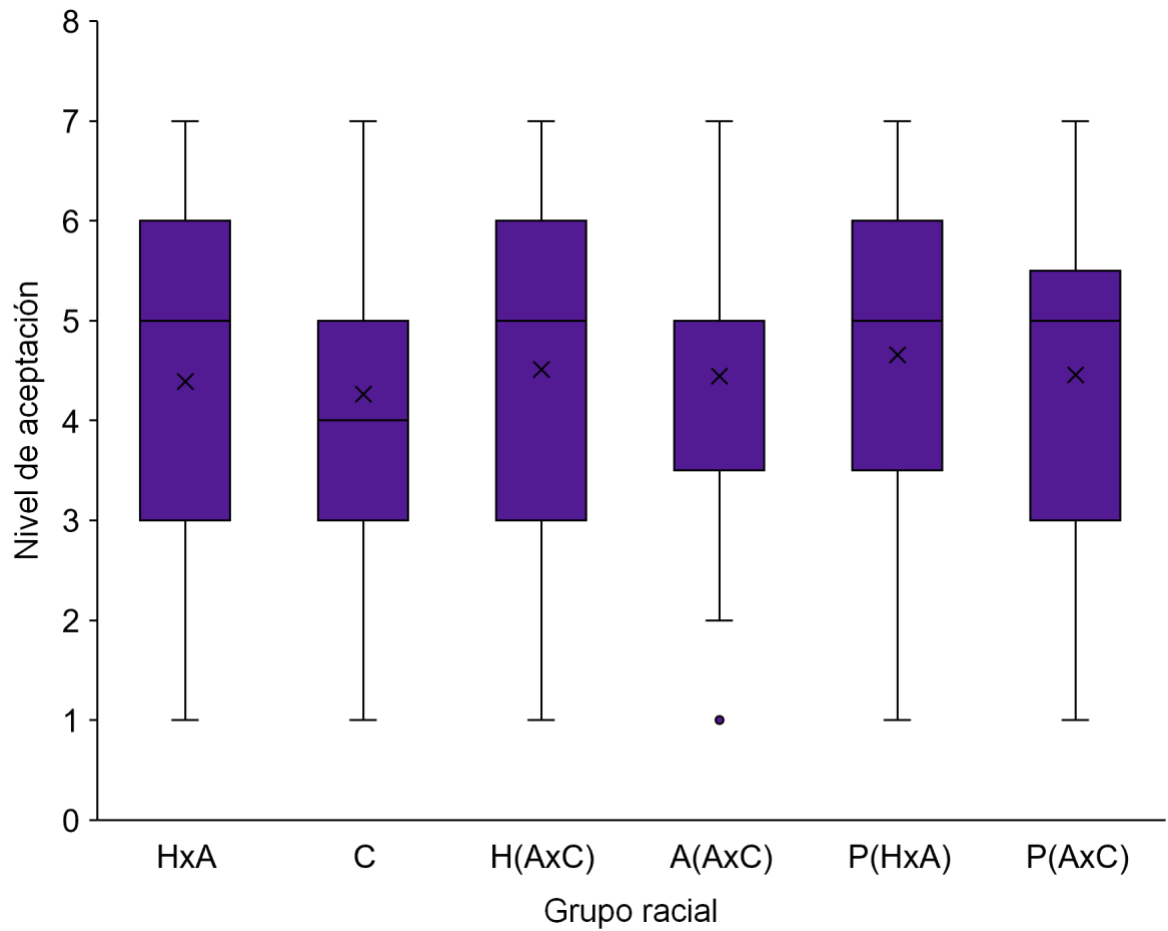




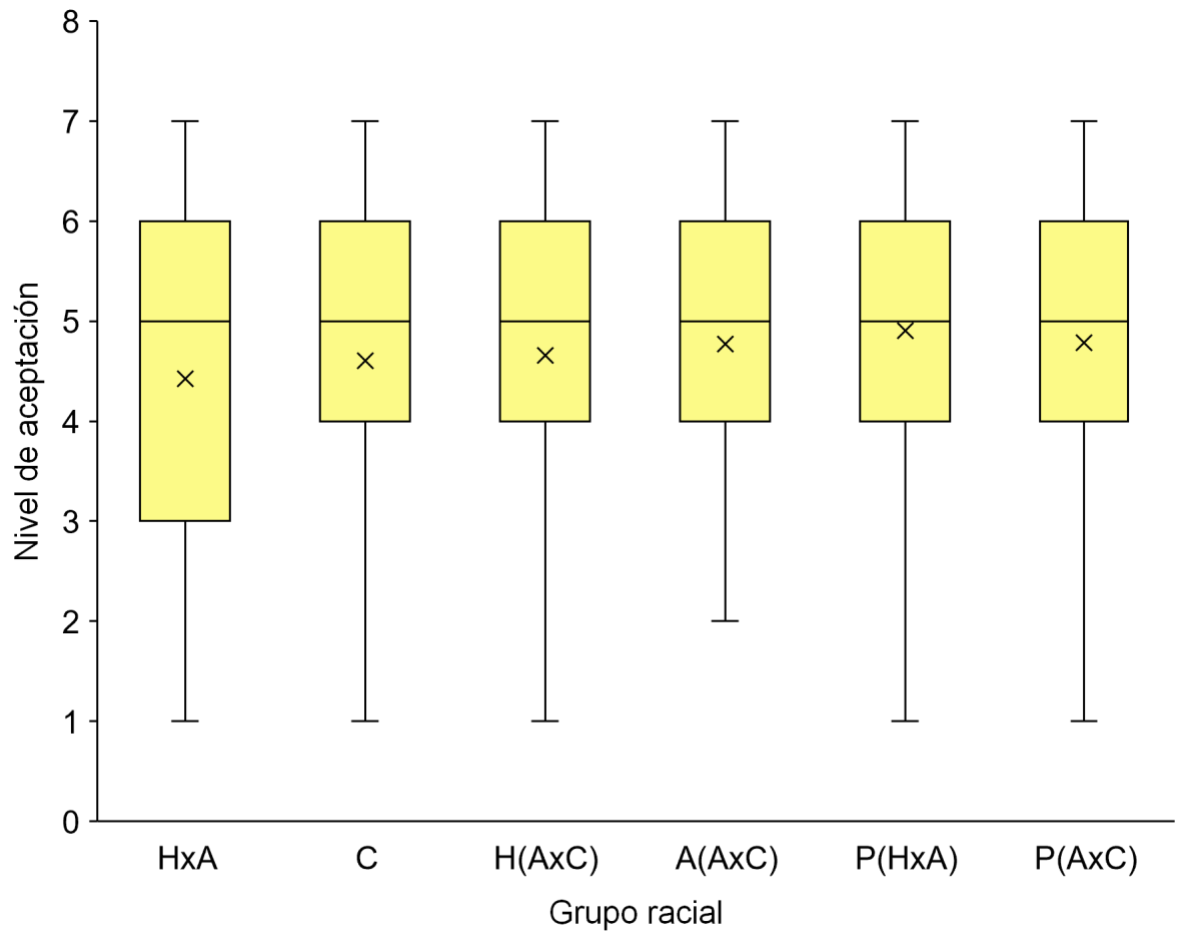
Gráfica 6. Aceptación de la masticabilidad de carne madurada proveniente de cruza de razas estratégicas. Hereford x Angus [HxA], Rarámuri Criollo [C], Hereford x (Angus x Rarámuri Criollo) [H(AxC)], Angus x (Angus x Criollo) [A(AxC)], Piedmontese x (Hereford x Angus) [P(HxA)] y Piedmontese (Angus x Rarámuri) (P[AxC]).

La carne de las cruzas HxA y H(AxC) mostró mayor variabilidad en la aceptación de la jugosidad (Gráfica 7). Arshad *et al.* (2018) reportaron que la cantidad de grasa intramuscular tiene un efecto positivo en la jugosidad de la carne. Sin embargo ésta también puede verse afectada por el grado de cocción (Drey *et al.*, 2019). Otros factores importantes en la jugosidad de la carne son la capacidad de retención de agua y la pérdida de agua durante la cocción. Estas características de la carne se ven influenciadas por la raza y el género del animal (Cafferky *et al.*, 2019). Se ha observado que razas con mayor musculatura y menor cantidad de grasa tienen una menor capacidad de retención de agua así como mayor pérdida de agua durante la cocción (Sañudo *et al.*; Cafferky *et al.*, 2019). Sin embargo, debido a que las muestras de la evaluación tenían diferentes niveles de grasa intramuscular y se cocinaron bajo las mismas condiciones se puede hipotetizar que el nivel de cocción podría tener un mayor impacto en la aceptación de la jugosidad que la cantidad de grasa intramuscular y la capacidad de retención de agua.

En la evaluación de aceptabilidad final (Gráfica 8) la craza HxA presentó una mayor variabilidad de los datos, mientras que las otras cruzas mostraron una distribución homogénea. Esto concuerda con los resultados obtenidos para la evaluación de sabor, el cual está estrechamente relacionado con la aceptación del consumidor (Garmyn, 2020).



Gráfica 7. Aceptación de la jugosidad de carne madurada proveniente de cruza de razas estratégicas. Hereford x Angus [HxA], Rarámuri Criollo [C], Hereford x (Angus x Rarámuri Criollo) [H(AxC)], Angus x (Angus x Criollo) [A(AxC)], Piedmontese x (Hereford x Angus) [P(HxA)] y Piedmontese (Angus x Rarámuri) (P[AxC]).



Gráfica 8. Aceptabilidad final de la carne madurada proveniente de cruces de razas estratégicas. Hereford x Angus [HxA], Rarámuri Criollo [C], Hereford x (Angus x Rarámuri Criollo) [H(AxC)], Angus x (Angus x Criollo) [A(AxC)], Piedmontese x (Hereford x Angus) [P(HxA)] y Piedmontese (Angus x Rarámuri) [P(AxC)].

En la evaluación de preferencia (Figura 3) no se obtuvieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre las cruzas. Esto concuerda con lo reportado por Monsón *et al.* (2004), quienes observaron que al madurar carne de distintas razas durante 14 días, se podría obtener un producto más homogéneo para el consumidor. A pesar de que el número de consumidores está en el límite recomendado para obtener información estadística satisfactoria (Caugant, 2001). El tamaño de la muestra pudo haber influido en el resultado obtenido para el análisis sensorial. Sin embargo, estos resultados coinciden con los datos obtenidos en la evaluación de aceptación para todos los atributos. Ambos resultados nos pueden indicar que la carne de la cruce HxA podría tener una mayor variabilidad de atributos sensoriales que impacten en la percepción del consumidor. Caso contrario el de las cruces con razas Piedmontese y Criollo, las cuales parecen más homogéneas en la aceptación del consumidor.

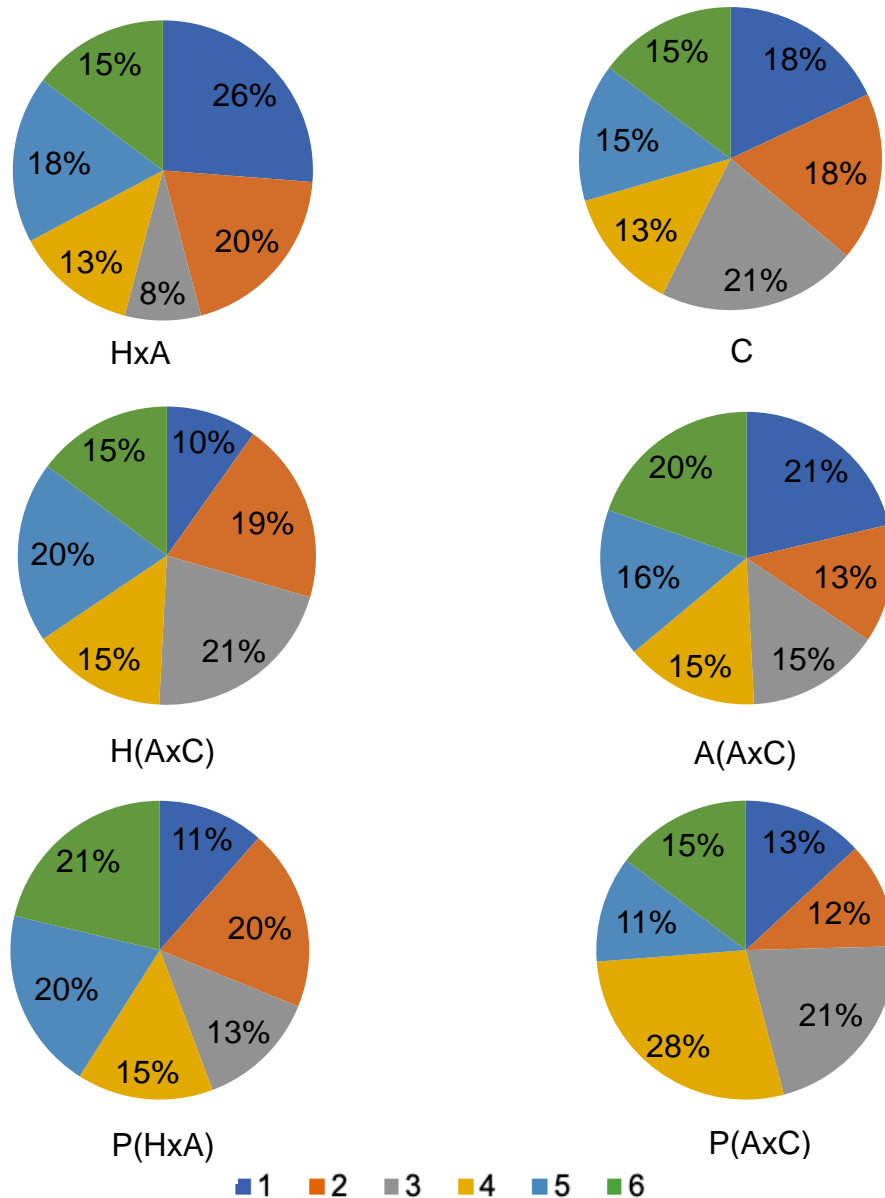


Figura 3. Porcentaje obtenido en la evaluación sensorial de preferencia de carne madurada proveniente de cruces de razas estratégicas. Hereford x Angus [HxA], Rarámuri Criollo [C], Hereford x (Angus x Rarámuri Criollo) [H(AxC)], Angus x (Angus x Criollo) [A(AxC)], Piedmontese x (Hereford x Angus) [P(HxA)] y Piedmontese (Angus x Rarámuri) (P[AxC]). El número 1 representa el porcentaje de veces que la muestra de este grupo racial fue la más preferida, mientras que el número 6 representa el porcentaje de veces que la muestra de este grupo racial fue la menos preferida.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente investigación demostró que no existen diferencias significativas en la evaluación sensorial entre las seis cruzas estratégicas. No obstante, se observaron diferencias significativas en el peso de las canales calientes, cantidad de colágeno, grado de marmoleo y en la energía o área total de corte a pesar de la relación que tiene la cantidad de colágeno, grado de marmoleo y terneza con la percepción sensorial de la carne. Esto podría indicarnos que la maduración de carne de cruzas de razas rústicas con razas especializadas puede ser una opción factible para la obtención de animales que se adapten a condiciones ambientales áridas, manteniendo un nivel de calidad de la carne aceptable para el consumidor.

Se recomienda realizar una evaluación donde se tengan muestras de ambos sexos para todas las cruzas, debido a las diferencias que pueden existir entre la carne de machos y hembras. Asimismo, se recomienda llevar a cabo una evaluación con otro tipo de músculo, debido a las variaciones en el nivel de grasa y concentración de colágeno entre los distintos grupos musculares. Además, se recomienda la evaluación sensorial con panelistas entrenados para conocer la intensidad de los atributos de la carne. Lo anterior podría ayudar a detectar diferencias más sutiles entre las muestras. Adicionalmente, se recomienda realizar el perfil de ácidos grasos, para determinar cuál podría ser el impacto del consumo de la carne de este estudio en la salud del consumidor.

## LITERATURA CITADA

- A.Rodero, J. V. D. y E. R. 1993. Primitive Andalusian livestock and their implications in the discovery of America. *Rev. Arch. Zootec.* 41. Available from:[https://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/az.php?idioma\\_global=0&revista=46&codigo=794](https://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/az.php?idioma_global=0&revista=46&codigo=794).
- Åby, B. A., J. Kantanen, L. Aass y T. Meuwissen. 2014. Current status of livestock production in the Nordic countries and future challenges with a changing climate and human population growth. *Acta Agric. Scand. A Anim. Sci.* 64:73–97. doi:10.1080/09064702.2014.950321.
- Aiello, D., K. Patel, y E. Lasagna. 2018. The myostatin gene: an overview of mechanisms of action and its relevance to livestock animals. *Anim. Genet.* 49:505–519. doi:10.1111/age.12696.
- Albertí, P., B. Panea, C. Sañudo, J. L. Olleta, G. Ripoll, P. Ertbjerg, M. Christensen, S. Gigli, S. Failla, S. Concetti, J. F. Hocquette, R. Jailler, S. Rudel, G. Renand, G. R. Nute, R. I. Richardson y J. L. Williams. 2008. Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds. *Livest. Sci.* 114:19–30. doi:10.1016/j.livsci.2007.04.010.
- Albrecht, E., F. Teuscher, K. Ender y J. Wegner. 2006. Growth- and breed-related changes of marbling characteristics in cattle. *J. Anim. Sci.* 84:1067–1075. doi:10.2527/2006.8451067x.
- Ali, J. y E. Pappa. 2015. Global meat market: Structural changes across geographical regions. *South Asia Res.* 35:143–157. doi:10.1177/0262728015578985.
- Anderson, D. M., R. E. Estell, A. L. Gonzalez, A. F. Cibils y L. A. Torell. 2015. Criollo Cattle: Heritage Genetics for Arid Landscapes. *Rangelands.* doi:10.1016/j.rala.2015.01.006.
- Arshad, M. S., M. Sohaib, R. S. Ahmad, M. T. Nadeem, A. Imran, M. U. Arshad, J. H. Kwon y Z. Amjad. 2018. Ruminant meat flavor influenced by different factors with special reference to fatty acids. *Lipids Health Dis.* 17:1–13. doi:10.1186/s12944-018-0860-z.
- Badillo, S. C. 2017. Valoración económica de los pastizales en el sistema producto bovinos carne del estado de Chihuahua.
- Bailey, D. W., H. C. VanWagoner y R. Weinmeister. 2006. Individual animal selection has the potential to improve uniformity of grazing on foothill rangeland. *Rangel. Ecol. Manag.* 59:351–358. doi:10.2111/04-165R2.1.



- Bene, S., B. Nagy, L. Nagy, B. Kiss, J. P. Polgár y F. Szabó. 2007. Comparison of body measurements of beef cows of different breeds. *Arch. Anim. Breed.* 50:363–373. doi:10.5194/aab-50-363-2007.
- Biagini, D. y C. Lazzaroni. 2005. Carcass dissection and commercial meat yield in Piemontese and Belgian Blue double-muscléd young bulls. *Livest. Prod. Sci.* 98:199–204. doi:10.1016/j.livprodsci.2005.05.007.
- Bidner, T. D., P. E. Humes, W. E. Wyatt, D. E. Franke, M. A. Persica, G. T. Gentry y D. C. Blouin. 2009. Influence of Angus and Belgian Blue bulls mated to Hereford x Brahman cows on growth, carcass traits, and longissimus steak shear force. *J. Anim. Sci.* 87:1167–1173. doi:10.2527/jas.2008-1359.
- Blanco, M., C. Jurie, D. Micol, J. Agabriel, B. Picard y F. Garcia-Launay. 2013. Impact of animal and management factors on collagen characteristics in beef: A meta-analysis approach. *Animal.* 7:1208–1218. doi:10.1017/S1751731113000177.
- Bruce, Heather L., Roy y B. C. 2019. Production factors affecting the contribution of collagen to beef toughness. 1–31.
- Bureš, D. y L. Bartoň. 2018. Performance, carcass traits and meat quality of Aberdeen Angus, Gascon, Holstein and Fleckvieh finishing bulls. *Livest. Sci.* 214:231–237. doi:10.1016/j.livsci.2018.06.017.
- Bureš, D., L. Bartoň, R. Zahrádková, V. Teslík y M. Krejčová. 2006. Chemical composition, sensory characteristics, and fatty acid profile of muscle from Aberdeen Angus, Charolais, Simmental, and Hereford bulls. *Czech J. Anim. Sci.* 51:279–284. doi:10.17221/3940-cjas.
- Cafferky, J., R. M. Hamill, P. Allen, J. V. O'Doherty, A. Cromie y T. Sweeney. 2019. Effect of breed and gender on meat quality of *M. longissimus thoracis et lumborum* muscle from crossbred beef bulls and steers. *Foods.* 8. doi:10.3390/foods8050173.
- Callejas Juárez, N., H. Aranda Gutiérrez, S. Rebollar Rebollar y M. L. de la Fuente Martínez. 2014. Situación económica de la producción de bovinos de carne en el estado de chihuahua, México. 25:133–139.
- Campo, M. M., P. Santolaria, C. Sañudo, J. Lepetit, J. L. Olleta, B. Panea y P. Albertí. 2000. Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Sci.* 55:371–378. doi:10.1016/S0309-1740(99)00162-X.
- Carter, A. H. 1975. Evaluation of cattle for beef production in new zeland. *J. Chem. Inf. Model.* 53:1689–1699. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.

- Casas, E., J. W. Keele, S. C. Fahrenkrug, T. P. L. Smith, L. V. Cundiff y R. T. Stone. 1999. Quantitative analysis of birth, weaning, and yearling weights and calving difficulty in piedmontese crossbreeds segregating an inactive myostatin allele. *J. Anim. Sci.* 77:1686–1692. doi:10.2527/1999.7771686x.
- Caugant, M. 2001. *Sensory evaluation: Guide of Good Practice*. 114.
- Cesal, L., W. Coyle, T. Crawford, F. Crook, T. Disney, L. Duewer, R. Gustafson, W. Hahn, M. Haley, D. Harvey, S. Huang, E. Jones, S. Langley, M. Madison y L. Bailey. 2003. Structure of the Global Markets for Meat. *USDA Econ. Res. Serv.*
- Chambaz, A., M. R. L. Scheeder, M. Kreuzer y P. A. Dufey. 2003. Meat quality of Angus, Simmental, Charolais y Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Sci.* 63:491–500. doi:10.1016/S0309-1740(02)00109-2.
- Cho, S., S. M. Kang, P. Seong, G. Kang, Y. Kim, J. Kim, S. Chang y B. Park. 2017. Effect of aging and freezing conditions on meat quality and storage stability of 1++ grade Hanwoo steer beef: Implications for shelf life. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 37:440–448. doi:10.5851/kosfa.2017.37.3.440.
- Christensen, M., P. Ertbjerg, S. Failla, C. Sañudo, R. I. Richardson, G. R. Nute, J. L. Olleta, B. Panea, P. Albertí, M. Juárez, J. F. Hocquette y J. L. Williams. 2011. Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Sci.* 87:61–65. doi:10.1016/j.meatsci.2010.09.003.
- Coleman, L. W., R. E. Hickson, N. M. Schreurs, N. P. Martin, P. R. Kenyon, N. Lopez-Villalobos y S. T. Morris. 2016. Carcass characteristics and meat quality of Hereford sired steers born to beef-cross-dairy and Angus breeding cows. *Meat Sci.* 121:403–408. doi:10.1016/j.meatsci.2016.07.011. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.07.011>
- Cuvelier, C., A. Clinquart, J. F. Hocquette, J. F. Cabaraux, I. Dufrasne, L. Istasse y J. L. Hornick. 2006. Comparison of composition and quality traits of meat from young finishing bulls from Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus breeds. *Meat Sci.* 74:522–531. doi:10.1016/j.meatsci.2006.04.032.
- Dashdorj, D., T. Amna, and I. Hwang. 2015. Influence of specific taste-active components on meat flavor as affected by intrinsic and extrinsic factors: an overview. *Eur. Food Res. Technol.* 241:157–171. doi:10.1007/s00217-015-2449-3.
- Drey, L. N., L. L. Prill, B. A. Olson, E. A. Rice, J. M. Gonzalez, J. L. Vipham, T. A. Houser, E. A. E. Boyle y T. G. O'quinn. 2019. Evaluation of marbling and enhancement's abilities to compensate for reduced beef palatability at elevated degrees of doneness. *J. Anim. Sci.* 97:669–686. doi:10.1093/jas/sky435.

- Estell, R. 2021. The genesis of the Jornada criollo cattle program. *J. Arid Environ.* 193. doi:10.1016/j.jaridenv.2021.104563.
- FAO. 2013. Tackling climate change through livestock: A global assesment of emissions and mitigation opportunities.
- FAO. 2017. The future of food and agriculture: Trends and challenges. Food Agric. Organ. United Nations. 180. doi:10.4161/chan.4.6.12871.
- FAO. 2019. Overview of global meat market developments in 2018. *Meat Mark. Rev.* 1–11. Available from: <http://www.fao.org/3/ca3880en/ca3880en.pdf>
- FIRA. 2018. Panormama agroalimentario (carne de bovino). 1–7.
- Frank, D., A. Ball, J. Hughes, R. Krishnamurthy, U. Piyasiri, J. Stark, P. Watkins y R. Warner. 2016. Sensory and flavor chemistry characteristics of Australian beef: Influence of intramuscular fat, feed, and breed. *J. Agric. Food Chem.* 64:4299–4311. doi:10.1021/acs.jafc.6b00160.
- Garmyn, A. 2020. Consumer preferences and acceptance of meat products. *Foods.* 9:10–12. doi:10.3390/foods9060708.
- Granados-Sánchez, D., H.-G. M. Á., ; Antonio Vázquez-Alarcón y R.-P. Pablo. 2013. The processes of desertification and arid regions. *RCHSCFA.* doi:10.5154/r.rchscfa. Available from: <http://www.chapingo.mx./revistas>
- Guerrero, A., M. V. Valero, M. M. Campo y C. Sañudo. 2013. Some factors that affect ruminant meat quality: from the farm to the fork. *Review. Acta Sci. Anim. Sci.* 35. doi:10.4025/actascianimsci.v35i4.21756. Available from: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/21756>
- Hanzelková, Š., J. Simeonovová, D. Hampel, A. Dufek y J. Šubrt. 2011. The effect of breed, sex and aging time on tenderness of beef meat. *Acta Vet. Brno.* 80:191–196. doi:10.2754/avb201180020191.
- Henchion, M., M. McCarthy, V. C. Resconi y D. Troy. 2014. Meat consumption: Trends and quality matters. *Meat Sci.* 98:561–568. doi:10.1016/J.MEATSCI.2014.06.007.
- Herrera-Mendez, C. H., S. Becila, A. Boudjellal y A. Ouali. 2006. Meat ageing: Reconsideration of the current concept. *Trends Food Sci. Technol.* 17:394–405. doi:10.1016/j.tifs.2006.01.011.
- Hozáková, K., K. Vavříšínová, P. Neirurerová y J. Bujko. 2020. Growth of beef cattle as prediction for meat production: A review. *Acta Fytotech. Zootech.* 23:58–69. doi:10.15414/AFZ.2020.23.02.58-69.
- Hunt, M. 2012. Meat Color Measurement Guidelines.

IBM SPSS 2008. SPSS Inc. Released 2008. SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc.

loris, A. A. R. 2015. Political ecologies of meat. INAFED Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. SEGOB Secretaría de Gobernación 2010©

INAFED (2010). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México.

Olleta, J.L., Sañudo, C., Monsón, F. y Campo, M.M. 2008. Sensory evaluation of several European cattle breeds. In: B. A., B. J.P., and O. A., editors. Mediterranean livestock production: uncertainties and opportunities . Vol. 78. Zaragoza: p. 297–300.

Kovácsné Koncz, N., B. Béri, B. Deák, A. Kelemen, K. Tóth, R. Kiss, S. Radócz, T. Migléc, B. Tóthmérész y O. Valkó. 2020. Meat production and maintaining biodiversity: Grazing by traditional breeds and crossbred beef cattle in marshes and grasslands. *Appl. Veg. Sci.* 23:139–148. doi:10.1111/avsc.12475.

Lawrie, R. A., and D. Ledward. 2006. *Lawrie's Meat Science: Seventh Edition.*

Listrat, A., B. Le Bret, I. Louveau, T. Astruc, M. Bonnet, L. Lefaucheur, B. Picard y J. Bugeon. 2016. How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality. *Sci. World J.* 2016:3182746. doi:10.1155/2016/3182746.

López Gajardo, A. 2018. Parámetros de calidad y características sensoriales de la carne de terneros de raza retinta criados en dos modelos de producción ecológica. 226. Available from: <https://idus.us.es/xmlui/handle//11441/80945>

Madruga, M. S. y D. S. Mottram. 1995. The effect of pH on the formation of maillard-derived aroma volatiles using a cooked meat system. *J. Sci. Food Agric.* 68:305–310. doi:10.1002/jsfa.2740680308.

McAfee, A. J., E. M. McSorley, G. J. Cuskelly, B. W. Moss, J. M. W. Wallace, M. P. Bonham y A. M. Fearon. 2010. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Sci.* 84:1–13. doi:10.1016/j.meatsci.2009.08.029. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.029>

Medrano, H.-, J.H. y L. Corona. 2018. El Metano Y La Ganadería Bovina En México: ¿Parte De La Solución Y No Del Problema? *AGRO Product.* 11:46–51.

Mellink, E. y M. E. Riojas-López. 2020. Livestock and grassland interrelationship along five centuries of ranching the semiarid grasslands on the southern highlands of the Mexican Plateau. *Elementa.* 8. doi:10.1525/ELEMENTA.416.

- Mendonça, F. S., M. D. MacNeil, W. S. Leal, R. C. C. Azambuja, P. F. Rodrigues y F. F. Cardoso. 2019. Crossbreeding effects on growth and efficiency in beef cow-calf systems: Evaluation of Angus, Caracu, Hereford and Nelore breed direct, maternal and heterosis effects. *Transl. Anim. Sci.* 3:1286–1295. doi:10.1093/tas/txz096.
- Miller, R. K. 2002. Factors affecting the quality of raw meat. Woodhead Publishing Limited. Available from: <http://dx.doi.org/10.1533/9781855736665.1.27>
- Modzelewska-Kapituła, M., A. Kwiatkowska, B. Jankowska y E. Dabrowska. 2015. Water holding capacity and collagen profile of bovine m. infraspinatus during postmortem ageing. *Meat Sci.* 100:209–216. doi:10.1016/j.meatsci.2014.10.023.
- Monsón, F., C. Sañudo y I. Sierra. 2004. Influence of cattle breed and ageing time on textural meat quality. *Meat Sci.* 68:595–602. doi:10.1016/j.meatsci.2004.05.011.
- Morton, J. D., Z. F. Bhat y A. El-Din Ahmed Bekhit. 2018. Proteases and meat tenderization. Elsevier. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21663-6>
- Nogalski, Z., P. Pogorzelska-Przybyłek, M. Sobczuk-Szul, A. Nogalska, M. Modzelewska-Kapituła y C. Purwin. 2018. Carcass characteristics and meat quality of bulls and steers slaughtered at two different ages. *Ital. J. Anim. Sci.* 17:279–288. doi:10.1080/1828051X.2017.1383861.
- Nyamuryekung'e, S., A. F. Cibils, R. E. Estell, M. McIntosh, D. VanLeeuwen, C. Steele, A. L. González, S. Spiegel, L. A. Reyes, F. A. Rodríguez Almeida y M. Anderson. 2021. Foraging behavior and body temperature of heritage vs. commercial beef cows in relation to desert ambient heat. *J. Arid Environ.* 193. doi:10.1016/j.jaridenv.2021.104565.
- OCDE-FAO. 2017. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas Enfoque especial: Sudeste asiático. OECD. Available from: [https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2017-2026\\_agr\\_outlook-2017-es](https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2017-2026_agr_outlook-2017-es)
- Ortega-Ochoa, C., C. Villalobos, J. Martínez-Nevárez, C. M. Britton, y R. E. Sosebee. 2008. Chihuahua's cattle industry and a decade of drought: Economical and ecological implications. *Rangelands.* 30:2–7. doi:10.2111/1551-501X-30.6.2.
- Panea, B., J. L. Olleta, C. Sañudo, M. del Mar Campo, M. A. Oliver, M. Gispert, X. Serra, G. Renand, M. del Carmen Oliván, S. Jabet, S. García, M. López, M. Izquierdo, M. D. García-Cachán, R. Quintanilla y J. Piedrafita. 2018. Effects of breed-production system on collagen, textural, and sensory traits of 10 European beef cattle breeds. *J. Texture Stud.* 49:528–535. doi:10.1111/jtxs.12350.

- Park, S. J., S. H. Beak, D. J. S. Jung, S. Y. Kim, I. H. Jeong, M. Y. Piao, H. J. Kang, D. M. Fassah, S. W. Na, S. P. Yoo y M. Baik. 2018. Genetic, management, and nutritional factors affecting intramuscular fat deposition in beef cattle - A review. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 31:1043–1061. doi:10.5713/ajas.18.0310.
- Peinetti, H. R., E. L. Fredrickson, D. P. C. Peters, A. F. Cibils, J. O. Roacho-Estrada y A. S. Laliberte. 2011. Foraging behavior of heritage versus recently introduced herbivores on desert landscapes of the American Southwest. *Ecosphere.* 2:1–14. doi:10.1890/ES11-00021.1.
- Pérez Vera, F. D. C., M. Á. Martínez Damián, R. García Mata y M. A. Espinosa Trujillo. 2017. Efecto simultáneo entre los precios al consumidor de las principales carnes consumidas en México. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas.* 6:239. doi:10.29312/remexca.v6i2.685.
- Perry, D. 2009. Sensory Measurement of Meat Quality. 1–8.
- Pesonen, M., M. Honkavaara y A. Huuskonen. 2012. Effect of breed on production, carcass traits and meat quality of aberdeen angus, limousin and aberdeen angusxlimousin bulls offered a grass silage-grain-based diet. *Agric. Food Sci.* 21:361–369. doi:10.23986/afsci.6520.
- Pighin, D. G., P. Davies, G. Grigioni, A. A. Pazos, I. Ceconi, D. Mendez, M. Buffarini, A. Sancho y C. B. Gonzalez. 2013. Effect of slaughter handling conditions and animal temperament on bovine meat quality markers. *Arch. Zootec.* 62:399–409. doi:10.4321/s0004-05922013000300008.
- Pogorzelska, J., J. Miciński, H. Ostoja, I. M. Kowalski, J. Szarek y E. Strzyzewska. 2013. Quality traits of meat from young limousin, charolais and hereford bulls. *Pak. Vet. J.* 33:65–68.
- Points, K., P. Growth, S. Management, P. Design, L. Distribution y G. Legumes. 2021. *Grazing Management.* 1–16.
- Purslow, P. P. 2005. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Sci.* 70:435–447. doi:10.1016/j.meatsci.2004.06.028.
- Quiroz, J. 2007. Caracterización genética de los bovinos criollos mexicanos y su relación con otras poblaciones bovinas. *Univ. cordoba.* 147.
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- Rivera-Ferre, M. G., F. López-i-Gelats, M. Howden, P. Smith, J. F. Morton y M. Herrero. 2016. Re-framing the climate change debate in the livestock sector: mitigation and adaptation options. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.* 7:869–892. doi:10.1002/wcc.421.
- Roacho-Estrada, J. O., E. L. Fredrickson, G. A. Bezanilla-Enriquez, H. R. Peinetti, A. L. Gonzalez y J. Rios. 2008. A comparison of grazing behavior between desert adapted Mexican Criollo cattle and temperate British breeds using two diverse landscapes in New Mexico and Chihuahua. In: *Society for Range Management Annual Meeting*. Louisville, KY. p. 2379.
- Roehe, R., R. J. Dewhurst, C. A. Duthie, J. A. Rooke, N. McKain, D. W. Ross, J. J. Hyslop, A. Waterhouse, T. C. Freeman, M. Watson y R. J. Wallace. 2016. Bovine Host Genetic Variation Influences Rumen Microbial Methane Production with Best Selection Criterion for Low Methane Emitting and Efficiently Feed Converting Hosts Based on Metagenomic Gene Abundance. *PLoS Genet.* 12:1–20. doi:10.1371/journal.pgen.1005846.
- Roy, B. C., C. Das, J. L. Aalhus y H. L. Bruce. 2021. Relationship between meat quality and intramuscular collagen characteristics of muscles from calf-fed, yearling-fed and mature crossbred beef cattle. *Meat Sci.* 173:108375. doi:10.1016/j.meatsci.2020.108375. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108375>
- S.T.Joo, G.D.Kim, Y.H.Hwang y Y.C.Ryu. 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Sci.* 95:828–836. doi:10.1016/J.MEATSCI.2013.04.044.
- Samsonstuen, S., B. A. Åby, P. Crosson, K. A. Beauchemin y L. Aass. 2020. Mitigation of greenhouse gas emissions from beef cattle production systems. *Acta Agric. Scand. A Anim. Sci.* 69:220–232. doi:10.1080/09064702.2020.1806349.
- Samsonstuen, S., B. A. Åby, P. Crosson, K. A. Beauchemin, H. Bonesmo y L. Aass. 2019. Farm scale modelling of greenhouse gas emissions from semi-intensive suckler cow beef production. *Agric. Syst.* 176:102670. doi:10.1016/j.agsy.2019.102670. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102670>
- Sañudo, C., G. Renand, F. Turin, K. Osoro Otaduy, D. Garcia, M. A. Oliver i Pratsevall, M. Espejo y R. Quintanilla. Meat quality of ten cattle breeds of the Southwest of Europe. Available from: <http://recercat.cat/handle/2072/4685>
- Schiavon, S., F. Tagliapietra, G. Cesaro, L. Gallo, A. Cecchinato, G. Bittante y M. G. Keane. 2013. RANKING OF SIRE BREEDS AND BEEF CROSS BREEDING OF DAIRY AND BEEF COWS. *Livest. Sci.* 157:462–470. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.09.015>

- Shahrai, N. N., A. S. Babji, M. Y. Maskat, A. F. Razali y S. M. Yusop. 2021. Effects of marbling on physical and sensory characteristics of ribeye steaks from four different cattle breeds. *Anim. Biosci.* 34:904–913. doi:10.5713/ajas.20.0201.
- Short, R. E., M. D. MacNeil, M. D. Grosz, D. E. Gerrard y E. E. Grings. 2002. Pleiotropic effects in Hereford, Limousin, and Piedmontese F2 crossbred calves of genes controlling muscularity including the Piedmontese myostatin allele. *J. Anim. Sci.* 80:1–11. doi:10.2527/2002.8011.
- Starck, C. S. y A. J. Sutherland-Smith. 2011. The C313Y Piedmontese mutation decreases myostatin covalent dimerisation and stability. *BMC Res. Notes.* 4. doi:10.1186/1756-0500-4-442.
- Texas A&M University. 2001. Breeds of beef cattle. 1–20.
- Thompson, J. 2001. The relationship between marbling and sensory traits. *Beef CRC Marbling Symp.* 30–35. Available from: [http://www.livestocklibrary.com.au/bitstream/handle/1234/20176/MARB01-Thompson-Marbling\\_and\\_sensory\\_traits.pdf?sequence=1](http://www.livestocklibrary.com.au/bitstream/handle/1234/20176/MARB01-Thompson-Marbling_and_sensory_traits.pdf?sequence=1)
- Upritchard, J. E., M. J. Zeelenberg, H. Huizinga, P. M. Verschuren y E. A. Trautwein. 2005. Modern fat technology: what is the potential for heart health? *Proc. Nutr. Soc.* 64:379–386. doi:10.1079/pns2005446.
- Vargas, D. S., J. Jaime y V. J. Vera. 2009. Análisis Sensorial; Carne; Catadores; Entrenamiento De Panel; Panel Sensorial. 22:677–688. Available from: <http://www.redalyc.org/pdf/2950/295023450012.pdf>
- Vieira, C., M. D. García-Cachán, M. D. Recio, M. Domínguez y C. Sañudo Astiz. 2006. Effect of ageing time on beef quality of rustic type and rustic x Charolais crossbreed cattle slaughtered at the same finishing grade. *Spanish J. Agric. Res.* Vol 4, No 3.
- Weston, A. R., R. W. Rogers y T. G. Althen. 2002. REVIEW: The Role of Collagen in Meat Tenderness. *Prof. Anim. Sci.* 18:107–111. doi:10.15232/S1080-7446(15)31497-2.
- Wheeler, T. L., L. V. Cundiff, S. D. Shackelford y M. Koohmaraie. 2010. Characterization of biological types of cattle (Cycle VIII): Carcass, yield, and longissimus palatability traits. *J. Anim. Sci.* 88:3070–3083. doi:10.2527/jas.2009-2497.
- Wheeler, T. L., S. D. Shackelford, E. Casas, L. V Cundiff y M. Koohmaraie. 2001. The effects of Piedmontese inheritance and myostatin genotype on the palatability of longissimus thoracis, gluteus medius, semimembranosus, and biceps femoris. *J. Anim. Sci.* 79:3069–3074. doi:10.2527/2001.79123069x. Available from: <https://doi.org/10.2527/2001.79123069x>



- Zhang, Y. Y., L. Sen Zan, H. B. Wang, Y. P. Xin, C. M. Adoligbe y J. A. Ujan. 2010. Effect of sex on meat quality characteristics of Qinchuan cattle. *African J. Biotechnol.* 9:4504–4509.
- Zimmermann, M. J., L. A. Kuehn, M. L. Spangler, R. M. Thallman, W. M. Snelling y R. M. Lewis. 2021. Breed and heterotic effects for mature weight in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 99:1–7. doi:10.1093/jas/skab209.
- Zubieta, Á. S., J. V. Savian, W. de Souza Filho, M. O. Wallau, A. M. Gómez, J. Bindelle, O. J. F. Bonnet y P. C. de Faccio Carvalho. 2021. Does grazing management provide opportunities to mitigate methane emissions by ruminants in pastoral ecosystems? *Sci. Total Environ.* 754:142029. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.142029. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142029>