Universidad Autónoma de Sinaloa
Colegio de Ciencias Agropecuarias
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Maestría en Ciencias Agropecuarias

TESIS:
Caracterización de canales bovinas conforme a madurez ósea, marmoleo y predominancia fenotípica *Bos indicus*

Que para obtener el Grado de
Maestra en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA:
MVZ. Leslie Zelibeth González Rueda

DIRECTOR DE TESIS:
Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón

CODIRECTOR:
Dr. Jesús José Portillo Loera

ASESORES:
Dr. Alfredo Estrada Angulo
Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez
Dr. Jesús David Urías Estrada

Culiacán, Sinaloa, México, enero de 2025

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A

Dirección General de Bibliotecas
Ciudad Universitaria
Av. de las Américas y Blvd. Universitarios
C. P. 80010 Culiacán, Sinaloa, México.
Tel. (667) 713 78 32 y 712 50 57
dgbuas@uas.edu.mx

UAS-Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional Buelna

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial Compartir Igual, 4.0 Internacional

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **LESLIE ZELIBETH GONZÁLEZ RUEDA**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR — **DR. FRANCISCO GERARDO RÍOS RINCÓN**

CODIRECTOR — **DR. JESÚS JOSÉ PORTILLO LOERA**

ASESOR — **DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO**

ASESORA — **DRA. BEATRIZ ISABEL CASTRO PÉREZ**

ASESOR — **DR. JESÚS DAVID URÍAS ESTRADA**

Culiacán, Sinaloa, México; enero de 2025

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar agradeciendo a todas las personas que formaron parte de este proyecto, familia, docentes, amigos, compañeros, coordinación de posgrado en ciencias agropecuarias, en especial a mi director de tesis el Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón, por siempre tener la disponibilidad y llevarme siempre de la mano en este camino que fue difícil, pero gracias a su paciencia, constancia, dedicación lo hemos logrado, de igual manera a mi Codirector, el Dr. Jesús José Portillo Loera por siempre tener la disponibilidad de resolver mis dudas con paciencia y continuamente aportar mucho más información y conocimiento para mi proyecto. A mis asesores Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez, Dr. Alfredo Estrada Angulo y Dr. Jesús David Urías Estrada por el apoyo y consejos brindados en mis presentaciones a todos muchas gracias.

Agradezco a mis padres y hermanos pilares fundamentales en mi vida, con mucho amor y cariño les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento por todo el sacrificio puesto, por siempre estar presentes en cada paso que he dado, apoyarme, creer en mí y siempre darme ánimos para seguir en mi camino.

A mi mejor amiga Cecilia por animarme cuando ya no podía más, ella la que nunca pierde la fe en mí.

De igual modo agradezco a todos mis compañeros de MCA con quienes compartí todo el proceso de formación, viví momentos muy gratos y formé muy buenas amistades en especial con mis amigos Alexis, Leticia, Esmeralda, Fredy, Perla, Cinthya, Carolina y Citlaly.

Por último, quiero agradecer a la UAS Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, a la coordinación de Posgrado en Ciencias Agropecuarias, la cual ha sido mi casa durante estos años de formación como Maestra en ciencias Agropecuarias, de igual manera al CONACYT por el apoyo económico de la beca para estudios de posgrado.

Y, por último, pero no menos importante quiero agradecerme a mí por creer en mí, por hacer todo este trabajo duro, por no tener días libres, por nunca renunciar, por ser siempre alguien que da y tratar de dar más de lo que recibe, por hacer más bien que mal, por ser yo siempre, y a Dios porque no soy nada sin él.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CONTENIDO…….	vi
ÍNDICE DE CUADROS……	viii
ÍINDICE DE FIGURAS……	ix
RESUMEN……..	x
ABSTRACT……	xi
I. INTRODUCCIÓN……..…..	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA……..	3
2.1. Producción nacional de carne bovina…….	3
2.2. Crecimiento y desarrollo de los bovinos…….	3
2.3. Crecimiento posnatal…….	6
2.4. Influencia hormonal en el crecimiento animal……	8
2.5. Medición del crecimiento animal…….	9
2.6. Factores extrínsecos que influyen en las características de la canal bovina……	11
2.7. Factores intrínsecos que influyen en las características de la canal bovina……	12
2.8. Origen y desarrollo de los sistemas de clasificación de canales bovinas……..	15
III. HIPÓTESIS……	18
IV. OBJETIVOS……..	19
V. MATERIALES Y MÉTODOS……..	20
5.1. Lugar de estudio……	20
5.2. Procedimiento *post mortem*……	20
5.3. Registro de variables de interés……..	20

5.4. Análisis estadístico…… 23

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN……. 24

VII. CONCLUSIONES…… 32

VIII. LITERATURA CITADA…… 33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Predominancia racial con base en la altura de la giba, registrada en bovinos procesados en plantas de beneficio en México ……..	22
2	Estadísticas descriptivas de las características de la canal bovina……	24
3	Altura de la giba por grupo según la predominancia racial de los bovinos……	25
4	Peso de la canal caliente por grupo según la predominancia racial de los bovinos…….	26
5	Área del ojo de la costilla por grupo según la predominancia racial de los bovinos…….	27
6	Distribución de canales bovinas conforme a madurez ósea y marmoleo……..	28
7	Distribución del grado de marmoleo en canales bovinas por grupo según la predominancia *Bos indicus*…..…….	29
8	Distribución de las canales por Grado Básico de Calidad por grupo según la predominancia *Bos indicus*……..	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Clasificación integral de la canal bovina con base en la NOM-004-SAGARPA-2018……	22

RESUMEN

Caracterización de canales bovinas conforme a madurez ósea, marmoleo y predominancia fenotípica *Bos indicus*

MVZ Leslie Zelibeth González Rueda

Con el objetivo de caracterizar canales bovinas conforme a madurez ósea, marmoleo y predominancia fenotípica *Bos indicus*, se analizaron los datos de 1417 canales de bovino provenientes de cuatro plantas Tipo inspección Federal en Sinaloa. Se registraron las siguientes variables: grasa cavitaria, área del ojo de la costilla, espesor de la grasa dorsal, largo y altura de la giba, marmoleo y madurez ósea. Mediante las variables marmoleo y madurez ósea se estimó el Grado Básico de Calidad con base en la NOM-004-SAGARPA-2018. La altura de la giba se utilizó como criterio para determinar la predominancia fenotípica y mediante esta información se generaron cuatro grupos. Con base en los valores registrados se determinaron las estadísticas descriptivas, se analizó la varianza y con la prueba de Tukey se compararon los valores medios. La altura promedio de la giba en cada grupo fue de 7.19, 10.54, 14.38 y 20.11 cm ($P<0.01$), respectivamente. El peso de la canal caliente fue de 310.05 kg para el grupo 1 *vs*. 326.99 kg para el grupo 4 ($P<0.01$). El valor del área del ojo de la costilla fue de 85.59 cm^2 del grupo 1 *vs*. 89.14 cm^2 del grupo 2 ($P<0.05$). Se registraron 60 canales de calidad Suprema (4.23%), 655 canales de calidad Selecta (46.22%), 621 canales de calidad Estándar (43.82%) y 81 canales Comerciales (5.72%). Se concluye que el componente racial cebuino es el predominante en las canales bovinas objeto del presente estudio y el Grado Básico de Calidad corresponde primordialmente a la mayor cantidad de canales con madurez ósea grado A pero con menor marmoleo.

Palabras clave: canal bovina, *Bos indicus*, marmoleo, madurez ósea.

ABSTRACT

Characterize bovine carcasses according to maturity, degree of marbling and *Bos indicus* phenotypic predominance

To characterize bovine carcasses according to maturity, degree of marbling and *Bos indicus* phenotypic predominance, data from 1417 carcasses was analyzed from four Meat Federal Inspection sites. Variables such as cavitary fat, rib eye area, fat thickness, hump length and height, degree of marbling and maturity were recorded. Using the variables degree of marbling and maturity the Basic Grade of Quality was estimated based on NOM-004-SAGARPA-2018. Hump height was used as a criterion to determine phenotypic predominance, and four groups were generated with this information. The descriptive statistics were determined based on the recorded values, the variance was analyzed, and the mean values were compared with the Tukey test. The average hump height in each group was 7.19, 10.54, 14.38 and 20.11 cm ($P<0.01$), respectively. Hot carcass weight was 310.05 kg for group 1 *vs*. 326.99 kg for group 4 ($P<0.01$). The rib eye area value was 85.59 cm^2 in group 1 *vs*. 89.14 cm^2 in group 2 ($P<0.05$). Sixty carcasses were graded as Suprema quality (4.23 %), 655 as Selecta (46.22 %), 621 as Estandar (43.82 %) and 81 carcasses as Comercial (5.72 %). It is concluded that the zebu breed component is a predominant factor in the bovine carcasses of this study and the Basic Quality Grade corresponds primarily to the largest number of carcasses with maturity A and less marbling degree.

Keywords: bovine carcass**,** Bos *indicus*, marbling, bone maturity.

I. INTRODUCCIÓN

A través del tiempo, la evaluación de las canales bovinas ha sido siempre objeto de polémica; para algunos es un incentivo a las actividades productivas pecuarias, pero para otros se trata de un método incómodo para castigar el producto (García y García, 2009). Al respecto, se tiene conocimiento que la clasificación de canales de bovino se estableció en los Estados Unidos de América en 1926 por el Departamento de Agricultura (NLMB, 1988), y desde entonces a la fecha es una práctica común en ese país. Por su parte en México, se sabe que la clasificación de canales de bovino producidas en el estado de Sonora, se inició en 1969 con la publicación el Reglamento de clasificación, certificación y acreditación de carne de ganado bovino, que posteriormente fue reformado en el año de 1999 (Torrescano-Urrutia *et al*., 2010); otros estados del norte mexicano como Sinaloa (1986), Nuevo León (1990), Coahuila (1992), Baja California (1994), Chihuahua (2000) y Tamaulipas (2004), establecieron este procedimiento (Cerino, 2010). Sin embargo, aunque desde hace algunos años se ha buscado implementar un sistema de evaluación y clasificación de canales bovinas mexicanas, no ha tenido aceptación por parte de los productores, esto por diversas razones, entre ellas porque se ha diseñado con base en modelos similares al implementado en los Estados Unidos de América; esta sistemática falla técnica indica el desconocimiento del sistema productivo de carne bovina en México, así como la predominancia genética del ganado, el sistema de alimentación, aspectos nutricionales y manejo sanitario; además, en preferencias de consumo entre el mercado mexicano y el norteamericano (García y García, 2009; Hernández y Ríos, 2009).

Con la reciente aprobación de la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAGARPA-2018, Carne de bovino-Clasificación de canales conforme a sus características de madurez fisiológica y marmoleo, por parte del Comité Consultivo Nacional de Normalización Agroalimentaria y publicada en el Diario Oficial de la Federación con fecha del 23 de noviembre de 2020, se establece que una de las formas aceptadas para dotar de certeza y con ello ordenar al sector proveedor de la carne en canal, es establecer una clasificación de calidad que permita informar sobre los atributos del producto, evitando la confusión en el mercado nacional y en el de exportación, así como el establecimiento

arbitrario de calidades que no sean reconocidas oficialmente. En tal sentido, se menciona que la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAGARPA-2018, establece los requisitos y especificaciones necesarios para constituir una serie de aspectos que permitan clasificar a la canal y a la carne de bovino y, con ello, proporcionar la información pertinente sobre la calidad de esta, ya que en dicha calidad inciden los atributos de madurez fisiológica y marmoleo.

Entre los factores que determinan la calidad de la canal son el marmoleo y la madurez del esqueleto (tamaño, forma y grado de osificación de los huesos y cartílagos), así como el color y la textura de la superficie cárnica entre la 12ª y 13ª costilla. Respecto al marmoleo, la NOM-004-SAGARPA-2018 establece que en las canales bovinas se pueden apreciar diferentes niveles: ligeramente abundante, moderado, modesto, poco, ligero, trazas y prácticamente desprovisto.

Al respecto, la clasificación o tipificación en canales de bovino busca evaluar el mérito final de un animal, mediante la valoración de parámetros que presenten importancia económica a la canal (Kempster *et al*., 1982). Las variables que ayudan a clasificar las canales bovinas buscan definir parámetros que puedan ser identificados con exactitud, ya sea en términos absolutos (peso) o en términos relativos (puntuaciones), los cuales intervendrán en una justa comercialización de las canales (Huerta *et al*., 2013).

Los productores mexicanos poseen bovinos con cruzas entre genotipos *Bos indicus* y *Bos taurus*, puesto que los primeros son considerados genéticamente resistentes a las altas temperaturas y a los parásitos e insectos, y a los segundos, se les reconocen atributos de calidad de carne de alta aceptabilidad (Núñez *et al*., 2005; Méndez *et al*., 2009). De acuerdo con los modelos de evaluación de calidad de las canales bovinas, existen características que se pueden manifestar de un modo u otro y que están determinadas por el sistema de producción de carne.

Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación es caracterizar las canales bovinas conforme a la madurez ósea, marmoleo y predominancia fenotípica *Bos indicus*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción nacional de carne bovina

En México, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, a través del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), informó que la producción de carne de bovino en 2019 alcanzó un máximo histórico de dos millones de toneladas, lo que representa 2.4 % más con respecto a 2018, por consiguiente las estimaciones del sector pecuario y del SIAP pronosticaron que en 2020 la producción nacional de carne de bovino alcanzaría 2.1 millones de toneladas, que significa 100 mil toneladas más, 2.5 % arriba de lo registrado en 2019; de esta producción el 6.4 % es destinada a la exportación, es decir 133 mil toneladas (SIAP, 2020).

La balanza comercial de carne de res continúa siendo superavitaria, las exportaciones incrementaron 9.7 % y en contraparte, las importaciones decrecieron 15.0 %. El año 2020 finalizó con un crecimiento de 2.6 % en producción y un descenso de 0.2% en consumo. Por lo anterior, se resume que en 2020 México consumió 9 millones de toneladas de carne, representando el 21 % la carne bovina con 1, 946 miles de toneladas, se produjeron 2,079 miles de toneladas (SIAP, 2020).

En el año 2021 el consumo de carne fue de 9.5 millones de toneladas de carne por lo que el consumo *per cápita* llegó a los 69 kg de carne al año, manteniendo a México en el 6° lugar dentro del *ranking* mundial; en los últimos años, dicho consumo crece 0.8 %; este incremento es superior a la media de los líderes mundiales de 0.6 % por año (COMECARNE, 2022). Particularmente, la información disponible en el estado de Sinaloa en relación con la producción anual de carne bovina en 2019 fue de 107,296 toneladas, para 2020 se estimó en 108,684 toneladas (SIAP, 2020), pero en 2021 aunque incrementó a 108,771 toneladas, descendió al 7° lugar de la producción nacional (COMECARNE, 2022).

2.2. Crecimiento y desarrollo de los bovinos

A manera de conocer la importancia de los diferentes componentes del organismo animal y su relación con la estructura de la canal bovina, es necesario abordar aspectos que son el punto de partida del proceso de producción de carne.

Crecimiento del tejido nervioso. El tejido nervioso constituye una proporción pequeña de la carne (< 1 %) pero tiene una función relevante en el período antes y

durante el aturdimiento y desangrado del bovino, por lo que influye en la calidad de la carne. El tejido nervioso incluye al sistema nervioso central y al periférico; en esta estructura, la neurona es la célula fundamental de la mayoría del tejido nervioso y consta de un cuerpo de forma poliédrica y una estructura cilíndrica alargada llamada axón, que frecuentemente se llama axoplasma. Las fibras nerviosas están compuestas de grupos de axones neuronales y la unión de grupos de fibras dentro de los fascículos forma los troncos nerviosos. Los fascículos de las fibras nerviosas se mantienen unidos por láminas de tejido conectivo y el mismo tronco nervioso está envuelto por una cubierta de tejido conectivo. Todas las fibras de los nervios periféricos están envainadas por células de Schwann y las fibras grandes están envueltas en una vaina de mielina dentro de la vaina de células de Schwann (Forrest *et al*., 1975). El músculo está inervado por axones procedentes de neuronas motoras en el sistema nervioso central. En dependencia de la localización del músculo y del tamaño del animal, el axón se puede extender a una gran distancia antes de alcanzar su destino final. El nervio penetra en el músculo junto con los vasos sanguíneos a nivel del hilio y el axón se ramifica hasta el final o axón terminal, que contacta con las fibras musculares individuales (Cassens, 1986). La unidad motora comprende una neurona motora incluyendo su árbol axonal más las fibras musculares que inerva, y se ha establecido que las fibras de una unidad motora están diseminadas por el músculo, y que tienen las mismas propiedades histoquímicas y fisiológicas. Swatland y Cassens (1972) plantearon que el sistema nervioso controla las propiedades expresadas por las fibras musculares. Se plantea que cuando el axón se acerca a la fibra muscular pierde la vaina de mielina y la endoneuro que rodea la fibra parece hacerse continuo con el endomisio de la fibra muscular (Andújar *et al.,* 2009).

Crecimiento del tejido conectivo. El tejido conectivo es uno de los tejidos más abundantes y ampliamente distribuidos en el animal, que está compuesto principalmente por fibroblastos y las proteínas de la matriz extracelular (Kendall y Feghali-Bostwick, 2014). El tejido conectivo en el músculo esquelético se puede clasificar en endomisio, perimisio y epimisio, según las ubicaciones físicas; las proteínas de la matriz más abundantes en el tejido conectivo del músculo esquelético

son múltiples isoformas de colágenos. Se conoce que la principal isoforma de colágeno ubicada en el perimisio es el colágeno tipo I, mientras que el epimisio y el endomisio están compuestos principalmente por colágeno I y III (Gillies y Lieber, 2011). Tanto el colágeno I como el III son colágenos fibrilares, que pueden formar redes fuertes y afectar directamente la suavidad de la carne, especialmente cuando están muy reticulados (Lepetit, 2008; Fu *et al*., 2019).

Crecimiento del tejido epitelial. Si bien el tejido epitelial es el tejido que menos contribuye a la carne desde el punto de vista cuantitativo, su aporte a las características sensoriales de la misma resulta particularmente importante, por sus propiedades y las de su subyacente tejido conectivo. Mucho del tejido epitelial que queda en la carne está asociado con los vasos sanguíneos y linfáticos, al igual que en órganos comestibles como el riñón y el hígado. Las células del tejido epitelial se adhieren apretadamente unas a otras y se caracterizan por tener poco material intracelular (Cassens, 1986) y se clasifican de acuerdo con la forma de la célula y al número de capas que forman el epitelio, a la vez, mantienen el contacto intercelular y forman láminas celulares cohesivas que recubren superficies y cavidades (Forrest *et al*., 1975). Las glándulas y otras estructuras se derivan de ellas (Andújar *et al.,* 2009).

Crecimiento del tejido muscular. El crecimiento del tejido muscular es el producto final de industria cárnica, que se lleva a cabo mediante dos procesos biológicos fundamentales, la acumulación de proteínas y la proliferación celular. El proceso de acumulación de proteínas es una función de la síntesis y la degradación proteica; por lo tanto, un estudio exhaustivo de la acumulación de proteínas debe abarcar ambos aspectos de este proceso. El segundo proceso implicado en el crecimiento muscular, la proliferación celular puede dividirse en una fase prenatal y otra postnatal que tienen un gran impacto en el en el crecimiento del músculo. Desde un punto de vista experimental, los factores que funcionan para modular crecimiento muscular, como los agentes hormonales o neurotróficos, el ejercicio, las lesiones o las enfermedades deben incidir en el sistema para afectar a la proliferación de células miogénicas o la acumulación muscular (Allen *et al*., 1979). El crecimiento del músculo esquelético es

de suma importancia en la industria ganadera, ya que se convierte en el producto comercializable, la carne; por ello, es especialmente importante para los productores que el ganado bovino crezca para producir un producto más magro y con menor contenido de grasa para con ello aumentar la eficiencia general de la producción, mientras se mantiene un cierto nivel de grasa para garantizar la producción de un producto de alta calidad. Se sabe que muchos factores diferentes, incluida la nutrición, la genética y las prácticas de manejo, afectan el crecimiento del músculo esquelético en el ganado. Se conoce que el crecimiento del músculo esquelético se produce a través de una combinación de acumulación de proteínas, acumulación mionuclear y acumulación de matriz extracelular (Laurent *et al*., 1985; Mozdziak *et al*., 1997; Thornton, 2019).

2.3. Crecimiento posnatal

Descripción del crecimiento posnatal. El crecimiento postnatal es básicamente hipertrófico; se caracteriza principalmente por el aumento del área de la secreción transversal y por aumento de longitud efectuado por la adición de unidades completas del sarcómero hasta los extremos de las miofibrillas existentes (Lawrence y Fowler, 2002).

Cambios en la proporción durante el crecimiento. El crecimiento posnatal del animal causa cambios en la composición del cuerpo del mismo a medida que este crece y madura, este crecimiento se produce por el crecimiento del esqueleto el cual al nacimiento está bien desarrollado y solo mantiene un crecimiento constante de las partes distales a las partes proximales, el crecimiento del tejido muscular que crece muy rápido a partir del nacimiento y se convierte en el tejido más importante para la producción animal ya que es el más apreciado por el hombre para su consumo, el tejido adiposo por otra parte se acumula lentamente al nacimiento pero a medida que el animal se acerca a la madurez se acelera su deposición (falso crecimiento), como todos los tejidos crecen a tasas diferentes, aún dentro de los distintos tipos del mismo, este crecimiento diferencial cambia la morfología y composición corporal (Núñez, 2009).

Crecimiento compensatorio. Es un incremento rápido en la tasa de crecimiento, que experimentan los animales mamíferos y aves que son realimentados de acuerdo con los requerimientos de proteína y energía necesarios para su crecimiento, después de un periodo de restricción nutricional que haya causado una reducción o detenimiento del crecimiento relativo a su edad, que produzca una curva sigmoidea suave y continua, o sea que los animales al recibir suficiente alimento, crecen tanto o más que aquellos de la misma edad que se alimentaron con dietas normales que cumplen con sus requerimientos nutricionales (Reid *et al*., 1977; Randall *et al*.,1998; Núñez, 2009).

Deposición de grasa. El depósito de grasa intramuscular es el último paso del proceso de crecimiento y se produce en la etapa de finalización de los animales productores de carne. En este sentido, se ha determinado que, durante el crecimiento de los animales, existe una interacción entre adipogénesis y miogénesis; el aumento del contenido de fibras musculares genera un menor contenido de grasa intramuscular (Hocquette *et al*., 2010).

La especie es el principal determinante en la deposición de grasa en localizaciones anatómicas específicas, durante los distintos períodos del crecimiento. Por ejemplo, en los bovinos, los lípidos en las canales están distribuidos más homogéneamente entre los depósitos subcutáneo e intermuscular (Berg y Butterfield, 1983). Además, hay diferencias marcadas en como el animal reparte el tejido adiposo dentro del cuerpo la composición de los ácidos grasos y en el contenido total grasa de las diferentes razas de animales domésticos.

Por ejemplo, en el tejido adiposo subcutáneo de bovinos *Bos indicus* (Huerta - Leidenz *et al.*, 1993), observaron que los ácidos grasos palmitoleico (16:1) y oleico (18:1) eran más abundantes que en el mismo depósito adiposo de *Bos taurus*.

Se tiene que considerar que existen otros rasgos que intervienen en la regulación genética de la deposición de tejido adiposo, ya que el marmoleo y el porcentaje de grasa intermuscular son altamente heredables en ganado vacuno, por lo cual responden bien a la selección animal, pero existen variaciones significativas en estos atributos entre las razas de ganado vacuno y aún dentro de las razas es grande la variación presente de estos rasgos. Por ejemplo, el ganado vacuno de la raza Angus

manifiesta una marcada tendencia genética para incrementar el marmoleo, mientras que las otras razas de vacuno han mostrado muy poco cambio en este rasgo en las últimas décadas.

Las mutaciones de genes que se utilizan para la predicción del marmoleo que se tendrá en vacunos por la presencia y expresión de los genes como el de la tiroglobulina y el de la leptina que se ha observado causan efectos en el marmoleo de la carne (Núñez, 2009).

2.4. Influencia hormonal en el crecimiento animal

Hormonas y metabolismo. Numerosas hormonas están involucradas en la compleja red de comunicación que opera a nivel intracelular, célula-célula y ambiente celular para coordinar el desarrollo. Actúan como señales nutricionales poderosas y, a su vez, están sujetas a modificaciones por el estado nutricional. Las acciones hormonales están mediadas por receptores y estos permiten que un nivel circulante dado de hormona tenga efectos específicos del tejido y específicos de la etapa de desarrollo. En general, las hormonas polipeptídicas como la hormona del crecimiento (GH), los factores de crecimiento similares a la insulina (IGF) y la insulina actúan sobre los receptores unidos a la membrana para desencadenar la transcripción de genes a través de vías de señalización intracelular (Argetsinger y Carter-Su, 1996). Por el contrario, los receptores nucleares para hormonas solubles en lípidos como TH y GC regulan la transcripción a través de la unión al ADN, múltiples modificaciones covalentes de histonas distintas y remodelación de la cromatina (Dauncey *et al*., 2001).

Acción hormonal durante el crecimiento. Aunque muchos procesos fisiológicos regulan el crecimiento, el eje somatotrópico, se ha establecido como el principal regulador del desarrollo y crecimiento en bovinos (Luna *et al*., 2011; Sherman *et al*; 2008) La GH tiene un papel central como un potente regulador de las funciones fisiológicas. La liberación de la GH se estimula por la hormona liberadora de la hormona de crecimiento (GH-RH) y se inhibe por la somatostatina. La GH se secreta en altos niveles durante el crecimiento de los animales jóvenes. En los adultos su secreción varía, sin embargo; el estímulo más común de su secreción es una reducción en las concentraciones de glucosa en plasma. Aunque es la principal reguladora del

eje, la GH no actúa sola, sino en conjunto con otras hormonas, receptores y proteínas de unión. La GH estimula la liberación de las somatomedinas o factores de crecimiento similar a insulina 1 y 2 (IGF-1 e IGF-2) las cuales también ejercen efecto de regulación por retroalimentación negativa sobre el hipotálamo y la adenohipófisis y tienen influencia sobre el crecimiento. Además de la GH, la prolactina (Prl) es una hormona polipeptídica también secretada principalmente por la glándula pituitaria, y participa en múltiples procesos endócrinos, la mayoría de sus funciones están relacionadas con lactancia y reproducción en mamíferos a través de vías de señalización que involucran a los factores de transcripción STAT56 (Lu *et al.,* 2010; Sifuentes *et al.,* 2020*).*

El uso de las hormonas requiere que se conozca a las mismas y su uso en la producción animal. Existen hormonas, solubles en agua, las cuales son péptidos, derivados de los aminoácidos o proteínas, tales como, hormona del crecimiento, las catecolaminas, la insulina y otras. Además, existen hormonas solubles en lípidos como las hormonas esteroideas, como la testosterona, estrógeno, progesterona y otras (Núñez, 2009).

2.5. Medición del crecimiento animal

En la práctica el crecimiento de los animales puede ser medido de diferentes maneras (Agudelo-Gómez *et al*., 2008); una muy sencilla es declarar la ganancia de peso acumulativa menos el peso por la edad, o bien como la tasa promedio de ganancia (I), con base en la siguiente fórmula:

$$I= W_2-W_1 / T_2-T_1$$

Dónde:

I= crecimiento diario

W_2= es el peso final

W_1= es el peso inicial

T_2= es el tiempo final

T_1= es el tiempo inicial (Núñez, 2009)

Pero, la tasa de crecimiento promedio es útil únicamente en tiempos relativamente cortos porque puede es muy errónea para medir cuando se aplica a observaciones extendidas en un intervalo de tiempo muy amplio.

Por ejemplo, un bovino que pesa 500 kg a 1000 días después de la concepción crece 0.5 kg por día, pero resulta que este animal una semana después de la concepción solo presentó una ganancia diaria de 0.0001 kg/día, y a la edad de 5 meses ganaba 0.6 kg/día, a los 20 meses 1.3 kg/día y a los 1000 días de edad solo 0.110 kg/día. Entonces a medida que el período de tiempo se hace más corto es más valioso el uso de la tasa promedio de ganancia de peso. Sin embargo, se tiene que considerar en la práctica el tiempo mínimo entre pesajes de los animales, para evitar el estrés por manejo.

Otra manera de medir el crecimiento es registrar la tasa de crecimiento expresada en porcentaje, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de crecimiento} = W_2\text{-}W_1 \,/\, T_2\text{-}T_1 \times 100$$

Donde:

W_2= es el peso final

W_1= es el peso inicial

T_2= es el tiempo final

T_1= es el tiempo inicial (Núñez, 2009)

Igualmente, esta forma de medir crecimiento es solamente apropiada cuando la ganancia de peso es pequeña comparada con el peso inicial, ya que si la ganancia de peso es grande comparada con el peso inicial la tasa de crecimiento como porcentaje da una expresión exagerada del cambio. Esta forma de medir crecimiento puede ser ligeramente mejorada utilizando el promedio de la tasa de crecimiento (Agudelo-Gómez *et al*., 2008).

Sin embargo, esto supone que el crecimiento tiene una relación lineal con el tiempo, lo que solo es cierto para intervalos de tiempo cortos. Además, todos estos métodos de medir crecimiento no reconocen la diferencia entre tiempo fisiológico y el tiempo

cronológico y la significancia fisiológica del tiempo cronológico cambia marcadamente a medida que se da el crecimiento y el animal envejece (Núñez, 2009).

2.6. Factores extrínsecos que influyen en las características de la canal bovina

Sistema de alimentación. La alimentación es un factor esencial en producción bovina, pues determina características como la fertilidad, el peso al nacimiento y al destete, los kilogramos de carne producida por hectárea o la producción de leche, entre otras. Por ello, es importante que los animales dispongan de la cantidad y calidad de alimento que requieren; si esto no ocurre, no desarrollarán todo su potencial productivo, aunque provengan de similar componente genético (Cantalapiedra-Hijar *et al*., 2018).

Sistemas extensivos

Los sistemas extensivos de producción animal se basan en la utilización de especies ganaderas de interés zootécnico capaces de aprovechar eficazmente los recursos naturales mediante el pastoreo (Bellido *et al*., 2001). En general estas especies ganaderas están adaptadas a los factores limitantes y ecológicos del medio en el que se desarrollan.

Sistemas mixtos

Son sistemas en los que el ganado está sometido a cualquier combinación de métodos de cría extensivo e intensivo, o bien simultáneamente o bien de forma alternada, según cambien las condiciones climáticas y el estado fisiológico del ganado (OIE, 2011).

Sistemas intensivos

Son sistemas en los que el ganado bovino está confinado y depende por completo del hombre para satisfacer las necesidades diarias básicas tales como alimento, refugio y agua; en este sistema, los criterios medibles de bienestar del ganado bovino, incluyen: comportamiento productivo, tasas de morbilidad, tasas de mortalidad, cambios de peso y condición corporal, eficiencia reproductiva, aspectos físicos, respuestas al manejo y gestión de las complicaciones debidas a procedimientos de rutina (OIE, 2011).

Algunas de las recomendaciones establecidas para el sistema intensivo de producción de carne bovina incluyen criterios medibles y pertinentes. Estos criterios no excluyen

otras medidas cuando sea apropiado: a) bioseguridad y sanidad animal; bioseguridad de prevención de enfermedades y manejo zoosanitario; b) aspectos ambientales; entorno térmico, iluminación, calidad del aire, ruido, nutrición, suelos, camas, superficies de descanso y zonas exteriores, entorno social, densidad de población, protección contra predadores; y c) aspectos del manejo; selección genética, gestión reproductiva, calostro, destete, intervenciones dolorosas, manipulación e inspección, formación del personal, planes de emergencia, emplazamiento, construcción y equipamiento, matanza en condiciones decentes con base a la normativa oficial vigente (SAGARPA, 2004).

Transporte de ganado bovino. El transporte es el evento estresante más intenso en la vida de los bovinos, implicando una sumatoria de eventos estresantes agudos que, junto con el ayuno y el agotamiento físico, pueden ser causa de pérdidas económicas. Las mortandades, los decomisos por golpes y hematomas y las depreciaciones por disminución de calidad de la carne obtenida podrían reducirse respetando ciertas pautas antes y durante el transporte. El trato de los animales y la selección de estos antes de la carga, la densidad de carga, el tiempo de viaje, las condiciones de manejo y la infraestructura del camión, así como las condiciones climáticas en las que se realiza el viaje, son los puntos críticos que determinan el bienestar de los animales durante el transporte (Alende *et al*., 2014).

2.7. Factores intrínsecos que influyen en las características de la canal bovina

Tipo racial: En este factor se consideran los indicadores del fenotipo del bovino en pie tales como: largo y forma de la oreja, ausencia o presencia de giba, largo del prepucio, forma de la cabeza, etc. y en las canales en indicadores como la altura de la giba (Hammack, 2007). Se ha determinado que, en México, alrededor del 90 % del ganado que se procesa en las plantas de matanza, tiene un fuerte componente genético de *Bos indicus* (Méndez *et al*., 2009). La raza ejerce una influencia determinante en la composición, rendimiento y calidad de las canales, por lo que su estudio ha sido un campo atractivo para los científicos de la carne; por ejemplo, las razas bovinas de maduración tardía producen canales con 50 % menos grasa y más tiernas que las de maduración temprana (Wheeler *et al*., 1989). La carne de ganado

de raza Angus es de mejores características sensoriales que la del ganado de raza Charolais, cuando los animales se mantienen a bajos pesos corporales (Barber *et al*., 1981). Se ha comprobado que a medida que el porcentaje de Brahman aumenta en la cruza de animales, la fuerza de corte aumenta y la suavidad medida por un panel sensorial decrece (Rodríguez *et al*., 2014; Phelps *et al*., 2017). Cuando en un animal existe la mitad o más de proporción de Brahman disminuye el porcentaje de grasa en el músculo; sin embargo, no se han encontrado diferencias en contenido de humedad y colágeno total o soluble, entre animales de diferente proporción de Brahman (Johnson y Ball, 1989).

Edad: Puede ser cronológica o fisiológica; la edad cronológica se refiere a la edad de los animales en unidades de tiempo, como días, semanas, meses y años. Es difícil utilizar este término en estudios de crecimiento animal ya que no todos los animales crecen, maduran o engordan a la misma edad cronológica. En diferencia la edad fisiológica, se refiere a la diferencia en el estado, desarrollo y funcionamiento entre animales de la misma especie; y su edad cronológica solo representa estadios identificables en la vida de los animales tales como: altura, peso, composición del cuerpo, pubertad y madurez esquelética (Núñez, 2009). A medida que el animal crece se incrementa la proporción de grasa en la canal, por lo que la edad de sacrificio con un engrasamiento aceptable varía con la rapidez de crecimiento y con la capacidad del animal para no depositar grasa (Forrest *et al*., 1979).

Sexo: El sexo influye en la velocidad de deposición de grasa muscular; en general los músculos de los machos contienen menos grasa que de los de hembra y novillos (Forrest *et al*., 1975). En un estudio realizado por Méndez *et al.* (2009) al analizar los rasgos de calidad de la canal dentro de la clase de sexo revelaron las típicas diferencias que suelen darse entre machos enteros y hembras, los primeros producen canales más magras que las segundas, el color de la grasa y la distribución de la grasa dorsal fueron mejores en las novillas; sin embargo, ambas clases de sexo estuvieron dentro del rango aceptable.

Peso al sacrificio: Corresponde a la cantidad en kilogramos de cada animal en pie antes de pasar a ser sacrificado (Espinosa, 2014). De acuerdo con Aguirre y Zhinin (2010) para pesar los animales es necesario estandarizar el sistema de pesaje debido a que bastantes factores influyen en el peso que registramos de los mismos, desde la suciedad adherida a la piel, hasta el tiempo transcurrido en el consumo de alimento antes del pesado o el tiempo de ayuno previo a la matanza. Los cambios en el peso vivo de los animales deben representar los cambios verdaderos principalmente, en tejidos y órganos, los comestibles de la canal.

Aparte de los factores genéticos (razas bovinas utilizadas para la cruza y producción de híbridos), la calidad de la canal es determinada por la edad del animal y su peso corporal al final del período de engorda (Nikolaou *et al*., 2020; Rubio-Lozano *et al*., 2021). En un estudio realizado por Nogalski *et al*. (2014), en el que se sacrificaron novillos y toros Holstein Fresian x Limousin a los pesos de 450, 500, 550 y 600 kg, registraron que los novillos sacrificados a 550 kg y toros a 600 kg recibieron las puntuaciones más altas de conformación de la canal, donde también se registraron diferencias notables en las puntuaciones de cobertura de grasa (6.5 y 8.9) para novillos sacrificados a los 550 kg y 600 kg, respectivamente.

Peso de la canal caliente: La canal es la unidad primaria de la carne que resulta del animal una vez aturdido, desangrado, sin piel, sin vísceras, sin la cabeza (cortada a nivel de la articulación occipitoatloídea), sin órganos genitales, extremidades cortadas a nivel de la articulación carpometacarpiana y tarsometatarsiana. La canal puede incluir la cola, pilares y porción periférica del diafragma. La canal está conformada en proporción variable por los tejidos óseo, muscular y graso. En el desarrollo de estos tejidos se basan las mediciones y parámetros que se utilizan para determinar los distintos sistemas de clasificación y tipificación de carnes. Sobre el desarrollo de cada uno de estos componentes influyen principalmente la edad, sexo, raza y alimentación (Luengo, 1995).

Marmoleo: El marmoleo en la carne del ganado vacuno es un factor importante que influye en parámetros como el sabor, jugosidad, terneza y flavor (Platter *et al*., 2005).

El marmoleo y la edad son parámetros que determinan el grado de calidad de canales de bovino; sin embargo, la evaluación del grado de marmoleo se realiza visualmente, pudiendo carecer de exactitud si el evaluador no está perfectamente entrenado, pudiendo provocar falta de precisión, por ello se ha hecho necesario crear sistemas objetivos para medir este parámetro (Torrescano-Urrutia *et al*., 2017).

Madurez ósea: En los animales próximos a un año, el interior del cuerpo vertebral es blando, rojo y de apariencia porosa y las superficies mediales de las costillas están rodeadas y rayadas de rojo, al ir creciendo el interior de los huesos se vuelve más duro, más blando y menos porosos, por lo tanto, los toros tienen una osificación más avanzada que los novillos. Las canales de los animales jóvenes muestran un máximo de cartílago relativamente blando particularmente en las puntas de las espinas dorsales de las vértebras torácicas (Swatland *et al*., 1998).

2.8. Origen y desarrollo de los sistemas de clasificación de canales bovinas

La necesidad de publicar estándares formales para la clasificación de canales surgió de la venta de canales que no eran vistas por el comprador; uno de los ejemplos más remotos lo originó el mercadeo de carne congelada proveniente de América del Sur, Australia y Nueva Zelanda a Europa en el año de 1800 (Polkinghorne y Thompson, 2010). Algunos de los sistemas de clasificación de canales bovinos más conocidos en el ámbito de la industria de la carne son los siguientes:

Sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)

Los grados de calidad que asigna el sistema USDA a las canales de bovino, son determinados mediante los grados de marmoleo y firmeza observados en la superficie del corte del músculo *Longissimus dorsi*; las canales que obtienen una calificación mayor son aquellas caracterizadas por niveles altos de marmoleo y menor madurez. Este sistema posee ocho categorías de calidad identificadas como *Prime*, *Choice*, *Select*, *Standard*, *Commercial*, *Utility*, *Cutter* y *Canner* (USDA, 2017).

Sistema de clasificación de canales en la Unión Europea (EUROP)

Este sistema utilizado en los establecimientos europeos donde se procesa ganado bovino para el abasto; el sistema incluye solamente indicadores generales de la canal, como: categoría de sexo, edad, puntuación de conformación, puntuación de cobertura de grasa y peso de canal caliente (Kien, 2004; Wnek *et al*., 2016); actualmente cuenta con seis grados para conformación (S, E, U, R, O, P) y una escala del 1 a 5 para evaluar la cobertura de grasa (Nogalski *et al*., 2019).

Sistema de clasificación de canales de Australia

Este sistema está basado en la evaluación obligatoria de cinco parámetros: sexo, cronometría dentaria, presencia de caracteres sexuales secundarios, peso de canal caliente y cobertura grasa. Existen además otros parámetros de evaluación voluntaria, que incluyen puntaje de contusiones y forma de la pierna (AUS-MEAT, 2021).

Sistema de clasificación de canales en México

El establecimiento del Servicio de Clasificación de Ganado y Carne de bovino en México se implementó por primera vez en el año 1969 por el gobierno del Estado de Sonora (1999). Años después, con el propósito de identificar diferencias en calidad y rendimiento de la canal, el 18 de septiembre de 1991 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Norma NMX-FF-078-1991, de carácter voluntario, basada en el sistema de clasificación de los Estados Unidos de Norteamérica y se adoptó el concepto de evaluación de canales, para enfatizar las diferencias existentes entre los sistemas de producción. Esta Norma reconocía y otorgaba grados de clasificación: Suprema, Selecta, Buena, Estándar y Comercial; además, otorgaba grados de rendimiento identificados como 1, 2, 3, 4 y 5; posteriormente se derogó y dio lugar a la Norma NMX-FF-078-2002, también de carácter voluntario, que tuvo como propósito apoyar a los ganaderos y a los demás agentes que intervienen en la cadena de producción, proceso, comercialización y consumo de carne de bovino, a través de la definición de las características de calidad que debían reunir las canales para su comercialización; con los grados de calidad: Suprema, Selecta, Estándar, Comercial y Fuera de clasificación; considerando los grados de marmoleo y textura y/o firmeza; sin

embargo, no especifica o no toma en cuenta los grados de rendimiento, como su antecesora. Con la reciente aprobación de la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAGARPA-2018, “Carne de bovino-Clasificación de canales conforme a sus características de madurez fisiológica y marmoleo”, se establece que una de las formas aceptadas para dotar de certeza y con ello ordenar al sector proveedor de la carne en canal, es establecer una clasificación de calidad que permita informar sobre los atributos del producto, evitando la confusión en el mercado nacional y en el de exportación, así como el establecimiento arbitrario de calidades que no sean reconocidas oficialmente.

Otros sistemas menos conocidos en Latinoamérica, ya sea por su utilización regional o que obedecen a expectativas locales se encuentran en Venezuela, Uruguay y Chile. En el ámbito de la producción de proteína de origen animal en los Estados Unidos Mexicanos, destaca la producción bovina que ha crecido significativamente durante la última década y consiste en un inventario de 31.7 millones de cabezas aproximadamente, dentro de los cuales, el ganado para pie de cría representa un aproximado de 16.7 millones de cabezas, que producen 7.7 millones de becerros (Parra-Bracamonte *et al*., 2020), además que cerca del 80 % de la carne producida en México es consumida en el mercado nacional (Williams y Anderson*,* 2020) y más del 85.6 % de las exportaciones son destinadas principalmente a los Estados Unidos; con Japón, Hong Kong y Corea del Sur, estos cuatro países concentran el 97 % de las exportaciones de carne de bovino que México realiza al mundo (COMECARNE, 2022), sin embargo, a pesar de provenir principalmente de corrales de engorda tecnificada, no se reconoce su calidad a través de un sistema de evaluación y clasificación de canales, ya que durante todos estos años, el tema de la evaluación de las canales bovinas mexicanas ha sido siempre polémico; para algunos es un incentivo a las actividades productivas pecuarias, pero para otros se trata de un método incómodo para castigar el producto (García y García, 2009).

III. HIPÓTESIS

La predominancia fenotípica *Bos indicus* influye en las características de las canales bovinas conforme a madurez ósea y marmoleo.

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar a las canales bovinas conforme a los criterios de madurez ósea, marmoleo y predominancia fenotípica *Bos indicus*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar y clasificar la predominancia fenotípica de las canales bovinas con referencia en la altura de la giba.

Determinar la madurez ósea de las canales bovinas con base en la osificación de los cartílagos de las apófisis espinosas de las vértebras torácicas.

Determinar el grado de marmoleo de la canal bovina en la superficie del músculo *Longissimus dorsi.*

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Lugar de estudio

Se utilizaron los datos de 1417 canales de bovino, procesados en cuatro establecimientos Tipo Inspección Federal (TIF), localizados en el estado de Sinaloa. La información se obtuvo en la línea de producción de cortes primarios. Todos los bovinos provenían de un sistema de producción intensiva de carne bovina en corrales de engorda, ubicados en las proximidades de los establecimientos TIF.

5.2. Procedimiento *post mortem*

Posterior al aturdimiento y desangrado se registró a partir de la dentición la edad cronológica de los bovinos; estos datos fueron recabados en las plantas TIF por personal calificado de SENASICA-México; mediante este lineamiento, los bovinos se clasificaron en dos grupos: menores y mayores de 30 meses. Posteriormente, los bovinos fueron decapitados, las extremidades anteriores y posteriores retiradas, luego despielados, eviscerados y la canal fue dividida en dos medias canales; ya lavadas y sanitizadas, las canales ingresaron a la cámara de refrigeración, previo pesaje de la canal caliente (SENASICA, 2011).

5.3. Registro de variables de interés

Después de 48 horas de refrigeración a ≈ 4° C y con base en la metodología propuesta por Rubio *et al*. (2013), se registraron las siguientes variables en la canal bovina:

Estimación de la grasa renal, pélvica y cardiaca. La cantidad de grasa cavitaria se determinó subjetivamente y se expresó como porcentaje del peso de la canal fría; normalmente el peso de estos acúmulos grasos representa entre 1 y 5 % del peso de la canal fría. El peso de los riñones se excluyó en esta medición.

Determinación del área del ojo de costilla. Esta se midió con una plantilla marcada con pequeños cuadros, donde cada cuadro se suma para medir el área completa del músculo *Longissimus dorsi*, delineando perfectamente el área muscular con un

marcador permanente; en esta medición se excluye la grasa adyacente y demás tejidos circundantes.

Espesor de la grasa dorsal. En la plantilla descrita anteriormente, se registró esta variable, posteriormente se midió a la altura de la 12ª costilla, a tres cuartos de distancia del eje largo del músculo *Longissimus dorsi*, desde la línea media; para mayor precisión la medición se realizó con un vernier digital.

Largo y altura de la giba. Los valores de la giba indican el grado aproximado de ascendencia *Bos indicus* de los animales; la altura de la giba se tomó a la mitad de su base teniendo como referencia el ligamento de la nuca, mientras que el largo de la giba se tomó en línea recta de la base del inicio de la giba hasta donde termina la misma. Con el registro y análisis de estas variables, se determinaron las características de las canales bovinas, objeto del presente estudio.

Marmoleo. La cantidad y distribución de grasa intramuscular en el músculo *Longissimus dorsi*, después que la media canal ha sido presentada con un corte transversal profundo, se otorgó alguna de las siguientes categorías: desprovisto, trazas, ligero, pequeño, modesto, moderado y ligeramente abundante, declaradas en la NOM-004-SAGARPA-2018.

Determinación de la madurez ósea. Esta variable se estimó visualmente en la canal, por el grado de osificación de los cartílagos de las tres primeras apófisis espinosas debajo de la línea de corte con referencia a la 12ª y 13ª costilla. Los valores de madurez señalados con base a los criterios de madurez ósea establecidos en la NOM-004-SAGARPA-2018, con referencia al Porcentaje Promedio de Osificación que menciona los criterios de madurez A, para bovinos de 9 a 30 meses de edad, madurez B, para bovinos de 30 a 42 meses de edad y madurez C, para bovinos mayores a 42 meses de edad.

Mediante las variables marmoleo y madurez ósea se estimó el Grado Básico de Calidad de la canal bovina dentro de las siguientes categorías: Premium, Suprema,

Selecta, Estándar y Comercial, conforme a lo establecido en la NOM-004-SAGARPA-2018, donde se refiere que una vez realizada la determinación de la madurez fisiológica y el grado de marmoleo, se deben combinar estos dos factores para otorgar la clase a la canal de bovino bajo el siguiente sistema de clasificación integral mostrado en la Figura 1.

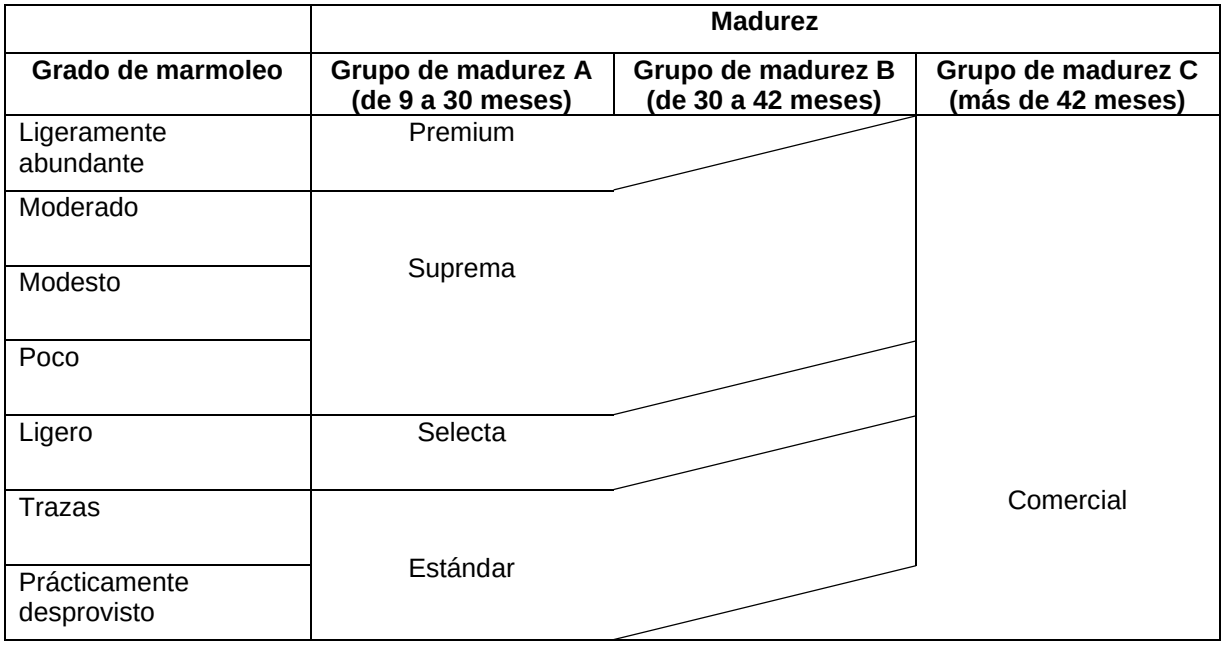

Figura 1. Clasificación integral de la canal bovina con base en la NOM-004-SAGARPA-2018

La variable altura de la giba se utilizó como criterio para determinar la predominancia racial, con base al esquema que se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Predominancia racial con base en la altura de la giba, registrada en bovinos procesados en plantas de beneficio en México.

Predominancia racial cebuína	Altura de la giba, cm (media ± EE)
≤ ¼ *Bos indicus*	7.92 ± 0.95
½ *Bos indicus*	9.44 ± 0.17
¾ *Bos indicus*	13.13 ± 0.18
4/4 *Bos indicus*	14.07 ± 0.34

Fuente: Rubio *et al.* (2013); EE= error estándar

5.4. Análisis estadístico.

Los datos de las canales se capturaron en hoja de Microsoft Excel, con base en la altura de la giba (Cuadro 1), cada canal se asignó a un grupo según la predominancia racial de *Bos indicus*: grupo 1= ¼ cebuino; 2= ½ cebuino; 3= ¾ cebuino; 4= $^{4}/_{4}$ cebuino. Se obtuvieron las estadísticas descriptivas de las variables Peso de la Canal Caliente (PCC), Área del ojo de la costilla (AOC), Espesor de la grasa dorsal (EGD), Grasa pélvico renal (GPR), Altura de la giba (AG), Largo de la giba (LG), Marmoleo y Madurez ósea. Enseguida, se realizó el análisis de normalidad de los valores con la prueba de Kolmogorov-Smirnov corregida por Lilliefors (Liliefors, 1967), con el programa R (R Core Team, 2020). Se realizó análisis de la varianza entre grupos para las variables AG, PCC y AOC, y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey. Las variables Marmoleo y Madurez ósea, no presentaron distribución normal, por ello se presentan con las estadísticas descriptivas de mediana y rango intercuartílico; y para conocer la distribución de grados básicos de calidad y marmoleo, los resultados se muestran como frecuencia absoluta (n) y porcentaje. La asociación entre grupo (Cuadro 1) con los grados de marmoleo, se realizó con la prueba de ji cuadrada para cuadro de contingencia 5 x 4 (5 grados x 4 grupos); como hubo asociación estadística, enseguida se realizaron pruebas de ji cuadrada para las permutaciones de 4 grupos tomando 2 a la vez ($_{4}P_{2}$) en cada grado de marmoleo. En el caso del grupo 3 y 4 en el grado Comercial, se utilizó la prueba exacta de Fisher. Para todos los análisis estadísticos el nivel de alfa máximo para considerar significancia estadística fue 0.05.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 2 se muestran las estadísticas descriptivas de la canal bovina. Se observan los valores de la media, desviación estándar, valores mínimo y máximo y el coeficiente de variación de las variables peso de la canal caliente, área del ojo de la costilla, espesor de grasa dorsal, grasa pélvico renal, largo y altura de la giba; y la mediana de las variables marmoleo y madurez ósea, así como sus medidas de dispersión. Los valores de altura de la giba, peso de canal caliente, área del ojo de la costilla se discuten en los cuadros 3, 4 y 5, respectivamente.

Se destaca que la variable espesor de grasa dorsal, muestra un coeficiente de variación de 55.67 %, lo cual quiere decir que el valor de esta variable tiene un amplio rango de variación. La amplia variación de este valor obedece principalmente a los días de permanencia de los bovinos en los corrales de finalización, que, conforme a la heterogeneidad en cuanto a tipo racial, peso de inicio, condición corporal y género, determina la duración en las unidades de producción intensiva antes de su procesamiento en las plantas de matanza, además de la propia dinámica de los depósitos grasos en cada región anatómica.

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas de las características de la canal bovina (n= 1417).

Variable	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV, %
PCC, kg	318.16	36.43	201.80	451.80	11.45
AOC, cm^2	87.87	11.36	49.03	141.93	12.93
EGD, mm	6.70	3.73	1.0	33.0	55.67
GPR, %	2.10	0.65	1.0	4.0	30.95
LG, cm	27.86	5.25	8.0	49.0	18.84
AG, cm	12.58	4.40	4.0	30.0	34.98
Marmoleo	300.00*	100**	100.0	500.0	25***
Madurez ósea	100.00*	0**	100.0	400.0	0***

PCC= peso de la canal caliente; AOC= área del ojo de la costilla; EGD= espesor de grasa dorsal; GPR= grasa pélvico renal; LG= largo de la giba; AG= altura de la giba; DE= desviación estándar; CV= coeficiente de variación. *Mediana, **Rango intercuartílico (IQR). ***(IQR/Rango) x100

Las variables marmoleo y madurez ósea, utilizadas en la NOM-004-SAGARPA-2018 para otorgar un grado de calidad a las canales bovinas mexicanas, y registradas en el presente estudio, muestran valores dispares; por un lado, el marmoleo exhibe un

coeficiente de variación de 35.18, mientras que la madurez ósea muestra un coeficiente de variación de 18.0, esto indica que la madurez ósea de las canales impactará favorablemente en la asignación de un Grado Básico de Calidad superior, conforme a la clasificación integral de la canal bovina, pero hasta cierto punto impide ser clasificadas con un mayor grado de calidad dado el bajo nivel de marmoleo en el área del ojo de la costilla.

En el cuadro 3 se muestran los valores de altura de la giba por grupo según la predominancia racial. Los valores medios entre los cuatro grupos mostraron diferencia estadística (P<0.01); cabe resaltar que el coeficiente de variación para esta variable en los grupos 1, 2 y 3, fue inferior al 10 % lo que indica poca dispersión de estos valores.

Cuadro 3. Altura de la giba en la canal según la predominancia racial fenotípica de los bovinos.

Grupo	Canales	Media, cm	DE, cm	CV, %
1	252	7.19[a]	0.89	12.38
2	536	10.54[b]	1.10	10.44
3	399	14.38[c]	1.13	7.86
4	230	20.11[d]	3.07	15.27

[ab,d] Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (P<0.01).
AG: altura de la giba; DE= desviación estándar; CV= coeficiente de variación. Grupo 1= ≤ ¼ cebuino; 2= ½ cebuino; 3= ¾ cebuino; 4= cebuino.

De acuerdo con Boleman *et al*. (1998) el largo de la giba indica el grado aproximado de ascendencia *Bos indicus*; por tal razón, los bovinos que presenten una altura de giba mayor a 10.2 cm tendrán características mayormente predominantes del grupo racial *Bos indicus*. Sin embargo, en un estudio realizado por Casas *et al*. (2005) se encontró que la altura de la giba en ganado *Bos indicus* (Brahman) osciló entre 15 y 18 cm. Con base a lo anterior, en la información presentada en el cuadro 3 se observa que la altura de la giba de los grupos tres y cuatro registran una media superior a los 10 cm por lo que se deduce que el componente racial cebuino es similar a los valores referidos por Boleman *et al*. (1998) y Casas *et al*. (2005). La información registrada en

el presente estudio indica que el 82 % de las canales analizadas, presentan predominancia racial cebuína.

En el cuadro 4 se muestran los valores del peso de la canal caliente según su predominancia racial. Se observa que la media de PCC del grupo 1 es menor a la registrada en los grupos 3 y 4 (P<0.01) pero similar a la media del grupo 2. El PCC de los grupos 2 y 3 es similar entre sí, pero la media del grupo 3 es igual a la media del grupo 4 (P<0.01).

Cuadro 4. Peso de la canal caliente según la predominancia racial de los bovinos.

Grupo	Canales	Media, kg	DE, kg	CV, %
1	252	310.05^{c}	37.79	12.19
2	536	316.89^{bc}	34.33	10.83
3	399	319.91^{ab}	35.73	11.17
4	230	326.99^{a}	38.83	11.87

^{abc} Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (P<0.01)
PCC= peso de la canal caliente; DE= desviación estándar; CV= coeficiente de variación. Grupo 1= ≤¼ cebuino; 2= ½ cebuino; 3= ¾ cebuino; 4= cebuino.

En un experimento se registró el peso de la canal caliente entre 354 y 412 kg en ganado Hereford x Angus, los cuales recibieron diferentes niveles de zilpaterol durante la finalización (Walter *et al.,* 2018). Cancian *et al.* (2014) registraron en toretes Nelore castrados y enteros 292 y 321 kg de PCC, respectivamente. Por otra parte, Huerta *et al*. (2013), registraron 272 kg de PCC en bovinos predominantemente cebuinos. En otro estudio realizado por Huerta *et al*. (2020), registraron el desempeño de la canal de toretes Brahman y cruzas F1 engordados en pastizales tropicales, el PCC en la raza Brahman fue de 242 kg, en F1 Angus 255 kg, en F1 Chianina 249 kg, en F1 Romosinuano 272 kg y en F1 Simmental 252 kg; estos valores indican que la dominancia racial de *Bos taurus* influye favorablemente en el PCC.

En el cuadro 5 se muestran los valores del área del ojo de la costilla por grupo según su dominancia racial; se observa que el valor de AOC del grupo 1 es inferior al valor registrado por el grupo 2 (P<0.05), pero es similar al valor registrado por el grupo 3 (P>0.05) que a su vez es igual al valor observado en el grupo 4.

El AOC en bovinos es un indicador de musculatura y un factor importante en la determinación del grado de rendimiento, por lo que en medida que el AOC aumenta, se incrementa el rendimiento de los cortes primarios y de los cortes al detalle.

Cuadro 5. Área del ojo de la costilla según la predominancia racial de los bovinos.

Grupo	Canales	Media, cm^2	DE, cm^2	CV, %
1	252	85.59^{c}	11.32	13.23
2	536	89.14^{a}	11.73	13.16
3	399	88.31^{ab}	11.11	12.58
4	230	86.68^{bc}	10.49	12.10

^{a,b,c,d} Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (P<0.01).
AOC= rea del ojo de la costilla; DE= desviación estándar; CV= coeficiente de variación. Grupo 1= ≤¼ cebuino; 2= ½ cebuino; 3= ¾ cebuino; 4= cebuino.

Al respecto Torrescano *et al*. (2010), condujeron un estudio para caracterizar canales bovinas en el centro del estado de Sonora; en su estudio, registraron que el área del ojo de costilla estuvo dentro de un rango de 80.66 a 82.15 cm^2. Los valores promedio referidos en el presente estudio se encuentran entre un valor mínimo de 85.59 a un máximo de 89.14 cm^2 que comparativamente son superiores al estudio descrito anteriormente; posteriormente en otra investigación, Torrescano *et al.* (2017), observaron valores en AOC en un rango más amplio desde 69.2 a 89 cm^2, lo que muestra una gran variación de este indicador de calidad de la canal.

Huerta *et al.* (2020) por su parte, investigaron las tendencias en el desempeño de la canal de toretes Brahman y cruzas F1 engordados en pastizales tropicales; los valores observados para AOC fueron para Brahman 54.84 cm^2; F1 Angus 63.80 cm^2; F1 Chianina 61.06 cm^2; F1 Romosinuano 76.39 cm^2 y F1 Simmental 60.05 cm^2. Estos valores son inferiores a los registrados en el presente trabajo; lo anterior demuestra que la finalización de ganado bovino en corral de engorda promueve un mayor desarrollo muscular en la canal.

En el cuadro 6 se presenta la distribución de las canales bovinas conforme a la madurez ósea y al marmoleo. Se observa que 1191 canales (84.05 %) registraron madurez A, es decir se estima que pertenecen a bovinos menores de 30 meses de edad, y 226 canales (15.95 %) se corresponden a bovinos mayores a 30 meses de

edad. En los que se refiere al marmoleo, 1339 canales bovinas (94.48 %) se ubicaron en los grados de marmoleo Prácticamente desprovisto, Trazas y Ligero, lo que conforme a la clasificación integral de la canal bovina con base en la NOM-004-SAGARPA-2018 puede favorecer que estas canales se ubiquen dentro de los grados básicos de calidad Selecta y Estándar, sin embargo, al relacionar el indicador Marmoleo con el factor Madurez ósea, cabe la posibilidad que desciendan en el Grado Básico de Calidad.

Cuadro 6. Distribución de canales bovinas conforme a madurez ósea y grado de marmoleo.

Madurez ósea			Marmoleo		
	Canales	%		Canales	%
A	1191	84.05	Prácticamente desprovisto	254	17.92
B	140	9.88	Trazas	388	27.38
C	75	5.29	Ligero	697	49.18
D	11	0.77	Poco	74	5.22
Total	1417	100	Modesto	4	0.28

De acuerdo con Lee *et al*. (2009), la edad es un factor fundamental en los sistemas de clasificación de canales bovinas cuando se combina con otros factores, como la nutrición y la genética; y uno de los principales factores que afectan la calidad de la canal es marmoleo, que se traduce como energía corporal almacenada; por lo tanto, este depósito graso aumentará a medida que incrementa la edad de los bovinos y se mantienen con una dieta energética.

La presencia del veteado en el músculo *Longissimus dorsi* depende del potencial genético del bovino y de la cantidad de energía consumida; así, bovinos jóvenes, que son procesados a los 15 meses de edad, han demostrado que tienen puntajes iguales o mayores de marmoleo que toretes genéticamente similares, pero procesados entre los 18 y 24 meses de edad, si son alimentados con dietas cuyo contenido energético es lo suficientemente denso como para permitir la expresión del marmoleado (Schoonmaker *et al*., 2002).

El marmoleo del área del ojo de la costilla, reviste particular importancia en el sistema de clasificación de los Estados Unidos de América y en las preferencias de consumo en el norte mexicano (Hernández y Ríos, 2009), y se le concede un singular valor al relacionarlo con la suavidad y la palatabilidad de la carne.

En el cuadro 7 se presenta la distribución del grado de marmoleo en canales bovinas por grupo según la predominancia *Bos indicus*. El marmoleo del área del ojo de la costilla en animales productores de carne, está relacionado con el contenido de grasa intramuscular y juega un papel importante en varios aspectos concernientes con la calidad de la carne.

Cuadro 7. Distribución del grado de marmoleo en canales bovinas por grupo según la predominancia *Bos indicus*.

	Grado de marmoleo n (%)				
Grupo	Nulo	Trazas	Ligero	Poco	Modesto*
1	58 (23.02)^{a}	38 (15.08)^{b}	140 (55.56)^{a}	16 (6.35)^{a}	0 (0)
2	69 (12.87)^{b}	165 (30.78)^{a}	271 (50.56)^{ab}	29 (5.41)^{a}	2 (0.36)
3	63 (15.79)^{b}	135 (33.83)^{a}	184 (46.12)^{b}	16 (4.01)^{a}	1 (0.25)
4	64 (27.83)^{a}	50 (21.74)^{b}	102 (44.35)^{b}	13 (5.65)^{a}	1 (0.43)
Total	254 (17.9)	388 (27.4)	697 (49.2)	74 (5.2)	4 (0.3)

Grupo 1= ≤¼ cebuino; 2= ½ cebuino; 3= ¾ cebuino; 4= cebuino

^{ab} Literales diferentes en las frecuencias dentro de grado de marmoleo, indican diferencia estadística (Prueba de ji cuadrada 2 x 2; $P < 0.05$).

*No se realizó análisis, debido a frecuencias esperadas en cada celda menores a 5.

Los resultados que se registraron en el presente estudio muestran que el 17.9 % de las canales bovinas el marmoleo es nulo, en el 27.4 % se observan trazas y en el 49.2 % marmoleo ligero; estos valores exhiben que el marmoleo del 94.49 % de las canales bovinas se debe al bajo contenido de grasa intramuscular en el área del ojo de la costilla. Por grado de marmoleo se observa que en marmoleo nulo, las canales de ¼ a ¾ de *Bos indicus* tienen menor frecuencia ($P < 0.05$) con respecto a las canales de menos de ¼ y más de 3/4; mientras que, en trazas aumenta la frecuencia para canales de ¼ a ¾ de *Bos indicus*, y disminuye de manera significativa en canales de menos de ¼ y más de ¾. En marmoleo ligero las canales con menos de ¼ de *Bos indicus* tienen

la mayor frecuencia, aunque es similar a la de 1/4 (P > 0.05). Dentro del grado de marmoleo Poco, las proporciones son similares entre los grupos de canales.

Hocquette *et al*. (2010), afirman que el contenido de grasa intramuscular varía entre especies, entre razas y entre tipos de músculos en la misma raza, y otros factores están involucrados en esta variación en los animales, incluidos el sexo, la edad y la alimentación; de igual manera, la variabilidad en el contenido de grasa intramuscular está ligada principalmente al número y tamaño de los adipocitos intramusculares, entonces la tasa de acumulación de grasa intramuscular va a depender de la tasa de crecimiento muscular, así, en los animales que tienen una alta musculatura con una alta actividad glucolítica muestran un desarrollo reducido de contenido de grasa intramuscular. Al respecto, Rubio *et al*. (2021), aseguran que el contenido de grasa intramuscular en análisis proximales muestra mayor variación de 1.0 a 8.9 %, por lo tanto, una carne magra se considera cuando tiene más de 3.6 % de grasa intramuscular. Lo anterior coincide con los hallazgos observados en canales reducidas en marmoleo y canales magras observadas en regiones tropicales (Delgado *et al*., 2005; Méndez *et al*., 2009). Dada la importancia de la puntuación de marmoleado en el mercado global de la carne bovina, se han realizado estudios para comprender mejor la baja puntuación de marmoleo en el ganado influenciado por *Bos indicus* en comparación con el ganado *Bos taurus*. En una revisión de estos estudios Cooke *et al*. (2020) observaron que no se registró una fuerte relación entre la capacidad de sintetizar ácidos grasos *de novo* y la puntuación de marmoleo o el volumen de adipocitos, y se concluyó que las bajas puntuaciones de marmoleado típicamente observadas en el ganado influenciado por *Bos indicus* son atribuido principalmente a su menor volumen de adipocitos intramusculares en comparación con las razas *Bos taurus*.

En el cuadro 8 se muestran las categorías de clasificación de canales por grupo según su predominancia racial.

El análisis de las frecuencias de canales de grados básicos de calidad y grupo racial indicó asociación (P < 0.05); por ello, se realizó el análisis considerando las frecuencias de canales que cumplieron los atributos, así como las que no lo cumplieron, en cada grado de calidad. Para los grados de Suprema (P = 0.49) y Selecto (P=0.77), no hubo

diferencia entre las proporciones en los grupos raciales; mientras que, en los grados Estándar y Comercial, si hubo diferencia estadística (P < 0.01). Al considerar en cada grado dos grupos a la vez, se observa que el 50 % de las canales de los grupos 3 y 4, se clasificaron en grado Estándar, sin diferencia entre ellos, mientras que los grupos 1 (34 %) y 2 (41 %), fueron diferentes en sus frecuencias (P < 0.05). En el grado Comercial, la mayor frecuencia (16 %) se observó en el grupo 1, la que fue diferente (P < 0.05) al grupo 2 (7 %).

Cuadro 8. Distribución de las canales por grado básico de calidad según la predominancia *Bos indicus*.

	Grados básicos de calidad							
Grupo	Suprema		Selecto		Estándar		Comercial	
	n	%	n	%	n	%	n	%
1	9	(3.57)[a]	117	(46.43)[a]	85	(33.73)[c]	41	(16.27)[a]
2	21	(3.92)[a]	256	(47.76)[a]	221	(41.23)[b]	38	(7.09)[b]
3	16	(4.01)[a]	181	(45.36)[a]	200	(50.13)[a]	2	(0.50)[c]*
4	14	(6.09)[a]	101	(43.91)[a]	115	(50.0)[a]	0	(0.0)[c]*
Total	60	(4.23)	655	(46.22)	621	(43.82)	81	(5.72)
Prob.		0.49		0.77		0.01		0.01

[abc]Literales diferentes en las frecuencias dentro de grado básico de calidad, indican diferencia estadística (Prueba de ji cuadrada 2 x 2; P < 0.05); *Prueba exacta de Fisher (P = 0.5354).
Grupo 1= ≤¼ cebuino; Grupo 2= ½ cebuino; Grupo 3= ¾ cebuino; Grupo 4= cebuino

Independientemente de la predominancia racial se registraron 60 canales de calidad Suprema (4.23%), 655 canales de calidad Selecta (46.22%), 621 canales de calidad Estándar (43.82%) y 81 canales Comerciales (5.72%).

Al tratarse de una Norma Oficial Mexicana que recién entró en vigor en el territorio mexicano, no hay estudios previos con los cuales se puedan comparar estos resultados. Sin embargo, al evaluar canales bovinas producidas en una región tropical de México, con base en la ya derogada Norma NMX-FF-078-2002, Zorrilla-Ríos *et al*. (2013), utilizaron cinco criterios para la clasificación: madurez, edad, conformación, color de la magra, color de la grasa y distribución de la cobertura de grasa subcutánea;

las canales fueron clasificadas en 13.4 % Selectas, 45.8 % Estándar, 27.4 % Comerciales, 10.6 % fuera de clasificación. Con base en esta clasificación, no se registraron canales de categoría Suprema; al respecto, los autores describen que el 79 % de las canales logran alcanzar en primera instancia el grado de clasificación Suprema, pero cuando la conformación fue evaluada, solo el 0.5% de las canales alcanzaron el grado definitivo de Suprema.

VII. CONCLUSIÓN

Se concluye que las canales de bovino objeto del presente estudio presentan mayormente un componente racial cebuino y en la clasificación de la canal si bien durante el procedimiento de evaluación se identifican mayoritariamente canales con madurez ósea A, pero debido a la menor presencia de marmoleo en el área del ojo de la costilla limitó a las canales para obtener un mejor grado básico de calidad conforme a lo dispuesto en la NOM-004-SAG/ZOO-2018.

VIII. LITERATURA CITADA

Aguirre, L., y Zhinin, L. 2010. Métodos de pesaje de bovinos. Boletín Técnico Divulgativo. Centro de Estudios y Desarrollo de la Amazonía. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.

Agudelo-Gómez, D.A., Cerón-Núñez, M.F., Restrepo, L.F. 2008. Modelación de funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. Rev. Col. Cienc. Pec. 20:157-173.

Andújar, G., Pérez, D, Venegas, O. 2009. Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos. Ciudad de La Habana: Editorial Universitaria. Libros sobre Ciencia y Tecnología de la Carne y Productos Cárnicos ISBN: 978-959-16-1060-7. ISBN 978-959-16-1057-7.

Alende, M., Volpi Lagreca, G., Pordomingo, A.J., Pighín, D., Grigioni, G., Carduza, F., Pazos, A., Babinec, F., Sancho, A.M. 2014. Efectos del tiempo de transporte, espera prefaena y maduración en novillos sobre indicadores de estrés, calidad instrumental y sensorial de la carne. Arch. Med. Vet. 46:217-227.

Allen R. E., Merkel, A.R. Young R. B. 1979. Cellular aspects of muscle growth: myogenic cell proliferation. J. Anim. Sci. 49:115–127. doi: https://doi.org/10.2527/jas1979.491115x

Argetsinger, L.S. y Carter-Su, C. 1996. Mechanism of signaling by growth hormone receptor. Physiol. Rev. 76:1089-1107. doi:10.1152/physrev.1996.76.4.1089

AUS-MEAT. 2021. Handbook of Australian Beef Processing. The AUS-MEAT Language. Disponible en: https://www.ausmeat.com.au/WebDocuments/Producer_HAP_Beef_Small.pdf

Barber K.A., Wilson, L.L., Ziegler, H.J., Levan, J.P., Watkins, L.J. 1981. Charolais and Angus steers slaughtered at equal percentages of mature cow weight. I. Effects of slaughter weight and energy density on carcass traits. J. Anim. Sci. 52:218-231.https://doi.org/10.2527/jas1981.522218x

Bellido, M., Escribano, S. M., Mesías, D. F. J., Rodríguez de Ledesma A., Pulido, G. F. 2001. Sistemas extensivos de producción animal. Arch. Zoot. 50:465-489.

Berg, R.T. y Butterfield, R.M.1979. Nuevos conceptos sobre el desarrollo de ganado vacuno. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

Boleman, S. L., S. J. Boleman, S.J., Morgan, W.W., Hale, D.S., Griffin, D.B, J. W. Savell, W.J., Ames, P.R., Smith, M.T., Tatum, J.D., Field, T.G. Smith, G.C., Gardner, B.A., Morgan, J.B., Northcutt, S.L., Dolezal, H.G., Gill, D.R., Ray, F.K.. 1998. National Beef Quality Audit–1995: Survey of Producer-Related Defects and Carcass Quality and Quantity Attributes1 J. Anim. Sci. 76: 96-103. https://doi.org/10.2527/1998.76196x

Cancian, P. H., Gomes, R. D. C., Manicardi, F. R., Ianni, A. C., Bonin, M. D. N., Leme, P. R. 2014. Correlations of visual scores, carcass traits, feed efficiency and retail product yield in Nellore cattle. Animal Sci and Pasturas. Scientia Agricola. 71:17-22. https://doi.org/10.1590/S0103-90162014000100002

Cantalapiedra-Hijar, G., Abo-Ismail, M., Carstens, G.E., Guan, L.L., Hegarty, R., Kenny, D.A., McGee, M., Plastow, G., Relling, A., Ortigues-Marty, I. 2018. Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. Animal. 12:S2:s321-s335. Doi: 10.1017/S1751731118001489

Casas, E., White, S., Riley, D., Smith, T., Brenneman, R., Olson, T., Johnson, D., Coleman, S., Bennett G., Chase, C. 2005. Assessment of single nucleotide polymorphis in genes residing on chromosomes 14 and 29 for association with carcass composition traits in *Bos indicus* cattle. J. Anim. Sci. 83:13-19. doi: 10.2527/2005.83113x.

Cassens, R. A. 1986. La estructura del músculo. En Price, J. F. y Schweigert, B. S. La ciencia de la carne y los productos cárnicos. Ed. Acribia, Zaragoza, España.

Cerino, L.G. 2010. Factores relacionados con los grados de calidad y rendimiento de la canal de novillos engordados en corral. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Disponible en: http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3921

Cooke, R.F., Daigle, C.L., Moriel, P., Smith, S.B., Tedeschi, L.O., Vendramini, J.M.B. 2020. Cattle adapted to tropical and subtropical: Social, nutritional, and carcass quality considerations. J. Anim. Sci. 98: skaa014. doi: 10.1093/jas/skaa014 DOI

COMECARNE. 2022. Consejo Mexicano de la Carne. Compendio Estadístico 2022. Disponible en: www.comecarne.org

Dauncey, M.J., White, P., Burton, K.A., Katsumata, M. 2001. Nutrition-hormone receptor-gene interactions: implications for development and disease. Proc. Nutr. Soc. 60:63-72. Doi: 10.1079/PSN 200071.

Delgado, E.J., Rubio, M.S., Iturbe, F.A., Méndez, R.D., Cassís, L., Rosiles, R. 2005. Composition and quality of Mexican and imported retail beef in Mexico. Meat Sci. 69:465-471. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.10.003

Estado de Sonora. 1999. Boletín Oficial. Órgano de difusión del gobierno del Estado de Sonora. Secretaría de Gobierno.

Espinosa G. M. 2014. Análisis de la productividad de la ganadería cárnica en Colombia y su participación en el PIB (2003-2013) frente al TLC con EE.UU. Universidad EAFIT Escuela de Economía y Finanzas Departamento de Economía Medellín, Colombia. Consultado en: https://repository.eafit.edu.com

Forrest, J. C., Aberle, E. D., Hedrick, H. B., Judge, M. D. Merkel, R. A. 1975. Principles of Meat Science. W. H. Freeman and Company. ISBN: 0757599958

Fu, Y., Therkildsen, M., Aluko, R.E., Lametsch, R. 2019. Exploration of collagen recovered from animal by-products as a precursor of bioactive peptides: Successes and challenges. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 59 (13): 2011-2027. https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1436038

García, M.J.A. y García, O. 2009. Evaluación de canales. Capitulo X. En: Fundamentos de crecimiento y evaluación animal. Editorial Trafford Publishing. Victoria, B.C., Canada. ISBN 978-1-4269-2067-7.

Gillies A. R. and Lieber R. L. 2011. Structure and function of the skeletal muscle extracellular matrix. Muscle Nerve 44:318–331.doi:10.1002/mus.22094.

Hammack. S. 2007. Hump height vs. quality. Texas A&M University Beef Cattle Browsing
Newsletter. http://animalscience.tamu.edu/academics/beef/browsing/browsing-july07.htm. DOI

Hernández, B.J. y Ríos, R.F.G. 2009. Efecto de los grupos raciales en las características de calidad de la carne. Nacameh. 3:1-20. https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/nacameh/2009v3n1/Hernandez

Hocquette, J.F., Gondret, F., Baéza, E., Médale, F., Jurie, C., Pethick, D.W. 2010 Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. Animal. 4:303-319. https://doi. org/10.1017/S1751731109991091

Huerta, L. N., Hernández, O., González, R. A., Ordóñez, J., Pargas, H.L., Rincón, E., Del Villar, A. y Bracho, B. 2013. Peso corporal y rendimiento en canal según clase sexual, tipo racial, condición muscular, edad y procedencia de bovinos venezolanos. Nacameh. 7:75-96.
https://www.doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/nacameh/2020v14n1/HuertaL

Huerta, L. N., Flores, A. R., Hernández, J. V., Timaure, N. J., González, A. R. 2020. Tendencias en desempeño de la canal de toretes Brahman y cruzas F1 engordados en pastizales tropicales. Nacameh. *14*:16-30. https://www.doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/nacameh/2020v14n1/Huerta

Johnson, E.R.; Ball, B. 1989. Prediction of the commercial yield of beef from carcass destined for the Japanese market by using measurements from the carcass and non-carcass parts. Aust. J. Exp. Agr. 29:589-596. https://doi.org/10.1071/EA9890489

Kempster, T.A., Cuthbertson, A. y Harrington, G. 1982. Carcass evaluation in livestock breeding, production, and marketing. Granada Publishing. Londres, Inglaterra. DOI: 10.1016/0309-1740(83)90006-2

Kendall, R. T. y Feghali-Bostwick C. A. 2014. Fibroblasts in fibrosis: novel roles and mediators. Front. Pharmacol. 5:123. doi:10.3389/fphar.2014.00123.

Kien, S. 2004. The classification of carcass of adult bovine animals in the EUROP. Meat and Fat Research Institute. Warsaw, Division in Poznan, Poland.

Laurent G. J., McAnulty, J.R. Gibson J. 1985. Changes in collagen synthesis and degradation during skeletal muscle growth. Am. J. Physiol. 249(3 Pt 1):C352–C355. doi:10.1152/ajpcell.1985.249.3.C352.

Lawrence, T.L.J., Fowler. V.R. 2002. Growth of farm animals. Second edition. CABI Publishing. Nueva York. E.U.A. ISSN: 9780851994840

Lee, M. R. F., Evans, P.R., Nute, G.R., Richardson, R.I., Scollan N.D. 2009. A comparison between red clover silage and grass silage feeding on fatty acid composition, meat stability and sensory quality of the M. *Longissimus* muscle of dairy cull cows. Meat Sci. 31:738-744. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.11.016

Lepetit, J. 2008. Collagen contribution to meat toughness: theoretical aspects. Meat Sci. 80:960–967. doi: 10.1016/j.meatsci.2008.06.016.

Lu, A., Hu, X., Chen, H., Jiang, J., Zhang, C., Xu, H., X. Gao. 2010. Single nucleotide polymorphisms in bovine PRL gene and their associations with milk production traits in Chinese Holsteins. Mol Biol Rep. 37:547-551. DOI: 10.1007/s11033-009-9762-5

Luengo L.J. 1995. Clasificación de ganado y tipificación de sus carnes. TECNO VET; N°2, julio de https://web.uchile.cl/vignette/tecnovet/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D8615%2526ISID%253D428,00.html

Luna-Nevárez, P., Rincon, G., Medrano J.F., Riley, D.G., Chase, C.C., Coleman, S.W., Vanleeuwen, M.D., DeAtley, K.L., Islas-Trejo, A., Silver, A.G., Thomas, G.M. 2011. Single-nucleotide polymorphisms in the growth hormone-insulin-like growth factor axis in straight bred and crossbred Angus, Brahman, and Romosinuano heifers: Population genetic analyses and association of genotypes with reproductive phenotypes. J. Anim. Sci. 89:926-934. DOI: 10.2527/jas.2010-3483

Lilliefors, H. 1967. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. J. Am. Stat. Assoc. 62(318):399-402. http://dx.doi.org/10.2307/2283970

Méndez, R.D., Meza, O.C., Berruecos, J.M., Garcés, P., Delgado, E.J., Rubio, M.S. 2009. A survey of beef carcass quality and quantity attributes in Mexico. J. Anim. Sci. 87:3782-3790. DOI: 10.2527/jas.2009-1889

Mozdziak, P. E., Schultz, E., Cassens R. G. 1997. Myonuclear accretion is a major determinant of avian skeletal muscle growth. Am. J. Physiol. 272(2 Pt 1):C565–C571. doi:10.1152/ajpcell.1997.272.2.C565.

Nikolaou, K., Koutsouli, P., Bizelis, I. 2020. Evaluation of greek cattle carcass characteristics (carcass weight and age of slaughter) based on SEUROP classification system. Foods. 9:1764. DOI: 10.3390/foods9121764

NLMB. 1988. National Livestock and Meat Board. Meat Evaluation Handbook. Chicago, Illinois, USA. ISBN: 0970437803

Nogalski, Z., Wielgosz-Groth, Z., Purwin, C., Sobczuk-Szul, M., Mochol, M., Pogorzelska-Przybyłek P., Winarski, R. 2014. Effect of slaughter weight on the carcass value of young crossbred ('Polish Holstein Friesian' 'Limousine') steers and bulls. Chilean Journal of Agricultural Research. 74:59–66. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392014000100010

Nogalski, Z., Pogorzelska-Przybyłek, P., Sobczuk-Szul, M., Purwin, C. 2019. The effect of carcase conformation and fat cover scores (EUROP system) on the quality of meat from young bulls. Italian Journal of Animal Science. https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1549513

Norma NMX-FF-078-1991. Productos Pecuarios. Carne de bovino en canal. Clasificación. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de septiembre de 1991.

Norma NMX-FF-078-2002. Productos Pecuarios. Carne de bovino en canal. Clasificación. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2002. Disponible en: https://www2.sag.gob.cl/pecuaria/establecimientos_habilitados_exportar/normativa/mexico/NMX-FF-078-SCFI-2002_clasific_prod_pecuarios.pdf

Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAGARPA-2018. Carne de bovino-Clasificación de canales conforme a sus características de madurez fisiológica y marmoleo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de noviembre de 2020. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5605515&fecha=23/11/2020

Núñez, G. F. A. 2009. Fundamentos de crecimiento y evaluación animal. Editorial Trafford Plublishing. ISBN 978-1-4269-2067-7. Victoria, B.C., Canadá.

Núñez, G. F. A., García, J.A., Hernández, J., Jiménez, J.A. 2005. Caracterización de canales de ganado bovino en los valles centrales de Oaxaca. Técnica Pecuaria México. 43:219–228.

Organización Mundial de Sanidad Animal. 2011. Código sanitario para los animales terrestres. Capítulo 7.9. Vigésima edición. Paris, Francia. ISBN 92-9044-679-X

Parra-Bracamonte, G.M., López-Villalobos, N., Morris, S.T., Vázquez-Armijo, J.F. 2020. An overview on production, consumer perspectives and quality assurance schemes of beef in Mexico. Meat Sci. 170:108239. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108239

Phelps, K.J., Johnson, D.D., Elzo, M.A., Paulk, C.B., Gonzalez, J.M. 2017. Effect of Brahman genetics on myofibrillar protein degradation, collagen crosslinking, and tenderness of the longissimus lumborum. J. Anim. Sci. 95:5397-5406. doi:10.2527/jas2017.2022

Platter, W.J., Tatum, J.D., Belk, K.E., Koontz, S.R., Chapman, P.L., Smith, G.C. 2005. Effects of marbling and shear force on consumers' willingness to pay for beef strip loin steaks. J. Anim. Sci. 83:890-899. https://doi.org/10.2527/2005.834890x

Randall, D., Burggren, W., French, K. 1998. Fisiología Animal. Mecanismos y Adaptaciones. 4ta ed. Mc Graw Hill, Madrid.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/

Polkinghorne, R.J., Thompson, J.M. 2010. Meat standards and grading: a world view. Meat Sci. 86:227-235. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.05.010

Rodríguez, J., Unruh J., Villarreal, M., Murillo, O., Rojas, S., Camacho, J., Jaeger, J., Reinhardt, C. 2014. Carcass and meat quality characteristics of Brahman cross bulls and steers finished on tropical pastures in Costa Rica. Meat Sci. 96:1340-1344. http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.024

Rubio, M., Braña, D., Méndez, D., Torrescano, G., Sánchez, A., Pérez, C., Figueroa, F y Delgado, E. 2013. Guía práctica para la estandarización y evaluación de canales bovinas mexicanas: (Primera Ed). Evaluación Canales Bovinas mexicana. pp 72. Universidad Nacional Autónoma de México. Folleto Técnico No. 23. ISBN: 978-607- 37-0005-4.

Rubio-Lozano, M.S. Ngapo, T.M.; Huerta-Leidenz, N. 2021. Tropical Beef: Is There an Axiomatic Basis to Define the Concept? Foods. 10:1025. https://doi.org/10.3390/foods10051025

SAGARPA. 2004. Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en el Sistema de Producción de Ganado Bovino Productor de Carne en Confinamiento. SENASICA. México, D.F.

SENASICA. 2011. Manual de procedimientos de identificación, separación y eliminación de materiales de riesgo específico para encefalopatía espongiforme bovina. Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera. Manual operativo. CDMX. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/265354/Manual_de_Identificaci_n_y_manejo_de_MRE.pdf

Schoonmaker, J.P., Loerch, S.C., Fluharty, F.L., Zerby, H.N, Turner, T.B. 2002. Effect of age at feedlot entry on performance and carcass characteristics of bulls and steers. J. Anim. Sci. 80 (9): 2247-2254. doi: 10.2527/2002.8092247x.

SIAP. 2020. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera Avance mensual de la producción pecuaria 2019. http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceProd.jsp.

SIAP. 2020. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. https://www.gob.mx/agricultura/prensa/la-produccion-de-carne-de-res-en-mexicomantiene-un-crecimiento-anual-sostenible-del-25agricultura#:~:text=La%20Secretar%C3%ADa%20de%20Agricultura%20y,ciento%20mayor%20respecto%20a%202018.

Sifuentes-Rincón, A.M., Parra-Bracamontes, G. M., Arellano V. W., Ambriz M. P., Cantú C. A., Moreno M, V. R. 2020. Frecuencia de SNP en genes candidatos para crecimiento y su efecto en caracteres de peso vivo en ganado para carne de Tamaulipas. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 11:283-293. https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4684.

Sherman, E.L., Nkrumah, J.D., Murdoch, B.M., Li, C., Wang, Z., Fu, A., Moore, S.S. 2008. Polymorphisms and haplotypes in the bovine neuropeptide Y, growth hormone receptor, ghrelin, insulin-like growth factor 2, and uncoupling proteins 2 and 3 genes and their associations with measures of growth, performance, feed efficiency, and carcass merit in beef cattle. J Anim Sci. 86:1-16. DOI: 10.2527/jas.2006-799-

Swatland, H. J., Cassens, R. G. 1972. Muscle growth. The problem of muscle fibers with an intrafascicular termination. J. Anim. Sci. 35:336-344. https://doi.org/10.2527/jas1972.352336x

Swatland, H.J., Brooks, J.C., Miller, M.F. 1998. Possibilities for predicting taste and tenderness of broiled beefsteaks using an optical electromechanical probe. Meat Sci. 50:1-12. doi: 10.1016/S0309-1740(98)00007-2.

Thornton K.J. 2019. Triennial growth symposium: the nutrition of muscle growth: Impacts of nutrition on the proliferation and differentiation of satellite cells in livestock species. J. Anim. Sci. 97:2258-2269. doi: 10.1093/jas/skz081.

Torrescano-Urrutia, G. R., Sánchez-Escalante, A., Vásquez-Palma, M. G., Varguez-Pech, A. F., Vargas-Sánchez, R. D., Pardo-Guzmán, D. A. 2017. Estimación del grado de marmoleo de canales de bovino sonorenses utilizando diferentes metodologías: análisis de imagen, evaluación USDA y extracción con solventes. Biotecnia. 19:34-39. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v19i3.447

Torrescano-Urrutia, G.R., Sánchez Escalante, A., Vásquez Palma, M.G., Paz Pellat, R. Pardo Guzmán, D.A. 2010. Caracterización de canales y de carne de bovino de animales engordados en la zona centro de Sonora. Rev. Mex. Cienc. Pec. 1:157-168. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/43921042

USDA. 2017. United States Standards for Grades of Carcass Beef. Agricultural Marketing Service, Livestock and Seed Division. United States Departament Agriculture. Washington, D.C.

Walter, J. L. A., Schmitz, A. N., Nichols, W. T., Hutcheson, J. P., Lawrence, T. E. 2018. Live growth performance, carcass grading characteristics, and harvest yields of beef steers supplemented zilpaterol hydrochloride and offered ad libitum or maintenance energy intake. J. Anim. Sci. 96:1688-1703. DOI: 10.1093/jas/sky105

Wnęk, K., Gołębiewski, M., Przysucha, T., Balcerak. M. 2016. Accuracy of visual assessment of beef carcasses EUROP performed by the national assessors and assessor from the abattoir. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Animal Sci. 55:127–134.

Williams, G. W., Anderson, D. P. 2020. The Latin American livestock industry: Growth and challenges. Choices. Agricultural and Applied Economics Association. 34:1-11. http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.302483

Wheeler, T.L., Davis, G.W., Clark, J.R., Ramsey, C.B., Rourke, T.J. 1989. Composition and palatability of early and late maturing beef breed types. J. Anim. Sci. 67:142-151. https://doi.org/10.2527/jas1989.671142x

Zorrilla-Ríos, J.M.; Lancaster, P.A.; Goad, C.L.; Horn, G.W.; Hilton, G.G.; Galindo, J.G. 2013. Quality evaluation of beef carcasses produced under tropical conditions of México. J. Anim. Sci. 91:477–482. DOI: 10.2527/jas.2012-5495

https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i4.6418

Artículo

Estimación del grado básico de calidad en canales bovinas conforme a madurez ósea, marmoleo y predominancia fenotípica *Bos indicus*

Francisco Gerardo Ríos Rincón [a]*

Leslie Zelibeth González Rueda [a]

Jesús José Portillo Loera [a]

Beatriz Isabel Castro Pérez [a]

Alfredo Estrada Angulo [a] Jesús

David Urías Estrada [a]

[a] Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Boulevard San Ángel # 3886, Fraccionamiento San Benito, 80246, Culiacán, Sinaloa,México.

*Autor de correspondencia: fgrios@uas.edu.mx

Resumen:

Para estimar el Grado Básico de Calidad de canales bovinas conforme a madurez ósea, marmoleo y predominancia racial *Bos indicus*, se analizaron los datos de 1,417 canales procesadas en cuatro establecimientos Tipo Inspección Federal. Se registraron las variables:grasa cavitaria, área del ojo de costilla, espesor de la grasa dorsal, largo y altura de la giba, marmoleo y madurez ósea. Mediante las variables marmoleo y madurez ósea se estimó el Grado Básico de Calidad con base en la NOM-004-SAGARPA-2018. La altura de la giba seutilizó como criterio para determinar la predominancia racial y mediante esta información segeneraron cuatro grupos. Con base en los valores registrados, se determinaron las estadísticas descriptivas, análisis de la varianza comparación de medias, análisis de frecuencias y pruebade Tukey. La altura de la giba en cada grupo fue de 7.19, 10.54, 14.38 y 20.11 cm (P<0.01),respectivamente. El 82 % de las canales mostraron predominancia racial *Bos indicus*. El peso

de la canal caliente fue 310.05 kg para el grupo 1 *vs* 326.99 kg para el grupo 4 ($P<0.01$). El área del ojo de la costilla fue de 85.59 cm^2 para el grupo 1 *vs* 89.14 cm^2 para el 2 ($P<0.05$). Del total de canales evaluadas, 60 clasificaron de calidad Suprema (4.23 %), 655 de calidadSelecta (46.22 %), 621 de calidad Estándar (43.82 %) y 81 Comerciales (5.72 %). Las canalesde bovino objeto del presente estudio, presentan mayormente un componente racial *Bos indicus* y su Grado Básico de Calidad primordialmente correspondió a la mayor cantidad decanales con madurez ósea grado A, pero con menor marmoleo.

Palabras clave: Canal bovina, *Bos indicus*, Marmoleo, Madurez ósea.

Recibido: 02/24/2023

Aceptado: 07/07/2023

Introducción

La producción de carne bovina mexicana en el año 2021 fue de 2’128,590 toneladas, que representa 2.3 % más con respecto al año 2020, año en el que se registró una producción de carne bovina de 2’078,158 toneladas[(1)]; lo anterior muestra a un sector muy dinámico en materia agropecuaria. El interés por otorgar valor a la producción de carne bovina en Méxicotiene su origen en el establecimiento del Servicio de Clasificación de Ganado y Carne de Bovino en México, implementado por primera vez en el año 1969 por el Gobierno del Estadode Sonora[(2)]. Años después, con el propósito de identificar diferencias en calidad y rendimiento de la canal, el 18 de septiembre de 1991 se publicó en el Diario Oficial de la Federación, la Norma NMX-FF-078-1991[(3)] de carácter voluntario, basada en el sistema de clasificación de los Estados Unidos de Norteamérica, adaptándose el concepto de evaluaciónde canales, para enfatizar las diferencias existentes entre los sistemas de producción. Esta Norma reconocía y otorgaba los grados de clasificación Suprema, Selecta, Buena, Estándar y Comercial; además, otorgaba grados de rendimiento identificados como 1, 2, 3, 4 y 5; posteriormente se derogó y dio lugar a la Norma NMX-FF-078-2002[(4)], también de carácter voluntario, que tuvo como propósito apoyar a los ganaderos y a los demás agentes que intervienen en la cadena de producción, procesamiento, comercialización y consumo de carnede bovino, a través de la definición de las características de calidad que debían reunir las canales para su comercialización; con los grados de calidad Suprema, Selecta, Estándar, Comercial y Fuera de clasificación, considerando para ello los niveles de marmoleo y texturao firmeza; sin embargo, no especifica o no toma en cuenta los grados de rendimiento, comosu NMX antecesora.

Durante todos estos años, el tema de la evaluación de las canales bovinas mexicanas ha sido siempre polémico; para algunos es un incentivo a las actividades productivas pecuarias, peropara otros se trata de un método incómodo para castigar el producto[5]. Con la reciente aprobación de la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAGARPA-2018, "Carne de bovino- Clasificación de canales conforme a sus características de madurez fisiológica y marmoleo"[6], se establece que una de las formas aceptadas para dotar de certeza y con ello ordenar al sector proveedor de la carne en canal, es establecer una clasificación de calidad que permita informar sobre los atributos del producto, evitando la confusión en el mercado nacional y en el de exportación, así como el establecimiento arbitrario de calidades que no sean reconocidas oficialmente. Al respecto, la clasificación o tipificación en canales de bovino busca evaluar el mérito final de un animal, mediante la valoración de parámetros quepresenten importancia económica para la canal[7], dado que, las variables que ayudan a clasificar las canales bovinas buscan definir parámetros que puedan ser identificados con exactitud, ya sea en términos absolutos (peso) o en términos relativos (puntuaciones), los cuales convergerán en una justa comercialización de las canales[8].

En México, la producción de carne bovina proviene de diferentes sistemas productivos, por lo que su calidad debe ser valorada a través de la evaluación y clasificación de canales, considerando el factor racial, la edad y el tipo de ganado, además de las especificaciones dela NOM-004-SAGARPA-2018. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fueestimar el Grado Básico de Calidad de canales bovinas conforme a madurez ósea, marmoleoy predominancia racial *Bos indicus*.

Material y métodos

Lugar de estudio

Se analizaron los datos de 1,417 canales de bovino, procesadas en cuatro establecimientos Tipo Inspección Federal (TIF) localizados en el estado de Sinaloa, México. La información se obtuvo en la línea de producción de cortes primarios. Todos los bovinos procedieron de un sistema de producción intensiva de carne bovina en corrales de finalización ubicados en un radio no mayor a 50 km de los establecimientos TIF.

Procedimiento *post mortem*

Después del aturdimiento y desangrado de los bovinos, se estimó la edad cronológica por medio de la aparición y desgaste de los dientes, con base en los lineamientos establecidos enel Manual Operativo que sirve como herramienta para la identificación, separación y eliminación del Material de Riesgo Específico[9]. Mediante esta determinación los animales se clasificaron en dos grupos: bovinos menores de 30 meses y bovinos igual o mayores de

30 meses. Durante el proceso, los bovinos se decapitaron, se les retiraron las extremidades anteriores y posteriores, se desollaron y evisceraron para que posteriormente las canales fueran cortadas por la línea media dividiéndolas en dos medias canales. Una vez lavadas y sanitizadas, las canales ingresaron a la cámara de refrigeración, previo pesaje de la canal caliente (PCC). En el presente estudio se incluyeron canales provenientes de animales machos y hembras menores de 30 meses, así como de machos y hembras de 30 meses o mayores.

Registro de variables de interés

Una vez transcurridas 48 h del sacrificio y mantenidas en refrigeración a una temperatura de2 a 4° C, se evaluaron las siguientes variables en las canales bovinas[10].

Estimación de la grasa renal, pélvica y cardiaca. La cantidad de grasa cavitaria se determinó subjetivamente y se expresó como porcentaje del peso de la canal fría, normalmente el pesode estos acúmulos grasos representa entre 1 y 5 % del peso de la canal fría. El peso de los riñones se excluyó en esta medición.

Determinación del área del ojo de costilla. Ésta se midió con una plantilla marcada con pequeños cuadros, donde cada cuadro se sumó para medir el área completa del músculo *Longissimus dorsi*, el área muscular se delineó perfectamente con un marcador permanente;en esta medición se excluyó la grasa adyacente y demás tejidos circundantes.

Espesor de la grasa dorsal**.** Esta variable se determinó a la altura de la 12ª costilla, a tres cuartos de distancia del eje largo del músculo *Longissimus dorsi*, iniciando desde la línea media. Con la ayuda de un vernier el espesor fue medido y registrado en milímetros.

Largo y altura de la giba**.** Las dimensiones de la giba indican el grado aproximado de ascendencia *Bos indicus* de los animales; la altura de la giba se tomó a la mitad de su base teniendo como referencia el ligamento de la nuca; mientras que el largo de la giba se tomó en línea recta, desde el inicio de la base hasta donde termina la misma.

Marmoleo**.** La cantidad y distribución de grasa intramuscular (marmoleo) en el músculo M. *Longissimus dorsi*, se evaluó después de que la media canal fue presentada con un corte transversal profundo, otorgándose alguna de las siguientes categorías: desprovisto, trazas, ligero, pequeño, modesto, moderado y ligeramente abundante, declaradas en la NOM-004- SAGARPA-2018.

Determinación de la madurez ósea. Esta variable se estimó visualmente en la canal, por el grado de osificación de los cartílagos de las tres primeras apófisis espinosas debajo de la línea

de corte con referencia a la 12ª y 13ª costilla. Los valores de madurez fueron señalados con base a los criterios de madurez ósea establecidos en la NOM-004-SAGARPA-2018, en la cual se hace referencia al Porcentaje Promedio de Osificación. En ésta se establecen los criterios de madurez A, para bovinos de 9 a 30 meses de edad; madurez B, para bovinos de 30 a 42 meses de edad y madurez C, para bovinos mayores de 42 meses de edad.

Mediante las variables de marmoleo y madurez ósea se estimó el Grado Básico de Calidad de la canal bovina, de acuerdo con las siguientes categorías: Premium, Suprema, Selecta, Estándar y Comercial, conforme a lo establecido en la NOM-004-SAGARPA-2018. En esta norma se establece que una vez realizada la determinación de la madurez fisiológica y el grado de marmoleo, se deben considerar estos dos factores para otorgar la clasificación a la canal de bovino, bajo el sistema de clasificación integral mostrado en la Figura 1.

Figura 1: Clasificación integral de la canal bovina con base en la NOM-004-SAGARPA-2018

Grado de marmoleo	**Madurez**		
	Grupo de madurez A (de 9 a 30 meses)	**Grupo de madurez B (de 30 a 42 meses)**	**Grupo de madurez C (más de 42 meses)**
Ligeramente abundante	Premium		
Moderado Modesto Poco	Suprema		
Ligero	Selecta		Comercial
Trazas Prácticamente desprovisto	Estándar		

La altura de la giba se utilizó como criterio para determinar la predominancia racial, con baseen la información que se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Predominancia racial con base en la altura de la giba, registrada en bovinos procesados en plantas de beneficio en México

Predominancia racial cebuina	Altura de la giba, cm (media ± EE)
≤ ¼ *Bos indicus*	7.92 ± 0.95
½ *Bos indicus*	9.44 ± 0.17
¾ *Bos indicus*	13.13 ± 0.18
4/4 *Bos indicus*	14.07 ± 0.34

Fuente: Rubio *et al*[10]; EE= error estándar.

Análisis estadístico

Los datos de las canales se capturaron en hoja de Microsoft Excel®, con base en la altura dela giba descrita en el Cuadro 1, cada canal se asignó a un grupo según la predominancia racialde *Bos indicus*: grupo 1= ≥cebuino; 2= ½ cebuino; 3= ¾ cebuino; 4= cebuino. Se obtuvieron las estadísticas descriptivas de las variables: peso de la canal caliente (PCC), área del ojo dela costilla (AOC), espesor de la grasa dorsal (EGD), grasa pélvico renal (GPR), altura de la giba (AG), largo de la giba (LG), marmoleo y madurez ósea. Enseguida, se realizó el análisisde normalidad de los valores con la prueba de Kolmogorov-Smirnov corregida por Lilliefors[11], con el programa R[12]. Se realizó análisis de la varianza entre grupos para las variables AG, PCC y AOC, y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey. Las variables marmoleo y madurez ósea, no presentaron distribución normal, por ello se presentan con las estadísticas descriptivas de mediana y rango intercuartílico. Para conocer la distribución de grados básicos de calidad y marmoleo, los resultados se muestran como frecuencia absoluta (n) y porcentaje. La asociación entre grupo con los grados de marmoleo,se realizó con la prueba de Ji cuadrada para cuadro de contingencia 5 x 4 (5 grados x 4 grupos). Dado que hubo asociación estadística, enseguida se realizaron pruebas de Jicuadrada para las permutaciones de 4 grupos, tomando 2 a la vez ($_4P_2$) en cada grado de marmoleo. En el caso del grupo 3 y 4 en el grado Comercial, se utilizó la prueba exacta de Fisher. Para todos los análisis estadísticos el nivel de alfa máximo para considerar significancia estadística fue 0.05.

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de las características de las canales bovinas provenientes de corrales de finalización intensiva, y procesadas en establecimientos Tipo Inspección Federal.

Cuadro 2: Características de las canales bovinas provenientes de finalización intensiva y procesadas en establecimientos Tipo Inspección Federal (n= 1,417)

Variable	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV (%)
PCC, kg	318.16	36.43	201.80	451.80	11.45
AOC, cm^2	87.87	11.36	49.03	141.93	12.93
EGD, mm	6.70	3.73	1.0	33.0	55.67
GC, %	2.10	0.65	1.0	4.0	30.95
LG, cm	27.86	5.25	8.0	49.0	18.84
AG, cm	12.58	4.40	4.0	30.0	34.98
Marmoleo	300.00*	100**	100.0	500.0	25***
Madurez	100.00*	0**	100.0	400.0	0***

PCC= peso de la canal caliente; AOC= área del ojo de la costilla; EGD= espesor de grasa dorsal; GC= grasa cavitaria; LG= largo de la giba; AG= altura de la giba; DE= desviación estándar; CV= coeficiente de variación. *Medianas; **Rango intercuartílico (IQR). ***(IQR/Rango)x100.

De la información antes descrita, se destaca que las características que muestran el mayor coeficiente de variación son, el espesor de la grasa dorsal (55.67 %), la altura de la giba (34.97 %) y la grasa cavitaria (31.39 %). El espesor de la grasa dorsal o grasa subcutánea tiene relación con la condición corporal, así como con las reservas energéticas de los bovinos[13]. En el presente estudio, la amplia variación de este valor puede obedecer principalmente a los días de permanencia de los bovinos en los corrales de finalización que,dada la heterogeneidad en cuanto a tipo racial, peso de inicio, condición corporal y género, determina la duración en las unidades de producción intensiva antes de su procesamiento en las plantas de matanza. En México, Vázquez-Mendoza *et al*[14], observaron diferencias significativas en las características de la canal de ganado bovino finalizado en corral de engorda de diferentes genotipos, justamente esta variable es incluida en el sistema de clasificación de canales de USDA, así como el porcentaje de grasa renal, pélvica y cardiaca[15]. En la acumulación de grasa cavitaria influyen diversos factores, entre ellos, el nivel de consumo de alimento durante la engorda, la concentración energética de la dieta, el tiempo de finalización de los bovinos en corral de engorda, así como del uso de promotoresdel crecimiento muscular[16].

Las variables marmoleo y madurez ósea utilizadas en la NOM-004-SAGARPA-2018 para otorgar un grado de calidad a las canales bovinas mexicanas que fueron evaluadas en el presente estudio, mostraron valores dispares; por un lado, el marmoleo exhibió un coeficientede variación de 35.18 %, mientras que la madurez ósea mostró un coeficiente de variación de 18.0 %, esto indica que la madurez ósea de las canales impacta favorablemente la asignación de un Grado Básico de Calidad superior, conforme a la clasificación integral de la canal bovina, pero hasta cierto punto impide ser clasificadas con un mayor grado de calidaddado el bajo nivel de marmoleo en el área del ojo de la costilla.

En el Cuadro 3, se muestran los valores de altura de la giba por grupo según la predominanciaracial. Los valores medios entre los cuatro grupos mostraron diferencia estadística (*P*<0.01),cabe resaltar que el coeficiente de variación para esta variable en los grupos 1, 2 y 3 fue inferior al 13 %, lo que indica poca dispersión de estos valores.

Cuadro 3: Altura de la giba por grupo como indicador de la predominancia racial *Bos indicus* en bovinos provenientes de finalización intensiva y procesadas en establecimientosTipo Inspección Federal (n= 1,417)

Grupo	n	Media (cm)	DE (cm)	CV (%)
≤ ¼ cebuino	252	7.19 [a]	0.89	12.37
½ cebuino	536	10.54 [b]	1.10	10.44
¾ cebuino	399	14.38 [c]	1.13	7.89
cebuino	230	20.11 [d]	3.07	15.28

DE= desviación estándar; CV= coeficiente de variación.

[abcd] Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (*P*<0.01).

De acuerdo con Boleman *et al*[17], el largo de la giba indica el grado aproximado de ascendencia *Bos indicus*, los bovinos con una altura de giba mayor de 10.2 cm tendrán características fenotípicas de ganado con esta predominancia racial. Para reafirmar lo anterior, en un estudio[18] se determinó que la altura de la giba en ganado *Bos indicus* (Brahman) osciló entre 15 y 18 cm. En otra investigación[19], se observó que, con base en laaltura de la giba, alrededor del 90 % de la población bovina productora de carne en México tiene un fuerte antecedente genético de *Bos indicus*. Así que, tomando como referencia que los grupos 2, 3 y 4, registran media superior de 10 cm, se deduce que el antecedente genéticocebuino de las canales incluidas en el presente estudio es de 82 %.

En el Cuadro 4 se muestran los valores del peso de la canal caliente y el área del ojo de la costilla, según la predominancia racial en los bovinos provenientes de finalización intensivay procesados en establecimientos Tipo Inspección Federal. Los resultados muestran que la media de PCC del grupo 1 es menor a la registrada en los grupos 3 y 4 (*P*<0.01), pero similara la media del grupo 2.

Cuadro 4: Peso de la canal caliente y área del ojo de la costilla por grupo según la predominancia racial de los bovinos provenientes de finalización intensiva y procesadas en establecimientos Tipo Inspección Federal (n= 1,417)

		PCC			AOC		
Grupo	**n**	**Media (kg)**	**DE (kg)**	**CV (%)**	**Media (cm^2)**	**DE (cm^2)**	**CV (%)**
1	252	310.05 [a]	37.79	12.19	85.59 [c]	11.32	13.23
2	536	316.89 [ab]	34.33	10.83	89.14 [a]	11.73	13.17
3	399	319.91 [bc]	35.73	11.17	88.31 [ab]	11.11	12.59
4	230	326.99 [c]	38.83	11.88	86.68 [bc]	10.49	12.11

PCC= peso de la canal caliente; AOC= área del ojo de la costilla; DE= desviación estándar; CV= coeficientede variación. Grupo 1= ≤cebuino; 2= ½ cebuino; 3= ¾ cebuino; 4= cebuino.

[abcd] Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (P<0.01).

El PCC de los grupos 2 y 3 es similar entre sí, pero la media del grupo 3 es igual a la media del grupo 4 (P<0.01). En un experimento se registró el peso de la canal caliente entre 354 y 412 kg en ganado Hereford x Angus, los cuales recibieron diferentes niveles de zilpaterol durante la finalización[20]. Cancian *et al*[21], registraron en toretes Nelore castrados y enteros292 y 321 kg de PCC respectivamente. Por otra parte, Huerta *et al*[8], registraron 272 kg de PCC en bovinos predominantemente cebuinos. En otro estudio[22], se evaluó el desempeño de la canal de toretes Brahman y cruzas F1 engordados en pastizales tropicales, se observó que el PCC en la raza Brahman fue de 242 kg, en F1 Angus 255 kg, en F1 Chianina 249 kg,en F1 Romosinuano 272 kg y en F1 Simmental 252 kg. Estos valores indican que la dominancia racial de tipo europeo influye favorablemente en el PCC; sin embargo, la predominancia del tipo racial cebuino en el presente estudio, influyó en mejores PCC.

En los valores del área del ojo de la costilla por grupo según su dominancia racial, se observó diferencia significativa (P<0.01) de 3.55 cm^2, cuando se comparan los grupos 1 y 2, indicando que la presencia de ½ sangre de *Bos indicus* mejoró el AOC en comparación con los animales que solo contienen ≤¼ de sangre cebuina. Al comparar los animales con menorpredominancia racial cebuina (grupo 1) contra los de mayor predominancia racial (grupo 4), no se observaron diferencias significativas, lo que sugiere que para las regiones donde se llevó a cabo este estudio, resultan ser mejores las cruzas entre bovinos *Bos indicus* y *Bos taurus*, para la variable de AOC, que cuando los animales son puros. El AOC en bovinos esun indicador de musculatura y un factor importante en la determinación del grado de rendimiento, por lo que a medida que el AOC aumenta, se incrementa el rendimiento del producto al detalle. Al respecto, Torrescano-Urrutia *et al*[23], llevaron a cabo un estudio paracaracterizar canales bovinas en el centro del estado de Sonora, encontrándose que el AOC registró un rango de 80.66 a 82.15 cm^2; posteriormente, en otro estudio[24], observaron valores desde 69.2 a 89 cm^2. Los resultados de ambos experimentos provienen de bovinos finalizados en corral de engorda, por lo que guardan alguna aproximación con los registrados

en el presente estudio. Sin embargo, en la expresión del valor del AOC bovino, influye el sistema de producción, como se observa en los resultados de otro estudio previamente referido[22], que se realizó en un sistema de pastoreo y muestra lo siguiente: el AOC de Brahman 54.84 cm^2; F1 Angus 63.80 cm^2; F1 Chianina 61.06 cm^2; F1 Romosinuano 76.39 cm^2 y F1 Simmental 60.05 cm^2. Los valores ahí mostrados son inferiores a los registrados en el presente trabajo de investigación, debido probablemente al tipo de sistema de producciónutilizado, aunque el estudio indica que los animales cruzados mejoran el AOC, lo cual apoyalos resultados del presente estudio.

En el Cuadro 5, se presenta la distribución de las canales bovinas conforme a la madurez óseay al marmoleo. Se observa que 1,191 canales (84.05 %) registraron madurez A, es decir se estima que pertenecen a bovinos menores de 30 meses de edad y 226 canales (15.95 %) corresponden a bovinos mayores a 30 meses de edad. Con referencia al marmoleo 1,339 canales bovinas (94.48 %) se ubicaron en los grados de marmoleo Prácticamente desprovisto,Trazas y Ligero, lo que, de acuerdo con la clasificación integral de la canal bovina indicada en la NOM-004-SAGARPA-2018, puede favorecer que las canales se ubiquen dentro de losGrados Básicos de Calidad Selecta y Estándar, sin embargo, al relacionar el indicador Marmoleo con el factor Madurez ósea, cabe la posibilidad de que desciendan en el Grado Básico de Calidad.

Cuadro 5: Distribución de canales bovinas conforme a madurez ósea y grado de marmoleo

Madurez ósea			**Marmoleo**		
	Canales	**%**		**Canales**	**%**
A	1,191	84.05	Prácticamente desprovisto	254	17.92
B	140	9.88	Trazas	388	27.38
C	75	5.29	Ligero	697	49.18
D	11	0.77	Poco	74	5.22
Total	1,417	100	Modesto	4	0.28

De acuerdo con Lee *et al*[25] la edad es un factor fundamental en los sistemas de clasificaciónde canales bovinas cuando se combina con otros factores, como la nutrición y la genética, yuno de los principales factores que afectan la calidad de la canal es marmoleo, que se traducecomo energía corporal almacenada; por lo tanto, este depósito graso aumentará a medida queincrementa la edad de los bovinos y la densidad energética de la dieta.

La presencia de marmoleo en el músculo *Longissimus dorsi* depende del potencial genético del bovino y de la cantidad de energía consumida; así, bovinos jóvenes que son procesados a los 15 meses de edad, han demostrado que tienen puntajes iguales o mayores de marmoleoque toretes genéticamente similares, pero procesados entre los 18 y 24 meses de edad, cuandoson alimentados con dietas cuyo contenido energético es lo suficientemente denso como parapermitir la expresión del marmoleo[26]. La presencia de marmoleo en el AOC reviste

particular importancia en el sistema de clasificación de los Estados Unidos de América y enla región del norte de México[27], y se le concede un singular valor al relacionarlo con la suavidad y la palatabilidad de la carne.

En el Cuadro 6, se presenta la distribución del grado de marmoleo en canales bovinas por grupo según la predominancia *Bos indicus*. El marmoleo del AOC en animales productores de carne, está relacionado con el contenido de grasa intramuscular y juega un papel importante en varios aspectos relacionados con la calidad de la carne.

Cuadro 6: Distribución del grado de marmoleo en canales bovinas por grupo según la predominancia *Bos indicus*

Grado de marmoleo n (%)					
Grupo	**Nulo**	**Trazas**	**Ligero**	**Poco**	**Modesto***
1	58 (23.02)^{a}	38 (15.08)^{b}	140 (55.56)^{a}	16 (6.35)^{a}	0 (0)
2	69 (12.87)^{b}	165 (30.78)^{a}	271 (50.56)^{ab}	29 (5.41)^{a}	2 (0.36)
3	63 (15.79)^{b}	135 (33.83)^{a}	184 (46.12)^{b}	16 (4.01)^{a}	1 (0.25)
4	64 (27.83)^{a}	50 (21.74)^{b}	102 (44.35)^{b}	13 (5.65)^{a}	1 (0.43)
Total	254 (17.9)	388 (27.4)	697 (49.2)	74 (5.2)	4 (0.3)

Grupo 1= ≤¼ cebuino; 2= ½ cebuino; 3= ¾ cebuino; 4= cebuino

^{ab} Letras diferentes en las frecuencias dentro de grado de marmoleo, indican diferencia significativa (Pruebade Ji cuadrada 2 x 2; $P<0.05$).

*No se realizó análisis, debido a frecuencias esperadas en cada celda menores a 5.

Los resultados encontrados en el presente estudio muestran que el 17.9 % de las canales bovinas el marmoleo es nulo, en el 27.4 % se observan trazas y en el 49.2 % marmoleo ligero.Estos valores exhiben que el marmoleo del 94.49 % de las canales bovinas presentan bajo contenido de grasa intramuscular, lo que tiene un impacto directo sobre la clasificación de éstas. De acuerdo con el grado de marmoleo, se observa que la clasificación de marmoleo nulo corresponde a las canales de ½ y ¾ de *Bos indicus*, las cuales se presentan con menor frecuencia ($P<0.05$) con respecto a las canales de ¼ y más de ¾; mientras que en el grado trazas, aumenta la frecuencia para canales de ½ y ¾ de *Bos indicus* y disminuye de manera significativa en canales de menos de ¼ y más de ¾. En marmoleo ligero, se encontraron lascanales con menos de ¼ de *Bos indicus* presentándose con mayor frecuencia, aunque es similar a la de ½ ($P>0.05$). Respecto al grado de marmoleo "poco", no se registraron diferencias significativas, siendo las proporciones similares entre los grupos de canales.

Se ha reportado que el contenido de grasa intramuscular varía entre especies, entre razas y entre tipos de músculos en la misma raza. Aunque existen otros factores involucrados en la variación del marmoleo en los animales, incluyendo el sexo, la edad y la alimentación; de igual manera, se ha indicado que, la variabilidad en el contenido de grasa intramuscular estáligada principalmente al número y tamaño de los adipocitos intramusculares, entonces, la

tasa de acumulación de grasa intramuscular depende de la tasa de crecimiento muscular. Enlos animales que tienen un mayor contenido de musculatura con alta actividad glucolítica muestran un contenido reducido de grasa intramuscular[28]. Al respecto, se asegura que el contenido de grasa intramuscular analizado mediante extracción con solvente muestra una variación de 1.0 a 8.9 %, por lo tanto, una carne magra se considera cuando tiene menos de
3.6 % de grasa intramuscular[29]. Lo anterior coincide con los hallazgos registrados en canales reducidas en marmoleo y canales magras producidas en regiones tropicales[19,30]. Dada la importancia de la puntuación de marmoleado en el mercado global de la carne bovina, se han realizado estudios para comprender mejor la baja puntuación de marmoleo en el ganado influenciado por *Bos indicus* en comparación con el ganado *Bos taurus*. En una revisión de estos estudios[31], se observó que no se existe una fuerte relación entre la capacidad de sintetizar ácidos grasos *de novo* y la puntuación de marmoleo o el volumen de adipocitos, concluyéndose que las bajas puntuaciones de marmoleo típicamente observadas en el ganado influenciado por *Bos indicus*, son atribuidas principalmente al menor volumen de adipocitos intramusculares en comparación con las razas *Bos taurus*.

En el Cuadro 7 se presenta la distribución de Grados Básicos de Calidad de la canal, agrupada conforme a la predominancia racial de los bovinos.

Cuadro 7: Distribución de las canales por grado básico de calidad según la predominancia *Bos indicus*

	Grados básicos de calidad							
Grupo	**Suprema**		**Selecto**		**Estándar**		**Comercial**	
	n	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**
1	9	(3.57) [a]	117	(46.43) [a]	85	(33.73) [c]	41	(16.27) [a]
2	21	(3.92) [a]	256	(47.76) [a]	221	(41.23) [b]	38	(7.09) [b]
3	16	(4.01) [a]	181	(45.36) [a]	200	(50.13) [a]	2	(0.50) [c]*
4	14	(6.09) [a]	101	(43.91) [a]	115	(50.0) [a]	0	(0.0) [c]*
Total	60	(4.23)	655	(46.22)	621	(43.82)	81	(5.72)
Probabilidad		0.49		0.77		0.01		0.01

Grupo 1=≤cebuino; Grupo 2= ½ cebuino; Grupo 3= ¾ cebuino; Grupo 4= cebuino.
[abc] Letras diferentes en las frecuencias dentro de grado básico de calidad, indican diferencia estadística(Prueba de Ji cuadrada 2 x 2; $P<0.05$); *Prueba exacta de Fisher ($P = 0.5354$).

En general, e independientemente de la predominancia racial se registraron 60 canales de calidad Suprema (4.23 %), 655 canales de calidad Selecta (46.22 %), 621 canales de calidadEstándar (43.82 %) y 81 canales Comerciales (5.72 %). Del grupo 1, con menor

predominancia racial *Bos indicus*, el 3.57% de las canales se identificaron como Suprema, el 46.43 % como Selecta, 33.73 % como Estándar y el 16.27 % en el grado Comercial. Una distribución porcentual similar se observa entre el resto de los grupos de menor a mayor predominancia *Bos indicus*; a medida que aumenta o disminuye la predominancia cebuina apartir del grupo 2, disminuye el número de canales en cada grado de calidad. Así se tiene que, por ejemplo, en el Grado Básico Selecta, hay 256 canales para el grupo 2, 117 para el grupo 1, 181 y 101 canales para los grupos 3 y 4, respectivamente.

Al tomarse como referencia una Norma Oficial Mexicana que recién entró en vigor en el territorio mexicano, no hay estudios previos con los cuales se puedan comparar estos resultados. Sin embargo, al considerar canales bovinas producidas en una región tropical deMéxico, con base en la ya derogada Norma NMX-FF-078-2002, Zorrilla-Ríos *et al*[32] utilizaron cinco criterios para la clasificación: madurez, edad, conformación, color de la magra, color de la grasa y distribución de la cobertura de grasa subcutánea. Las canales fueron clasificadas en 13.4 % Selectas, 45.8 % Estándar, 27.4 % Comerciales y 10.6 % fuerade clasificación. Con base en esta clasificación, no se registraron canales de categoría Suprema; al respecto, los autores describen que el 79 % de las canales logran alcanzar en primera instancia el grado de clasificación Suprema, pero cuando la conformación fue evaluada, solo el 0.5 % de las canales alcanzaron el grado definitivo de Suprema.

En el Cuadro 8, se presenta la distribución de Grados Básicos de Calidad de las canales bovinas categorizadas por sexo, edad y predominancia racial. De acuerdo con sexo y edad, en el grupo de hembras menores de 30 meses, y machos menores y mayores a 30 meses, se observó mayor distribución de canales en los grados Selecta y Estándar y en el grupo de hembras mayores a 30 meses, se registró mayor número de canales grado Comercial. Con relación en la predominancia racial cebuína, se observa que a medida que aumenta este componente racial, disminuye gradualmente el número de canales en cada categoría. Esto seatribuye al escaso desarrollo de la grasa intramuscular en ganado cebuino comparado con elganado europeo[19,33].

Cuadro 8: Distribución de Grados Básicos de Calidad de canales categorizados por sexo,edad y grupo según la predominancia racial de los bovinos provenientes de finalización intensiva y procesadas en establecimientos Tipo Inspección Federal (n= 1,417)

Grados Básicos de Calidad											
Sexo	**Edad**	**Grupo**	**Suprema**		**Selecta**		**Estándar**		**Comercial**		**Totales**
			n	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**
		1	2	4.55	33	75	9	20.45	0	0.00	44
	<30	2	0	0.00	18	85.71	3	14.29	0	0.00	21
		3	0	0.00	1	50.00	1	50.00	0	0.00	2
H		4	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
			2	2.98	52	77.61	13	19.40	0	0.00	67
		1	2	1.77	43	38.05	27	23.89	41	36.28	113
	>30	2	2	2.82	20	28.17	11	15.49	38	53.52	71
		3	0	0.00	5	41.67	5	41.67	2	16.67	12
		4	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
			4	2.04	68	34.69	43	21.94	81	41.32	196
		1	5	5.38	39	41.94	49	52.69	0	0.00	93
	<30	2	18	4.16	211	48.73	204	47.11	0	0.00	433
		3	15	4.12	167	45.88	182	50.00	0	0.00	364
M		4	14	6.28	97	43.50	112	50.22	0	0.00	223
			52	4.67	514	46.18	547	49.14	0	0.00	1113
		1	0	0.00	2	100.0	0	0.00	0	0.00	2
	>30	2	1	9.09	7	63.64	3	27.27	0	0.00	11
		3	1	4.76	8	38.10	12	57.14	0	0.00	21
		4	0	0.00	4	57.14	3	42.86	0	0.00	7
			2	4.87	21	51.21	18	43.90	0	0.00	41
Totales			60	4.23	655	46.22	621	43.82	81	5.72	1417

H= hembras; M= machos; <30: menores de 30 meses de edad; >30: mayores de 30 meses de edad; Grupo 1= ≤cebuino; 2= ½ cebuino; 3= ¾ cebuino; 4= cebuino.

Conclusiones e implicaciones

Las canales de bovino objeto del presente estudio, presentaron un componente racial principalmente cebuino. La clasificación de las canales correspondió mayoritariamente como grado básico “Selecta y Estándar”, con mayor cantidad de canales de grado de madurez ósea

A, pero con bajas puntuaciones en los grados de marmoleo, lo que limitó clasificarlas con unmejor grado básico de calidad conforme a lo dispuesto en la NOM-004-SAG/ZOO-2018, conefecto de la predominancia racial *Bos indicus*.

Literatura citada:

1. COMECARNE. Consejo Mexicano de la Carne. Compendio Estadístico 2022. http://comecarne.org Consultado Jul 13, 2022.

2. Gobierno del Estado de Sonora. Boletín Oficial. Órgano de difusión del Gobierno del Estado de Sonora. Secretaría de Gobierno. 1999. http://transparencia.esonora.gob.mx/ Consultado Jul 10, 2021.

3. Norma NMX-FF-078-1991. Productos Pecuarios. Carne de bovino en canal. Clasificación. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de septiembre de 1991. https://xdoc.mx/documents/nmx-ff-078-1991-productos-pecuarios-alimentos-carne-de-5dcb12511f5b2. Consultado Jul 15, 2021.

4. Norma NMX-FF-078-2002. Productos Pecuarios. Carne de bovino en canal. Clasificación. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. https://www2.sag.gob.cl/pecuaria/establecimientos_habilitados_exportar/normativa/mexico/NMX-FF-078-SCFI-2002_clasific_prod_pecuarios.pdf Consultado Jul 11, 2021.

5. García MJA, García RO. Evaluación de canales. Capítulo X. En: Fundamentos de crecimiento y evaluación animal. Victoria, B.C., Canadá: Editorial Trafford Publishing. 2009:144-184.

6. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAGARPA-2018. Carne de bovino-Clasificación de canales conforme a sus características de madurez fisiológica y marmoleo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de noviembre de 2020. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5605515&fecha=23/11/2020 Consultado Feb 04, 2021.

7. Kempster TA, Cuthbertson A, Harrington G. Carcass evaluation in livestock breeding, production, and marketing. Londres, Inglaterra: Granada Publishing, 1982.

8. Huerta LN, Hernández O, González RA, Ordóñez J, Pargas HL, Rincón E, *et al*. Peso corporal y rendimiento en canal según clase sexual, tipo racial, condición muscular, edad y procedencia de bovinos venezolanos. Nacameh. 2013;7(2):75-96.

9. SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Manual de procedimientos de identificación, separación y eliminación de materiales de riesgo específico para encefalopatía espongiforme bovina. Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera. Manual operativo. CDMX. 2011.

10. Rubio LMS, Braña VD, Méndez MD, Torrescano UGR, Sánchez EA, Pérez LC, *et al*. Guía práctica para la estandarización y evaluación de canales bovinas mexicanas: (Primera Edición). Evaluación de Canales Bovinas Mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. INIFAP. Folleto Técnico No. 23. 2013.

11. Lilliefors HW. On the Kolmogorov-Smirnov Test for normality with mean and variance unknown. J Am Stat Assoc 1967;62(318):399–402.

12. Gross J, Ligges U. _nortest: Tests for Normality_. R package version 1.0-4. https://CRAN.R-project.org/package=nortest; 2015.

13. Schröder UJ, Staufenbiel R. Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regarded to ultrasonographic measurement of backfat thickness. J Dairy Sci 2006;89(1):1-14.

14. Vázquez-Mendoza OV, Aranda-Osorio G, Huerta-Bravo M, Kholif AE, Elghandour MMY, Salem AZM, *et al.* Carcass and meat properties of six genotypes of young bulls finished under feedlot tropical conditions of Mexico. Anim Prod Sci 2017;57(6):1186–1192.

15. USDA. United States Department of Agriculture United States. Standards for Grades of Carcass Beef. Agriculture Marketing Services. Livestock, Poultry and Seed Program. 2017.

16. Walter LAJ, Schmitz AN, Nichols WD, Hutcheson JP, Lawrence TE. Live growth performance, carcass grading characteristics, and harvest yields of beef steers supplemented zilpaterol hydrochloride and offered *ad libitum* or maintenance energy intake. J Anim Sci 2018;96(5):1688-1703.

17. Boleman SL, Boleman SJ, Morgan WW, Hale DS, Griffin DB, Savell JW, Ames RP, *et al.* National Beef Quality Audit–1995: survey of producer-related defects and carcass quality and quantity attributes. J Anim Sci 1998;76(1): 96-103.

18. Casas E, White S, Riley D, Smith T, Brenneman R, Olson T, *et al*. Assessment of single nucleotide polymorphisms in genes residing on chromosomes 14 and 29 for association with carcass composition traits in *Bos indicus* cattle. J Anim Sci 2005;83(1):13-19.

19. Méndez RD, Meza OC, Berruecos JM, Garcés P, Delgado EJ, Rubio MS. A survey of beef carcass quality and quantity attributes in Mexico. J Anim Sci 2009;87(11):3782-3790.

20. Walter JLA, Schmitz AN, Nichols WT, Hutcheson JP, Lawrence TE. Live growth performance, carcass grading characteristics, and harvest yields of beef steers supplemented zilpaterol hydrochloride and offered *ad libitum* or maintenance energy intake. J Anim Sci 2018;96(5):1688-1703.

21. Cancian PH, Gomes RDC, Manicardi FR, Ianni AC, Bonin MDN, Leme PR. Correlations of visual scores, carcass traits, feed efficiency and retail product yield in Nellore cattle. Sci Agric 2014;71(1):17-22.

22. Huerta LN, Flores AR, Hernández JV, Timaure NJ, González, AR. Tendencias en desempeño de la canal de toretes Brahman y cruzas F1 engordados en pastizales tropicales. Nacameh 2020;14(1):16-30.

23. Torrescano-Urrutia GR, Sánchez-Escalante A, Vásquez-Palma MG, Paz-Pellat R, Pardo-Guzmán DA. Caracterización de canales y de carne de bovino de animales engordados en la zona centro de Sonora. Rev Mex Cienc Pecu 2010;1(2):157-168.

24. Torrescano-Urrutia GR, Sánchez-Escalante A, Vásquez-Palma MG, Varguez-Pech A F, Vargas-Sánchez RD, Pardo-Guzmán DA. Estimación del grado de marmoleo de canales de bovino sonorenses utilizando diferentes metodologías: análisis de imagen, evaluación USDA y extracción con solventes. Biotecnia 2017;19(3):34-39.

25. Lee MRF, Evans PR, Nute GR, Richardson RI, Scolla ND. A comparison between red clover silage and grass silage feeding on fatty acid composition, meat stability and sensory quality of the M. *Longissimus* muscle of dairy cull cows. Meat Sci 2009;81(4):738-744.

26. Schoonmaker JP, Loerch SC, Fluharty FL, Zerby HN, Turner TB. Effect of age at feedlot entry on performance and carcass characteristics of bulls and steers. J Anim Sci 2002;80(9):2247-2254.

27. Hernández BJ, Ríos RFG. Efecto de los grupos raciales en las características de calidad de la carne. Nacameh 2009;3(1):1-20.

28. Hocquette JF, Gondret F, Baéza E, Médale F, Jurie C, Pethick DW. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. Animal 2010;4(2):303-319.

29. Rubio-Lozano MS, Ngapo TM, Huerta-Leidenz N. Tropical Beef: Is there an axiomatic basis to define the concept? Foods 2021;10(5):1025.

30. Delgado EJ, Rubio MS, Iturbe FA, Méndez RD, Cassís L, Rosiles R. Composition and quality of Mexican and imported retail beef in Mexico. Meat Sci 2005;69(3):465-471.

31. Cooke RF, Daigle CL, Moriel P, Smith SB, Tedeschi LO, Vendramini JMB. Cattle adapted to tropical and subtropical: Social, nutritional, and carcass quality considerations. J Anim Sci 2020;98(2):1-20.

32. Zorrilla-Ríos JM, Lancaster PA, Goad CL, Horn GW, Hilton GG, Galindo JG. Quality evaluation of beef carcasses produced under tropical conditions of México. J Anim Sci2013;91(1):477–482.

33. Crouse JD, Cundiff LV, Koch RM, Koohmaraie M, Seideman SC. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability.J Anim Sci 1989;67(10):2661–2668.